

COLLOQUE DE VENISE

**La science face aux confins
de la connaissance :
le prologue
de notre passé culturel**

Rapport final

Unesco

TABLE DES MATIERES

	Page
1. Préface du Directeur général	1
2. Message de Sa Sainteté le Pape Jean-Paul II	3
3. Déclaration de Venise	5
4. Documents de travail	
. "La science comme témoignage" par le Dr. Basarab Nicolescu	9
. "Repenser l'histoire intellectuelle et sociale" par le Dr. Susantha Goonatilake	31
5. Présentations	
. "La science de l'homme, science des confins de la connaissance ?" par le Professeur Gilbert Durand	63
. "Le savoir du type sud, comme une antithèse des savoirs de la science classique et de la société industrielle" par le Professeur Yujiro Nakamura	71
. "Physique et métaphysique en équilibre" par le Professeur Nicolo Dallaporta	81
. "L'impact culturel des innovations scientifiques, la médecine prédictive et son impact sociologique" par le Professeur Jean Dausset	91
. "Essai sur les conséquences socio-culturelles du développement technologique des micro-ordinateurs" par le Professeur René Berger	95
. "Le vol humain : la science, la technologie et l'humanisme, leur évolution, leur chronologie et leurs rapports avec la culture", par le Dr. Santiago Genovès	109
. "Les récents progrès de la recherche sur le cerveau et leurs incidences sur la compréhension des fonctions cognitives supérieures" par le Professeur David Ottoson	115

. "L'impact de la science sur la conscience humaine" par Madame Maîtraye Devi	119
. "Théorie quantique de la mesure et place de l'homme dans la nature" par le Professeur Henry Stapp	125
. "La science et les fondements de la civilisation : habitudes héritées ?" par le Dr. Rupert Sheldrake	133
. "Réflexions sur le mode de pensée occidental et sur la science et l'éducation" par le Professeur Ubiratan d'Ambrosio	141
. "Les obstacles culturels à l'innovation scientifique en Afrique" par le Professeur D.A. Akyeampong	153
. "Limites de la prévisibilité des effets de la technologie" par le Dr. David Suzuki	159
. "L'Islam et la science" par le Professeur Muhammad Abdus Salam	165

PREFACE DU DIRECTEUR GENERAL

pour le rapport final du Colloque
 "La science face aux confins de la connaissance :
 le prologue de notre passé culturel"

Le colloque de Venise, organisé par l'Unesco en collaboration avec la Fondazione Giorgio Cini, s'est tenu du 3 au 7 mars 1986. Il a réuni 17 personnalités - dont deux Prix Nobel - de quinze pays représentant différentes régions géo-culturelles.

Ces spécialistes de disciplines aussi variées que la génétique, la médecine, la biochimie, la physique, mais encore la poésie, la philosophie, la cosmologie et les arts ont eu à débattre de "la science face aux confins de la connaissance" - en se posant la question de savoir si la Science est appelée à retrouver le dialogue avec la tradition, "c'est-à-dire les grandes traditions culturelles de l'humanité".

Au cours de ces débats, une convergence de vues s'est dégagée entre les représentants de ces différentes disciplines, pour affirmer que la conception du monde inspirée par les sciences exactes de pointe tendait à se rapprocher de certaines visions nourries par les grandes traditions du passé.

Les participants ont alors constaté que le "décalage inquiétant" entre la nouvelle vision du monde née des progrès réalisés par les sciences naturelles et les valeurs qui régissent les autres disciplines était "nuisible et porteur de lourdes menaces de destruction de notre espèce".

C'est pourquoi les personnalités présentes au colloque ont adopté une **déclaration**, dont le texte est publié dans ce document. Ils y ont souligné la nécessité de recourir à de nouvelles méthodes d'éducation, tenant compte de la confluence des progrès scientifiques les plus récents avec les grandes traditions culturelles, dont la préservation et l'approfondissement paraissent désormais fondamentaux.

Les signataires de la Déclaration ont estimé par ailleurs que l'Unesco était l'organisation appropriée pour promouvoir de telles idées, et ont exprimé l'espoir qu'elle considérerait ce colloque comme un point de départ et qu'elle continuerait à stimuler une réflexion dirigée vers la transdisciplinarité et l'universalité.

En présentant, ici, le texte intégral des communications faites au colloque, je remercie tous les participants pour la haute qualité de leur contribution à ses travaux, ainsi que la Fondazione Giorgio Cini et la Municipalité de Venise, qui ont bien voulu apporter leur concours à l'organisation de cette importante manifestation de coopération intellectuelle.

A. D. A. B. W.

Amadou-Mahtar M'Bow

MESSAGE DE SA SAINTETE LE PAPE JEAN-PAUL II
ADRESSE AUX PARTICIPANTS DU COLLOQUE DE VENISE

Le Saint Père, informé du thème très intéressant du prochain colloque organisé par Unesco et Fondazione Giorgio Cini sur la science face aux confins de la connaissance, forme les meilleurs voeux pour que les échanges prévus encouragent les scientifiques à progresser dans la recherche objective et indéfinie de tout ce que Dieu a confié à l'esprit humain de découvrir dans les diverses sphères de la réalité, préparant ainsi des données renouvelées et sûres pour la réflexion philosophique et prenant en considération l'attitude religieuse authentique attachée par une autre voie à la réalité transcendante. Le Pape apprécie le fait que soit reconnue la distinction des domaines de la Science et de la Foi dans leur autonomie bien comprise et dans leur complémentarité et, saluant avec respect les participants, il invoque les bénédictions de Dieu sur leurs travaux.

(Signé : Cardinal Casaroli)

3 mars 1986

DECLARATION DE VENISE

Communiqué final du Colloque

**"La science face aux confins de la connaissance :
Le prologue de notre passé culturel"**

Venise, 7 mars 1986

Les participants au colloque "La science face aux confins de la connaissance : Le prologue de notre passé culturel" organisé par l'Unesco avec la collaboration de la Fondation Giorgio Cini (Venise, 3-7 mars 1986), animés par un esprit d'ouverture et de questionnement des valeurs de notre temps, sont tombés d'accord sur les points suivants :

1. Nous sommes témoins d'une très importante révolution dans le domaine de la science, engendrée par la science fondamentale (en particulier, par la physique et la biologie), par le bouleversement qu'elle apporte en logique, en épistémologie et aussi dans la vie de tous les jours à travers les applications technologiques. Mais nous constatons, en même temps, l'existence d'un important décalage entre la nouvelle vision du monde qui émerge de l'étude des systèmes naturels et les valeurs qui prédominent encore en philosophie, dans les sciences de l'homme et dans la vie de la société moderne. Car ces valeurs sont fondées dans une large mesure sur le déterminisme mécaniste, le positivisme ou le nihilisme. Nous ressentons ce décalage comme étant fortement nuisible et porteur de lourdes menaces de destruction de notre espèce.
2. La connaissance scientifique, de par son propre mouvement interne, est arrivée aux confins où elle peut commencer le dialogue avec d'autres formes de connaissance. Dans ce sens, tout en reconnaissant les différences fondamentales entre la science et la tradition, nous constatons non pas leur opposition mais leur complémentarité. La rencontre inattendue et enrichissante entre la science et les différentes traditions du monde permet de penser à l'apparition d'une vision nouvelle de l'humanité, voire d'un nouveau rationalisme, qui pourrait conduire à une nouvelle perspective métaphysique.
3. Tout en refusant tout projet globalisant, tout système fermé de pensée, toute nouvelle utopie, nous reconnaissons en même temps l'urgence d'une recherche véritablement transdisciplinaire dans un échange dynamique entre les sciences "exactes", les sciences "humaines", l'art et la tradition. Dans un sens, cette approche transdisciplinaire est inscrite dans notre propre cerveau par l'interaction dynamique entre ses deux hémisphères. L'étude conjointe de la nature et de l'imaginaire, de l'univers et de l'homme, pourrait ainsi mieux nous rapprocher du réel et nous permettre de mieux faire face aux différents défis de notre époque.
4. L'enseignement conventionnel de la science par une présentation linéaire des connaissances dissimule la rupture entre la science contemporaine et les

visions dépassées du monde. Nous reconnaissons l'urgence de la recherche de nouvelles méthodes d'éducation, qui tiendront compte des avancées de la science qui s'harmonisent maintenant avec les grandes traditions culturelles, dont la préservation et l'étude approfondie paraissent fondamentales. L'Unesco serait l'organisation appropriée pour promouvoir de telles idées.

5. Les défis de notre époque - le défi de l'auto-destruction de notre espèce, le défi informatique, le défi génétique, etc. - éclairent d'une manière nouvelle la responsabilité sociale des scientifiques, à la fois dans l'initiative et l'application de la recherche. Si les scientifiques ne peuvent pas décider de l'application de leurs propres découvertes, ils ne doivent pas assister passivement à l'application aveugle de ces découvertes. A notre avis, l'ampleur des défis contemporains demande, d'une part, l'information rigoureuse et permanente de l'opinion publique, et d'autre part, la création d'organes d'orientation et même de décision de nature pluri- et transdisciplinaire.
6. Nous exprimons l'espoir que l'Unesco va poursuivre cette initiative, en stimulant une réflexion dirigée vers l'universalité et la transdisciplinarité.

Nous remercions l'Unesco qui a pris l'initiative d'organiser une telle rencontre, conformément à sa vocation d'universalité. Nous remercions aussi la Fondation Giorgio Cini d'en avoir permis la réalisation dans un lieu idéal pour le déroulement de ce forum.

Participants

Professeur **D.A. Akyeampong** (Ghana), physicien-mathématicien, Université du Ghana

Professeur **Ubiratan d'Ambrosio** (Brésil), mathématicien, coordonnateur général des Instituts, Universidade Estadual de Campinas

Professeur **René Berger** (Suisse), professeur honoraire, Université de Lausanne

Professeur **Nicolo 'Dallaporta** (Italie), professeur honoraire de l'Ecole internationale des Hautes Etudes à Trieste

Professeur **Jean Dausset** (France), Prix Nobel de Physiologie et de Médecine (1980), Président du Mouvement Universel de la Responsabilité Scientifique (MURSFrance)

Madame **Maïtraye Devi** (Inde), poétesse-écrivain

Professeur **Gilbert Durand** (France), philosophe, fondateur du Centre de recherche sur l'imaginaire

Dr **Santiago Genovès** (Mexique), chercheur à l'Institut de recherche anthropologique, Académicien titulaire de l'Académie nationale de médecine

Professeur **Avishai Murgalit** (Israël), philosophe, Université hébraïque de Jérusalem

Professeur **Yujiro Nakamura** (Japon), philosophe-écrivain, professeur à l'Université Meiji

Professeur **David Ottoson** (Suède), Président du Comité Nobel pour la physiologie ou la médecine, Professeur et Directeur, Département de Physiologie, Institut Karolinska

Professeur **Abdus Salam** (Pakistan), Prix Nobel de Physique (1979), Directeur du Centre international de physique théorique, Trieste, Italie, représenté par Dr **L.K. Shayo** (Nigéria), professeur de mathématiques

Dr **Rupert Sheldrake** (Royaume-Uni), Ph.D. en biochimie, Université de Cambridge

Professeur **Henry Stapp** (Etats-Unis d'Amérique), physicien, Laboratoire Lawrence Berkeley, Université de Californie Berkeley

Dr **David Suzuki** (Canada), généticien, Université de British Columbia

Participants et auteurs des documents de travail

Dr **Susantha Goonatilake** (Sri Lanka), chercheur, anthropologie culturelle

Dr **Basarab Nicolescu** (France), physicien, C.N.R.S.

Observateurs internenants

M. **Michel Random** (France), écrivain-éditeur

M. **Jacques G. Richardson** (France-Etats-Unis), écrivain scientifique

LA SCIENCE COMME "TEMOIGNAGE"

Document de travail par Basarab NICOLESCU

- I. INTRODUCTION
- II. SCIENCE ET VISION DU MONDE
- III. NATURE ET CONTRADICTION
- IV. UNITE DANS LA DIVERSITE ET LA DIVERSITE PAR L'UNITE
- V. L'IMAGINAIRE, LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE
- VI. RATIONNEL ET IRRATIONNEL
- VII. UNE FOULE DE QUESTIONS
- VIII. SCIENCE ET TRADITION
- IX. VERS UNE NOUVELLE TRANSDISCIPLINARITE

LA SCIENCE COMME "TEMOIGNAGE"

I. INTRODUCTION

Le texte qui va suivre n'est certainement pas un "guide", mais plutôt un ensemble de questions et de réflexions personnelles sur la science d'aujourd'hui. Si ces questions et ces réflexions portent inévitablement la marque de la spécialité de l'auteur (la théorie des particules élémentaires), elles essaient pourtant d'élargir le débat vers toute la science contemporaine, notre intérêt majeur étant celui d'éclaircir l'impact de cette science sur notre vie individuelle et sociale.

Ceci étant dit, le titre de notre contribution peut surprendre. Dans quel sens l'homme de science d'aujourd'hui peut-il être considéré comme un "témoin" ? Sur quoi pourrait-il bien "témoigner" ? Il est bien évident que la question implicite dans le titre est reliée à une question encore plus large : la Nature a-t-elle un "sens" ? L'auteur de ces lignes n'a pas la vanité de répondre à une telle question mais, en s'efforçant de distinguer avec soin ce qui est "affirmation scientifique" de ce qui est "acte de foi", il peut tout du moins essayer de mieux approcher cette question.

Quand on aborde cette question du "sens" il est relativement facile de se perdre dans d'innombrables considérations philosophiques, méthodologiques, historiques et mêmes sociologiques. Je préfère commencer par quelques observations simples et difficilement contestables.

Tout d'abord, tout scientifique qui est en même temps praticien de sa spécialité sait, de par sa propre expérience, qu'il n'y a pas un arbitraire absolu de notre représentation du monde. Une construction théorique scientifique, digne de ce nom, peut être rejetée par l'incompatibilité avec les données expérimentales. Il y a bien quelque chose qui **résiste**. De quel autre attribut que celui de "réalité" pouvons-nous caractériser ce quelque chose qui **résiste** ?

Un deuxième aspect, qui est devenu de plus en plus évident depuis l'avènement de la physique quantique, est celui de notre implication, de notre **participation** dans la réalité que nous "observons". La frontière entre l'"observateur" et ce qui est "observé" est dynamique, mouvante, changeante. La réalité purement "objective", rêve du XIXème siècle, n'est qu'une simple construction mentale, utile quelquefois, mais très dangereuse en tant que dogme immuable. Tout se passe comme si notre rôle est à la fois de **trouver** et de **donner un sens** à la réalité.

Enfin, un troisième aspect est celui de la **conformité** entre notre pensée et le monde. Une théorie scientifique ne se limite pas à la simple description de ce qui est connu. Elle anticipe, elle dévoile l'inconnu par sa puissance de **prédiction**. Une théorie scientifique peut être extrêmement abstraite, mathématique dans sa formulation, mais elle conduit néanmoins à des prédictions concrètes, expérimentales de ce qui n'a jamais été observé auparavant.

Ces trois aspects, considérés simultanément, peuvent constituer le point de départ d'une nouvelle approche de la réalité.

Deux manières de concevoir le "réel" ont dominé jusqu'à présent nos représentations du monde. Le "réel" était conçu soit comme "objectif" (l'homme apparaissant comme investi de la mission de devenir le "maître" d'une réalité extérieure), soit comme "subjectif", créé par l'homme (qui apparaît ainsi comme l'unique source de la "réalité"). Ces deux conceptions du "réel" procèdent, à mon avis, d'une seule et même attitude de vanité - celle de concevoir l'homme comme centre statique et absolu de la "réalité". Il y a pourtant une troisième possibilité, qui me semble être en conformité avec la connaissance scientifique moderne : le "réel" résulte de l'interaction entre le monde et l'homme, qui sont deux facettes d'une seule et même Réalité. C'est sur cette interaction que l'homme de science d'aujourd'hui pourrait véritablement "témoigner".

II. SCIENCE ET VISION DU MONDE

Aucun homme de science ne peut invoquer une quelconque "autorité", ni celle d'une institution, ni celle de la science, ni celle d'une compétence dans sa spécialisation pour parler de la vision scientifique du monde. Parler "au nom de la science" révèle une attitude à la limite de l'imposture, car une vision du monde **dépasse** la science, elle est fondée sur une **extrapolation** inévitable des données de la science. On peut affirmer qu'il y a autant de "visions du monde" qu'il y a de scientifiques. Donc, chercher une vision **unique** du monde est une tentative, à mon avis, illusoire et dont le germe totalitaire n'est pas à souligner.

On peut toutefois essayer de présenter nos propres réflexions sur la nature du "réel", tout en restant le plus près possible de la connaissance scientifique. Cette dernière tentative n'est pas seulement souhaitable, mais elle est même urgente et nécessaire. Car, on peut être "pour" ou "contre" la science, mais on ne peut pas nier son rôle considérable dans notre vie.

Les idées sociales, politiques, économiques qui prévalent aujourd'hui ont été façonnées, consciemment ou pas, par une "vision du monde" fondée sur la science du XIX^{ème} siècle. Même nos plus petites actions dans la vie de tous les jours sont déterminées, dans une large mesure, par notre attitude devant le "réel", attitude forcément influencée et modelée par notre environnement culturel. Il y a un retard compréhensible de la pénétration des idées scientifiques dans notre vie individuelle et sociale, retard qui ne fait que s'accroître avec le temps dû à la complexité de plus en plus grande de ces idées.

Il est peut-être grand temps d'intégrer les idées les plus générales de la science contemporaine dans notre culture. Est-il exagéré de penser que le décalage entre une vision dépassée du monde et une Réalité infiniment plus subtile et plus complexe (telle qu'elle se révèle à l'échelle quantique ou à l'échelle cosmologique) est à l'origine de beaucoup de tensions et de conflits dont nous sommes chaque jour les témoins plus ou moins impuissants ? Ne peut-on affirmer que c'est notre attitude devant le "réel" qui va déterminer, en fin de compte, le destin de notre monde ? L'ignorance de la science fondamentale n'est-elle pas une des causes de la prolifération technologique anarchique qui, si elle a beaucoup d'effets bénéfiques, peut mener aussi à l'auto-destruction de notre espèce ?

La démarche dont nous parlons est réalisable grâce à la spécificité de la science fondamentale. La science fondamentale plonge ses racines dans la terre

nourricière des interrogations communes à tout domaine de la connaissance humaine : quel est le sens de la vie ? Quel est le rôle de l'homme dans le processus cosmique ? Quelle est la place de la nature dans la connaissance ? La science fondamentale a donc les mêmes racines que la religion ou l'art ou la mythologie.

C'est vrai que, graduellement, ces questions ont été considérées de plus en plus comme étant non-scientifiques et elles ont été rejetées dans l'enfer de l'irrationnel, domaine réservé du poète, du mystique, de l'artiste ou du philosophe. La cause est probablement le triomphe indiscutable, sur le plan de la matérialité directe, de la pensée analytique, réductionniste et mécaniste. Il suffisait de postuler les lois venues on ne sait d'où. En vertu de ces lois, de ces équations de mouvement, tout pouvait être précisément prédit, une fois les conditions "initiales" fixées. Tout était donc déterminé, même prédéterminé. Dans cet univers de fausse liberté (car tout était, quand même, prédéterminé) il était étonnant que quelque chose pût réellement se passer. Témoin d'un ordre absolu, statique et immuable, le scientifique ne pouvait plus être, comme autrefois, un "philosophe de la nature" - il était obligé de devenir un **technicien du quantitatif**.

La science moderne, en commençant avec l'avènement de la physique quantique, à l'aube du XXème siècle, montre toute fragilité d'un tel paradigme. La physique quantique a démontré le manque de fondement de la croyance aveugle dans la continuité, dans la causalité locale, dans le déterminisme mécaniste. La discontinuité faisait son entrée par la porte royale - celle de l'expérience scientifique. La causalité locale faisait place à un concept plus fin de causalité "globale". L'"objet" était remplacé par la relation, par l'**interaction**, par l'**interconnexion** des phénomènes naturels. Enfin, le concept classique de "matière" était remplacé par le concept infiniment plus subtil de "matière-énergie". La toute-puissance de la "substance", pierre de touche des réductionnistes de tous les temps, était mise en doute : la substance est, tout simplement, une des facettes possibles de l'énergie.

Avec Planck et Einstein commença une révolution conceptuelle sans précédent qui logiquement devait conduire à un nouveau système des valeurs réglissant notre vie de tous les jours, notre vie dans la cité. Pourtant, trois quarts de siècle après l'apparition de l'image quantique du monde, rien n'a vraiment changé. Nous continuons d'agir, consciemment ou pas, selon les vieux concepts des siècles précédents. D'où vient cette schizophrénie néfaste entre un univers infiniment riche et un homme qui subit l'emprise d'une image dépassée du monde ? Serait-il si difficile d'admettre que la science est aujourd'hui capable de donner un souffle nouveau à la philosophie ? Aborder le problème de la "science face aux confins de la connaissance" c'est aussi faire face à ces questions qui nous interrogent sans cesse.

III. NATURE ET CONTRADICTION

La découverte palpable, expérimentale d'une échelle "invisible" pour les organes des sens (l'échelle quantique), où les lois sont complètement différentes de celles de l'échelle "visible" de notre vie de tous les jours, a été probablement la contribution la plus importante de la science moderne à la connaissance humaine. Le nouveau concept qui a ainsi émergé - celui de **niveaux de matérialité** - est parmi ceux qui peuvent fonder une nouvelle vision du monde.

Le monde des événements quantiques est tout à fait différent de celui auquel nous sommes habitués.

L'unité des contradictoires semble régner dans ce nouveau monde : les entités quantiques sont particules et ondes à la fois. L'événement quantique n'est pas séparable en tant qu'objet : le nouveau monde est celui de l'interconnexion universelle, de la relation, de l'interaction. La discontinuité et la continuité coexistent harmonieusement (c'est-à-dire "contradictoirement") : l'énergie varie par des sauts, mais notre monde "visible" reste pourtant celui de la continuité. Le vide est "plein" - il contient potentiellement tous les événements. Le nouveau monde est celui d'un "bouillonnement" perpétuel, de l'annihilation et de la création, d'un mouvement à des vitesses vertigineuses, incomparables à celle de nos fusées. L'énergie concentrée à l'échelle de l'"infinitement petit", atteint des valeurs fabuleuses, à peine imaginables à notre propre échelle.

Décidément le monde quantique a sa place dans la "vallée de l'Etonnement" (une des sept vallées de "La Conférence des oiseaux" d'Attar) où la contradiction et l'indéterminé guettent le voyageur.

L'inadéquation des images utilisées pour illustrer, d'une manière simple, les lois quantiques, est ainsi compréhensible. La plupart des images ne font que traduire en langage classique, macroscopique des lois d'une échelle de nature fondamentalement différente. Ici nous sommes au cœur de la difficulté : dans le monde quantique, on ne peut pas faire du neuf avec de l'ancien.

Mais, au-delà de l'inadéquation des images il y a aussi inadéquation de la logique et du langage fondés sur le réalisme classique. On voit ainsi surgir la "contradiction", notion qui doit être comprise ici dans son sens philosophique : ce qui se construit réciproquement par lutte antagoniste. Il n' s'agit pas d'une quelconque "incohérence" dans la description scientifique : "contradiction" ne signifie pas "incohérence". Simplement ce qui est uni à un certain niveau de réalité apparaît comme **contradictoire** à un autre niveau de réalité. Les travaux du philosophe français Stéphane Lupasco ont montré toute la richesse logique et philosophique de la notion de "contradiction".

Rappelons dans ce contexte l'exemple bien connu de la notion de "complémentarité" introduite par Niels Bohr en 1927 : une particule quantique peut être décrite **approximativement** en termes soit d'un corpuscule classique, soit d'une onde classique, mais la particule quantique n'est ni corpuscule ni onde. "Corpuscule" et "onde" apparaissent comme deux aspects **complémentaires** de la particule quantique qui est, dans ce sens, **et corpuscule et onde**.

Cette complémentarité, contrairement au sens de ce mot dans le langage familier, se réfère donc aux aspects **mutuellement exclusifs** que présentent les phénomènes quantiques.

Dans le langage naturel, la "complémentarité" signifie plutôt une juxtaposition. C'est comme si on disait que la lune nous montre tantôt une moitié, tantôt l'autre. Il n'y a, bien sûr, rien de mystérieux ou de nouveau dans une telle situation. Tout le problème est que les phénomènes quantiques nous montrent des aspects de nature différente : c'est comme si on disait qu'en observant la même moitié éclairée de la lune on pouvait conclure, par une certaine expérience, qu'il s'agit d'une partie d'un corps céleste, tandis que, par une autre expérience, on déduisait qu'il ne s'agit certainement pas d'une partie d'un corps céleste.

La particule quantique défie toute représentation par les formes dans l'espace et dans le temps, car il est évidemment impossible de se représenter mentalement (autrement que par des équations mathématiques) quelque chose qui est corpuscule et onde à la fois.

Il s'agissait d'un défi sans précédent lancé par l'expérience scientifique au mode même de la pensée qui caractérise notre vie de tous les jours. Par exemple, la lumière se comporte expérimentalement, soit comme ondes, soit comme corpuscules. Mais les résultats d'une expérience scientifique sont obtenus, par définition, à notre propre échelle, dans un monde inévitablement classique, incapable de concevoir l'unité des contradictoires. Cette séparation entre les contradictoires est due à notre logique, à notre langage, à notre manière d'interpréter les résultats, à une échelle infiniment plus complexe que celle quantique. A l'échelle quantique, la lumière est une : elle est et ondes et corpuscules.

Bohr a d'ailleurs ressenti que la source de la schizophrénie structurelle de la vision classique se trouve dans la **séparation totale sujet-objet**. Dans "The Quantum Postulate and the Recent Developments of Atomic Theory" (1928), Bohr écrit : "J'espère toutefois que le concept de complémentarité est susceptible d'élucider les difficultés actuelles, qui présentent une analogie si profonde avec les difficultés d'ordre général, dans la formation des concepts humains, résultant de la nécessité de faire une distinction entre sujet et objet".

IV. UNITE DANS LA DIVERSITE ET LA DIVERSITE PAR L'UNITE

Comment l'univers fonctionne-t-il ? Est-il une sorte de machine, certes merveilleuse mais néanmoins une machine, constituée de systèmes pratiquement indépendants, reliés uniquement mécaniquement entre eux ? Ou bien y a-t-il une unité sous-jacente, assurée par une Intelligence dynamique, en permanente évolution, à l'oeuvre dans chaque échelle de la Nature ? Y a-t-il des lois qui traversent toutes les échelles de la Nature (les atomes, les hommes, les planètes, etc.), lois invariantes mais qui pourtant donnent des effets différents selon l'échelle où elles agissent ? Autrement dit, y a-t-il une sorte de "nutrition réciproque" entre les différentes échelles de la Nature ou bien l'univers est-il une triste machine, où chaque échelle est destinée à la destruction et à la mort, par la croissance continue de l'entropie ?

Questions, bien évidemment, difficiles que l'homme se pose, sous une forme ou une autre, depuis toujours. Questions auxquelles il ne saurait y avoir de réponses définitives, car notre vision de la Nature est en perpétuel changement. Ce qui est pourtant nouveau à notre époque, c'est le considérable progrès expérimental et théorique de la science contemporaine, qui a réussi à pénétrer d'une manière rigoureuse, mathématique au coeur même de la matière. Si les questions formulées auparavant sont, de par leur propre nature, métaphysiques elles peuvent néanmoins trouver un éclairage partiel mais saisissant par la démarche rationnelle de la science. Ces questions ne restent plus confinées dans l'expérience subjective de l'homme, mais elles acquièrent des aspects essentiellement nouveaux, par la découverte des correspondances sur le plan de la matière, de l'univers matériel dans lequel nous sommes plongés. Est-il trop optimiste d'affirmer qu'ainsi commence une nouvelle période de la connaissance dans laquelle l'étude de l'univers et l'étude de l'homme se soutiennent l'une l'autre ?

En tout cas, dans la science contemporaine, surtout en physique et en biologie, on voit se dessiner d'une manière de plus en plus prégnante, une vision du monde selon laquelle l'hétérogénéité et la diversité coexistent paradoxalement avec l'unité des systèmes de systèmes en interaction.

Unité, unification, unicité sont des mots qui apparaissent de plus en plus souvent dans le vocabulaire de la physique de ces dernières années. Une extraordinaire floraison d'idées nouvelles a déterminé un approfondissement important de notre compréhension du monde physique, de la particule au cosmos. Toutes ces idées sont centrées sur une idée unique : celle de l'unification de toutes les interactions physiques.

Les quatre interactions physiques connues (l'interaction forte, l'interaction faible, l'interaction électromagnétique et l'interaction gravitationnelle) sont très différentes les unes des autres, aussi bien par leur intensité que par leur portée. Par exemple, l'interaction gravitationnelle et l'interaction électromagnétique ont une portée infinie (elles s'exercent à l'échelle macroscopique), tandis que l'interaction forte et l'interaction faible ont une toute petite portée.

Malgré cette diversité considérable, les physiciens sont convaincus aujourd'hui que toutes ces interactions peuvent être unifiées dans une seule et même théorie. On pense notamment à la possibilité d'une large **symétrie** qui est, en principe, capable d'unifier toutes les interactions physiques.

L'unification de toutes les interactions a lieu à une énergie fabuleuse. Selon la relation de Heisenberg, cette énergie correspond à une distance infime : si le proton était aussi grand que le soleil, cette échelle d'unification serait celle d'un grain infinitésimal de poussière.

L'énergie correspondant à l'unification ne sera jamais atteinte dans nos accélérateurs mais elle a été **déjà** atteinte au début du "big-bang". C'est pour cela que les théories d'unification sont très importantes pour la compréhension de ce qui se passait au tout début du "big-bang". L'univers était alors probablement une boule de feu où régnait une température infernale. Une énergie non-différenciée animait une masse informe de quarks, leptons et "messagers", décrits par une seule interaction. Cette boule de feu contenait potentiellement tout l'univers. Ensuite, par un refroidissement continu, les différentes interactions sont apparues graduellement. A l'origine, quand une parfaite symétrie régnait sur le monde, toutes les particules s'agitant dans la boule de feu bouillonnante avaient une masse nulle. Aujourd'hui le seul "messenger" observable de masse nulle est le photon : dans un sens, il n'y a que la lumière qui est le vestige de ce monde "originel" de parfaite symétrie.

La particule et le cosmos sont donc intimement liés. La boucle est bouclée : en comprenant l'"infinitement petit" nous comprenons l'"infinitement grand".

Un exemple éclatant d'une telle évolution de la science moderne est la naissance récente d'une nouvelle branche, véritablement transdisciplinaire, de la science - **la cosmologie quantique**. Comme son nom l'indique, cette nouvelle science est fondée sur l'idée de **l'unité** entre deux échelles de la nature qui étaient considérées, il y a à peine quelques années, comme totalement différentes - l'échelle quantique et l'échelle cosmologique. Les interactions entre les particules peuvent nous renseigner sur l'évolution du cosmos et les informations sur la dynamique cosmologique peuvent éclaircir certains aspects de la physique des particules.

L'idée de l'unité entre l'échelle quantique et l'échelle cosmologique n'est pas, après tout, si étrange qu'elle le paraît à première vue. Selon la théorie du "big-bang" l'univers a dû avoir, à ses débuts, une taille infime. A cette époque (10^{-32} à 10^{-43} secondes après son "apparition"), les processus quantiques devaient

être importants et même prédominants. Il est normal que l'univers ait gardé une mémoire de ce qui s'est passé à sa naissance.

Dans la cosmologie quantique, des questions considérées comme "tabou" pour la science dans un passé récent peuvent être abordées avec les moyens de l'investigation scientifique. Peut-on imaginer une "cause" du "big-bang" ? Peut-on parler scientifiquement d'une "origine" de l'univers ? D'où vient l'extraordinaire énergie dépensée au moment du "big-bang" ? Même une question réputée de nature métaphysique, comme celle de la "genèse" de l'espace et du temps, peut être maintenant abordée par la science.

On ne doit pas, bien évidemment s'imaginer que la science actuelle fournit des réponses définitives à ce genre de questions. La cosmologie quantique est un domaine en pleine constitution. Les différentes approches sont continuellement modifiées sous la pression de la nécessité d'auto-consistance sur le plan théorique et expérimental. Mais l'entrée de telles questions dans le domaine de l'investigation scientifique nous semble être un acquis définitif.

Il est intéressant de mentionner que certaines théories d'unification font appel à un espace dont le nombre de dimensions est **plus grand** que celui du monde dans lequel nous vivons (ou nous croyons vivre). S'il y a toujours une seule dimension du temps, on considère l'existence d'un nombre de dimensions de l'espace plus grand que trois. Les dimensions supplémentaires de l'espace ont-elles une quelconque "réalité" ? Selon certaines approches, si l'univers était associé, à ses débuts, à un espace-temps multi-dimensionnel, alors les dimensions "supplémentaires" ont dû s'enrouler très rapidement dans une région infinitésimale de l'espace. Elles resteront à jamais cachées, inobservables, mais leurs "reliques" seraient précisément les interactions physiques connues.

L'idée surprenante qui surgit de la cosmologie quantique est celle de **l'apparition spontanée** de l'univers, comme résultat des lois physiques. L'univers semble capable de s'auto-crée et aussi de **s'auto-organiser**, sans aucune intervention "externe". L'image la plus appropriée pour "visualiser" cette dynamique auto-consistante de l'univers serait peut-être celle de l'"ouroboros" - le serpent qui se mord la queue - ancien symbole gnostique et aussi symbole de l'accomplissement du Grand Oeuvre alchimique.

Quel que soit le sentiment d'émerveillement que nous éprouvons en contemplant la cohérence indubitable de l'univers physique, nous ne pouvons pas nous empêcher d'éprouver, en même temps, une profonde sensation de malaise. A quoi sert toute cette cohérence ? A quoi servent tous ces "ajustements" extrêmement fins et précis entre les différents paramètres physiques pour que l'univers soit tel qu'il est ?

Une cohérence remarquable semble régir l'échelle quantique et l'échelle cosmologique. L'échelle "intermédiaire" - celle de l'homme - échappe-t-elle à l'unité, de plus en plus perceptible, du monde ? La violence, l'anarchie, le manque de cohérence, seraient-ils le lot de l'homme, en contraste avec l'auto-organisation et l'auto-consistance qui semblent régir les autres systèmes naturels ?

V. L'IMAGINAIRE, LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

Un cliché tenace veut que la création scientifique, surtout en mathématique et en physique théorique, soit associée à une démarche logique inébranlable, le facteur

psychologique étant présent tout au plus sur le plan de l'accident et du pittoresque. Il est vrai qu'un résultat scientifique partiel, technique s'obtient généralement par le développement rigoureux d'un certain formalisme. Mais, dans le grand jeu de l'invention scientifique, le feu ardent de l'imaginaire joue souvent un rôle prédominant par rapport au calme imperturbable de la logique scientifique. Les témoignages des grands inventeurs scientifiques abondent dans ce sens.

Mais, dans le cadre de la présente contribution, ce n'est pas l'imaginaire tel qu'il se manifeste dans la création scientifique qui nous intéresse, mais plutôt l'imaginaire qui est **stimulé** par la science. Le rôle de l'imaginaire dans notre vie sociale étant bien déterminé, une telle question a des implications évidentes et importantes.

La puissance des concepts et des images engendrés par la science fondamentale moderne est telle qu'ils pourraient être la source d'une nouvelle mythologie moderne mettant en jeu à la fois l'être et le savoir, la dimension rationnelle de l'homme et sa dimension affective. On affirme souvent, avec justesse, que la science d'aujourd'hui **anticipe** la science-fiction, contrairement à ce qui s'est passé dans les périodes précédentes. Le nouveau type d'imaginaire engendré par la science moderne pourrait mener à une réconciliation de l'homme avec lui-même, avec les autres et avec le monde. En le projectant vers l'infiniment petit ou vers l'infiniment grand, la science fondamentale, grâce à son garde-fou permanent qui est la raison et l'expérimentation scientifique, peut mener l'homme vers une nouvelle rencontre, combien enrichissante, avec lui-même.

Malheureusement, nous décrivons ici un état idéal, jamais atteint. La vulgarisation scientifique tombe souvent dans une plate **imagerie**, qui n'est qu'une dégradation, pernicieuse et destructive, de l'imaginaire. L'être est complètement évacué, au nom d'une fausse prudence et à la faveur d'un faux-semblant de savoir.

Bien évidemment, une difficulté essentielle d'une bonne vulgarisation scientifique réside dans le caractère mathématique des lois gouvernant le monde physique. L'outil mathématique utilisé est complexe, difficile, raffiné et sa possession suppose des années et des années d'apprentissage. Le mensonge d'une communication rapide du contenu des lois physiques est manifeste. Une autre difficulté importante d'une bonne vulgarisation scientifique est celle de l'inadéquation des images, du langage et de la logique fondés sur le réalisme classique.

Une porte de sortie de toutes ces difficultés existe et elle est due au fait que les résultats les plus généraux de la science fondamentale impliquent une sorte de simplicité globalisante, une beauté esthétique qui ne s'adresse pas qu'au mental, mais aussi à l'intuition, à la sensibilité, par la mise en mouvement des couches profondes de l'imaginaire. Les mathématiques qui sont à la base des lois physiques sont intraduisibles dans le langage ordinaire, mais les résultats les plus généraux obtenus par l'emploi de l'outil mathématique peuvent être compris et sentis par les non-spécialistes. Bien entendu, même cette voie n'est pas sans danger et elle doit être poursuivie avec une extrême rigueur. A trop vouloir "poétiser" les faits scientifiques, on arrive à une vision superficielle et déformée de la science. Mais l'effort mérite d'être accompli.

Si les enseignements de la science fondamentale sont souvent ignorés et occultes, en revanche l'imaginaire stimulé par la technologie, fille bâtarde de la science fondamentale, est extrêmement puissant dans nos sociétés. Il ne s'agit pas, bien sûr, de nier la valeur intrinsèque indiscutable de la technologie, qui pourrait avoir sa place dans le développement harmonieux de l'homme. Ce qui est en cause ici est sa prolifération anarchique, sans aucune perspective globalisante, trouvant son

apogée dans le fait que les moyens de destruction existants sur notre planète suffisent pour l'anéantir plusieurs fois, entièrement. Ce qui est en cause aussi c'est la confusion si courante entre la technologie et la science fondamentale.

Le déferlement contemporain d'images et le caractère cancérigène de la surinformation transforment en imagerie polluante ce qui pourrait être de l'ordre de l'imaginaire vrai, créateur, visionnaire, essentiel, fondateur. Dieu-la-science du XIXème siècle est en train d'être remplacé par Dieu-l'ordinateur, tous les deux dieux de pacotille dans un simulacre du sacré.

Et pourtant les potentialités sont immenses. Un fait semble certain : c'est ce qu'on pourrait appeler **la réalité de l'imaginaire**. Sans la **vision**, le réel se dissout dans un enchaînement sans fin d'images voilés, déformantes, mutilantes. L'équilibre entre la science fondamentale, la technologie et l'imaginaire pourrait nous créer une ouverture possible vers une vision plus pure du réel.

VI. RATIONNEL ET IRRATIONNEL

Où finit le "rationnel" et où commence l'"irrationnel" ? Toute l'histoire des sciences témoigne de la lutte incessante et acharnée contre l'inconnu et on pourrait affirmer que l'inconnu est la source même du progrès scientifique. Beaucoup d'aspects qui ont été considérés à une époque comme irrationnels, bizarres, paradoxaux sont devenus ensuite, par la démarche scientifique, rationnels, normaux, intégrés dans une description scientifique cohérente. D'ici jusqu'à affirmer que **tout** ce qui existe dans le monde est rationnel il y a un pas important à faire, dont les conséquences sur tous les plans ne doivent pas être sous-estimées.

Ainsi, une certaine vision du monde nous dit que tout ce qui est inconnu dans le monde sera un jour dévoilé, connu. L'irrationnel est donc conçu comme un **point asymptotique**, abstrait, dénué de tout caractère de réalité. Ce qui est réel c'est le rationnel, c'est-à-dire que ce qui est soumis à la reproductibilité, à l'expérimentation et à la compréhension scientifique.

On peut visualiser cette description de la connaissance en représentant la connaissance scientifique par une sphère. La **surface** de la sphère est la frontière entre le connu et l'inconnu. La sphère est **compacte** : tous les points à l'intérieur de la sphère représentant ce qui est connu à un moment donné. Par ses efforts constants tout au long de l'histoire l'homme repousse de plus en plus loin la frontière de la sphère, dans un processus sans fin. Dans ce processus de connaissance scientifique le volume de la sphère (donc ce qui est connu) augmente et, simultanément, la surface de la sphère (donc la frontière entre le connu et l'inconnu) augmente aussi. Mais le volume de la sphère augmente **plus vite** que sa surface : le rapport entre le volume et la surface tend, avec l'écoulement du temps, vers l'infini, assurant ainsi le progrès continu et sans fin de la rationalité scientifique.

Il est néanmoins possible de formuler, à partir de la vision systémique et quantique du monde, une vision radicalement différente, malgré des analogies superficielles. Prenons à nouveau une sphère comme représentation de la connaissance scientifique, mais une sphère **non-compacte** : à l'intérieur de la sphère du connu se trouvent aussi de petites sphères représentant l'inconnu. Dans le processus de connaissance scientifique, les petites sphères diminuent tant en volume qu'en surface, le rapport entre le volume et la surface tendant, avec l'écoulement du temps,

vers zéro. Il y a donc, ici aussi, une progression dans le temps de la connaissance scientifique. Mais l'inconnu est continuellement présent, d'une manière **irréductible** : il se manifeste par des **points** qui seront présents, quoi qu'on fasse, dans la sphère du connu. Et ne pourrait-on définir le **sacré** comme étant justement tout ce qui est irréductible par rapport aux opérations mentales ? Tout se passe, dans le modèle que nous proposons, comme s'il n'y avait pas une opposition, mais une **coopération** permanente entre le rationnel et l'irrationnel, qui se manifestent comme deux pôles contradictoires d'une même Réalité, qui transcende l'un et l'autre. Tout se passe comme s'il y avait une interaction mutuelle, une transformation réciproque entre le rationnel et l'irrationnel. L'irrationnel n'apparaît pas comme l'attribut d'une entité extérieure à la sphère du connaissable, mais comme pôle d'un dynamisme qui l'englobe et au centre duquel se trouve l'homme. Ce dynamisme est source de liberté, de spontanéité, de créativité dans l'évolution des systèmes naturels.

A la lumière de ces deux images de la connaissance scientifique, on pourrait objecter qu'il n'y a entre elles qu'une différence au niveau des mots. Après tout, la progression indéfinie de la connaissance scientifique est présente et dans l'une et dans l'autre. Toutes les deux reconnaissent un certain rôle de l'inconnu, même si pour l'une ce rôle est temporaire et s'évanouit asymptotiquement, tandis que pour l'autre ce rôle est continuellement présent (mais une propriété "asymptotique" n'est-elle pas, par définition, jamais réalisable ?). Plus encore, il ne semble y avoir aucune conséquence différente en ce qui concerne la **prédiction** scientifique. Les deux images seraient donc essentiellement équivalentes.

Ces objections sont justifiées si l'on accepte comme critère exclusif de réalité l'**efficacité** sur le plan de la matérialité directe. Mais, les conséquences concernant l'**attitude** que nous avons par rapport à ce que nous connaissons sont radicalement différentes dans les deux modèles : la vanité luciférienne menant irrémédiablement à la destruction dans un cas, le respect pour l'organisation cosmique harmonieuse où l'homme a sa propre place dans l'autre cas. Paradoxalement, l'attitude que nous avons par rapport à la Réalité est une composante inséparable, active de la Réalité elle-même.

La pratique de la science nous apprend la valeur de l'interrogation permanente, de la mise en question permanente de nos propres "réponses". Pouvoir choisir entre la capitalisation du savoir et la "pauvreté" de l'interrogation continuelle de la compréhension. Avancer dans le monde comme sur un fil de rasoir, refusant toute théorie "définitive", toute construction utopique, tout système exclusif, fermé de pensée. **Devenir soi-même "question"**, en se sentant ainsi relié à soi-même et aux autres. Exercice combien périlleux, mais ouvrant un espace de liberté et de tolérance.

"Rationnel" et "irrationnel", "matière" et "conscience", "matière" et "esprit", "finalité" et "non-finalité", "ordre" et "désordre", "hasard" et "nécessité", etc., etc., sont des mots usés, fanés, dévalués, fondés sur une vision **classique** de la Réalité, en désaccord avec les faits. Leurs couples d'opposés provoquent des polémiques sans fin et le déchaînement de passions viscérales.

Il faudrait plutôt inventer des mots complètement nouveaux, des concepts complètement nouveaux pour approcher la richesse d'une réalité à la fois plus complexe et plus harmonieuse que celle de la vision classique.

Mais, forger des concepts nouveaux mène toujours à un chemin semé d'embûches. Les pires déformations et les pires récupérations peuvent se présenter dans cette voie. La seule manière d'éviter ces déformations et ces récupérations me semble

être celle d'une recherche véritablement transdisciplinaire, patiente, de longue haleine, ouverte aux meilleures compétences et fondée sur la rigueur scientifique.

La nouvelle rationalité aura certainement une naissance difficile.

VII. UNE FOULE DE QUESTIONS

La nature a-t-elle quelque chose à nous dire sur nous-mêmes ? Est-il vrai qu'en connaissant l'univers, je peux me connaître moi-même ? Ou bien ces deux plans de la connaissance, correspondants à notre double nature, sont-ils irrémédiablement séparés, la transition étant complètement discontinue ? Mais alors d'où vient cette certitude, jour après jour renforcée par l'avancement dans l'étude des lois physiques, d'un **isomorphisme** entre les différents plans de la connaissance ?

D'ailleurs qu'est-ce que cela veut bien dire "se connaître soi-même", impératif obsédant mais absurde du point de vue de la logique ordinaire ? Car comment un système d'une certaine complexité peut-il décoder entièrement un système d'égale complexité ? Suis-je donc obligé de m'"ouvrir" à un niveau d'une autre complexité, mais cette "ouverture" n'est-elle pas un simple mot pour cacher pudiquement l'inaccessibilité de l'inconnu ?

Et, enfin, toutes ces questions ont-elles vraiment un sens pour la science, telle qu'elle est définie de nos jours ? Ne devons-nous pas nous contenter de considérer la science comme un ensemble de recettes, opératives sur le plan de la matérialité directe, mais sans aucune signification sur le plan de l'"être" ? Accepter le "comment ?" mais oublier le "pourquoi ?". Rejeter l'"être" hors du domaine de la science. Retomber ainsi dans un monde vide, séparé, d'où tout "signe" est absent.

Comment ne pas regarder avec étonnement la tentative de ceux qui veulent bien voir l'"esprit" partout, en utilisant abusivement les "données" de la science ? Car la science nous offre une image de la réalité en perpétuel changement. Il n'y a rien de stable, de permanent dans les "affirmations" de la science. La seule progression est celle de l'interrogation. Mais comment aussi ne pas regarder avec étonnement la position de ceux qui, ignorant les données de la science, proclament l'existence d'une infranchissable séparation ?

L'acte créateur scientifique, engendré par la conformité entre l'homme et la nature, n'est pas simplement un acte mental. Il inclut aussi l'intuition, par une ouverture vers le royaume du "subconscient" (qu'il faudrait plutôt appeler le "surconscient"). L'acte créateur scientifique ne peut pas être réduit à la simple évidence empirique. Il se passe plutôt dans un monde abstrait, mathématique, loin de toute évidence empirique. La mathématique, véritable science de l'analogie entre les analogies, devient ainsi une partie organique de la construction scientifique, le pont permettant l'existence d'un isomorphisme entre les différentes sciences. Et comment ne pas voir dans cette structure mathématique l'essence même de la conformité entre l'homme et la nature ?

Sommes-nous alors en train de redécouvrir l'ancienne croyance dans l'"objectivité" absolue de la science, en excluant toute intervention du "sujet" ? Certainement pas. L'univers quantique, univers d'interconnexion, de non-séparabilité, implique une "participation" du sujet, véritable microcosme réfléchissant le macrocosme. C'est justement cette participation, cette conformité qui nous dit qu'il est

impossible de parler sérieusement d'une "objectivité" absolue ou d'une "subjectivité" absolue de la science.

Qu'est-ce que l'objectivité en présence de l'intersubjectivité ? Qu'est-ce que l'objectivité dans une logique du tiers inclus ? Le monde extérieur reste-t-il le seul repère possible de l'objectivité ? Mais, comment ne pas se perdre dans le dédale de la vie intérieure, comment ne pas retomber dans le psychologique, dans la "vulgarité" ? Quel est le **signe** d'un événement objectif ? La vie intérieure peut-elle être une mesure de l'interaction entre les différents "mondes", entre les différents systèmes de systèmes ? Comment ne pas tomber dans la négation absolue ? Comment distinguer objectivité et certitude, dont le fondement psychologique n'est plus à démontrer ? L'objectivité est-elle liée à la transformation agissant **simultanément** dans le monde "intérieur" et le monde "extérieur" ? Comment dépasser à la fois l'approximation du mesurable par l'action extérieure et le délire romantique ? Comment éviter à la fois le romantisme mystique et la vanité du scientisme ?

En tout cas, une **nouvelle objectivité** semble émerger de la science contemporaine, une objectivité qui n'est plus liée à l'objet seul, mais à la fusion objet-sujet. Il faudrait inventer ici aussi de nouveaux concepts. On pourrait ainsi parler de l'**objectivité subjective** de la science et de la **subjectivité objective** de la Tradition. La chance de l'homme contemporain n'est-elle pas de pouvoir essayer de faire vivre en lui-même à la fois les deux pôles d'une contradiction fertile ?

VIII. SCIENCE ET TRADITION

Une certaine mode, relativement récente, qui veut à tout prix rapprocher la physique contemporaine de la Tradition, n'a fait qu'introduire un peu plus de trouble dans un domaine déjà confus, en substituant, dans le meilleur des cas, la rigueur par le feu d'artifice des analogies poétiques. Comme il y a un "pop-art", il y a aussi une "pop-mystique", un "pop-ésotérisme" et une "pop-physique ésotérique-mystique", dont les produits s'étalent sur les devantures d'un marché florissant.

Y a-t-il vraiment un lien entre science et Tradition ?

Une remarque importante doit être faite dès le début : le mot "Tradition" (provenant du mot latin *tradere*, signifiant "remettre", "transmettre") porte en lui-même une contradiction lourde de conséquences.

Dans une première acception, familière et usuelle, le mot "tradition" signifie "manière de penser, de faire ou d'agir, qui est un héritage du passé" et il est ainsi lié aux mots "coutume" et "habitude". Dans ce sens, on peut parler de "tradition académique", de "tradition de la Comédie Française" ou de "tradition newtonienne". Dans la science, la "tradition" représente une tentative de momification, de préservation à tout prix d'une certaine théorie ou d'une certaine manière de concevoir la Réalité. Il est bien évident que, selon ce premier éclairage du mot "tradition", la science est, par essence, anti-traditionnelle, car elle concerne la recherche de l'inconnu, l'invention, sous la pression des faits expérimentaux, de théories nouvelles, de mieux en mieux adaptées à décrire la Réalité.

Dans une deuxième acception, moins courante (la seule qui est utilisée ici), la "tradition" signifie "l'ensemble des doctrines et pratiques religieuses ou morales, transmises de siècle en siècle, originellement par la parole ou l'exemple" et aussi "l'ensemble des informations, plus ou moins légendaires, relatives au passé,

transmises d'abord oralement de génération en génération". Selon cette définition, la "Tradition" englobe les différentes "traditions" - chrétienne, juive, islamique, bouddhiste, soufie, etc. Pour éviter toute confusion entre les deux acceptions du mot "tradition", nous écrivons ce mot avec majuscule quand nous nous référons à la deuxième.

La Tradition concerne donc essentiellement la transmission d'un ensemble de connaissances sur l'évolution spirituelle de l'homme, sur sa position dans les différents "mondes", sur sa relation avec les différents "cosmos". Cet ensemble de connaissances est ainsi inévitablement invariant, stable, permanent, malgré la multiplicité des formes assumées dans sa transmission et malgré les distorsions introduites par le temps et l'histoire. Si la transmission est le plus souvent orale, elle peut pourtant s'effectuer aussi par la science des symboles, par les écrits ou les oeuvres d'art, par les mythes ou les rites.

Pour un chercheur qui fait l'effort d'être impartial tout semble séparer science et Tradition.

La connaissance traditionnelle est fondée sur la révélation, sur la contemplation, sur la perception directe de la Réalité. A l'autre pôle, la connaissance scientifique (tout du moins dans sa forme contemporaine) est fondée sur la compréhension de la Réalité par l'intermédiaire du mental, par l'intermédiaire des constructions logiques et mathématiques. La connaissance traditionnelle présuppose le silence du mental, par la suppression des associations logiques ordinaires, tandis que la connaissance scientifique est possible justement grâce à l'activation aussi intense que possible du mental.

La recherche traditionnelle accorde une grande importance au corps, à la sensation, aux sentiments, à la foi, tandis que la recherche scientifique exclut le propre corps du chercheur, ses sensations, ses sentiments, sa foi, du domaine de l'observation et de la formulation des "lois". Le seul instrument appartenant au corps humain, toléré par la science, est le cerveau du chercheur et ses structures logiques inhérentes et communes à tous les chercheurs. Les différents appareils de mesure expérimentale sont supposés être dotés d'une "objectivité" intrinsèque, d'une indépendance quasi absolue de la volonté du chercheur lui-même.

La pensée traditionnelle a toujours affirmé que la Réalité n'est pas liée à l'espace-temps : elle est. Le chercheur traditionnel s'impose volontairement, par un travail long et acharné, une annihilation de sa propre identité spatio-temporelle, dans le but de retrouver son Etre véritable, par la dissolution dans la Réalité unique, tout-embrassante, qui n'admet, pour être connue, aucune séparation, aucune "impureté" due à la projection dans l'espace ou dans le temps. A l'autre pôle, le chercheur scientifique est obligé de postuler l'existence d'une Réalité "objective", séparée et qui est forcément définie dans l'espace et dans le temps.

Une autre différence essentielle entre la science et la Tradition réside dans le caractère communicable ou incommunicable d'une expérience. La recherche traditionnelle réclame le droit à l'expérience incommunicable par le langage naturel. L'expérience traditionnelle est unique, totale, dépassant de loin les catégories logiques ordinaires. Par contre, l'expérience scientifique est communicable, répétable. Les conditions d'une expérience scientifique sont définies d'une manière aussi "objective" que possible. Une expérience scientifique peut être donc répétée par n'importe quelle équipe de chercheurs, dotée de l'outillage scientifique approprié. L'expérience est même considérée comme le juge suprême de la science. "L'argument d'autorité" n'existe pas en science (sauf comme phénomène sociologique marginal et transitoire). Une théorie, fût-elle de la plus grande beauté sur le

plan esthétique ou fût-elle formulée par le plus grand physicien de l'époque, est rejetée sans hésitation si elle se trouve en conflit flagrant avec les données expérimentales.

La connaissance traditionnelle réclame donc **le droit à l'inefficacité**, sur le plan de la matérialité spatio-temporelle, sur le plan de la matérialité directement observable. Quand une telle efficacité est néanmoins produite, elle est regardée, par la Tradition véritable, comme accidentelle, "diabologique" même (dans le sens de "séparation"), comme un barrage redoutable sur la voie de la progression spirituelle. En revanche, la science s'intéresse essentiellement à l'efficacité maximale sur le plan de la matière liée directe. Et c'est justement grâce à cette "efficacité" que la vie matérielle de l'homme s'est trouvée profondément transformée par les applications technologiques des découvertes de la science fondamentale.

Enfin une dernière distinction entre la science et la Tradition concerne le langage. Des concepts comme "Dieu", "transcendance", "lumière" ou "ténèbres" rebutent l'homme de science contemporain, car leur adoption dans la construction conceptuelle reviendrait à ruiner les bases mêmes de la connaissance scientifique.

La recherche traditionnelle s'adresse à l'homme tout entier, mettant en jeu un spectre d'aspects infiniment plus riche que celui de la recherche scientifique contemporaine dont la finalité est, après tout, l'étude de la nature "extérieure".

La Tradition est liée à un enseignement oral, intraduisible en langage ordinaire. Il est vrai qu'en explorant des domaines de plus en plus fins de la Réalité, le langage scientifique devient de plus en plus abstrait, faisant appel à un formalisme mathématique de plus en plus complexe. Le langage scientifique est ainsi, dans le sens rigoureux du terme, intraduisible dans le langage ordinaire. On pourrait conclure hâtivement que le langage scientifique contemporain concerne une réalité "incommunicable", proche de celle sondée par la Tradition. Mais cette conclusion serait erronée. Le formalisme mathématique peut être acquis par un effort intellectuel (certes difficile, mais accessible), effort qui ne présuppose aucune purification morale ou spirituelle : le travail scientifique n'est pas un substitut pour une voie spirituelle. Et l'efficacité de ce formalisme abstrait est prouvée par l'expérience scientifique.

Alors, y a-t-il une relation entre la science et la Tradition ?

A la lumière des différences essentielles entre la science et la Tradition on pourrait affirmer qu'aucune relation rigoureuse ne peut être établie. Mais cette conclusion présente le désavantage d'être, à notre avis, trop simpliste et même en contradiction avec certaines conclusions fondamentales de la physique contemporaine. **Ne peut-on pas reconnaître la science et la Tradition comme deux pôles d'une contradiction et accepter, dans toutes ses conséquences, cette contradiction comme signe d'une Réalité unique et indivisible ?**

Un point de contact possible entre la science et la Tradition se trouve dans les limites du mental lui-même et ces limites peuvent être trouvées par le mental lui-même, par la science elle-même. Le mouvement propre de la science arrive à certaines limites et là, si ces domaines-limite, ces domaines-frontière sont communs à la science et à la Tradition, on peut faire l'effort d'un saut vers un autre genre de compréhension. Autrement dit, les points de contact peuvent se trouver dans les axiomes fondamentaux de la science ou dans les résultats les plus généraux obtenus par la science.

On cite souvent les célèbres mots d'Einstein : "La chose la plus incompréhensible du monde, c'est que le monde est compréhensible". En paraphrasant ces mots, on pourrait dire que le seul aspect "irrationnel" du monde est sa rationalité.

C'est véritablement un continuel émerveillement pour l'homme de science, dans sa pratique quotidienne, de voir l'accord entre ses constructions abstraites, logiques, mathématiques et les faits expérimentaux. La **conformité** entre la pensée humaine et l'intelligence cachée dans les lois naturelles agit comme un troisième terme dans la relation homme-nature en une entité ternaire, existante comme unité dynamique et inséparable. Cette conformité, terme indépendant de la relation homme-nature, explique l'insistance d'Einstein sur le rôle de l'intuition, en tant que forme de connaissance immédiate, dans la genèse de grandes découvertes scientifiques. L'oubli, l'ignorance de ce troisième terme, nous semble être la source des différents courants réductionnistes contemporains, pronant une vulgaire, fautive et statique dualité.

Paradoxalement, on retrouve ce même *credo* de la rationalité du monde comme une constante de la Tradition. On présente trop souvent les penseurs traditionnels comme des apôtres du "non-savoir", de l'"irrationnel", en oubliant leurs propres écrits. Mais leurs écrits témoignent d'un respect de la Nature, impliquant le respect de l'intelligence cachée dans les lois de la Nature. L'idée d'un **isomorphisme** entre l'univers et l'homme est très souvent énoncée.

Certes, l'expérience traditionnelle est "incommunicable" mais il est particulièrement important d'observer, chez certains penseurs traditionnels, le besoin d'analyser et d'expliquer aux autres, de façon intelligible, ce qui a été vécu aux moments de l'expérience. **Décrire, analyser, expliquer** : il s'agit là d'une démarche qui est aussi à la base de la science.

Enfin, certains penseurs traditionnels parlent de l'existence de **degrés de raison**. Les niveaux plus subtils de la Réalité demandent des logiques différentes, des "raisons" différentes, mais le monde reste matériel, le monde reste rationnel à chaque niveau du moment qu'il tolère la description, la mesure (et il est intéressant de rappeler que le mot "raison" vient du latin *ratio*, qui implique un sens de "calcul", "compte", "proportion" ou "rapport"). L'accès aux différents "degrés de raison" est conditionné par l'accès aux différents **degrés d'être**, valeur complètement ignorée par notre siècle de fragmentation accélérée. L'idée traditionnelle d'une harmonie nécessaire entre le degré d'être et le degré de raison est à méditer longuement, car elle éclaire la nature même de l'évolution de la rationalité.

La confiance dans la rationalité structurelle du monde n'est-elle pas le lien subtil qui unit pensée traditionnelle et pensée scientifique ?

L'idée de l'unité des contradictoires et du rôle de la discontinuité dans la genèse du mouvement traversent la pensée traditionnelle. Pour beaucoup d'approches traditionnelles (aussi bien en Orient qu'en Occident), la manifestation est liée à un dynamisme de combat et de coopération, d'annihilation et de création, d'éternel mouvement et d'éternelle transformation, on pourrait même dire d'"éternelle genèse". Cette vision du monde n'est-elle pas étonnamment proche de la nôtre ?

Enfin, la physique contemporaine, comme la pensée traditionnelle, est hantée par la vision de l'unité du monde. Le fait que les penseurs traditionnels ont pu concevoir l'existence des lois générales que nous sommes tentés d'appeler des **lois d'isomorphisme** (dans le sens qu'elles gouvernent les phénomènes à toutes les échelles, assurant une **unité** au-delà de l'infinie variété des manifestations aux différentes échelles) nous semble être d'une importance considérable pour la

compréhension de notre monde moderne, enhavé par la complexité et la fragmentation. Au-delà de la terminologie caractéristique à une époque ou une autre, c'est le sens de ces lois d'isomorphisme qui nous intéresse.

La pensée symbolique traditionnelle est opérative si la Réalité a vraiment une **structure en échelle** d'un nombre infini de niveaux. Dans le langage scientifique, cela correspondrait à l'existence dans la Nature d'un nombre infini de **niveaux de matérialité**. Or, la plus grande découverte scientifique de ce siècle n'est-elle pas justement la mise en évidence **expérimentale et mathématique** d'un niveau de matérialité quantique dont les lois sont nettement différentes de celles qui régissent la Réalité à notre propre échelle ? Ce n'est pas un quelconque dogme théologique ou métaphysique qui a postulé l'existence d'une telle échelle quantique, mais c'est la science qui l'a révélée, par l'effort conjoint d'une expérimentation de plus en plus fine et d'un outil mathématique de plus en plus raffiné. D'une manière naïve et hâtive on a proclamé (et on proclame encore) une "crise" de la science et même une **dissolution** de la Réalité, pour la simple raison que ces nouvelles lois n'étaient pas les mêmes que celles auxquelles nous ont habitués nos organes des sens. Ce n'est pas de la dissolution de la Réalité qu'il faudrait parler, mais plutôt de la **révélation progressive** de la Réalité. L'abstraction, quand elle opère sur un nombre indéfini de niveaux, ne nous éloigne pas mais nous approche de la Réalité : **l'abstraction est une composante de la Réalité**, si vraiment la Réalité a une structure en échelle.

Il n'est donc pas trop surprenant que certaines idées de la physique moderne (par exemple la complémentarité, le bootstrap ou l'unification de toutes les interactions physiques) présentent beaucoup de caractéristiques d'un symbole.

En tant qu'idée-symbole, une idée scientifique peut être perçue comme imprécise. Il y a ici une manifestation de la confusion entre les notions d'"imprécis" et d'"inépuisable". La "précision" peut d'ailleurs être obtenue par une acceptation **partielle, tronquée, délimitée** d'une idée-symbole. Dans ce cas, une idée-symbole peut mener à des formulations mathématiques précises, à des calculs détaillés, à des confrontations directes avec les données expérimentales.

L'acceptation partielle, tronquée d'une idée-symbole conduit ainsi à l'efficacité sur le plan de la "matérialité directe".

En même temps, il est évident qu'une idée-symbole est potentiellement capable d'une continuelle amélioration, d'une perpétuelle évolution, dans la tentative de retrouver de plus en plus la richesse indéfinie du symbole. Une théorie basée sur une idée symbole est donc une **théorie ouverte**.

Les convergences esquissées très brièvement ici entre la science et la Tradition ne doivent pas alimenter une vision simpliste, hélas assez répandue, qui dit qu'après tout la science ne fait que découvrir ce que la Tradition dit depuis toujours. Je crois qu'il est correct d'affirmer que la Science et la Tradition ne disent pas du tout la même chose. La science et la Tradition sont différentes par leur nature, par leurs moyens, par leur finalité. Mais on peut les concevoir comme deux pôles d'une et même contradiction, comme deux rayons d'une et même roue qui, tout en restant différents, convergent vers le **même centre** : l'homme et son évolution.

Une vraie relation de complémentarité contradictoire semble unir science et Tradition : ce que la Tradition découvre dans la richesse de la vie intérieure, la science le découvre, par isomorphisme, dans la **corporéité** des systèmes naturels.

'...on pourrait presque définir notre époque comme étant essentiellement et avant tout le "règne de la quantité"...' - disait René Guénon.

D'une manière qui peut paraître paradoxale, la science contemporaine va à l'encontre de ce "règne de la quantité", malgré les applications aveugles de ses découvertes, applications qui d'ailleurs lui échappent. En même temps, il est évident que la science ne peut pas constituer, **par elle-même**, une sagesse, car elle ne traite que d'un aspect partiel de la Réalité de l'homme. La science nous aide plutôt, par des **poteaux indicateurs**, à éviter les impasses, les fantômes et les mirages dans la voie de la connaissance. A son tour, la Tradition est la mémoire des **valeurs** de la vie intérieure, dans la rigueur d'une **permanence** sans laquelle tout peut sombrer dans le chaos et la destruction. C'est pour cela que la convergence structurelle, pour l'instant très peu explorée, entre la science et la Tradition, pourrait avoir un impact important sur le monde d'aujourd'hui ou de demain par l'apparition d'une image unifiée et en même temps diverse du monde, où l'homme retrouvera enfin sa place.

IX. VERS UNE NOUVELLE TRANSDISCIPLINARITE ?

Je me permets de conclure cette contribution par quelques propositions concrètes, qui peuvent être ressenties comme étant quelque peu provocatrices, mais qui ne sont plutôt que des questions, destinées à stimuler une réflexion individuelle ou collective.

Si nous envisageons l'élaboration d'une épistémologie nouvelle, dans une perspective transdisciplinaire, nous ne concevons nullement la physique quantique comme **modèle** et source de structuration des autres branches de la connaissance.

La "réalité" physique n'épuise pas, à mon avis, la Réalité toute entière. On pourrait visualiser la Réalité comme un cristal avec différentes facettes. La "réalité" physique n'est qu'une facette de ce cristal. Mais si une facette n'est pas le cristal lui-même, il est aussi vrai que le cristal cesse d'exister en l'absence d'une de ces facettes. En même temps, s'il y a un cristal, alors il y a bien eu une "cristallisation" donnant naissance à ces différentes facettes, qui se trouvent ainsi réunies par l'action d'une loi commune. C'est dans ce sens que j'emploie le terme d'"isomorphisme" dans le contexte de ma contribution.

La spécialisation à outrance est certainement un "mal" nécessaire, car elle détermine l'accélération du progrès de la connaissance et des applications technologiques. Mais elle mène en même temps à l'obscurcissement du sens, à la progression inévitable de l'absurdité, du non-sens.

Il est important de reconnaître l'existence de certains **seuils**, au-delà desquels l'accélération **ne peut plus être** freinée, elle commence à fonctionner selon ses propres lois, conduisant fatalement vers la destruction par l'impossibilité de plus en plus prononcée de l'élaboration de tout projet global.

La spécialisation à outrance et l'accélération effrénée vont de pair avec un sentiment de **répugnance** devant tout projet globalisant, issu d'une véritable recherche transdisciplinaire. Au fond, le fantôme du réductionnisme est encore omniprésent.

Il faut avoir le courage de jeter, de temps en temps, les idées et les "visions du monde" dépassées, même si elles sont profondément ancrées dans nos habitudes, aux "entrepôts de l'histoire". Les idées dépassées ont été, malgré tout, nécessaires à certaines époques pour faire avancer nos connaissances. Elles gardent même une certaine validité pour une étude **approximative** de certains phénomènes, à une certaine échelle. Mais l'obstination de préserver à tout prix ces idées comme fondement d'une "vision du monde", exclusive et totalitaire, équivaldrait à une des pires aberrations de la pensée, aberration malheureusement agissante et destructive.

Il est très difficile de prévoir dès maintenant quelles seront les caractéristiques de la nouvelle transdisciplinarité qui pourrait réduire le décalage nocif entre une vision dépassée du monde et une Réalité infiniment plus subtile et plus complexe. On peut toutefois avancer quelques hypothèses plausibles.

Je conçois premièrement cette nouvelle transdisciplinarité comme une recherche scientifique fondamentale de très longue haleine. Comme toute **science fondamentale**, elle ne pourrait tolérer aucune "référence", idéologique ou philosophique, et aucune "finalité" immédiate, industrielle ou autre.

L'**esprit scientifique** me semble indispensable dans l'élaboration de la nouvelle transdisciplinarité. La science se caractérise par le fait qu'on n'introduit jamais d'hypothèses gratuites - on ne renonce à une hypothèse ou à une idée fondamentale déjà présente dans la théorie scientifique que si les données expérimentales ou la cohérence logique de l'approche nous y forcent impérativement.

C'est pour cela que les vraies "révolutions" conceptuelles sont si rares en science. En revanche, la **fausse science** est caractérisée par l'introduction arbitraire d'hypothèses non-prédictives et non-engendrées par la dynamique propre des idées scientifiques. L'esprit scientifique doit présider au destin de la nouvelle transdisciplinarité si on ne veut pas qu'elle dégénère très vite dans une fausse science.

L'esprit scientifique présuppose aussi un certain degré d'**abstraction** et de formalisation logique et mathématique. Il est important de commencer à réaliser que **l'abstraction est une partie constitutive de la Réalité**, une forme d'énergie qui a comme support le cerveau et l'être entier de l'homme. C'est ainsi qu'on pourrait comprendre **la force des idées** et aussi pourquoi il existe une merveilleuse conformité entre une description mathématique et la structure de la Réalité.

L'abstraction est également le facteur par excellence **holistique** de la Réalité. Par exemple, dans la théorie quantique des champs, une symétrie mathématique abstraite peut exprimer l'unification des différentes interactions physiques.

L'homme est le seul système naturel qui peut jouer le rôle d'"instrument de mesure" de l'abstraction. De cette manière aussi l'homme apparaît comme un **particip**ant à la Réalité. Il est le réceptacle idéal de l'unification entre l'"invisible (compris comme "abstraction") et le "visible" (compris comme étant ce qui est accessible à nos organes des sens ou à nos instruments de mesure, autres que l'homme lui-même). Toute théorie fondée exclusivement sur le "visible" équivaut à une cancérisation du corps de la Réalité.

Bien évidemment, la nouvelle transdisciplinarité ne pourra pas se faire par une **excessive formalisation mathématique** ou par une étude excessivement quantitative. Aussi paradoxal que cela puisse paraître, l'obsession du "quantitatif" mène inévitablement à une diminution progressive du "sens". Dans l'élaboration d'un **nouveau langage** et d'une **nouvelle logique**, la nouvelle transdisciplinarité pourra

s'orienter, par exemple, vers des branches de la mathématique, comme la topologie, qui sont particulièrement aptes à ce retour vers le "qualitatif", mais aussi vers la pensée symbolique traditionnelle.

Selon moi, toutes les branches de la connaissance, sans aucune exclusive, doivent avoir leur place dans la nouvelle transdisciplinarité - et les sciences "humaines" et les sciences "exactes" et l'art et la Tradition. Ainsi pourra naître une véritable **méta-science**, c'est-à-dire une science de la science de la Réalité (dont un exemple partiel pourra être une future **méta-physique**, physique de la physique), qui nous approchera un peu plus de cette énigme permanente qu'est la Réalité. L'existence d'ores et déjà d'une méta-mathématique, puissante et prédictive, nous montre qu'une telle entreprise, certes difficile, n'est pas complètement utopique.

Les progrès et l'extraordinaire multiplicité des connaissances actuelles sont tels que la compétence dans un domaine demande des années et des années d'études et personne ne peut se prétendre spécialiste dans plusieurs domaines. Or, la nouvelle transdisciplinarité ne pourra être fondée que sur les meilleures compétences. Elle ne pourra être le fait d'un seul homme, aussi doué soit-il - un Pic de la Mirandole est inconcevable à notre époque. La solution serait la constitution d'organismes, de **centres de recherche transdisciplinaire**, réunissant des spécialistes des différents domaines et fonctionnant dans une autonomie totale, par rapport à tout pouvoir économique, politique, financier, idéologique ou administratif.

Mais **au nom de quoi** ces spécialistes consacreront des efforts de très longue haleine, dont les résultats ne pourront pas se matérialiser, tout du moins directement, dans leur propre domaine de recherche ? Si la confrontation des connaissances a lieu simplement au nom de la compétence, elle dégènera très vite dans un dialogue de sourds, stérile et sans aucune valeur.

L'éclaircissement de ce "au nom de quoi" me semble être une condition préliminaire absolue à toute recherche transdisciplinaire, comprise dans le sens décrit auparavant.

La reconnaissance de l'**urgence** d'une telle recherche, par son impact sur notre vie individuelle et sociale, pourra être un liant entre les différents chercheurs.

Dans ce contexte, la rencontre singulière entre la science et la Tradition peut avoir un rôle important. La Tradition nous apporte un sens de la **permanence** qui actuellement nous fait cruellement défaut. Aussi, elle nous rappelle que l'homme ne peut être exclu d'une véritable connaissance et elle peut nous aider à redécouvrir les vertus de la pensée symbolique, fondée sur l'idée de l'unité entre l'homme et le monde. Tout en prenant comme axe la polarité intégrée de la science et de la Tradition, la nouvelle transdisciplinarité donnera naissance à un paradigme qui va aller forcément au-delà et de la science et de la Tradition.

La finalité de la nouvelle transdisciplinarité n'est évidemment pas celle de bâtir une nouvelle utopie, un nouveau dogme dans la recherche du pouvoir et de la domination. Comme toute science, la nouvelle transdisciplinarité ne véhiculera pas de certitudes absolues mais, par un questionnement permanent du "réel", elle mènera à l'élaboration d'une approche ouverte, en permanente évolution, qui se nourrira de toutes les connaissances humaines et qui replacera l'homme au centre des préoccupations de l'homme.

Les informations obtenues à partir de l'étude des systèmes naturels et leur intégration dans une vision transdisciplinaire et cohérente du monde pourraient déterminer une transformation, urgente et nécessaire, de notre attitude devant le

"réel". Ainsi pourra commencer une nouvelle période de la connaissance, période dans laquelle l'étude de l'univers et l'étude de l'homme se soutiendront l'une l'autre.

REPENSER L'HISTOIRE INTELLECTUELLE ET SOCIALE

Document de travail par Susantha GOONATILAKE

Toutes les grandes civilisations écrivent leur propre histoire ; elles choisissent dans le passé des données qu'elles présentent parfois comme des lois inexorables. C'est en ce sens que la plupart des histoires doivent être perçues, en partie du moins, comme l'expression de l'idéologie du pouvoir dominant en tel lieu à telle époque. Depuis 500 ans, l'eurocentrisme dominant définit de l'histoire culturelle et intellectuelle une vision particulière qu'il exporte vers les ex-colonies et les "néo-colonies" sous le couvert apparemment neutre du savoir et des faits. L'histoire de l'épopée intellectuelle et scientifique de l'humanité, occidentale et non occidentale, n'échappe pas à cette règle.

L'histoire et les théories du développement de la science "moderne" sont principalement le produit de l'expérience intellectuelle européenne et en tant que tel, sont soumises aux limitations ethnocentriques de cette expérience. Dans les panoramas classiques du développement de la science européenne, on constate un *a priori* inconscient dans la sélection des données, la chronologie des principaux événements scientifiques et la mise en relief de tel ou tel fait.

La plupart des histoires et des théories socio-économiques du développement de la science datent des XIXe et XXe siècles, époques où le pouvoir européen était à son zénith. Elles soulignent généralement le caractère exceptionnel de tel fait survenu en Europe, considérée comme le berceau de la science. Attitude tout a fait naturelle de la part d'une Europe dont la civilisation était alors au faite de sa gloire impériale, forte d'une puissance politique et économique mais aussi d'une assurance intellectuelle l'une et l'autre à leur summum.

De même, l'histoire et le contexte social du développement de la science et de la connaissance sont prisonniers de l'ethnocentrisme du lieu et de l'époque, en l'occurrence, l'Europe confiante et conquérante du XIXe et du début du XXe siècles. Le développement scientifique et technique est intimement lié à l'idée de progrès et l'ethnocentrisme qui caractérise le développement de la société européenne se retrouve dans celui de la science européenne. Il n'est pas rare que les descriptions du progrès scientifique soient imprégnées par les théories du "progrès" social.

Par conséquent, lorsque l'on parcourt les histoires de la science européenne, il ne faut pas oublier qu'elles sont écrites du point de vue de l'"orientalisme" (terme forgé par le spécialiste palestinien Edward Said (1980) pour désigner la tendance de certains universitaires à utiliser des notions ethnocentriques pour décrire l'Orient) ou, plus souvent, procèdent d'une vision ethnologique du reste du monde (l'ethnologie étant historiquement la vision qu'a l'homme occidental de la société, de la culture et de la pensée non occidentales) (Maquet, 1964). Dans l'un et l'autre cas, les grandes réalisations intellectuelles des peuples non européens tendent à être passées sous silence.

Cette vision ethnocentrique se retrouve dans presque toute l'historiographie scientifique. Elle a été quelque peu entamée par le travail de Needham sur la Chine et la publication d'un certain nombre d'ouvrages consacrés aux traditions scientifiques du monde arabe et de l'Asie du Sud. Mais la vision traditionnelle domine toujours, et c'est ce que je vais tenter de montrer.

LE PROLOGUE TRADITIONNEL DU SAVOIR PASSE

J.D. Bernal, qui est peut-être le plus célèbre des spécialistes de l'histoire de la science occidentale - encore que ses travaux datent maintenant de quelques décennies - est un esprit ouvert au monde non occidental. Son histoire de la science s'inscrit dans une vision marxiste de l'histoire social - société esclavagiste de la Méditerranée, conduisant au féodalisme puis au capitalisme. Selon ses propres termes, "le trajet que la science a suivi - de l'Egypte et de la Mésopotamie à la Grèce, de l'Espagne islamique à l'Italie de la Renaissance, puis aux Pays-Bas et à la France, et enfin à l'Ecosse et à l'Angleterre de la révolution industrielle - est le même que celui du commerce et de l'industrie" (Bernal, p. 23). Il n'hésite pas à esquisser ainsi une trajectoire européenne de la science bien qu'il mentionne incidemment que des éléments de la tradition grecque ont été transmis à la Syrie, la Perse et l'Inde (Bernal, p.).

Selon ce schéma classique, la science héritée de la tradition grecque ne s'est guère développée à Rome et a pratiquement végété dans les "royaumes barbares" (dixit Bernal) de l'Europe occidentale, jusqu'à ce que la flamme du savoir soit ranimée par la ferveur de la Renaissance. Ce renouveau rayonne d'abord à partir de l'Italie, avec des noms tels que Leonard de Vinci, Vésale et Copernic. Son centre s'étend ensuite à l'Europe occidentale - la France et l'Angleterre surtout - avec Bacon, Galilée, Descartes et Newton, de cernier étant la plus brillante incarnation de la science de l'époque. Une troisième phase s'ouvre avec la révolution industrielle en Angleterre et la révolution sociale en France, qui amorcent de nouvelles perspectives scientifiques. Une quatrième phase de l'histoire de la science moderne est celle des quarante dernières années (Bernal, p. 10).

Telle est la conception traditionnelle de l'histoire de la science, que l'on retrouve dans la plupart des textes et elle détermine en grande partie l'idée que nous nous faisons de la science. C'est essentiellement une conception eurocentrique, même si elle est diffusée par les scientifiques les plus larges d'esprit. Il est donc utile de connaître les points de vue nouveaux qu'apportent les recherches récentes sur l'histoire de la science non occidentale. Dans les paragraphes qui suivent, je me propose d'évoquer l'une de ces traditions scientifiques non occidentales, celle de l'Asie du Sud. Si j'ai choisi cette région, c'est parce que je la connais bien - il ne s'agit pas de remplacer un ethnocentrisme par un autre. Quelqu'un d'autre aurait pu tout aussi bien choisir l'Asie de l'Ouest ou de l'Est.

LA TRADITION NON-OCCIDENTALE : PRECEDENTS ET PARALLELES

Dans les pays du Tiers monde, la tradition intellectuelle occidentale des derniers siècles s'est surimposée à la tradition locale préexistante (celle de l'Asie du Sud, par exemple), pour devenir le nouveau savoir légitime étudié à l'université et pratiqué dans les centres de science et de technologie. Il n'existe très souvent

aucune interaction organique entre l'une et l'autre traditions. Toutefois, leur bifurcation ne remonte qu'à une date récente. Une étude détaillée de l'histoire des deux traditions scientifiques révèle qu'il existe depuis les temps les plus reculés entre les deux régions culturelles de vastes zones de chevauchements et d'influence mutuelle. Par exemple, les sources grecques auxquelles la tradition scientifique et culturelle de la Renaissance a puisé son inspiration étaient fortement influencées par l'Asie du Sud. Nous allons tenter de retracer ici ces interactions et d'indiquer les chevauchements et convergences des deux approches scientifiques.

Les points communs des deux traditions scientifiques - celle de l'Europe et celle de l'Asie du Sud - s'expliquent par les cultures qui les ont nourries. La culture classique de la Grèce elle-même découlait d'une part des traditions des civilisations du Nil et de Sumer, et d'autre part de celles des envahisseurs aryens. La tradition de l'Asie du Sud qui s'est développée dans la plaine du Gange découle d'une part de la tradition de l'Indus et d'autre part de la culture transmise par les langues aryennes et le sanscrit et les traditions orales qu'ils véhiculaient.

L'une des civilisations qui a influé sur la formation de l'Europe à travers la Grèce est Sumer. Cette civilisation était étroitement liée à celle, contemporaine de l'Indus. Des sceaux de la culture de l'Indus ont été retrouvés à Sumer et un buste découvert à Mohenjodaro est une sculpture esthétique qui rappelle l'art mésopotamien, avec des traits sémitiques (Auboyer et Geopfer, 1967, p. 11). Ces vestiges révèlent l'existence de liens étroits, commerciaux notamment, entre les deux zones. Plus tard, mais dès 975 av. J.C., les échanges entre cette région et le Golfe persique ont été assurés par les Phéniciens : le roi Salomon, par exemple, recevait de ces terres lointaines "de l'ivoire, des singes et des paons".

Les langues respectives des Grecs et des envahisseurs aryens du sous-continent indien avaient une source commune, de même que la langue de l'empire perse. Cette langue commune a sans doute aussi véhiculé des traits culturels communs et, partant, quelques-unes au moins des données d'expérience des locuteurs originels. Ainsi, il existe des analogies intéressantes entre les dieux de l'antiquité grecque et les dieux védiques et entre les sociétés que décrivent respectivement les épopées homériques et védiques. Ces sociétés adoraient les mêmes dieux : le ciel, puissance paternelle (Jupiter et Dyaus pitar), l'aurore (Aurore et Ushas), le soleil (Hélios et Surya) et la Terre mère. Les temps épiques que décrivent Homère et le Mahabharatha sont analogues. Outre la fertilisation commune qui s'est produite à l'époque des civilisations de Sumer et de l'Indus et, plus tard, des invasions aryennes, un troisième courant est apparu avec l'Empire perse.

Les conditions d'un grand courant d'échanges d'idées et de cultures entre la Grèce et l'Asie se sont trouvées réunies à l'apogée de cet Empire qui allait de la Méditerranée à l'Indus. Rapson note que "jamais les voies de communication terrestres n'avaient été plus ouvertes, ni les conditions plus favorables à l'échange d'idées entre l'Inde et l'Occident" (Rapson, 1914, pp. 87 et 88). C'est peut-être pourquoi certaines des idées du sous-continent indien datant de 700 à 500 av. J.C., telles qu'on les trouve dans les hymnes védiques postérieurs, les Upanishads et les philosophies des Bouddhistes et de Jainistes, apparaissent dans la pensée grecque tardive. Les parallèles sont parfois très frappants. A la quête d'une réalité unique des Upanishads fait écho celle de Xénophane, de Parménide et de Zénon, pères des mathématiques grecques (Rawlinson, 1975, p. 427). On dit que Pythagore, l'un des fondateurs de l'orphisme, a beaucoup voyagé et a subi l'influence des Egyptiens, des Assyriens et des Indiens. Sa pensée contenait des éléments caractéristiques de l'Asie du Sud tels que la transmigration et l'aptitude de l'âme à se souvenir d'une vie antérieure. Pythagore lui-même se rappelait avoir combattu pendant la Guerre de Troie (*ibid.* pp. 427 et 428). "Presque toutes les théories, religieuses, philoso-

phiques et mathématiques, enseignées par les Pythagoriciens étaient connues en Inde au VI^e siècle av. J.C. et, comme les Jainistes et les Bouddhistes, les Pythagoriciens s'abstenaient d'attenter à la vie et de manger de la viande." (Rawlinson, p.427)

La notion de *karma*, qui représente le "cycle de la nécessité", était au centre de la philosophie de Platon, père de la tradition philosophique occidentale associée plus tard à l'idéalisme. Pour Platon, la Renaissance obéit à la nécessité ; la croyance à la transmigration des âmes se retrouve dans tous les grands systèmes religieux d'Asie du Sud (Rawlinson, p. 428). Urwick a étudié en détail les parallélismes entre la pensée de Platon et celle de la philosophie indienne (Urwick, 1920). A une date récente (1977) Vitsaxis a procédé à une étude détaillée de Platon et des Upanishads et a montré que, du point de vue de la structure, de la méthode, de l'approche générale et de l'évolution de la pensée sur des points particuliers, les deux traditions avaient des caractéristiques communes.

L'enseignement de Xénophane, pour lequel Dieu est l'unité éternelle, témoigne lui aussi d'un parallélisme entre les deux traditions. La théorie d'Empédocle selon laquelle la matière est constituée de quatre éléments - la terre, l'eau, l'air et le feu - rappelle les *pancha bhutas* qui sont *prthvi*, *apa*, *tejas*, *wayu* et *akasa* (la terre, l'eau, la chaleur, l'air et le vide). Il convient de noter que, dans la pensée de l'Asie du Sud, les *pancha bhutas* étaient parfois réduits à quatre ; les Nyaya et Vaïśeṣikas en reconnaissent cinq, alors que les Jainistes, les Bouddhistes et les Charvaks matérialistes n'en reconnaissent que quatre - la terre, l'eau, la chaleur et l'air (Bose et al., 1971, p. 573). La vision aristotélicienne du monde physique intègre elle aussi les *pancha bhutas*. Aux brahmanes, *kshatriyas*, *vaiśyas* et *sudras* du système de castes hindou répondent les quatre classes sociales de la République de Platon - les gouvernants, les philosophes, les guerriers et le peuple.

Mégasthènes, qui fut envoyé comme ambassadeur du roi Séleucos Nicator auprès du roi indien Chandragupta Maurya au III^e siècle av. J.C., a rapporté le témoignage suivant : "sur de nombreux points, l'enseignement [des Indiens] rejoint celui des Grecs. Ils croient, par exemple, que le monde a un commencement et une fin dans le temps et qu'il a une forme sphérique ; que le Dieu qui le dirige et l'a créé est présent dans tout. En ce qui concerne la génération et l'âme, leur doctrine présente de nombreux parallèles avec celle des Grecs. Comme Platon, aussi, ils émaillent leur enseignement de fables, par exemple sur l'immortalité de l'âme et son jugement dans l'autre monde." (Dodwell, 1922, pp. 419 et 420)

Dans la littérature bouddhique en pali, les "Conversations de Milinda" (*Milinda Panha*) occupent une place importante ; ces dialogues entre le sage bouddhiste Nagasena et le roi indo-grec Menandros (Ménandre), qui résument l'essentiel de la pensée bouddhiste Theravada, montrent que les échanges intellectuels entre la Grèce et l'Asie du Sud se sont poursuivis après le règne d'Asoka.

Sous l'Empire romain, qui a perpétué la tradition européenne classique après l'éclipse de la Grèce, ces contacts se sont maintenus. Les échanges de produits de luxe étaient très actifs avec l'Inde du Sud et Sri Lanka, dont les ambassadeurs furent envoyés en Grèce (Paranavitana, 1969). Des Indiens s'installèrent à Alexandrie et dans d'autres centres commerciaux, et on a mis à jour à Pompéi des objets en ivoire sculpté provenant de l'Asie du Sud (McEvedy et McEvedy, 1973, p. 47).

Plotin, fondateur de l'école néoplatonicienne, souhaitait si ardemment apprendre la philosophie indienne qu'il participa à l'expédition militaire contre le roi de Perse pour les possibilités de contact avec la région que delà lui offrait

(Rawlinson, p. 436). Il y a une forte ressemblance entre le néoplatonisme (qui allait plus tard influencer Newton) et les systèmes vedanta et yoga, comme l'indique la citation suivante de Plotin sur l'absorption de l'individu dans l'Ame du monde : "Les âmes qui sont pures et qui ont perdu leur attirance pour ce qui est corporel cesseront d'être prisonnières du corps. Ainsi détachées, elles passeront dans le monde de l'Etre et de la Réalité" (*ibid.*). Le néoplatonisme avait aussi beaucoup de traits communs avec le bouddhisme - par exemple; il était recommandé, dans cette doctrine, de s'abstenir de faire des sacrifices et d'absorber des nourritures animales. Au IIe siècle après J.C., Clément d'Alexandrie, qui mentionne souvent la présence de bouddhistes dans cette ville, est le premier Grec à avoir cité nommément le Bouddha. Il savait que les bouddhistes croyaient à la transmigration et vénéraient des stupas (*ibid.*). Quant à l'influence de l'Asie du Sud sur la Grèce, elle ne fait aucune doute dans son esprit puisqu'il déclare sans ambages que "les Grecs ont volé aux barbares leur philosophie" (*ibid.*, p. 436).

Du fait de cette interaction fondée sur les échanges commerciaux et intellectuels, nombre d'histoires et de fables originaires de l'Asie du Sud sont passées à l'Occident. Il semble aussi que certaines pratiques chrétiennes tardives telles que la récitation du rosaire, la vénération des reliques et l'ascétisme proviennent de cette région du monde (Rawlinson, p. 437). Ces influences sont également perceptibles dans le gnosticisme d'Alexandrie qui a cherché à unir les idées du christianisme, l'héritage platonicien et l'Orient - ce qu'on a appelé "un orientalisme à visage hellène" (*ibid.*). Smith fait observer que "le christianisme naissant a rencontré le bouddhisme en pleine maturité dans les académies et les marchés d'Asie et d'Egypte, à l'époque où les religions étaient soumises aux influences multiples du paganisme ambiant et aux innombrables oeuvres d'art qui exprimaient le polythéisme. L'ancienne religion de la Perse compte parmi les ferments de la pensée humaine, dont la formation a été stimulée par le progrès des communications internationales et par l'affrontement continu de civilisations rivales" (Smith, 1958, p. 134).

Les connaissances médicales de l'Inde ont influencé celles de la Grèce et de l'Arabie. Ainsi, on retrouve dans "le traité d'Hippocrate sur la respiration la notion indienne de *vayu* ou de *prana*, et, curieusement, l'exposé de la pathologie dans le *Timée* de Platon ressemble fort à la doctrine du *tridosha*" (Bose et al., *ibid.*, p.582). Il existe aussi des parallèles et des antécédents intéressants dans les domaines de la philosophie, de la logique et de l'épistémologie (Scharfstein, 1978).

A la fin de l'âge classique et au début du Moyen Age, les contacts entre l'Europe et l'Asie du Sud se poursuivent, cette fois-ci surtout par l'intermédiaire des Arabes. Ce sont eux qui assurent désormais le rôle d'interface que jouaient auparavant la Perse, l'empire d'Alexandre et la Grèce. Il arrive aussi que des Asiatiques s'installent dans les pays arabes, où ils propagent les idées de leur région natale. Parmi les érudits arabes qui ont contribué à cette osmose, citons al-Biruni (Xe siècle) qui a étudié le sanskrit, les classiques hindous et les principes de physique de l'Asie du Sud (Rawlinson, p. 476). En sens inverse, l'alchimiste tamoul Ramadevar est allé en Arabie au XIIe siècle et y a enseigné une alchimie dont le sel constituait l'élément fondamental (Bose et al., 1977, pp.334-338).

Les principales connaissances venues d'Asie du Sud par l'intermédiaire des Arabes concernaient le système des nombres, l'arithmétique décimale et des éléments d'algèbre et de trigonométrie (Winter, 1975). Il s'agissait notamment de la méthode indienne de notation arithmétique et de numération, de la notion de zéro, du système décimal et de la trigonométrie. La méthode asiatique allait en son temps remplacer

le boulier pour les calculs utilisés dans "le commerce, la gestion des affaires publiques et la technologie" (Lach, 1977, Vol. II, p. 399). Certains ouvrages romains, d'astronomie par exemple (Romaka Siddhanta), traduits en sanskrit et conservés par la tradition de l'Asie du Sud reviennent en Europe retraduites en latin à partir de traductions arabes du sanskrit.

L'Europe du début de la Renaissance recueille, outre son propre héritage, les idées orientales qui avaient été transmises dans l'Antiquité grecque et romaine, puis à l'époque médiévale par des sources arabes. Ces importants apports extérieurs au corpus de connaissances européen provenaient notamment du monde arabe, de l'Asie du Sud et de la Chine.

Il est manifeste qu'au début de la Renaissance et de la révolution scientifique, ces trois régions culturelles étaient détentrices d'un savoir considérable. A partir du XVII^e siècle, la science et la technologie européennes se différencient nettement de celles de l'Orient par le volume et l'expansion des activités (inventions, découvertes, nouvelles théories, etc.). Il convient toutefois de noter qu'à la base de cet essor autonome se trouvent quantité d'influences orientales - savoir traditionnel transmis antérieurement, mais aussi nouvelles connaissances propagées au siècle des grandes découvertes. Lach a mis en relief certaines caractéristiques de cet apport. Il note que la science européenne du XVI^e siècle était un mélange de technologie, de mathématiques et de médecine médiévales et de culture grecque assimilée par l'esprit de la Renaissance. Il fait observer qu'avant 1500, les idées circulaient dans l'ensemble d'Est en Ouest (Lach, 1977, Vol. II, p. 397). Parmi les inventions que l'Europe du Moyen Age a héritées du Levant, il cite l'étrier indien sous sa forme chinoise, la voûte et l'arc brisé de l'architecture bouddhique, l'archet de Java et l'aiguille magnétique (et, peut-être, la poudre) de Chine (*ibid.*, p. 398). Il note aussi que la recherche de nouveaux procédés aux premiers temps du progrès scientifique semble inspirée par la notion sud-asiatique de mouvement perpétuel.

Au début de la Renaissance, les structures traditionnelles de la connaissance s'écroulent et l'Europe pressent que le progrès technologique est non seulement souhaitable, mais possible. Les Européens partent pour leurs grandes expéditions mieux équipés techniquement que n'importe lesquels de leurs contemporains orientaux ou de leurs prédécesseurs occidentaux. Ces nouvelles connaissances comportaient des emprunts non négligeables à l'Orient, notamment dans le domaine des mathématiques et des techniques concernant la navigation, l'astronomie et l'art militaire, dont l'importance allait croissant. L'arithmétique, l'algèbre et la trigonométrie de l'Asie du Sud qui avaient été transmises par les Arabes ont été rapidement développées et utilisées à ces fins (*ibid.*, p. 408).

Ainsi, grâce aux intermédiaires méditerranéens qui s'intéressaient à l'astronomie, les Portugais ont acquis, sous forme de tableaux, d'astrolabes et de cartes, un savoir qui s'est développé à partir des idées indiennes et arabes. Celles-ci devaient aussi jouer un rôle important dans l'expansion européenne dont le fer de lance a été la péninsule ibérique. Paradoxalement, le savoir de l'Asie du Sud transmis par des intermédiaires a contribué à sa "découverte". Il convient également de noter qu'à la suite de la pénétration portugaise en Asie à la fin du XVI^e siècle, des Jésuites ont été autorisés à venir en Chine pour y diffuser le "savoir occidental", et en particulier pour corriger le calendrier chinois. Mais le "savoir occidental" que les Européens ont apporté comprenait une arithmétique, une algèbre et une trigonométrie largement inspirées de celles de l'Inde, et une astronomie qui comportait des éléments dérivés des cosmologies hindoue, chinoise et arabe (*ibid.*, p. 415).

Avant l'arrivée des aventuriers européens, les Asiatiques sillonnaient déjà l'océan Indien depuis plusieurs millénaires. Selon certaines traditions portugaises, deux navigateurs venus de l'Inde avaient doublé le cap de Bonne-Espérance au début du XVe siècle et atteint un lieu appelé Gardin sur la côte occidentale de l'Afrique (Panikkar, p. 28). Au XVe siècle, les jonques chinoises avaient elles aussi traversé l'océan Indien et peut-être tenté le même exploit (Worcester, 1980, p. 5).

Les artefacts et techniques utilisés par les navigateurs européens dans leurs voyages vers l'Orient comportaient aussi de nombreux emprunts : compas et gouvernail axial (Chine), voile latine (pays arabes), livarde (Inde) et multiples mâts d'origine asiatique (Lach, 1977, Vol. II). Les connaissances géographiques détaillées dont les Européens avaient besoin venaient aussi d'ailleurs. On a dit par exemple que le navigateur grâce auquel Vasco de Gama a pu traverser l'océan Indien pour aborder Calicut était soit un Arabe, soit un Indien (Lach, 1977, Vol. II, p. 419 et Panikkar, p. 28). Vasco de Gama a rapporté au Portugal plusieurs instruments utiles à la navigation appelés kamals. L'expansion portugaise au-delà de Java a été menée par Albuquerque à l'aide de cartes locales en feuilles de palmier (Lach, Vol. II, p. 483). Sauf pour la traversée de l'Atlantique, le génie de l'Europe a consisté à utiliser et à rassembler à son propre usage les connaissances géographiques éparses de différents peuples.

Après les grands voyages de découverte, des idées et des produits nouveaux - importants, certes, mais moins que l'algèbre, la trigonométrie ou la poudre - ont été importés en Europe. Lach en donne quelques exemples : textiles, meubles en bois, attaches et ceintures en ivoire, cartes, livres, peintures, matériaux de calfatage, céramiques et objets en laque. Les grandes expéditions maritimes ont aussi permis de rapporter des informations sur les méthodes de mesure, les armes, les voies navigables, les palanquins, les hamacs, le papier d'imprimerie, l'architecture, les livres en feuilles de palmier, etc. On observe que cette liste ne comporte pas de découverte, de technique ni d'invention nouvelle ; elles avaient déjà toutes été importées en Occident.

Avec les plantes et les médecines inconnues rapportées des nouveaux mondes (Boxer, 1963), l'esprit scientifique européen découvre de nouvelles utilisations, de nouvelles possibilités taxinomiques dont Linné fera la somme au XVIIIe siècle. Les nouvelles langues dont les Européens apprennent l'existence permettent de revoir les systèmes de classification linguistique (*ibid.*, pp. 509 à 518). L'extension des connaissances ouvre de nouvelles perspectives en botanique, en géographie, dans le domaine linguistique et social. Au fil des siècles suivants, la force nouvelle de l'Europe et son aptitude à associer des idées provenant de sources différentes et à créer un savoir nouveau vont s'intensifier, contribuant ainsi à singulariser le développement de la connaissance sur ce continent.

Mais il ne faudrait pas croire qu'après la Renaissance le courant d'échanges devient unilatéral. Il semble bien, à la lumière de travaux récents, que les influences de l'Asie du Sud se soient poursuivies, avec un impact non négligeable sur les débuts de la révolution scientifique et technologique. Nous avons déjà vu le rôle qu'ont joué les thérapies et plantes nouvelles dans le développement de la pensée scientifique. Les témoignages abondent, qui montrent que, dans des domaines aussi importants pour l'avenir de la science que la chimie, les théories du mouvement et de la philosophie, la nouvelle révolution scientifique a sans doute été considérablement facilitée par un certain nombre de connaissances préexistantes en Orient et que les découvertes européennes ultérieures, si elles relèvent parfois d'une pure coïncidence, sont souvent le fruit d'emprunts directs.

La naissance de la chimie est liée aux travaux de Paracelse, qui a ajouté un nouvel élément, le sel, au soufre et au mercure. Il cherchait non pas tant le principe de la fabrication de l'or que le secret d'une bonne santé. Trois siècles au moins avant lui, des sages de l'Inde du sud, à la recherche de l'élixir de vie, avaient découvert les propriétés du sel. Au XIIe siècle, l'alchimiste tamoul Ramadevar avait vécu un certain temps en Arabie et y avait enseigné une alchimie fondée sur le sel qui a sans doute été transmise à l'Occident par les intermédiaires arabes habituels et contribué à nourrir la tradition alchimique européenne.

Il est fort probable (Bose et al., p. 582) que des éléments de la médecine grecque, de la tradition hippocratique notamment, venaient d'Asie du Sud. Plus tard les Arabes ont traduit certains des textes ayurvédiques les plus célèbres et les ont fait connaître à l'Europe. Au IXe siècle de l'ère chrétienne, al-Razi a intégré l'essentiel des connaissances médicales indiennes à sa somme, qui allait être connue en Europe au Moyen Age et dont une traduction latine par Farachi est parue au XIIIe siècle. Ce dernier texte allait devenir l'ouvrage de référence (Bose et al., p. 587) et jeter ainsi une partie des bases de la médecine future.

Les études portant sur l'histoire des mathématiques indiquent la façon dont les deux régions culturelles abordent les nombres et soulignent le caractère plus élaboré de l'approche de l'Asie du Sud. Dans cette région, la tradition, de la période védique à l'ère bouddhique et jaïnique, jonglait avec les très grands nombres, de l'ordre de ceux que l'on ne sait manier qu'aujourd'hui en astronomie et en physique des particules. Elle était aussi familiarisée avec des notions qui sont restées jusqu'à une date récente étrangères à la tradition occidentale. Par exemple, il a fallu longtemps pour que l'Europe accepte de considérer comme un nombre le zéro, avec sa logique arithmétique ; pour Pythagore, Platon et Aristote, ce n'en était pas un (Scharfstein, 1978, p. 30). De même, ce qu'on a appelé par la suite les nombres irrationnels en Occident faisaient depuis longtemps partie de la tradition de l'Asie du Sud. Au XVIIIe siècle, ces nombres n'avaient pas encore acquis droit de cité en Occident ; pour Pascal comme pour Newton, la racine carrée de trois ne pouvait exister que comme une grandeur géométrique, pas comme un nombre arithmétique (*ibid.*). Enfin les nombres négatifs, reconnus dans la tradition asiatique, n'étaient pas acceptés par les mathématiciens européens des XVIe et XVIIe siècles, qui les jugeaient "absurdes". Aussi près de nous qu'au XIXe siècle, des mathématiciens européens influents - Kronecker par exemple - ont tenté de débarrasser les mathématiques de notions telles que les nombres irrationnels, imaginaires et transcendants (*ibid.*).

La théorie de la dynamique est abordée dans les Vaisesikas et d'autres textes classiques qui l'utilisent pour décrire le mouvement des javelots, des flèches, etc. (*ibid.*, p. 950). Une théorie de la balistique, qui allait influencer indirectement les systèmes plus structurés de Newton et de Galilée, n'est apparue en Europe qu'au XIVe siècle (*ibid.*, p. 590). L'explication classique (proposée par Bernal) est que la théorie transmise par les Arabes venait de celle de Philopon (*ibid.*, p. 585). Toutefois, il est très possible que les Arabes se soient inspirés de celles de l'Asie du Sud, dont ils connaissaient si bien toute la tradition scientifique. En Europe, la théorie de la dynamique a continué à se développer après le XVIe siècle, mais il a fallu attendre Galilée pour que l'explication du mouvement trouve sa forme mathématique.

L'influence de l'Asie est aussi perceptible dans les idées philosophiques qui ont imprégné la pensée des grands scientifiques du XVIIe siècle, celle de Newton, par exemple. "Des éléments platoniciens ont nourri sa philosophie et, de ce fait, celle de la science moderne" (Bernal, 1956, p. 333). Nous avons déjà évoqué la filiation asiatique des idées de Platon et de l'école néoplatonicienne. En

subissant l'influence de Platon, Newton a donc, indirectement, assimilé des idées qui avaient leurs racines ailleurs. "L'influence de Newton a duré encore plus longtemps que son système, et le ton qu'il a donné à la science a fini par aller de soi, de sorte que les graves limites qu'il comportait, en grande partie dues à ses présupposés théologiques, n'ont été admises qu'à l'époque d'Einstein et ne sont pas encore pleinement supprimées aujourd'hui" (Bernal, 1956, p. 343). Le platonisme n'est pas une philosophie mécaniste et, de ce fait, ne cadrerait pas avec la science mécaniste de Newton ; pourtant, on peut se demander si les idées de ce dernier auraient pu naître s'il n'avait pas été platonicien. (Voir, par exemple, Rattansi.)

Newton allait influencer la pensée économique et politique de son temps par l'intermédiaire de Locke, puis de Hume. Ces philosophes ont créé un climat général de scepticisme et préparé la doctrine du laissez-faire, qui a mis en question l'ordre social existant et abouti au Siècle des lumières et, indirectement, aux idées associées à la Révolution française. David Hume disait : "Prenons n'importe quel volume de théologie ou de métaphysique ; contient-il un seul raisonnement abstrait concernant les faits et l'existence. Non. Jetons-le donc dans les flammes car il n'est que sophisme et illusion" (Gay, 1967, p. 94). Il est traditionnellement admis que les idées de Hume découlent de la notion physique newtonienne. Leur origine est très importante à cause de l'impact considérable qu'elles ont eu sur le développement des sciences sociales et sur la philosophie de la science. C'est à cet égard que les parallélismes rigoureux et frappants établis par plusieurs commentateurs tels que Moorthy, Whitehead et Lavalley Poussin entre la pensée de Hume et celle de Bouddha prennent toute leur importance (Jacobsen, 1969, p. 17).

En ce qui concerne la médecine, le corpus énorme des textes indiens avait été transmis en Occident assez tôt, par l'intermédiaire de sources grecques, puis arabes et était pleinement intégré dans la tradition. A partir du XVIIIe siècle, l'Europe a connaissance de deux aspects importants du savoir médical indien : la chirurgie plastique et, sans doute, la vaccination contre la variole. Alvares note que de nombreux Occidentaux ont reconnu l'expérience des Indiens en matière de chirurgie plastique. Il décrit en détail la façon dont cette expérience a été transmise en Angleterre au XIXe siècle, par des traductions d'ouvrages rédigés en sanscrit et par les observations personnelles de voyageurs britanniques (*ibid.*, pp.64 à 69). La chirurgie plastique s'était développée en Inde surtout à cause de la nécessité de remodeler des nez qui avaient été coupés en guise de châtiment. Les Européens ont repris les principes de base de cette chirurgie et les ont intégrés à leur pratique médicale. Des commentateurs anglais font aussi état à la fin du XVIIIe siècle d'opérations délicates pratiquées par les chirurgiens du sous-continent, par exemple, sur des ulcères ou sur le cristallin (*ibid.*, p. 65).

La vaccination contre la variole était pratiquée dans l'ensemble du sous-continent jusqu'à ce qu'elle soit interdite par les Anglais au cours de la première décennie du XIXe siècle. Décrivant la méthode utilisée, Alvares indique que les médecins indiens "faisaient des incisions dans l'avant-bras et y introduisaient une substance variolique préparée à partir de pustules infectées l'année précédente. Il s'agissait d'inoculer la maladie, mais sous une forme bénigne ; lorsque le virus avait quitté le corps, l'individu était immunisé à vie contre la variole" (*ibid.*, p. 65).

Nous venons d'évoquer certaines des influences (possibles, probables ou certaines) de la tradition de l'Asie du Sud sur la tradition scientifique européenne des derniers siècles. Nous avons auparavant mentionné quelques exemples de cette influence antérieurs à la Renaissance dans le domaine de la technologie. Elle s'est poursuivie après le XVIIe siècle : en Occident, l'industrie textile, première grande concrétisation de la révolution industrielle, doit beaucoup au transfert des

technologies indiennes. Ayant examiné de près les documents de l'époque, Alvarez conclut : "En Angleterre et sur le continent, l'industrie textile a été révolutionnée par l'étude et l'imitation du travail des artisans asiatiques. Plus tard, ces améliorations, associées à la mécanisation, allaient modifier le cours de l'histoire industrielle" (*ibid.*, p. 58).

Le développement de la sidérurgie au XVIII^e siècle est étroitement lié à la révolution industrielle et témoigne d'une influence importante de la technologie indienne de l'acier. Le "wootz" ou "acier de Damas", d'origine très ancienne, a fait son apparition en Angleterre, où sa qualité a été reconnue. Vers 1790, ces échantillons ont suscité une intense curiosité scientifique et technique dans ce pays. Après les avoir examinés, plusieurs experts anglais ont déclaré qu'il s'agissait du meilleur acier connu au monde (*ibid.*, p. 26).

Dharmapal (1971), commentant une étude de l'acier indien par les Anglais, note que "ses qualités ont été attribuées à celles du minerai d'où il était tiré plus qu'aux techniques et procédés de fabrication. On imputait même les défauts et imperfections constatés dans certains lingots au caractère primitif de ces techniques."

C'est seulement une trentaine d'années plus tard que l'on a révisé ce jugement ; il était d'ailleurs intellectuellement impossible que cette révision intervienne plus tôt, quelles qu'eussent pu être les preuves apportées par d'autres observateurs des techniques et des procédés indiens, puisque l'on n'avait pas encore découvert la possibilité de "transformer le fer en acier fondu en le faisant fondre dans un récipient fermé, au contact du carbone". Ce n'est qu'en 1825 qu'un industriel anglais "a déposé un brevet pour le procédé de conversion du fer en acier qui consiste à soumettre le fer à l'action du gaz d'hydrogène carburé, dans un récipient fermé, à très haute température ; avec ce procédé, la conversion est terminée en quelques heures, alors qu'il fallait 14 à 20 jours avec l'ancienne méthode" (Dharmapal, 1971, p. LI). La British Royal Society a alors décrit les qualités de l'acier indien de la façon suivante : "il est d'une trempe plus dure que tout ce que nous connaissons" (cité dans Alvares, p. 64).

Il ressort de ce qui précède que l'influence de l'Asie du Sud sur l'Occident s'est poursuivie pendant la révolution scientifique et technique, jusqu'à une date très récente. Cependant, les intérêts de l'Asie du Sud dans le domaine intellectuel allaient être jugés non scientifiques. Leur caractère "éthère" a été souligné par plusieurs écrivains, l'un des premiers étant Max Muller (*ibid.*, p. 46). C'est ainsi que furent méconnus des apports importants à la connaissance physique et à la connaissance abstraite non mystique - les mathématiques par exemple.

On pourrait résumer ce qui précède par la constatation que le développement de la science et de la technologie n'est pas nécessairement le fruit d'un processus linéaire dont l'Europe serait le point de départ unique. En retraçant l'histoire de la science moderne à travers les étapes de la Grèce, de la Renaissance et de la grande percée du XVIII^e siècle, nous avons évoqué les faisceaux d'influences - dont plusieurs asiatiques - qui ont nourri la tradition scientifique européenne. La science moderne n'est donc pas une activité exclusivement européenne.

La liste des parallélismes avec l'Asie du Sud ou des influences exercées par cette dernière est fort longue. Influences sur la chimie (Paracelse), sur la mécanique (théorie de la dynamique), sur la médecine (Grecs, Arabes, Portugais et chirurgiens anglais du XIX^e siècle), sur les mathématiques (algèbre), ou encore nombre de notions mathématiques connues en Asie du Sud bien avant les découvertes faites au XVIII^e siècle, par Euler notamment, sur la philosophie générale de la

période scientifique avec Descartes (le "Cogito" étant un écho de l'enseignement de Nagajuna), avec Newton (dont les idées platoniciennes et néoplatoniciennes sont fortement marquées par la pensée indienne), avec Hume (dont les positions philosophiques sont proches de celles des Bouddhistes, sans doute à cause de la diffusion des idées) sur la pensée sociale qui a abouti au Siècle des lumières et à la Révolution française et, après Hume, à la sécularisation générale de la vie occidentale. On trouve aussi en Asie des courants de pensée proches de Kant et de Hegel, qui allaient exercer une profonde influence sur les idées sociales des XIXe et XXe siècles.

Mon intention, en soulignant ces influences et ces parallèles (possibles, probables, réels ou fortuits) n'est pas de remplacer un ethnocentrisme par un autre, de toute évidence indéfendable et d'attribuer à l'Asie du Sud un rôle prépondérant dans le développement de la science moderne, mais de corriger quelque peu l'eurocentrisme flagrant qui caractérise l'historiographie scientifique occidentale.

Dans leur état actuel, les sciences résultent de certaines formes de développement intellectuel et socio-économique et de leurs interactions avec le contexte social, et pour retracer leur évolution, il faut d'abord faire la part de l'ethnocentrisme.

LE CONTEXTE SOCIAL DE LA SCIENCE OCCIDENTALE

L'entreprise qui consiste à repenser certaines des racines de la science occidentale s'accompagne d'un autre effort intellectuel, qui vise à replacer la science dans son contexte social et, partant, à la percevoir, dans une perspective relativiste, comme influencée, soit au stade de sa création, soit à celui de sa légitimation, par le contexte social. Celui-ci peut être macro-social (changement de mode de production, par exemple), micro-social (dynamique sociale de petits groupes de scientifiques) ou intermédiaire (politiques nationales).

Au niveau macro-social, par exemple, on a tenté d'établir un rapport entre l'apparition de la science mathématisée aux XVIe et XVIIe siècles et la Renaissance et les débuts du capitalisme marchand (Needham, Hessen, etc.). A partir d'un cas particulier, Hessen (1930), retraçant l'évolution de la science newtonienne en optique et en balistique, a montré que ces disciplines étaient intimement liées aux besoins sociaux de l'époque, c'est-à-dire à ceux des débuts du mercantilisme et de son intérêt pour la navigation. De même, Forman (1971) a rapproché la naissance de la théorie des quanta dans l'Allemagne de l'entre-deux-guerres du climat social et intellectuel de la République de Weimar, plutôt favorable à une philosophie existentialiste néoromantique opposée à une rationalité analytique.

Dans une perspective intermédiaire, Ezrahi (1971) a dégagé les liens qui existent aux Etats-Unis entre la science et la politique et mis en évidence le caractère non autonome de l'entreprise scientifique. Il a ainsi montré que celle-ci est tributaire à un "degré sans précédent" d'un appui matériel et politique extérieur, ce qui contraint les chercheurs à frayer avec les milieux politiques. Depuis la deuxième guerre mondiale surtout, les grands projets scientifiques sont donc, indirectement du moins, subordonnés à des critères politiques. Pendant la guerre froide, la science et la technologie liées à la défense ont bénéficié, aux Etats-Unis, de crédits importants. Avec le succès du projet Manhattan pendant la deuxième guerre mondiale et, plus tard, le développement de l'arsenal nucléaire, la physique, contrairement aux sciences sociales, a pris politiquement une place importante

(*ibid.*). Pour des raisons analogues, certaines branches de la physique fondamentale et appliquée associées au programme spatial (science des matériaux, exobiologie, certains aspects de l'astronomie, etc.) ont bénéficié de crédits considérables dans les années soixante par suite de la concurrence serrée avec l'Union soviétique. Depuis, il y a eu des réductions dans le budget de ces programmes sous le double effet de la détente à l'extérieur et, à l'intérieur, de la contestation qui requerrait l'adoption de politiques plus sociales - avec la politique actuelle du Président Reagan en matière de défense, on assiste à un nouveau renversement de la tendance.

Après avoir analysé dans le détail l'influence déterminante que la politique exerce sur la science, Blume (1974) conclut : "La structure sociale de la science moderne est largement tributaire de l'organisation sociale, économique et politique de la société et extrêmement sensible aux modifications de cet environnement. Il semble en découler que, de par sa condition même, le chercheur est pris dans un réseau de relations avec le système économique et politique, les positions exactes étant en partie fonction de l'évolution de sa carrière professionnelle."

Un travail considérable a été entrepris au niveau micro-social pour définir le fonctionnement de la science au sein de la communauté des chercheurs. Ce travail a commencé dans les années soixante avec Merton, dont l'approche est fondée sur la méthode structuro-fonctionnelle alors à la mode en sociologie. Il concevait la science comme une entreprise placée sous le contrôle social de scientifiques presque altruistes dont l'évaluation objective de la recherche est la clé du développement scientifique. Les études effectuées par la suite ont montré que cette conception n'était pas très réaliste. Dans l'exercice de leur activité, qui est une activité sociale, les scientifiques n'agissent pas comme des robots programmés en fonction de critères universalistes. Etudiant l'exemple américain, Gaston (1969) a montré que les scientifiques ne sont pas universalistes. Ce qu'ils découvrent n'est donc pas une "vérité" objective à laquelle on se rallie ; les résultats de leurs recherches passent par le filtre d'autres critères. Soulignant le même phénomène de contrôles sociaux particularistes, Sklair (1972) fait observer qu'"il semblerait que, dans un processus très compliqué où interviennent de nombreuses variables, le filtrage (de la science) a lieu bien avant que le scientifique moyen n'ouvre son exemplaire de la revue" (Sklair, 1972, p. 54). Hagstrom (1965) a défini dans le détail la façon dont les mécanismes sociaux fonctionnent et a montré le particularisme de la communauté scientifique : celle-ci fait le tri entre conformistes et non-conformistes, les seconds étant appelés à tomber dans l'oubli, à être cooptés ou à créer une nouvelle discipline.

Ce que font apparaître nettement ces travaux récents, c'est la force du contexte social et culturel dans lequel les sciences opèrent et se développent. Dolby (1969) note l'existence, à tous les niveaux de la science, de facteurs théoriques qui subissent à leur tour "toutes sortes de distorsions sociales et psychologiques". Il ajoute que "lorsqu'on parle d'objectivité en matière de science, il ne faut pas oublier le contexte dans lequel s'inscrit l'exposé d'une théorie nouvelle, en d'autres termes l'opinion. On peut prévoir que l'évaluation de cette théorie dépendra de ce qui est déjà accepté par cette opinion, de ses préoccupations, des normes qu'elle applique et des finalités que la théorie pourrait servir."

Dans le milieu social où la science se fait, le consensus scientifique est l'aboutissement de processus bien connus par ailleurs. Collins (1975), étudiant l'activité des scientifiques qui travaillent aujourd'hui sur le laser et les ondes gravitationnelles, a montré comment l'interprétation de la science fait l'objet d'une médiation sociale. D'autres sont parvenus à des conclusions analogues, par exemple Gilbert (1976) à propos de la recherche sur l'étude des météorites par radar

et Pinch (1976) à propos de la mécanique quantique. Ce dernier conclut que "les théories scientifiques elles-mêmes sont pluridimensionnelles et ce qui constitue une théorie en matière de science est une variable, qui aura des significations différentes selon les groupes de chercheurs." Dans une étude consacrée à un phénomène qui se produit au niveau infra-atomique - le phénomène J - Wynne (1976) conclut que la rationalité scientifique formelle est, en partie du moins, le produit d'engagements sociaux.

Faisant la synthèse de ces résultats Mulkey (1979) déclare : "nous arriverons à une vision totalement erronée de la science si nous déduisons ses attributs sociaux des caractéristiques formelles des théories énoncées dans des articles, des critiques et des manuels. Les énoncés formels d'une théorie n'ont de signification que lorsqu'ils sont interprétés par les membres de groupes sociaux réels. Cette interprétation dépend de l'issue de négociations contingentes entre ces membres".

Il convient de noter qu'au niveau microsociale, les bornes qui délimitent l'orientation de la science sont établies par la programmation détaillée dont les chercheurs font l'objet dans le cadre de leur formation. C'est ce que Kuhn (1962) a appelé très justement le dogme - nous ne sommes pas loin des théologiens de l'Europe du Moyen Age. Ce n'est qu'à l'occasion de ruptures paradigmatiques que le dogme est remis en question par les forces internes à la discipline. Néanmoins, au sein du dogme, la négociation sociale sur la signification scientifique se poursuit en permanence.

Ainsi, dans une perspective historique à long terme, la marche de la science apparaît déterminée non seulement par tel système logique ou telle philosophie, mais aussi par des critères extra-logiques, sociaux notamment. Il faut donc y voir un processus dynamique ayant ses caractéristiques propres, selon une approche différente de celle de la philosophie classique de la science, qui ne s'intéresse, comme l'a souligné Burian (1977, p. 12), qu'à son aspect statique, laissant de côté sa dynamique. Il faut adopter vis-à-vis de la science la même attitude que les biologistes à l'égard "des espèces, pour délimiter des théories par des techniques tant historiques que formelles et structurelles" (Burian, 1977, p. 40).

Il faut donc, à la lumière de ce qui vient d'être dit sur leur contexte social, considérer la connaissance et l'information scientifiques comme un corpus de savoir en interaction constante avec l'environnement socio-économique. Ce corpus évolue selon des axes qui varient en réponse aux modifications de l'environnement social. Les connaissances qui s'y ajoutent et celles qui sont jugées "pertinentes", "scientifiques" et "intéressantes" par les spécialistes sont, en fait, celles qui correspondent le mieux aux forces de l'environnement social. Les connaissances qui, après avoir été filtrées par les différents processus sociaux, sont retenues et jugées pertinentes sont celles qui cadrent bien avec l'environnement socio-économique.

On peut donc comparer le progrès de la connaissance scientifique à la croissance d'un arbre qui se développe dans telle ou telle direction selon les modifications de l'environnement social. Ces arbres de la connaissance présentent des analogies et des parallèles avec les "arbres décisionnels" utilisés dans le domaine du traitement de l'information. On peut aussi penser à l'arbre de l'évolution en biologie, où l'apparition d'une sous-espèce est le résultat de la sélection de telle information génétique dans telle catégorie d'espèce, la seule information génétique à survivre et à se transmettre sous la forme du matériel génétique étant celle qui est adaptée à l'environnement.

On peut donc imaginer qu'il existe différents systèmes de connaissance (correspondant par exemple aux civilisations) dont les schémas de croissance et d'arbres-

cence varient selon le terrain exploré et les représentations données de la réalité. Ces systèmes de connaissance parallèles et différents peuvent être tels que leurs itinéraires se recoupent. Ils peuvent, selon le moment de l'histoire où ils se constituent et les forces socio-économiques qui déterminent leur développement, explorer des aspects totalement différents de la réalité physique au moyen de paradigmes eux aussi entièrement différents.

Cette différenciation des structures du savoir propre à chaque civilisation peut être imputable à celle des systèmes primitifs de connaissance élaborés par l'homme à une époque reculée, en fonction de l'environnement physique qui était le sien dans chaque région. Elle peut découler du choix ou de la succession des modes de production retenus par chaque civilisation. Ou encore de l'apparition "accidentelle" de figures historiques qui, du fait qu'elles adhèrent à l'ordre intellectuel et social du moment ou le récuse, donnent à la réalité une configuration différente. Autant de possibilités qui expliqueraient l'existence de nombreuses civilisations, de nombreux systèmes de connaissance parallèles.

On est ainsi amené à se poser des questions qui, bien que d'un intérêt historique douteux, sont importantes pour notre propos. Par exemple, si le capitalisme marchand était apparu d'abord en Asie du Sud à la suite de transformations socio-économiques internes (telles que la nécessité économique d'explorer le monde), quelle aurait été la configuration de la science ? (On sait que les Indiens non seulement ont navigué vers l'Est jusqu'aux Philippines, mais aussi sont allés en Afrique de l'Est et ont sans doute doublé le cap de Bonne-Espérance pour atteindre l'Afrique de l'Ouest ; la question n'est donc pas purement rhétorique.)

Si l'Asie du Sud avait été la puissance dominante au sein de laquelle la science s'était rapidement développée depuis 500 ans, la science moderne aurait eu un tout autre visage, avec des arbres de la connaissance différents, car les présupposés historiques et scientifiques en auraient été différents, de même que les débats internes qui auraient marqué son évolution. Elle aurait produit des connaissances fondamentales et appliquées différentes, tant dans l'abstraction (mathématiques) que dans l'observation (astronomie) ou l'expérimentation (physique). D'autres secteurs auraient retenu l'intérêt - sous l'effet des forces sociales par exemple - d'autres démarches, d'autres méthodologies auraient été tentées, qui n'auraient pas manqué d'engendrer d'autres lois universelles, valant pour d'autres aspects de la réalité. Needham se demande pourquoi la science au sens moderne ne s'est pas développée en Chine (qui a pourtant de nombreuses découvertes à son actif) ; transposant sa question, on pourrait se demander, comme pour l'Inde, ce qui se serait passé si elle s'y était développée. Si les circonstances socio-économiques avaient été telles que la science au sens moderne ait pu apparaître en Chine, quelle forme aurait-elle prise ? La réponse évidente à ce genre de question est que la forme de la science, son contenu et les aspects de la réalité physique qu'elle aurait explorés auraient été entièrement différents.

Par conséquent, le développement qu'a connu la science dans le système hégémonique relativement autonome mis en place par les Européens au cours des 500 dernières années n'est aucunement universel. En principe du moins, on peut imaginer un savoir qui entamerait de façon tout autre la surface de la réalité et, partant, la possibilité, très hypothétique, d'autres formes de sciences.

Du fait que, depuis le XVIII^e siècle surtout, l'entreprise scientifique s'est développée comme une machine géante, beaucoup de problèmes et de solutions ont été légitimés par son mouvement et son orientation. La science moderne ayant pris son essor en Europe, les problèmes et même les méthodologies qui ont été jugés légitimes sont ceux auxquels les forces sociales de l'Europe, incarnées dans le climat

intellectuel de l'époque, ont trouvé une pertinence et un sens. Au fil des derniers siècles, ce climat intellectuel, aussi fécond que le développement économique, a engendré de très rapides progrès scientifiques. Mais le savoir qu'il a créé a eu des effets paralysants sur les pays périphériques non occidentaux qui l'ont absorbé.

La nouvelle culture scientifique hégémonique qui est née et a été consacrée dans les centres occidentaux s'est étendue au reste du monde, où elle a bientôt été déclarée légitime et nécessaire. Bien que ce savoir créé en Europe ait eu hors d'Europe des aspects positifs et libérateurs, il a aussi exercé une influence négative : après son adoption, de vastes pans d'un savoir local pertinent ont perdu leur légitimité. Cette "délégitimation" frappe aussi bien la connaissance la plus prosaïque - comment cultiver les légumes et reconnaître les plantes médicinales de la région - que les moyens les plus élaborés d'appréhender les divers aspects de la réalité physique.

LE CONTEXTE SOCIAL DE LA SCIENCE DANS LE TIERS MONDE

A la masse d'ouvrages sur les conditions sociales de la naissance et de la pratique de la science en Occident viennent peu à peu s'en ajouter d'autres qui traitent de la science dans le Tiers Monde.

Si les débuts de la science moderne correspondent plus ou moins, en Europe, à ceux du mercantilisme, sa diffusion dans le reste du monde n'a vraiment commencé qu'après la première révolution industrielle. En Inde, par exemple, la Compagnie des Indes orientales encourageait les recherches botaniques, géologiques et minières ainsi que l'étude des plantes et des minéraux qui commençaient à présenter un intérêt économique aux yeux des Britanniques (*ibid.*, p. 491). Elle avait également commandité une importante étude géographique du sous-continent. Des jardins botaniques avaient été créés pour l'étude de la flore exotique et c'est ainsi que les travaux de botanistes hollandais ont notamment aidé le grand botaniste Linné à élaborer son système de classification des plantes. Les nouveaux jardins botaniques allaient bientôt devenir d'importants centres d'étude des plantes à des fins essentiellement économiques (*ibid.*, p. 492).

Le dernier quart du XVIII^e siècle est également l'époque de la création de sociétés savantes vouées à l'avancement des sciences naturelles et des sciences humaines, comme la future Royal Asiatic Society fondée - notons-le en passant - en 1784, soit 122 ans après la Royal Society britannique en 1662. Initialement, ces sociétés savantes créées à l'image de celles de la métropole étaient surtout animées par des Européens, mais peu à peu les Asiatiques commencèrent à y occuper des positions subalternes. Il faudra attendre 1829 pour assister à l'élection des premiers membres indiens de la Royal Asiatic Society (Subarayappa, p. 496).

L'initiation à la science occidentale supposait la mise en place d'un système d'enseignement capable de transmettre ce nouveau type de savoir. De nouvelles formes d'acculturation et de transfert de connaissances allaient remplacer le processus initial de colonisation culturelle mercantiliste liée à la diffusion du christianisme. Mais les programmes scolaires et universitaires étaient largement inspirés du credo impérialiste de l'époque, dont témoignent les célèbres prises de position de McCaulay affirmant notamment que "quelques bons ouvrages d'histoire européenne valent bien toute la littérature indigène de l'Inde et de l'Arabie", lequel McCaulay découragea systématiquement la formation de maîtres arabes ou

sanscrits, qu'il accusait d'"encourager artificiellement l'absurdité en histoire, en métaphysique, en physique et en théologie".

L'esprit de McCaulay imprégnait également l'ensemble du système d'enseignement supérieur et universitaire en Inde. S'attachant essentiellement à former les cadres nécessaires à l'administration coloniale, l'université refusait délibérément de transmettre la culture et les traditions locales qui ne jouaient aucun rôle dans ce système (Ashby, 1966, p. 63). Il en résultait un système universitaire qu'on a pu décrire en gros comme une mécanique à faire passer des examens, dispensant un enseignement en "contradiction presque totale avec l'ordre social et le rythme de vie d'une civilisation millénaire". Certains commentateurs ont reconnu depuis que ce système universitaire encourageait surtout "une érudition superficielle axée essentiellement sur l'obtention des diplômes" (*ibid*).

Le produit de cette greffe universitaire ne pouvait donc être ni une tradition universitaire authentique au sens occidental, ni une tradition d'enseignement orientale mais un produit culturel hybride. Un observateur britannique, étudiant le phénomène, reconnaît que "l'exportation du système universitaire occidental en Inde ne restera pas comme une de nos réussites" (Ashby, p. 141).

A côté des centres d'enseignement supérieur, on voit se constituer au XIXe siècle diverses sociétés scientifiques (outre la Royal Asiatic Society déjà mentionnée) comme la Société d'agriculture de l'Inde (1820) ou la Société d'histoire naturelle de Bombay (1848). "Mais, bien entendu, ces associations scientifiques et sociétés savantes s'inspiraient largement des institutions similaires de la métropole... Les structures et jusqu'aux statuts de certaines d'entre elles étaient calqués sur des modèles britanniques" (Subarayappa, 1971, p. 500). Il y a manifestement là comme dans le cas des universités une tentative plus ou moins avouée de reproduction trait pour trait des sociétés scientifiques de la métropole. On peut dire que les jardins botaniques de Peradeniya et de Singapour, par exemple, étaient de simples succursales de leur modèle britannique, Kew Gardens (Brockway, p. 6). Brockway montre avec un luxe de détail comment l'institution britannique a su élaborer et imposer à ses satellites du monde entier une conception de la botanique largement inspirée par des considérations d'ordre commercial.

Si l'on tente de résumer la deuxième vague de connaissances et d'informations dont le début coïncide avec le milieu du XIXe siècle, le point saillant à retenir est que le transfert à l'Asie du Sud de la science européenne s'est effectué essentiellement par l'intermédiaire d'un système d'enseignement soigneusement structuré. En même temps que l'on initiait les populations locales aux sciences et aux technologies nouvelles, on leur inculquait un ensemble de connaissances et de valeurs liées au nouvel ordre économique.

Après la deuxième guerre mondiale, l'équilibre géopolitique mondial a été radicalement modifié par l'accession à l'indépendance politique de la plupart des anciennes colonies qui se trouvaient ainsi détachées (du moins officiellement) de leur ex-métropole. Dans l'immédiat après-guerre, cette nouvelle autonomie politique n'a pourtant pas empêché les jeunes nations de continuer à subir des influences économiques et socio-culturelles sous des formes très diverses et selon des modalités redéfinies plus ou moins inconsciemment. Cette période a vu également les Etats-Unis prendre le relais des anciennes puissances coloniales en tant que centre dominant du système capitaliste mondial, en même temps que l'Union soviétique devenait un autre point de référence important. Quant aux pays du Tiers Monde, leurs progrès en matière de science et de technologie depuis la guerre sont fonction de nombreux facteurs comme la dimension géographique, le niveau de développement économique et le système de classes, au moment de l'accession à l'indépendance, le rôle

joué par la classe moyenne (dans le cas des pays non socialistes) et enfin le système de relations géopolitiques.

Il en est résulté de grandes inégalités de développement scientifique et technologique - au moins en termes quantitatifs - entre les différents pays de l'Asie du Sud. L'Inde, où s'était constituée depuis plus d'un siècle une bourgeoisie industrielle et qui s'est dotée ultérieurement d'un appareil productif indépendant très performant est ainsi devenue quantitativement la troisième puissance du monde contemporain en termes d'effectifs scientifiques et technologiques. Cela étant, le savoir résultant du transfert de science et de technologie ainsi opéré depuis plus d'un siècle et demi, et de façon particulièrement intensive après l'indépendance, suscite un certain nombre d'interrogations de la part des observateurs du monde scientifique et technologique. Même s'agissant de l'Inde, qui se situe au troisième rang mondial pour le nombre des scientifiques, on peut s'interroger sur la productivité de ce savoir en termes non seulement quantitatifs, mais surtout qualitatifs. On a pu utiliser les termes de satellisation scientifique et technologique (Rahman, 1977) pour décrire cette situation, dont plusieurs observateurs ont noté qu'elle se caractérisait par le développement d'une science purement imitative sans déboucher sur aucune découverte ou perspective nouvelle (voir, par exemple, Ashis, Nandy, 1980).

J'ai par ailleurs (Goonatilake, 1975, 1976) tenté d'analyser la structure de cet appareil scientifique et les raisons de sa stérilité. Tout au long de mon analyse, j'ai insisté sur le fait que malgré des différences de détail la nature scientifique était fondamentalement la même en situation de colonisation et en situation de dépendance. "Dans un contexte de dépendance, n'est considéré comme scientifiquement valable que ce qui est tenu pour tel par le centre. Ce modèle est ensuite reproduit à la périphérie par l'intervention de toute une série de mécanismes socio-culturels de dépendance. Dans le cas des pays dépendants, en général, la connaissance scientifique est essentiellement un produit importé, même si cette importation concerne surtout les structures fondamentales et non les points de détail. Le corpus du savoir fondamental élaboré principalement en Occident est ensuite exporté vers les pays en développement, dans le cadre d'une relation de dépendance intellectuelle. Les grandes lois scientifiques ainsi que la problématique essentielle des scientifiques occidentaux ont été élaborés en Occident et il en est toujours ainsi (ou en tous cas c'est en Occident que cet exercice trouve sa légitimation) et les initiatives locales se bornent à des variations mineures sur ces grands thèmes" (1975).

Plusieurs auteurs confirment ces caractéristiques essentielles. C'est le cas de Shiva et Bandopadhyay (1980) dans une étude fascinante consacrée à l'activité scientifique des grands centres de la recherche de pointe en Inde, qui constitue en fait une description très utile des rapports entre la science et la société des pays du Tiers Monde.

Shiva et Bandopadhyay ont choisi d'étudier des institutions de pointe comme l'Indian Institute of Science, le Tata Institute of Fundamental Research, le Bhabha Institute of Nuclear Physics et la Indian Association for the Cultivation of Science. Rahman (1977, p. 85) a fait observer que bon nombre de ces institutions ont été créées depuis 1945 à l'imitation d'établissements du même genre, en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis - en particulier après que ce dernier pays se soit affirmé comme la première puissance scientifique et géopolitique du globe au lendemain de la deuxième guerre mondiale. On sait que le Conseil pour la recherche scientifique et industrielle a été créé sur la base des recommandations du rapport A.V. Hill sur la recherche scientifique. Et Bhabha s'est inspiré de modèles européens pour concevoir la Commission indienne à l'énergie atomique qui se trouvait

ainsi "du point de vue intellectuel et même culturel plus proche des institutions similaires d'Europe et des Etats-Unis que de la réalité indienne" (*ibid.*).

L'étude de Shiva et de Bandopadhyay montre que même dans ces établissements prestigieux, aussi bien la problématique que les méthodes de la recherche trahissent un syndrome prononcé de dépendance. En outre, on a pu observer qu'à l'instar de beaucoup de leurs collègues des pays développés, les chercheurs indiens, dans leur activité scientifique de "routine", ne s'embarrassaient guère de considérations hautement philosophiques comme celles de Popper sur la "falsifiabilité" de leurs hypothèses, mais se contentaient d'appliquer un certain nombre de règles méthodologiques implicitement acceptées (*ibid.*, pp. 25-27).

Le syndrome de dépendance était manifeste dès le choix du problème à résoudre. Choix d'ailleurs fort simple puisqu'il reposait sur les informations disponibles dans la littérature spécialisée, d'origine essentiellement occidentale. La décision de produire tel ou tel type de connaissances scientifiques était donc déterminée par les seules informations formelles figurant dans la littérature occidentale et ne débouchait en fait que sur ce qu'on pourrait appeler des sous-programmes de recherche (*ibid.*, pp. 30-40), l'absence d'échanges et de communication officieuse sous forme de confrontation personnalisée entre chercheurs engagés dans la recherche de pointe aboutissant à la quasi stérilité de l'activité scientifique (*ibid.*, p. 49). A l'appui de cette intuition, Shiva et Bandopadhyay constatent que les chercheurs les plus souvent cités sont ceux qui ont su se constituer un réseau de communications très personnalisé. Quand on sait l'importance des échanges officieux et personnels dans la spéculation scientifique, il apparaît normal que les chercheurs les plus féconds soient ceux qui communiquent intensément et assidûment avec leurs collègues dans les domaines de pointe. Comme ces domaines sont déterminés en Occident, seuls les chercheurs qui voyagent beaucoup et ont des contacts avec leurs collègues occidentaux sont capables de rivaliser avec eux dans ces mêmes domaines.

Le fait de devoir s'engager dans les voies ouvertes par leurs homologues occidentaux signifie que les chercheurs indiens travaillant sur place n'ont guère d'occasions de communiquer entre eux (*ibid.*, p. 63) ; nombreux sont ceux qui n'ont aucune idée des activités de leurs collègues travaillant dans le même département (*ibid.*, p. 64). Cet isolement des chercheurs indiens (d'autant plus frappant qu'il s'agissait en l'occurrence de personnalités éminentes) par rapport à leurs collègues locaux contraste de façon marquée avec les échanges intenses qu'ils entretiennent avec leurs collègues occidentaux de façon officieuse ou informelle (*ibid.*, p. 64). Ces conclusions confirment *a contrario* celles de Hagstrom (1965) dans sa célèbre étude des milieux scientifiques américains où il démontrait que les chercheurs américains les plus isolés de la communauté scientifique nationale étaient aussi les moins productifs.

Shiva et Bandopadhyay ont également constaté l'absence de discussion critique ouverte sur les problèmes scientifiques, toute manifestation d'esprit critique étant souvent interprétée en Inde comme une attaque personnelle. Il semblerait en l'occurrence que le prestige scientifique ne découle pas toujours de considérations purement scientifiques (*ibid.*, p. 72), comme j'avais déjà eu l'occasion de le constater à propos de Sri Lanka (Goonatilake, 1975) et plus généralement du Tiers Monde (Goonatilake, 1976).

Ces conclusions sont confirmées par les études qu'Arunachalam a consacrées (1976) à l'utilisation des références dans les travaux scientifiques, montrant que la plupart des chercheurs indiens se citent fréquemment les uns les autres. Toutefois Shiva et Bandopadhyay ont prouvé que cet apparent foisonnement intellectuel des milieux scientifiques locaux n'intéresse que des personnalités de deuxième plan qui

n'ont rien à voir avec la recherche de pointe et se contentent surtout de résoudre des mini-problèmes énoncés par d'autres. Arunachalam (*ibid.*) a constaté quant à lui que la place souvent revendiquée par l'Inde de troisième réservoir de main-d'oeuvre scientifique du monde dissimule une réalité moins exaltante quand on l'examine d'un peu près. Par exemple, si l'on décide de ne comptabiliser que les chercheurs qui ont publié au moins un article par an, l'Inde passe de la troisième à la huitième place et le recul est encore plus sensible si l'on adopte un facteur de pondération qualitative, en tenant compte par exemple de la fréquence avec laquelle un travail scientifique est cité dans des travaux ultérieurs (*ibid.*).

Une étude plus détaillée effectuée par Arunachalam et Markanday (1981) aboutit à la conclusion que la production scientifique indienne apporte une "contribution cognitive négligeable au grand courant de l'activité interne dans le domaine de la Recherche" (p. 1). D'une manière générale, la plupart des citations utilisées par les chercheurs indiens sont tirées de publications étrangères.

Il est important de noter à ce propos que lesdites publications sont loin d'être récentes (*ibid.*, p. 21). La plupart des titres cités dans les publications indiennes renvoient à des publications vieilles d'au moins dix ans et rares sont les revues qui contiennent plus de 10 pour cent de références à des travaux datant de moins de deux ans.

Cette situation sans équivalent dans les grandes revues spécialisées occidentales (*ibid.*) traduit bien un véritable décalage au niveau de la connaissance. Qui plus est, bien des articles publiés dans la presse indienne spécialisée traitent de problèmes "routiniers" ou d'intérêt étroitement "spécialisé" sans originalité conceptuelle ni largeur de vue. On constate en outre une compartimentalisation étroite entre les différentes disciplines sans effort marquant d'interdisciplinarité (*ibid.*). Cette structure de la connaissance incite les universitaires des pays dépendants à calquer leurs méthodes et leurs approches sur ce qui constitue à leurs yeux le dernier cri de la mode scientifique en Occident mais compte tenu de l'éloignement cette mode est inévitablement la mode d'avant-hier. Il existe donc une profonde différence qualitative entre la manière dont la science est vécue par les milieux scientifiques vraiment créatifs d'Occident et par leurs imitateurs du Tiers Monde.

C'est pourquoi le processus de légitimation en vertu duquel une hypothèse scientifique est jugée valable ou pertinente n'est pas du tout le même au centre ou à la périphérie (Goonatilake, 1976). Au centre, la légitimation est le fruit de débats animés et de négociations collectives entre chercheurs sur les différents problèmes scientifiques. Dans les milieux scientifiques dépendants de la périphérie, la retransmission est le mode principal d'acquisition du savoir qui est jugé légitime ou non par référence aux auteurs occidentaux. Les réputations scientifiques locales sont trop souvent fondées sur des critères moins scientifiques que personnels et politiques (Ramaseshan, 1979, Arunachalam, 1979). Alors que le savoir scientifique est chargé au centre du potentiel libérateur d'une activité au moins en partie créatrice et organique, la dépendance structurelle qui caractérise la périphérie se traduit par un savoir de seconde main ou légitimé en fonction de critères qui n'ont rien à voir avec la science. Non seulement ce type de connaissance n'a plus rien à voir avec la réalité mais il ne peut qu'inhiber la créativité (Goonatilake, 1976).

La satellisation de l'activité scientifique à la périphérie alors que les grands travaux et les orientations importantes sont dus aux initiatives occidentales a d'autres implications ; elle signifie notamment que, sauf pour les chercheurs qui ont des contacts fréquents avec le centre, il existe ordinairement un important

décalage entre l'actualité scientifique de l'Occident et celle des pays dépendants. Des procédures accélérées de transmission du savoir grâce à une documentation appropriée mais également par l'échange systématique de chercheurs et d'étudiants avec les métropoles occidentales permettent parfois de réduire ce décalage à un ou deux ans, voire à quelques mois. Mais si les échanges universitaires sont rares et pour peu qu'il soit malaisé de se procurer une documentation à jour, le retard peut se chiffrer littéralement par décennies.

Il est fréquent que telle ou telle théorie en faveur de la métropole soit retransmise à la périphérie par des gens qui ont été formés en métropole et qui continueront inlassablement à pratiquer et à enseigner chez eux ce qu'on leur a appris alors. Comme il n'existe guère d'échanges vraiment vivants au sein de la communauté scientifique, les générations successives de chercheurs tiennent rarement compte dans leur pratique ou leur enseignement des derniers développements ou des découvertes les plus récentes de la science. De nouvelles générations de chercheurs partis étudier à leur tour en métropole s'imprègnent des dernières modes intellectuelles et les reproduiront fidèlement dans leur activité et leur enseignement à la périphérie. Compte tenu du cloisonnement relativement étanche entre générations, ces apports successifs s'accumulent pour ainsi dire comme autant de strates à la périphérie. Mais comme il s'agit par définition de modes intellectuelles dépassées, un archéologue ou un géologue diraient que le paysage intellectuel de la périphérie est constitué de couches successives de savoir occidental pétrifié.

Le décalage culturel entre le centre et la périphérie entraîne inévitablement une conception différente des problèmes et de la manière de les aborder, conception qui, à la périphérie, tend à être "irréaliste" et "artificielle" parce qu'elle procède d'une macro-vision générale et d'un rapport à la société qui sont ceux de la métropole et que celle-ci est incapable de refléter la réalité sociale de la périphérie. Cette division internationale de la connaissance a également pour corollaire de favoriser des habitudes de docilité intellectuelle chez les chercheurs locaux, constamment obligés de se tourner vers les centres de création scientifique pour obtenir la légitimation de leur propre activité.

Cela encourage aussi une mentalité routinière chez un personnel scientifique confortablement installé dans un statut qui les fait dépendre administrativement de la créativité scientifique de la métropole mais aussi d'intrigues personnelles et politiques au niveau local qui n'ont rien à voir avec la science. Dans une telle situation, la connaissance scientifique trouve sa justification dans le fait qu'elle a, ou paraît avoir, l'aval du centre et non en vertu du développement organique effectif de la connaissance scientifique. Ce modèle diffusionniste de la connaissance a pour résultat plus pervers de créer une intelligentsia dépendante qui, sous le couvert d'une apparente neutralité scientifique, applique sa réflexion à une vision des choses soi-disant objective mais en fait imposée par la métropole. A bien des égards, il favorise indirectement un processus en vertu duquel les victimes de cette dépendance intellectuelle ne peuvent que devenir les artisans de leur propre colonisation. La domination par structures du savoir interposées (avec le raisonnement idéologique que cela implique) devient essentielle dès lors que s'affaiblissent les liens de la domination coloniale politico-économique de type classique.

Je tiens à souligner que le conditionnement des chercheurs et des intellectuels du Tiers Monde tel que je viens de le décrire est lié au contexte ; mon intention n'est pas de critiquer individuellement des chercheurs qui n'ont guère d'autre ressource que de se comporter comme ils le font, puisqu'ils sont prisonniers d'un ensemble de normes et d'un système de légitimation et de récompense d'origine étrangère ainsi que d'une conception imitative et non créative de la science. A de rares

exceptions près, ce sont là des murs d'une prison où sont enfermés la plupart des chercheurs scientifiques du Tiers Monde, qu'ils soient originaires d'Afrique, d'Asie ou d'Amérique latine. On pourrait citer au contraire de nombreux exemples d'intellectuels condamnés à la stérilité dans le contexte social du Tiers Monde qui, une fois transplantés dans les centres de recherche du monde industrialisé et intégrés à une communauté scientifique organique, se sont épanouis et ont apporté leur contribution au progrès de leur discipline.

Ce qui vient d'être dit doit être interprété comme un appel implicite à une véritable renaissance scientifique du Tiers Monde. Nous avons vu que l'essor de la science en Occident est tributaire des réalités sociales de l'histoire contemporaine du monde occidental, et que l'activité scientifique du Tiers Monde, imitative et non créative, est de surcroît totalement coupée du riche patrimoine culturel de l'ère précoloniale. Ce constat globalement négatif ne saurait faire oublier - hâtons-nous de le préciser - le travail très utile et très productif réalisé dans le domaine des sciences appliquées (obtention de nouveaux hybrides en agriculture par exemple) ou des exploits technologiques comme ceux des ingénieurs indiens du nucléaire et de l'espace.

Les critiques formulées par certains observateurs contemporains de la vie scientifique en Inde (Shiva, Bandopadhyay, Rahman, Alvares, Goonatilake, Ashis Nandy) constituent un appel implicite en faveur de la créativité. Ces critiques visent essentiellement les sciences naturelles, mais ceux qui se sont penchés sur les activités dans le domaine des sciences humaines en Asie du Sud aboutissent à peu près aux mêmes conclusions, qu'il s'agisse d'Aggrawal (1975) pour la psychologie, de Singh (1979) ou de la Indian University Grants Commission (1977) pour les sciences économiques, de Deshpande (1974) pour la géographie et de Sharma (1978) pour l'anthropologie sociale, pour ne citer que quelques noms. Tous ces auteurs dressent un constat de stérilité qui a le mérite de ramener à leurs justes proportions certaines prétentions exagérées concernant la créativité des milieux scientifiques indiens. (Voir par exemple la critique mordante par Shiva (1980) des ouvrages de Gupta (1978a, 1978b, 1978c et 1979) sur ce thème.)

Pourtant, rien n'a été entrepris officiellement pour susciter ce qu'on pourrait appeler un effort de créativité scientifique proprement sud-asiatique, en dépit de réunions officielles à New Delhi, Bangalore, Colombo ou Madras pour étudier les possibilités dans ce domaine.

De nature plus officielle - et bénéficiant d'un appui financier plus important - sont les initiatives de certains gouvernements placés sous la bannière de la science islamique. A côté d'entreprises de propagande visant à prouver que le Coran est à l'origine de toute pensée scientifique, il faut mentionner des démarches plus conformes à l'esprit universitaire comme celle d'un Seyd Hussein Nasr dont le livre *L'homme et la nature* (1968) constitue une base de réflexion sérieuse sur la science et l'Islam. Toute autre est l'attitude de Qurashi et Saud quand ils prétendent démontrer (1980a) que la cosmologie contemporaine est à peu près la même que celle du Prophète Mahomet ("les chiffres mentionnés dans le Coran doivent être pris au pied de la lettre") qui aurait eu le premier l'intuition de l'anti-matière et de la théorie de la relativité restreinte. Fort heureusement, les mêmes auteurs sont beaucoup plus convaincants quand ils étudient l'histoire scientifique de l'Islam jusqu'au XIV^e siècle, montrant (Qurashi et Saud, 1980b) l'extraordinaire fécondité de la période où par exemple des médecins musulmans ont entrevu le principe de la circulation du sang bien avant Harvey.

Il faut mentionner une autre initiative officielle récente dans ce domaine : celle de l'Université des Nations Unies dont les programmes consacrés à "La culture

et la pensée dans la transformation du monde" et plus précisément à "La créativité intellectuelle endogène" explorent les possibilités qui s'offrent dans le domaine de l'innovation conceptuelle. Le coordonnateur du projet est Anouar Abdel Malek, dont les réflexions sur les structures coloniales de la pensée dans les années soixante n'ont pas été sans influencer l'ouvrage retentissant d'Edward Said (1979) intitulé *L'orientalisme*.

La philosophie du projet sur "la créativité intellectuelle endogène" est résumée comme suit dans le document officiel des Nations Unies qui lui est consacré : Si nous partons du principe que le développement social et individuel est fondamentalement un processus d'auto-assistance au niveau de la société globale, des groupes humains ou, à une échelle plus réduite, des individus, c'est de toute évidence la créativité endogène (auto-assistée) qui constitue la solution et non la formule actuelle du "transfert" de connaissances à être adaptées en fonction, précisément, des finalités différentes assignées au développement. Et cette créativité, contrairement à certaines conceptions exotiques ou orientalistes, s'exerce au niveau de la pensée pure, c'est-à-dire qu'elle est essentiellement créativité intellectuelle et reconnaît pour domaine la science, la technologie, la philosophie et les sciences sociales au même titre que la culture et les arts (Extrait du Rapport d'un consultant à la Réunion de l'Equipe spéciale - Tokyo, 6 au 10 juin 1977). "La créativité intellectuelle endogène doit être envisagée comme la contribution des peuples et des cultures à la civilisation humaine ; il faut étudier les moyens de donner la prééminence à la créativité sur le transfert des connaissances et définir le cadre socio-économique dans lequel cette créativité peut s'épanouir. L'absence de créativité intellectuelle doit être prise en compte dans les situations de départ" (Décisions du Groupe de travail, Tokyo, 6 au 10 juin 1977, p. 7).

L'auteur du présent article a contribué à ces programmes par des interventions sur ce thème général (Goonatilake, 1981b et 1982b). Il lui faut pourtant reconnaître à la lecture des interventions publiées, que celles-ci ne donnent guère l'exemple de la hardiesse et de l'élan créateur que devrait susciter une entreprise de ce type. Nombreux sont les articles qui traitent sans imagination et sans véritable effort de conceptualisation de sujets comme la médecine traditionnelle (ayurvédique) de l'Inde.

POSSIBILITES D'INITIATIVES NOUVELLES EN MATIERE SCIENTIFIQUE

A partir de nos analyses, quelles sont les possibilités de dégager des solutions nouvelles pour permettre aux civilisations non européennes de jouer à nouveau un rôle dans le développement des connaissances scientifiques ?

J'ai déjà comparé le progrès scientifique à un arbre aux branches structurées comme le sont nos perceptions ou à une série d'éraflures qui entament à peine la surface de la réalité du monde. Les pionniers qui explorent les frontières du savoir ont une vision du monde extrêmement limitée, car ils progressent dans un tunnel et sont prisonniers d'une tradition scientifique qui les écrase et structure leur perception. Cette structuration, encore plus prononcée dans les pays du Tiers Monde, ne peut que rétrécir et raccourcir considérablement la vision.

Si l'on admet que l'arbre de la science s'est progressivement ramifié dans des directions imposées par les forces socio-économiques, il n'est pas inconcevable que des pans entiers de la réalité matérielle aient pu être ignorés par la pensée scientifique telle qu'elle s'est développée dans le contexte socio-économique bien

particulier de l'Europe. Rien n'interdit donc en principe d'envisager de multiples possibilités de développement scientifique parallèles correspondant à d'autres civilisations et à d'autres contextes historiques.

Il serait toutefois utopique de prétendre définir de nouveaux domaines de recherche et de nouvelles articulations du savoir scientifique dans un contexte culturel en faisant table rase du passé, car la connaissance est l'aboutissement d'un processus historique en perpétuel devenir. Et il est tout aussi impensable d'extrapoler à partir de l'histoire pour deviner ce que sera l'avenir. Mais nous pouvons à tout le moins élargir notre vision en reconnaissant qu'une tradition scientifique enracinée dans un contexte donné n'est qu'un mode très particularisé d'exploration du réel. A partir de là il deviendra possible d'envisager de nouveaux développements.

INTERDISCIPLINARITE ET PLURIDISCIPLINARITE

Comment dans ces conditions dépasser les structures actuelles du savoir pour inventer des filières et ouvrir des voies nouvelles ? Conscients de l'inadaptation de telle ou telle discipline, ce terme désignant ici l'incapacité d'une branche particulière du savoir à rendre compte de la réalité physique (et en particulier des problèmes du Tiers Monde), certains auteurs préconisent un effort de pluridisciplinarité ou d'interdisciplinarité. Il faut entendre par là une tentative de dépasser le cloisonnement disciplinaire rigide de la pensée scientifique occidentale telle qu'elle s'est formée au cours des siècles et qui lui interdit notamment d'aborder efficacement les problèmes de la réalité du Tiers Monde.

Cela dit, il ne faut pas se cacher que la pluridisciplinarité consiste en fait à rattacher plus ou moins arbitrairement les rameaux de l'arbre de la connaissance dont l'éclatement a été imposé par la problématique de l'histoire occidentale. Cet amalgame de disciplines historiquement prédéterminées laisse inexplorés voir insoupçonnés bien des aspects de la réalité physique. A l'inverse, il oblige à sacrifier d'importants aspects de la réalité physique dont traitent telles ou telles branches des disciplines ainsi regroupées. Autrement dit, si la pluridisciplinarité ou l'interdisciplinarité peuvent dans les meilleurs des cas élargir notre angle de vision, il ne faut pas en attendre des progrès spectaculaires ou une nouvelle structuration de la connaissance. Elles ne doivent pas par ailleurs être confondues avec les emprunts qui ont pour seul effet de permettre à une discipline de s'enrichir des métaphores d'une autre, et qui n'ont rien à voir avec la pluridisciplinarité.

Dans un contexte tiers-mondiste, la pluridisciplinarité peut d'ailleurs présenter certains inconvénients qui ne sont pas sans rappeler ceux du paléo-savoir que nous avons évoqué à propos de l'histoire des idées scientifiques. Comme les milieux scientifiques de la périphérie ne reproduisent que d'une façon inévitablement fragmentaire les découvertes de la métropole, aucune discipline n'y est appréhendée dans sa totalité. D'autre part, la représentation de l'actualité scientifique transmise par un enseignement 10, 20 ou même 30 ans auparavant se perpétue indéfiniment en raison de l'absence de véritable confrontation intellectuelle entre spécialistes. Les maîtres qui transmettent ce savoir dépassé tendent en fait à perpétuer un système fossilisé où l'on peut reconnaître différentes strates correspondant à des informations vieilles de 5, 10, 20 ans ou plus. Lorsque le syndrome de dépendance se présente sous sa forme la plus pure, le savoir périphérique peut être comparé à une structure idéologique formée par la sédimentation des acquis scientifiques

fossilisés de l'Occident, attendant la pioche de l'explorateur. L'interaction pluridisciplinaire appliquée à une matière inerte formée de strates de connaissances pétrifiées ne saurait évidemment donner les mêmes résultats que dans le contexte occidental.

RETROUVER DANS LE PASSE LES GERMES D'UNE PENSEE FECONDE

L'enchevêtrement inextricable des branches de la connaissance qui constitue le paysage scientifique contemporain a amené certains chercheurs occidentaux, en pleine crise épistémologique, à explorer cette "jungle" dans l'espoir d'y trouver de nouvelles lumières. Ces efforts portent notamment, nous l'avons vu plus haut, sur le transfert de concepts et de métaphores d'une discipline à l'autre. Une autre voie consiste à interroger la tradition occidentale en quête d'idées nouvelles. De nombreux chercheurs se sont ainsi tournés vers la période classique pour redonner vie à des thèmes et des intuitions des époques révolues. Schrodinger (1957, p. 86) fait observer que le progrès scientifique est "le résultat des sélections antérieures. Celles-ci sont l'aboutissement d'une certaine forme de pensée appliquée à la masse des données expérimentales alors disponibles ; autrement dit, en remontant indéfiniment le cours du progrès scientifique, nous finirons par retrouver la première tentative consciente de l'homme primitif en vue de comprendre et de former une image mentale logique des phénomènes qu'il pouvait observer dans le monde qui l'entourait"(pp. 87 et 88). Heisenberg (1973), grâce à l'échec des tentatives de modélisation des particules élémentaires, a suggéré d'abandonner l'atomisme de Démocrite pour se tourner vers "la notion de symétrie empruntée à la philosophie platonicienne"(ibid., p. 10). Heisenberg donne ainsi l'exemple du chercheur qui en pleine crise épistémologique retourne aux sources de la tradition occidentale pour y trouver une nouvelle métaphore et la substituer à celle dont l'efficacité est remise en cause. Or, il est évident que le riche patrimoine philosophique de l'Orient constitue en puissance une mine de nouvelles métaphores de ce type. La tradition des pays d'Asie du Sud et d'ailleurs peut donc être considérée comme un vaste réservoir d'idées et de métaphores où l'on pourrait puiser avec intérêt et profit.

Schrodinger conçoit apparemment la connaissance comme un arbre aux nombreuses branches qu'il suffirait de suivre jusqu'au tronc pour aboutir à la conception du monde de l'homme primitif. Mais nous savons bien que les différents groupes humains de la préhistoire avaient des philosophies et des cosmogonies différentes dont chacune pourrait avoir été le point de départ spéculatif et empirique de tel ou tel processus historique. Les nombreux chercheurs occidentaux qui se font les archéologues de l'histoire des sciences en quête d'idées nouvelles ne peuvent explorer qu'un champ d'investigation limité par la vision structurée de la réalité qui est celle de la tradition occidentale. La vision du passé de ces chercheurs est déterminée par leur poste d'observation, c'est-à-dire l'actuel point d'aboutissement de la pensée scientifique occidentale. Ils n'ont donc pas accès à tout un ensemble de démarches, de raisonnements et de conclusions expérimentales issues de sources différentes et qui ne sont accessibles que par un cheminement historique tout autre. "Nous autres scientifiques disposons d'un bagage de connaissances expérimentales infiniment réduit par rapport à la masse des résultats qui auraient pu être obtenus à partir d'autres expériences" (Schrodinger, 1957, p. 98) ; ou pour reprendre les termes d'Heisenberg (1973), "notre problématique et notre méthodologie scientifiques sont le fruit de la tradition et des circonstances historiques".

Un patrimoine historique, scientifique et philosophique aussi riche que celui de l'Asie, de l'Inde et de la Chine pourrait fournir de nombreux points de départ à

un effort de reconceptualisation dans la perspective évoquée par Schrodinger. Prenons quelques exemples possibles. Nous sommes actuellement confrontés à une crise de la théorie atomique (Schrader-Frechette, 1977). L'atomisme, courant fondamental de la pensée occidentale depuis Démocrite, a été "ressuscité" au XIXe siècle par Dalton. La découverte des électrons, des protons et des neutrons au début du XXe siècle et plus récemment de centaines de particules élémentaires oblige les théoriciens à remettre en cause la pertinence de l'atomisme en tant que schéma d'interprétation. Plusieurs hypothèses nouvelles ont été proposées pour tenter de décrire la manière dont chaque particule est censée être associée à toutes les autres, en anneaux ou en boucles, par exemple (*ibid.*). Heisenberg (1973), se penchant à son tour sur le problème spécifique de la modélisation des particules, suggère d'abandonner la vision démocritienne de la matière pour se tourner vers "la notion de symétrie empruntée à la philosophie platonicienne" (*ibid.*, p. 10). Au fond, Heisenberg ne fait que retourner aux racines de la tradition occidentale pour lui emprunter une nouvelle métaphore propre à remplacer celle qui est aujourd'hui remise en question.

L'exploration des fondements de la réalité physique à la lumière de la tradition de l'Asie méridionale par exemple aboutit à une grande variété de propositions théoriques. Certaines écoles de pensée refusent l'atomisme alors que les Charvaks, les Bouddhistes ou les Jaïnistes sont d'accord avec de nombreux aspects de la théorie atomique.

Ces positions permettent de nombreuses variations et combinaisons sur le thème de l'atome. Le jaïnisme admet par exemple à la fois l'existence et la non-existence des particules (Basham, 1953, p. 502). Voilà de quoi alimenter l'imagination des théoriciens intéressés par ce problème. La tradition grecque couramment admise suppose au départ un seul type d'atome en forme de boule de billard, à partir duquel a été édifié le brillant échafaudage de la physique théorique contemporaine, jusqu'à ce que les chercheurs découvrent l'existence de particules élémentaires dont les propriétés sont en contradiction avec leur théorie. Une réflexion inspirée des traditions extrêmement inventives et variées de l'Asie méridionale pourrait favoriser une plus grande diversité et une plus grande flexibilité intellectuelle. Il n'est pas interdit d'imaginer une modification de l'atome élaborée à partir de cette tradition avec une subtilité conceptuelle beaucoup plus riche.

THEMES ET ANTITHÈMES COMME NOUVEAUX POINTS DE DEPART

De même, le concept des thèmes et des antithèmes élaborés par Holton (1973) peut être considéré comme un véritable bouillon de culture d'hypothèses. Partant de l'idée qu'un certain nombre de "thèmes" structurent les hypothèses de base de toute démarche scientifique, Holton constate la quasi permanence de ces thèmes fondamentaux depuis les Grecs : "le nombre et la nature des principaux éléments thématiques n'a guère changé" (*ibid.*, p. 29), même si les théories et les expériences, elles, ont évolué. Ces thèmes se présentent souvent par paires dialectiquement opposées : complexité/simplicité, analyse/synthèse ou discontinuité/continuité. Il n'est pas rare qu'une théorie soit ainsi supplantée par une autre inspirée du thème opposé. Holton évalue à une cinquantaine au maximum le nombre total des thèmes utilisés dans toute l'histoire des sciences en Occident.

Les grandes orientations, thèmes et antithèmes définis par Holton existent dans la tradition de l'Asie du Sud depuis des temps immémoriaux. Par exemple, l'atomisme se retrouve dans diverses traditions philosophiques placées sous le signe de la

discontinuité. Certaines cosmogonies orientales décrivent les atomes comme les éléments mouvants d'un flux en perpétuel devenir, le thème de la continuité étant ainsi associé à celui de la discontinuité. On retrouve la même idée dans certaines formes du bouddhisme pour lesquelles l'individu ne saurait "exister" comme entité permanente mais uniquement comme devenir.

Si les théories sont des pots-pourris de thèmes, l'introduction d'éléments thématiques aux multiples variations empruntées à la tradition intellectuelle asiatique ouvre des perspectives passionnantes susceptibles d'enrichir les thèmes existants par de nombreuses variations épistémologiques et même ontologiques.

Ces thèmes fondamentaux, utilisés dans le contexte sud-asiatique, c'est-à-dire dans des circonstances très différentes de celles de l'Occident, sont à l'origine de certains concepts aussi riches que diversifiés. Pour certains penseurs bouddhiques par exemple, la notion de discontinuité ne s'applique pas seulement à l'espace mais aussi au temps, les atomes étant considérés comme les éphémères produits d'un perpétuel transformisme, une sorte de poussière d'instant. Des perspectives aussi neuves pourraient contribuer au développement de la pensée scientifique. Et la riche tradition philosophique de l'Inde contient bien d'autres intuitions tout aussi profondes.

Un autre moyen de faire jaillir l'étincelle créatrice et de féconder la science pourrait être d'établir des comparaisons entre les traditions asiatique et occidentale. Cet exercice qui consiste à définir les interfaces entre la pensée occidentale moderne et le savoir immémorial de l'Asie procède essentiellement de deux démarches que j'ai appelées en d'autres circonstances l'exploration et la réhabilitation.

EXPLORATION ET REHABILITATION

Les explorateurs sont ces chercheurs occidentaux qui s'interrogent sur l'avenir de leur discipline et se tournent vers la pensée asiatique en quête d'idées neuves et de nouvelles significations et grilles d'interprétation de la réalité qu'ils étudient. La démarche opposée est celle des chercheurs, pour la plupart orientaux, qui établissent des parallèles et des convergences entre les traditions orientales et occidentales. Leur objectif consiste à réhabiliter la tradition asiatique en fonction des critères occidentaux en partant de l'affirmation inconsciente que "la pensée orientale est intemporelle et donc moderne".

Je citerai comme exemple d'explorateur Fritjof Capra (1975) qui s'est tourné vers les traditions hindouiste, bouddhiste et taoïste pour dépasser la faillite de la vision cartésienne du monde et sortir la physique contemporaine de l'impasse. Certes, cette approche n'a pas permis à Capra de révolutionner vraiment la physique théorique mais il y a puisé un dynamisme qu'il s'efforce de mettre à profit pour renouveler sa vision épistémologique. On peut rapprocher cette tentative des écrits de psychologues humanistes comme Frankel ou encore Maslow qui n'hésite pas à utiliser dans son ultime ouvrage (1968) des mots comme "nirvanas supérieur et inférieur", "Bodhisatva", etc.

Pendant que ces théoriciens occidentaux s'inspiraient de la pensée orientale, d'autres se situant dans la perspective de l'Orient s'efforçaient de légitimer les antiques traditions de l'Asie en insistant sur leur modernité et leur actualité. Ce

courant de pensée d'origine essentiellement orientale s'efforce de prouver que la science moderne ne fait qu'énoncer ce que l'Orient avait découvert bien avant elle.

Le bouddhisme fournit un excellent exemple de ce genre de tentative de réhabilitation de la pensée orientale face au savoir de l'Occident. On a ainsi "démontré" la modernité du bouddhisme, précurseur selon les cas du positivisme et de la philosophie analytique (Jayatilke, 1973), de l'idéalisme hégélien (Sankritiyar, 1970), ou encore de la dialectique marxiste, ce qui en ferait une pensée progressiste (Balaramoorthy, 1970) alors que d'autres la qualifient de réactionnaire (Sharma, 1970). Ceux qui souhaitent moderniser les traditions orientales ne partent manifestement pas tous des mêmes postulats. Narlikar (1982) a d'ailleurs prouvé que les mêmes traités astronomiques indiens avaient pu être interprétés comme illustrant deux cosmogonies opposées, l'une centrifuge et l'autre statique, sans parler d'une troisième, plus proche de la mécanique ondulatoire. Cela montre bien les limites de ce genre d'exercice.

Du haut de l'édifice scientifique de l'Occident, les explorateurs sautent le passé de l'Asie dans l'espoir d'y trouver de nouveaux matériaux ; leur objectif est donc d'ajouter une nouvelle aile à l'édifice existant. Les traditionalistes en revanche ne cherchent pas à construire de nouvelles théories ou de nouvelles connaissances mais simplement à sanctifier la tradition. S'il est évident que la première approche est plus constructive que la seconde, toutes deux se placent sous le patronage écrasant du système contemporain de la connaissance en Occident. L'entreprise serait peut-être plus féconde si les traditionalistes se transformaient en explorateurs et vice et versa.

UN APPEL

Les scientifiques et techniciens du Tiers Monde sont aujourd'hui structurellement marginalisés. Le pire est qu'ils ne voient pas les causes profondes de leur marginalisation. S'il leur arrive d'exprimer une vague conscience de leur statut social, c'est souvent pour exiger davantage de fonds ou d'aide de l'Etat. Revendications légitimes mais qui ignorent le problème fondamental du contexte sociologique qui marginalise les chercheurs du Tiers Monde.

J'ai voulu dans le présent article souligner la nécessité de redéfinir les sciences de l'homme et de la nature dans une perspective non occidentale et montrer que cela est possible. Le débat dont je me suis fait l'écho sur l'état actuel de la science dans le Tiers Monde et les perspectives qu'ouvrent certains travaux récents me semblent justifier largement une telle entreprise.

Il y a quelques siècles encore, on pouvait représenter en gros le savoir humain comme une chaîne de montagnes dont les sommets correspondaient aux différentes civilisations du monde : Moyen-Orient, Asie méridionale, Extrême-Orient et Europe. Depuis, toutefois, la chaîne s'est apparemment nivelée et ses débris ont servi à ériger l'édifice unique dont la base est en Europe. Mais cette construction eurocentrique n'est pas le monde, c'est une montagne aux contours bien définis, qui n'a rien d'universel. Il serait bon que le paysage de la connaissance s'enrichisse à nouveau de quelques autres sommets. Ce n'est qu'alors que nous pourrions recommencer à rêver d'un édifice à vocation vraiment universelle.

La situation actuelle appelle de nouvelles initiatives. S'il se matérialise, l'espoir incarné par les nouvelles générations de chercheurs imprégnés des

différentes cultures régionales et dotés de qualités d'esprit critique et de sérieux pourrait ouvrir la voie à des théories nouvelles. Encore faut-il que ces individus puissent se rencontrer et se concerter pour agir et réfléchir ensemble en dehors des réseaux intellectuels officiels, qui servent surtout, sous leur forme actuelle, à reproduire ce qui a déjà été fait en Occident.

REFERENCES

- Aggrawal, K.G. (1975) - "Psychology or Adaptology", in *Social Scientist*, Trivandrum.
- Alvares, C.A. (1979) - *Homo Faber : Technology and Culture in India, China and the West 1500-1972*. Allied Publishers Private Ltd., Bombay.
- Arunachalam, S. (1979) - "Why Is Indian Science Mediocre", *Science Today*, février.
- Ashby, Eric (1966) - *Universities : British, Indian, African : A Study in the Ecology of Higher Education*. Weidenfeld and Nicolson, Londres.
- Auboyer, J.I., & Geopper, R. (1967) - *The Oriental World*, New York : McGraw Hill Book Co.
- Balamoorthy, Y. (1970) - "Buddhist Philosophy", *Buddhism ; the Marxist Approach*, People's Publishing House, New Delhi.
- Basham, A.L. (1953) - *The Wonder that was India*, Grove Press Inc., New York.
- Bernal, J.D. (1956) - *Science in History*, Hawthorn Books Inc Publishers, New York.
- Blume, S.S. (1974) - *Towards a Political Sociology of Science*, Collier McMillan, New York et Londres.
- Bose, D.M. et al. (1971) - *A Concise History of Science in India*, New Delhi, Indian National Science Academy.
- Boxer, C.R. (1963) - *Two Pioneers of Tropical Medicine : Garcia d'Orta and Nicholas Honardes*, Hispanic & Luso-Brazilian Councils, Londres.
- Burian, Richard M. (1977) - "More than a marriage of convenience : on the Inextricability of History and Philosophy of Science", *Philosophy of Science*, Vol.44, March, Philosophy of Science Association, Michigan.
- Collins, H.M. (1975) - "The seven sexes : A study in the Sociology of a phenomenon, or the Replication of Experiment in Physics", *Sociology*, Vol. 9.
- Capra, Fritjof (1976) - *The Tao of Physics*, Fontana/Collins, Londres.
- Deshpande, C.D. (1974) - "New perspectives in Indian Geography", *Deccan Geographer*, XII, 2, Secunderabad.
- Dharmapal, P. (1971) - *Indian Science and Technology in the Eighteenth Century*, Impex, New Delhi.
- Dodwell, S. (ed.) (1982) - *Cambridge History of India*, Cambridge.

- Dolby, R.G.A. (1971) - "Sociology of knowledge in Natural Science", *Science Studies*, Vol.1, No.1.
- Ezrahi, Yavon (1971) - "The political Resources of American Science", *Science Studies*, Vol.1, No.2.
- Forman, Paul (1971) - "Weimar Culture, Causality and Quantum theory 1918-27 : Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment", *Historical Studies in the Physical Sciences* (iii) University of Pennsylvania Press, Philadelphia, Penn.
- Gay, Peter (1967) - *The Enlightenment : An Interpretation. Vol. 1 : The Rise of Modern Paganism*, Alfred Knopf, New York.
- Gilbert, G.N. (1975) - "The Development of Science and Scientific Knowledge. The case of Radar Meteor Research", in O. Lemaino (dir. pub.), *Perspectives on the Emergence of Scientific Discipline*, Mouton, La Haye et Paris.
- Goonatilake, Susantha (1975) - "Development thinking as Cultural Neocolonialism", *Bulletin of the Institute of Development Studies*, Sussex, avril (avec la réponse de Michael Lipton). Le débat s'est poursuivi dans le numéro d'octobre 1975, avec de nouvelles contributions de Rita Cruise O'Brien, Michael Lipton et Susantha Goonatilake.
- (1975) - "Technology and the Societal Context", *Engineer*, Colombo, mars.
- (1981) - *Modernity in Crisis and the Resurgence of tradition*, Tokyo, Université des Nations Unies.
- (1982b) - *Colonial Culture and Endogenous Intellectual Creativity*, Tokyo, Université des Nations Unies.
- Gupta, S.P. (1978a) - *Science and its Methodology*, Delhi, Ajantha Publications.
- (1978b) - *Logic and Scientific Method*, Delhi, Ajantha Publications.
- (1978c) - *Science, Technology and Society in the Modern Age*, Ajantha Publications.
- Hagstrom, W.C. (1965) - "Gift giving as an organizing principle in Science", *The Scientific Community*, Basic Books, New York.
- Heisenberg, Werner (1973) - "Traditions in Science", *Bulletin of the Atomic Scientists*, décembre.
- Hessen, Boris (1930) - "The social and economic roots of Newton's principia", *International Congress of History of Science and Technology*, Londres.
- Holten, Gerald (1973) - *Thematic Origins of Scientific Thought : Kepler to Einstein*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Jacobson, N.P. (1969) - "The possibility of Oriental Influence in Hume's Philosophy", *Philosophy East and West*, Vol. XIX, No. 1, January, University of Hawaii.

- Jayathilake, K.N. (1973) - *Early Buddhist Theory of Knowledge*, George Allen & Unwin Ltd., Londres.
- Kuhn, T.S. (1962) - *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago.
- Lach, Donald F. (1977) - *Asia in the Making of Europe*, Vol. II, University of Chicago Press, Chicago et Londres.
- Marquet, J.J. (1964) - *Objectivity in Anthropology ; Current Anthropology* 5, University of Chicago Press, Chicago.
- Maslow, A.H. (1966) - "Comments on Dr. Frankl's paper", in *Journal of Humanistic Psychology*, Fall.
- McEvedy, Collin and McEvedy, Sarah (1973) - *The Classical World*, Hart Davis, Londres.
- Mulkay, Michael (1979) - *Science and the Sociology of Knowledge*, George Allen & Unwin Ltd., Londres.
- Nasr, S.H. (1968) - *Man and Nature : the spiritual crisis of modern man*, George Allen & Unwin Ltd.
- Nandi Ashis (1974) - "The Non-paradigmatic Crisis of Indian Psychology : Reflections on a Recipient Culture of Science", *Indian Journal of Psychology*, 49, 1er mars, pp. 1-20.
- Narlikar, J.V. (1982) - "Inputs into Fundamental Studies from Astronomy", *Proceedings Seminar on Fundamental Studies, Present Attitudes and Future Prospects*, Institute of Fundamental Studies.
- Needham, Joseph (1956) - "Mathematics and Science in China and the West", *Science and Society*, Vol. 20.
- Paranawithana, S. (1969) - *Sinhalayo*, Colombo : Lake House Investment Ltd., Colombo.
- Pinch, T.J. (1976) - "What does a proof do if it does not prove ?" in Mendelsohn E., Weigart, P. & Whitley, R. (dir. publ.), *The Production of Scientific Knowledge*, Dordrecht, Pays Bas : Reidel.
- Qurashi, M.M. & Saud, M. (1980a) - *Muslim Contributions to Science*, Part I. Preliminary Scientometric Survey on the First Eight Centuries, *Proceedings Pakistan Academy of Science*. 17(2).
- Rahman, A. (1977) - *Triveni : Science, Democracy and Socialism*, Indian Institute of Advanced Study, Simla.
- Paraseshan, S. (1979) - "Science and the Scientific Temper", *Society and Science*, Vol. 12, No. 3, juillet/septembre, Nehru Centre, Inde.
- Rapson, Edward James (1914) - *Ancient India*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rawlinson, H.G. (1975) - "Early contacts between India and Europe", in A.L. Basham (dir. publ.) : *Cultural History of India*, Clarendon Press, Oxford.

- Said, Edward W. (1980) - *Orientalism*, Random House Inc., New York.
- Sanknitiya, Rahul (1970) - "Buddhist dialectics", *Buddhism : the Marxist Approach*, New Delhi, People's Publishing House.
- Scharfstein, Ben Ami (1978) - In *Philosophy East/Philosophy West*, Basic Blackwell, Londres.
- Schrodinger, E.C. (1967) - *Science, Theory and Man*, New York, Dover Publications Inc.
- Sharma, Ram Bilas (1970) - "Some aspects of the teaching of Buddha", *Buddhism : the Marxist Approach*, People's Publishing House, New Delhi.
- Sharma, Satyat (1978) - "Social Anthropology Research in India - Past, Present and Future", paper presented at the 10th International Congress of the Anthropological and Ethnological Sciences, décembre, New Delhi.
- Shiva, V. and Bandopadhyay, J. (1980) - *Science in India - Research without Programmes, Scientists without a Community*, Indian Institute of Management, Bangalore.
- Sing, Yogendra (1979) - "Constraints, Contradictions and Interdisciplinary Orientations : the Indian Context", *International Social Science Journal*, Vol. III, No. 1.
- Sklair, Leslie (1972) - "The Political Sociology of Science : A Critique of Current Orthodoxies", *Sociological Review Monograph*, No. 18, J.H. Brookes (Printers) Ltd., Staffs.
- Smith, V.A. (1958) - *Oxford History of India*, Oxford University Press, Oxford.
- Urwick, B.J. (1920) - *The Message of Plato*, Allen & Unwin, Londres.
- Vissilis, Vitsaxis (1977) - *Plato and the Upanishads*, Arnold Heinemann, New Delhi.
- Winter, H.J.J. (1975) - "Science", in A.L. Basham (dir. publ.), *A Cultural History of India*, Clarendon Press, Oxford.
- Worcester, G.R.D. (1960) - *Sail and Sweep in China*, HMSO, Londres.
- Wynne, B. (1976) - "C.G. Barkla and the J. Phenomenon. A Case Study of the Treatment of Deviance in Physics", *Social Studies of Science*, Vol. 6.

LA SCIENCE DE L'HOMME
SCIENCE DES CONFINS DE LA CONNAISSANCE ?

par Gilbert DURAND

L'on peut dire, au regard de l'épistémologie, que les sciences de l'homme - et nous reviendrons sur ce significatif pluriel ! - sont nées prématurément. Un peu à la manière dont la "physique" était née prématurément en Asie Mineure au VIème siècle avant Jésus Christ...

Prématurément, qu'est-ce à dire ? C'est - pour reprendre une notion chère à l'historien de la physique Gerald Holton - dire que les *themata* de la fin du XVIIIème siècle et du XIXème siècle n'étaient pas adéquats à rendre compte du champ d'anthropologie, calqués qu'ils étaient sur le mécanisme de la physique classique et son sous produit l'historicisme positiviste. La "psychologie" issue de la psychophysologie fantaisiste du cartésianisme, diffusée, d'abord par le sensualisme de Condillac puis un siècle plus tard par le déterminisme freudien ; l'histoire - et les grandioses philosophies de l'histoire de Comte ou de Marx - réduisant le phénomène anthropologique à une infrastructure matérielle, économique ou technique ; enfin la Sociologie couronnant le positivisme comtien, toutes ces sciences plurielles étaient au fond calquées sur le même *thema*, vieux comme la scolastique et rénové par la philosophie de Hume ; à savoir le thème qui considère encore les "objets" fussent-ils anthropologiques, comme des boules de billard dont les chocs antécédents sont cause des mouvements conséquents. *Post hoc ergo propter hoc* : après ce phénomène donc à cause de ce phénomène. Ce fut là la bible simpliste et de l'*Introduction à la Médecine expérimentale*, et des *Règles de la Méthode sociologique*, et du *Cours de Philosophie positive* et même de l'*Introduction à la psychanalyse* et de la *Science des rêves*. Le corps constitué "des" Sciences de l'homme se constituait autour de modèles épistémologiques qui déjà étaient en voie d'être périmés dans leur propre domaine d'origine : la physique. Car les ouvrages clefs que nous venons de citer et qui s'échelonnent de 1830-1842 (*Cours de Philosophie positive*) à la fin du XIXème siècle, et qui conservent farouchement un *thema* mécaniste, voient précisément le jour en même temps que la physique troque peu à peu le *thema* galiléo-cartésien, contre les *themata* de "l'électrisme" - cher à Gaston Bachelard ! - de Coulomb, d'Ampère puis de Faraday, puis contre ceux de la radioactivité - modèle et paradigme des nouvelles physiques - avec Becquerel (1896), et contre ceux de la relativité adoptant les géométries nouvelles conçues "gratuitement" par les mathématiciens du XIXème siècle (Riemann, 1850)... Le "*Nouvel Esprit Scientifique*" - pour reprendre un titre célèbre de Bachelard - était en train de naître dans les sciences de la matière alors que les sciences de l'homme se cramponnaient à des *themata* épistémologiquement périmés. A cette clameur qui montait des Sciences de la matière et de leurs épistémologues compétents, comme Poincaré, Duhem, Neyerson et Bachelard, les "Sciences de l'homme" restèrent insensibles.

Certes dès l'aube de nos "sciences humaines", et de leur modèle mécaniste, des protestations argumentées s'étaient élevées : Maine de Biran et le physicien André-Marie Ampère se rendent très tôt compte de l'insuffisance du mécanisme en anthropo-

logie (1802, 1834), thèses qui seront sans cesse reprises avec vigueur en France par Ravaissou, Lachelier et surtout Bergson. En vain : et l'on assiste au divorce progressif - et désastreux ! - au début du XXème siècle entre les "Sciences de l'Homme" et le riche courant de réflexion philosophique qui après Bergson et Nietzsche passe par Heidegger, Husserl, Lavelle ou Berdineff... Or, nous l'avons écrit ailleurs (*Science de l'Homme et Tradition*, 2ème éd., Berg, Paris, 1979) malgré l'ostracisme théorique entretenu par le scientisme démodé des sciences humaines, peu à peu s'est infiltré - surtout en zone germanique avec Simmel, Dilthey, Max Weber, C.G. Jung, etc... - dans l'exercice et l'observation des dites "sciences", un "*Nouvel Esprit Anthropologique*" qui tend à réviser bien des catégories épistémologiques héritées du mécanisme, et tout spécialement à revoir la notion de déterminisme telle qu'elle était héritée de la cause efficiente aristotélicienne à travers le mécanisme cartésien, l'empirisme de Hume et le positivisme. De même qu'en physique (B. d'Espagnat, B. Nicolescu, G. Chew, H. Reeves, etc...) le déterminisme corpusculaire si l'on peut dire, fait place à un déterminisme de champ, voire en biologie de "chréode" (Waddington), en anthropologie des petites sectorisations causales - qui régionalisent dangereusement en spécialités le consensus anthropologique - s'effacent de plus en plus devant des "trajets" solidaires (cf. G. Durand, 1959) voire des "champs". C'est ce qui légitime le singulier que je donne à la notion de "Science de l'homme" coupant court par là aux recherches de pseudo causalités psychologique, historique, économique, sociologique, linguistique, etc... Avancer qu'il y a une science de l'homme c'est d'une part reconnaître que les approches sectorisées (psychologique, sociologique, historique) sont - Heisenberg ! - elles aussi dépendantes d'une complexe (au moins triple !) "relation d'incertitude". D'autre part c'est reconnaître que le "champ" ainsi défini a une identité, un consensus, résidant en ce que tout "phénomène" humain est porteur et producteur de sens : ce "dénominateur commun" du sens nous pensons l'avoir découvert (à la suite des travaux de Casirer, des réflexologues russes, des éthologues allemands, et de C.G. Jung) dans l'*Imaginaire*, c'est-à-dire dans le réservoir symbolique par lequel l'homme signe sa présence et assure sa communication interspécifique. Enfin - et de Biran à Bergson c'est ce qu'avait pressenti toute une anthropologie marginalisée par le positivisme officiel - la Science de l'Homme, étudiant ce qui donne sens, c'est-à-dire se plaçant d'emblée dans le processus de symbolisation, est science "limite" si l'on peut dire et se penche sur les extrêmes confins de la connaissance.

Reprenons et complétons ces trois points. Et d'abord la "Relation d'incertitude" de l'anthropologie qui lorsqu'elle est niée aboutit à l'interminable querelle de sourds entre le psychologue, le sociologue, l'historien et à la limite l'amateur de telle espèce de prune ! Or, il est cependant facile de voir que lorsque l'on bloque l'explication à une explication "psychologique" dont la psychanalyse a pris le monopole, sont gommées par là toutes les incidences socio-culturelles - comme l'avait bien dit Malinowski contre Freud ! - ainsi que toutes les modifications historiques échappant au petit cercle de famille oedipien ; réciproquement lorsque le sociologue - armé des redoutables statistiques ! - nivelle les biographies et des "moyennes" prises dans l'instantané d'un sondage, il gomme l'explication psychologique, et néglige - Braudel l'a souvent dénoncée ! - les "longues durées" les lentes maturations historiques des phénomènes. Quant à l'historien cantonné dans l'historicisme - l'espèce n'est pas morte, en France au moins, malgré un renouveau certain de la "Nouvelle Histoire" - il ignore les effets (fussent-ils pervers) de feedback du groupe social et de l'habitus culturel, et il méprise les "élucubrations"(sic) du psychologue.

La prise de conscience de cette (au moins!) triple relation d'incertitude doit d'une part amener l'anthropologue à plus de modestie scientifique, et d'autre part

et surtout - comme le recommandait justement Gurvitch - écarter la dictature idéologique - et non plus scientifique ! - du "facteur dominant".

Quant au second point plaçant l'imaginaire humain comme référentiel, comme "indicateur" de l'homínisation, cette fois c'est l'éthologie animale, celle de Lorenz, Tinbergen, Kaila, Uexküll, Spitz ou A. Portmann qui depuis longtemps aurait dû ouvrir la voie scientifique à l'anthropologie. Toute l'éthologie contemporaine reconnaît l'existence fondamentale et spécifique des *Urbilder*, des "images fondamentales" qui sont une sorte de programme symbolique de chaque espèce animale. Or, il est intéressant de voir quelle réaction hargneuse et passionnelle suscite encore en anthropologie la notion d'Archétype... Un éminent historien contemporain n'hésite pas à parler "d'élucubrations archétypologiques" (re-sic!). Or, la voie ouverte dans ce domaine par Freud, la psychologie des profondeurs, et la théorie de l'Ecole de Léningrad (Betchereff, Kostyleff, Oufland, Oukhtomski, etc...) relative aux "réflexes spécifiques dominants" nous paraît d'année en année confirmée comme une des pistes les plus fructueuses de la science de l'homme.

Et ceci nous amène au troisième point, motif même de ce savant rassemblement à Venise : ce "lieu commun" symbolique de la Science de l'Homme érige *ipso facto* cette dernière en "Science des confins du savoir". Le processus symbolique - comme l'avait pressenti Cassirer - étant cette géographie des "confins" anthropologiques, et le recensement quasi cartographique de ces "confins" faisant peu à peu émerger - grâce de nos jours à l'énorme réseau de possibilités comparatistes et informatiques en éthologie, archéologie, esthétique, science de religion, linguistique, etc... - un statut de la connaissance qui émerge à la fois à la démarche scientifique qui constitue patiemment le répertoire des "rêveries" (aurait dit Bachelard) de l'homme, le répertoire du "paradigme perdu" (dirait Edgar Morin !), et à la fois à une connaissance globale - sinon "nouménale" pour ne pas dire "absolue" - qui émerge elle, au moins à la philosophie. La barrière qui séparait encore inéluctablement, au début du siècle, "philosophie" et sciences (fussent-elles de l'homme) est de plus en plus ténue : comme je l'écrivais en différents articles, nous vivons un "après Bachelard" (car chez ce dernier les "deux amours", celui pour la Science et celui pour le poème, étaient encore séparés) nous vivons un "temps des retrouvailles" (cf. nos articles : "Le Temps des retrouvailles : Imaginaire de la Science et Science de l'Imaginaire" in collectif *Imaginaire et réalité*, Albin Michel, 1985, et "Le Grand Changement ou l'après Bachelard", in *Cahiers du Centre de Recherche sur l'Imaginaire*, à paraître, Privat édit., Toulouse). Cette pente naturelle avait toujours été pressentie par les Sciences de l'Homme, transformant souvent le réductionnisme inhérent à ces dernières en un redoutable totalitarisme éthique. Toute psychologie n'a jamais pu se garder d'une morale, cette dernière fut-elle subversive : Sade est le contemporain de Condillac, Sacher Masoch est celui de Freud, et Reich est aussi un "moraliste"... Toute sociologie, malgré les fameuses protestations de Max Weber, tente le savant d'une politique, c'est le trajet même d'Auguste Comte, du *Cours au Traité de Politique positive*, enfin toute histoire, même celle qui surveille le plus l'événementialisme, fut toujours grosse d'une "philosophie de l'Histoire", de Vico ou Condorcet à Marx ou Spengler, imposant au devenir des hommes la règle de fer des fatalités évolutionnistes.

Dès lors que l'on se met épistémologiquement en garde contre les "dominances" explicatives, que l'on tient compte des relativités de trajectoires et des incertitudes fondamentales, rien n'empêche alors de considérer dans ces "confins" anthropologiques qui sont le lieu (topos) même de notre science qu'une morale individuelle, une politique d'une société donnée, une philosophie du devenir humain sont légitimes. Non plus totalitaire enfermement dans des chaînes explicatives linéaires

("unidimensionnelles" aimait à dire Marcuse), mais dé-finitions, finitudes extrêmes - confins ! - ouvrant sur l'infini du sens.

Sans entrer dans l'instrumentation précise d'une science de l'homme étudiant en priorité l'"indicateur" imaginaire (nous l'avons maintes fois fait ailleurs : cf. *Figures mythiques et visages de l'oeuvre*, Berg, Paris). Instrumentation qui met en oeuvre - et nous l'espérons bientôt par ordinateur interposé (banque de données CRISTAL) - un appareil critique et taxinomique à travers "Mythocritiques" et "Myth-analyses", nous voudrions proposer ici un exemple, tenant compte à la fois de la "Synchronie" - chère aux structuralistes ! - et de la "diachronie" historique. Montrer sur un exemple dynamique comment, sans renier les différencialités historiques, biographiques, etc... une nouvelle "philosophie de l'histoire" peut s'ériger de façon scientifiquement plus plausible que les anciennes, à partir de concepts épistémologiquement admis par le corpus scientifique de notre fin de siècle. Cette "philosophie de l'histoire" se place délibérément sur de doubles "confins" : d'abord ceux des méthodologies ouvertes par les autres sciences, enfin et surtout en opérant sur ce confin extrême, cet *Urgrund* qu'est un champ imaginaire. Cet exemple est résumé par la notion, que nous jugeons très heuristique, de "bassin sémantique".

L'aperception diachronique du phénomène humain, et spécialement en ce qui nous concerne l'émergence ou l'éclipse de telle ou telle constellation imaginaire dans le temps d'une culture, malgré l'obsédant *thema* progressiste que concrétise l'image biblique puis millénariste de l'Arbre de Jessé, n'a pas pu ne pas constater des redondances, des répétitions, voire des cycles qui introduisent le démon de la synchronie dans la machine bien huilée du progrès. Seule la sérénité progressiste d'Auguste Comte ou de Léon Braunschweig ne semble pas atteinte. Mais derrière leur messianisme judéo-chrétien, Hegel puis Marx cachent le jeu des antithèses. Et Ernst Bloch est bouleversé dans son optimisme marxiste par les redoutables reflux de l'histoire qu'il nomme "dissimultanités", tandis que Spengler, plus à l'aise dans le *thema* indo-germanique du *ragnaröck* n'hésite pas à travers les distances des longues durées de la diachronicité à poser des "contemporainités". Cette apparition - gênante pour l'historien attaché, comme le dénonce Paul Veyne, à l'opposition diachronique passé/présent et au continuum spatio/temporel - de redondances et de cycles, qui est le propre du mythe (cf. Cl. Lévi-Strauss, *Anthropologie structurale*) a toujours cependant été repérée par les historiens sérieux qui faisaient porter leur attention sur un champ et un matériau précis : les économistes ont depuis longtemps repéré des rythmes conjonctuels (Kitchin, cycle de 3 à 4 ans, Juglar de 6 à 8 ans, Labrousse de 10 à 12 ans, Kuznets 20 ans, Kondratieff 50 ans) et se trouvent rejoints par un historien comme Braudel, partisan du "trend" séculaire. Mais les historiens de l'art repèrent également des "nuits et des jours" (G. Michaud) à l'intérieur des styles d'une culture. C'est ainsi que Eugénio d'Ors oppose les "éons" du classicisme et du baroque, que P. Sorokin repère dans toute culture des phases "sensate", "idéationnelles", "idéalistiques".

Certes, bien des "explications" réductives de ces cycles furent proposées : elles vont des rythmes des taches solaires aux conflits de génération des fils contre les pères chers aux psychanalystes ! Mais comme toute réduction - outre qu'elles portent sur de très courtes durées : de 11 (taches solaires) à 30 ans (génération "large") - elles prennent pour cause que ce qui n'est qu'un parallélisme aléatoire. Il faut pousser plus loin, et au sein de la synchronicité même, en découvrir le fonctionnement. Toutefois il est capital de remarquer que l'enquête

historique - et c'est ce qui créa le grand conflit entre marxisme et structuralisme ! - est poussée, avec effroi, vers les "confins" de sa propre axiomatique dès lors qu'elle vient buter contre les phénomènes répétitifs mettant en oeuvre des "permanences" qui cependant assurent l'énonciation et l'identification de tout phénomène historique, voire des sortes "d'archétypes" - ou du moins de "types" au sens wébérien du terme - culturels.

Et ici l'historien devrait abandonner son particularisme et regarder par dessus l'épaule des biologistes, et spécialement de ceux qui se sont occupés de phénomènes diachroniques tels que Genèses et évolution. L'"entéléchie" (régulation interne d'un phénomène organique) de Driesch (1980), le "champ morphogénétique" de P. Weiss (1926) et de A. Gurwitsch (1922), la "chréode" (cheminement oblitatoire d'une genèse) de C.H. Waddington (1957), la "causalité formative" de R. Sheldrake auraient mis les chercheurs des sciences de l'homme devant des hypothèses intéressantes pour leur propre champ. Mais il est vrai que les "spécialistes" des (plurielles!) sciences humaines craignent tous les "confins", même ceux qui sont délimités par d'autres sciences que les leurs !

Les "confins" de la Science de l'Homme s'énoncent - à travers toutes les observations et les impasses (instructives!) où conduit l'observation et l'expérimentation - en deux propositions en apparence contradictoires (en vérité intégrées dans une contradictorialité systémique) :

1. Un champ imaginaire humain (individuel, collectif, social, etc...) a besoin pour assurer son identité (c'est-à-dire sa "quiddité") d'une certaine redondance commémorative. Autrement dit il ne peut pas intégrer une nouveauté sans la référer à son propre consensus, à son identité constitutive.
2. Paradoxalement, l'*habitus* humain (Ravaisson l'avait déjà bien vu !) que signale la redondance n'est nullement entropie. Il échappe aux deux principes de la thermodynamique, car il est "information". Donc plus un champ anthropologique "répète" pour s'identifier, plus l'information se complète, se "rode" comme disent les mécaniciens.

C'est ce "système paradoxal" qu'il ne faut pas perdre de vue lorsque l'on aborde la morphogenèse et la genèse sémantique des "productions" culturelles. Tout se passe comme si, dans l'identité matérielle d'un champ anthropologique, à la manière d'un fleuve qui creuse son lit, la redondance affinaît le sens.

D'où la notion, métaphorique et heuristique à la fois, de "**bassin sémantique**" que nous avons avancée (1982) et qui décrit et aide à faire comprendre les changements et les permanences d'un champ culturel. Cette notion tient à la fois compte de l'apport de chercheurs en Science de l'Homme comme Spengler (contemporanéité), Sorokin (dynamique et phases socio-culturelles), E. d'Ors (ensembles morphiques ou "éons") et des récents progrès de la biologie organiciste, voire vitaliste.

Dans un champ culturel tout se passe comme si le courant héraclitéen de l'histoire s'investissait tour à tour en des "bassins sémantiques" en nombre restreint (3 à 5 par "champ culturel") tout comme un fleuve change de lit lorsque sa force d'érosion diminue. Le développement de cette métaphore "potamologique" nous permet de discerner six phases, que nous n'analyserons pas ici l'ayant fait ailleurs sur un exemple précis (l'esthétique gothico-franciscaine, l'exemplarisme franciscain de la Naturphilosophie du début du XIX^{ème} siècle. cf. "La beauté comme présence paraclétique. Essai sur les résurgences d'un bassin sémantique", *Erabos Jahrbuch*, Vol. 55, 1985). Ces phases sont :

1. les **ruissellements** précurseurs,
2. le **partage des eaux** qui identifie par contraste, formes et styles,
3. les **confluences** qui renforcent le courant,
4. la **dénomination** du fleuve, qui typifie, souvent de façon légendaire, le courant devenu majeur,
5. l'**aménagement** philosophique des rives,
6. enfin l'**épuiement des deltas**, dans lequel apparaissent les courants adventices, le morcellement en écoles antagonistes, etc...

Certes il ne s'agit là pour nous que de fournir des métaphores permettant de décrire la formation d'un "bassin sémantique".

Il faut remarquer aussi que ces six phases se déroulent en un *trend* - comme disait Braudel ! - qui excède la dimension séculaire : c'est ainsi que le "**ruissellement**" qui va baigner le mouvement franciscain - et la brève vie publique de François au début du XIII^{ème} siècle - débute dès la fin du XII^{ème} siècle avec la percée du gothique et se prolonge bien au-delà de 1226 (mort de François) et pratiquement jusqu'au fameux Chapitre de Pérouse (1322) qui voit se couronner l'éclatement du franciscanisme. Autrement dit un "bassin sémantique" manifeste son activité, non pas dans le rapide phasage du conflit de deux générations, mais dans la durée plus longue de trois ou quatre générations. Cette remarque ne touche nullement à un mystérieux "confin", mais simplement au fait que dans une culture, où les temps forts sont certes manifestés par l'émergence de personnalités portées au "pouvoir culturel" par la convergence d'événements "historiques" et "sociaux" qui en eux-mêmes n'ont rien de déterminant, c'est l'**information de bouche à oreille**, le "ouïe dire" du grand-père, voire de son père, au petit-fils qui assure une certaine unité de style, de langage, de symboles, de vision du monde. Mais il ne s'agit là que d'une "explication" encore dans les limites d'un certain déterminisme classique.

Là où le "confin" constitutif de l'anthropologie apparaît nettement, c'est lorsque l'on voit que la redondance - qui répugne à l'historien positiviste et fidèle à l'Arbre de Jessé ! - du philosophème qui anime l'inspiration franciscaine et l'exemplarisme à savoir que "la Nature créée est belle parce qu'elle participe à la divine bonté de son Créateur à laquelle elle reconduit par une sorte de grâce naturelle", lorsque l'on voit cinq siècles après, dans la *Naturphilosophie* et l'esthétique du romantisme allemand - de 1760 à 1870 environ... - "l'information" esthétique, philosophique, stylistique apparaît comme plus élucidée. Comme si l'affermissement du "relief" sémantique d'un champ anthropologique, grâce aux érosions des redondances permettait en quelque sorte l'accomplissement sémantique du message. Pour faire bref, disons que le "message" philosophique bonaventurien et le cortège esthétique du "réalisme" franciscain, apparaît plus nettement dans la *Darstellung* (monstration) de Schlegel ou de Schelling et dans l'esthétique de G.D. Friedrich.

Cette constatation systémique de la "commémoration créatrice" spécifique du phénomène humain situe bien la Science de l'Homme comme "**Science des Confins**" de la

Connaissance. Et delà d'une façon double. D'abord parce que - Auguste Comte l'avait pressenti en plaçant la Sociologie comme englobement épistémologique ultime - la Science de l'Homme est passible de **toutes** les conceptualisations et les méthodologies du savoir. Comme nous le disons en un article (*Le Monde*, Les aventures de la Raison, novembre 1984), l'art de la dentellière n'est nullement exclusif de celui du forgeron ! L'erreur réductionniste, c'est de renvoyer l'anthropologie à une seule idéologie l'**Homme ressortit de tous ses "confins"** épistémologiques : elle prend en compte la relativisation de tout *thema* par rapport à tous les *themata* possibles et surtout réalisés par l'ensemble des intentions de toutes les Sciences. Elle ne peut se cantonner dans un en déçà de tout le savoir d'une époque moderne.

Ensuite, puisque la Science de l'Homme se situe à ce carrefour toujours ouvert de toutes les épistémologies, la **Science de l'Homme est Science du Confin**. Certes, l'on pourra à cette affirmation toujours opposer une sorte de théorème de Gödel anthropologique, arguant qu'il ne peut pas y avoir science d'une nescience, de ce qui par définition limite et dépasse la Science. Une telle objection serait d'inspiration kantienne interdisant au savoir tout accès au noumène ! Cependant, et bien qu'il faille admettre que la Science de l'Homme ne puisse être qu'asymptotique par rapport à son "objet" qui est la transcendance même de toute réduction. Et que - selon l'expression (et le problème posé) d'Auguste Comte - éon se mette à la fenêtre pour se regarder **passer** dans la rue... Car l'observateur suit le même mouvement et les mêmes changements que le système qu'il observe en une sorte d'hyperrelativité. Mais la courbe **indique** l'asymptote. Et la courbe pour nous, les points qui la constituent, fut l'inventaire structural et taxinomique de l'Imaginaire. Certes une telle option épistémologique exige un changement philosophique : l'abandon des notions clefs de la philosophie occidentale fille d'Aristote, à savoir l'enchaînement analytique et la perception, conduit à remettre au centre de nos philosophies l'imagination rectrice et créatrice. Comme l'avait fait, en un divorce philosophique célèbre qu'a magistralement commenté Henry Corbin, au XII^{ème} siècle Ibn Arabi délaissant l'Occident d'Averroès et bientôt de Thomas d'Acquin pour les lumières "visionnaires" de l'Orient...

Pour l'Occident dont nous sommes les représentants ici, poser le problème des "confins de la connaissance" et y rapatrier comme je le fais la Science de l'Homme, c'est peut-être humblement répondre à d'autres voies de sagesse et d'humanité que celles où nous ont éduqués et confinés nos scolastiques. Bien des fois le grand bassin sémantique que la scolastique aristotélicienne typifie si bien a tenté de se remplir d'une eau nouvelle : et nommément en ces instants propices que furent platonisme aussi bien que nominalisme franciscain, romantisme allemand... Mais chaque fois la tentative d'ouverture fut refoulée par le succès de la science classique : Descartes - comme E. Gilson l'avait magistralement montré - n'a fait que reprendre, simplifier et renforcer la pédagogie de l'Ecole. Ces tentatives d'ouverture, tout comme la naissance **des** Sciences de l'Homme, furent prématurées, vite obligées par l'entropie des pédagogies ignares ou paresseuses. Pour la première fois dans notre histoire nos sciences de pointe entraînent nos épistémologies en des révisions souvent déchirantes et ouvrent l'Ecole aux horizons d'autres humanismes et d'autres sagesse que les nôtres. Profitons-en !

LE "SAVOIR DU TYPE SUD" COMME ANTITHESE DES SAVOIRS
DE LA SCIENCE CLASSIQUE ET DE LA SOCIETE INDUSTRIELLE

par Yûjirô NAKAMURA

I

Pour aborder mon sujet, je commencerai par présenter une sorte de choc culturel que j'ai éprouvé il y a sept ans lorsque j'ai visité pour la première fois l'île de Bali en Indonésie, cet îlot qui se trouve dans la mer équatoriale. Ce qui s'offrait à mes yeux là-bas, c'était une richesse diamétralement opposée à celle de la société industrielle dont jouissent les Japonais de nos jours.

La vie et la culture balinaises m'ont semblé à première vue naïves et simples. Elles m'ont assez déçu au début par leur pauvreté visuelle et plastique. Mais très vite, j'ai été agréablement surpris du fait que toutes les choses devenaient vivantes dès qu'elles étaient introduites dans une "performance". Les maisons, les bâtiments, les danses, la musique, tout cela me paraissait simple, grossier et humble de structure et de composition. Mais cela se transformait en quelque chose de vraiment perfectionné et riche dans les comportements de ceux qui habitaient ces maisons et de ceux qui exécutaient ces danses et cette musique, dans ce qu'on peut appeler la performance. La richesse des danses et de la musique, par exemple, ne consistant pas dans la variété des intrigues et des instruments utilisés, elles consistent plutôt dans une performance libre, par laquelle on engendre un ensemble complexe par combinaison d'éléments relativement simples. Autrement dit, on crée à l'infini des formes nouvelles par combinaison libre des éléments finis déjà connus. Cette richesse n'est pas celle d'une production technique, mais plutôt celle d'une création artistique.

Dans la société industrielle moderne, on évalue les maisons et les bâtiments par leur grandeur spatiale ou par la qualité des matériaux, c'est-à-dire selon un critère d'ordre matériel auquel la production industrielle accorde une importance toute particulière. Par contre, dans la société balinaise le critère de valeur dominant n'est pas de ce type-là. La société balinaise dominée par l'hindouisme étant une société de castes, sa structure étant scellée par la différenciation des conditions sociales, les Balinais ne peuvent changer, en principe, leurs conditions d'origine. C'est une société inégale comme on dit. Toutefois, le terrain de chaque maison villageoise équivaut à une surface de 780m² à peu près chez les riches aussi bien que chez les pauvres. Cette égalité seule nous donne une impression curieuse, à nous qui sommes habitués aux critères de valeur de la société industrielle. Une autre particularité frappante. La différence au niveau des conditions sociales entre les propriétaires ne joue pratiquement d'aucune manière sur le nombre de bâtiments et leur disposition à l'intérieur de chaque terrain. De plus, les maisons balinaises sont bâties plutôt pour les "divinités" que pour les hommes. Quels sont alors les éléments qui constituent une maison ?

Une maison balinaise typique est formée de plusieurs bâtiments séparés que j'appellerai désormais "pavillons" et d'une cour ; le tout est entouré d'un mur de

terre en pisé avec une porte. Et voici maintenant la disposition générale des pavillons à l'intérieur du mur. D'abord, du côté de la Montagne qui correspond au centre sacré de Bali, c'est-à-dire dans la partie nord-est, il s'agit des villages balinais du sud aux environs de Denpasar, nous avons des maisonnettes pour les divinités et un tout petit bâtiment d'offrande clôturés par un mur de terre bas. Les plus importantes parmi ces maisonnettes sont deux petits temples : l'un pour les mânes des ancêtres, l'autre pour la divinité de la Montagne sacré *Gunung Agung* ; et à côté de ceux-ci il existe deux petits temples, d'une part pour l'"interprète" des divinités et d'autre part pour le "secrétaire" des divinités. Ce qui est important après ce coin sacré des temples de famille, c'est le pavillon où dorment le chef de famille et son épouse. Il est situé du côté nord de l'emplacement. Nous avons ensuite à l'ouest le pavillon où logent les visiteurs, à l'est le pavillon où couchent les autres membres de la famille et au sud un atelier. Nous avons, enfin, le pavillon pour la cuisine et celui qui est utilisé comme une sorte de débarras, dans la partie sud de l'emplacement qui longe le mur. Cette partie est considérée comme un lieu chargé de valeur négative.

Certes, chez les riches les pavillons sont construits avec des matériaux de meilleure qualité et ils sont bien entretenus, ce qui n'est pas le cas chez les pauvres. Chez ces derniers, en effet, les pavillons sont laissés le plus souvent à l'abandon. Pourtant, comme nous l'avons déjà vu, les maisons des riches et des pauvres n'étant pas si différentes en ce qui concerne le nombre et la disposition des pavillons, on peut dire que ces habitations appartenant à deux catégories économiquement différenciées sont équivalentes du point de vue cosmologique. Nous remarquons là la conception d'un système de valeurs et d'équivalences très importante oubliée dans notre société industrielle.

Tels sont les problèmes de la "performance" et de la "cosmologie" qui ont surgi du choc culturel que j'ai éprouvé lorsque j'ai été à l'île de Bali. Je vais maintenant passer à un autre problème qui concerne le "symbolisme", parce que ces trois éléments sont constitutifs d'un savoir dont la configuration s'est peu à peu formée chez moi. Ce savoir peut être appelé soit "savoir du type sud", soit "savoir du pathos".

Le problème du symbolisme à l'île de Bali s'observe, par exemple, dans le rôle des diables joué pour enrichir le sens de l'espace balinais. D'après une conception traditionnelle balinaise, toutes les rues ou tous les passages hors de l'emplacement de la maison sont hantés par des diables variés. Pour quelle raison a-t-on eu cette idée étrange ? Pendant assez longtemps je n'ai pas compris ce mécanisme. Mais je suis arrivé enfin à le comprendre de la façon suivante : le rôle des diables est, à mon avis, de donner, en plus de cette manière cosmologique dont j'ai déjà parlé, des sens dans la double signification du terme à cet espace de la vie concrète qu'est l'emplacement de la maison. L'intérieur de l'emplacement forme un espace protégé contre l'invasion des diables, quoi qu'il existe une porte à l'entrée de la maison. Lorsqu'un homme passe à l'intérieur de l'emplacement, il lui est interdit d'aller directement dans la partie sacrée où l'on adore les divinités à commencer par ses ancêtres. Pour atteindre cette zone, il doit faire un détour ; autrement dit, suivre un itinéraire sinueux qui est un parcours préalablement tracé.

La conception traditionnelle balinaise nous apprend que cette règle a été fixée dans le but de détourner les diables au cas où ils auraient envahi l'emplacement de la maison. Mais je crois pour ma part que cette règle n'est pas autre chose que la manifestation d'une profonde sagesse qui rend hétérogènes les parties de l'espace de la vie quotidienne les unes par rapport aux autres et qui permet ainsi de produire un champ foisonnant de sens. La culture balinaise est bien ingénieuse quant à l'utilisation de ce genre de symbolisme, notamment de symbolisme négatif. Cette

habileté se révèle surtout dans le "*Púra dalem*," qu'on traduit communément par "temple de la mort" et également chez la "sorcière Rangda" qui gouverne ce temple. *Púra dalem* est un des trois temples indispensables à la vie villageoise balinaise, dédié à Durga, déesse hindoue de la mort. Néanmoins ce n'est pas forcément un lieu morne (un temple balinaise est de plusieurs pavillons dans un emplacement entouré par un mur). C'est plutôt un temple où au lieu de les voiler et de les cacher, on adore les diables et les sorcières en célébrant leurs forces extraordinaires pour se défendre contre le malheur, la maladie et la saleté dont ils sont maîtres. Quant à Rangda, c'est l'incarnation spécifiquement balinaise de la déesse hindoue de la mort Durga, et elle montre une activité étonnante dans beaucoup de pièces de théâtre (notamment *Tjalonarang*), de danses et de sculptures. Elle est, bien que sorcière, caractérisée par des forces admirables et des conduites attirantes. Elle n'est pas seulement mauvaise ou effrayante, elle est attachée plutôt, plus positivement, aux fondements de la vie. On pourrait la considérer comme *Magna Mater* dont on parle dans la mythologie générale.

II

Si j'ai parlé assez longuement du choc culturel que j'ai eu dans l'île de Bali, c'est parce que j'ai trouvé, de façon évidente, dans la culture balinaise ce que j'appelle "savoir du type sud" ou "savoir du pathos". Alors, maintenant, je vais essayer de vous expliquer ce que signifie le savoir du pathos et celui du type sud, en commençant par le premier.

Dans la société industrielle moderne, l'homme s'est efforcé d'objectiver ardemment les choses et la nature par le savoir analytique de la science classique ou le savoir fondé sur la conception mécaniste de la nature, et de dominer les choses et la nature et d'agir sur elles en connaissant leur lois physiques. Il a essayé par là d'élargir son territoire et sa liberté. Certes, la civilisation industrielle appuyée sur ce savoir propre à la science classique, ce savoir purement actif, a contribué à une transformation à l'échelle mondiale de la vie humaine. En outre, elle a été considérée pendant longtemps comme ce qui pouvait étendre à l'infini la domination et la liberté humaines, comme quelque chose de privilégié et sans égal parmi bien des activités humaines. C'est la raison pour laquelle on a longtemps cru que des problèmes non résolus à une époque donnée le seraient un jour grâce au développement linéaire de la science classique. La physiologie et la médecine mécanistes, par exemple, étant les produits par excellence du savoir technique purement actif et optimiste, on a cru avec conviction à la possibilité d'éliminer les souffrances, les douleurs et même les maladies. D'autre part, en vénérant les forces de production fondées sur la technique, on était sûr que la richesse de la civilisation industrielle pouvait délivrer le genre humain de toutes les misères.

Or, l'histoire humaine n'a pas toujours évolué dans cette direction. Au contraire, l'humanité orgueilleuse a subi des revanches sévères de la réalité et de la nature. La société industrielle a souffert de diverses formes de pollution. L'environnement a été énormément dénaturé, ce qui a entraîné une prolifération de douleurs et de souffrances. L'horreur de la mort, de celle de la guerre nucléaire à celle des cancers, ne cesse de croître malgré les efforts déployés. Cette situation est aggravée par le vieillissement accéléré de la société. C'est ainsi qu'à l'heure actuelle tout le monde, presque sans exception, se retrouve dans un état de passivité extrême. C'est tout de même un paradoxe que la civilisation technique soit arrivée à mettre les hommes dans un nouvel état de passivité.

Mais il faut dire que face à cette situation critique, on manquait d'ingéniosité et de savoir pour l'affronter, car mené par l'orgueil, l'homme a toujours surestimé la civilisation industrielle. Ce qu'il fallait, c'était en fait le "savoir du pathos" qui est exactement le contraire du savoir de la science classique, ce savoir, je le répète, purement actif qui objective les choses et agit sur elles. Le mot pathos ne veut pas dire ici simplement "passion psychologique", mais il signifie aussi passivité, épreuve, douleur, maladie, etc., c'est-à-dire tout ce qui concerne la faiblesse humaine. C'est ainsi que le savoir du pathos a, comme fondement, les aspects négatifs de l'homme, ceux qu'a méprisés précisément la civilisation industrielle basée sur les forces humaines. Inutile de dire que ces aspects négatifs étaient pris en charge, la plupart du temps, par les religions.

Le savoir de la science classique s'appuyait sur la loi de la causalité dans le but d'objectiver les choses et de les manipuler, tandis que le savoir du pathos s'appuie sur le symbolisme et la cosmologie en ce qu'il nous permet de lire ce que nous offre le monde extérieur et de lui attribuer du sens. Autrement dit, le savoir du pathos ne regarde pas l'homme comme un être purement actif, c'est-à-dire abstrait, mais plutôt elle commence par le regarder comme un être de pathos agi par autrui et prend le rapport de soi à l'autre pour un processus d'interaction. On peut prendre, grâce à ce savoir, des mesures appropriées contre divers dangers qui nous frappent, à travers la lecture des symptômes, des signes et des expressions manifestées par les choses. Une forme typique de ce savoir se trouvait déjà dans les savoirs mythologique et magique de l'antiquité ; pourtant il fonctionne exactement de la même manière dans notre connaissance fondée sur l'expérience. Ce qui s'appelle ici expérience crée des relations intimes et multiples entre l'environnement, les choses, autrui d'un côté et nous de l'autre ; nous pouvons utiliser ce que nous arrivons à connaître à travers elle et prendre des mesures contre les changements inattendus aussitôt qu'ils pointent à notre horizon. Je dirais que le savoir du pathos est corporel et cœnésthésique (si j'emploie la terminologie psychologique), tandis que le savoir de la science classique est purement visuel et objectivant. Je dirai plus encore : le savoir du pathos est fondé sur le *sensus communis*. L'expression *sensus communis* ne signifie pas "sens commun" traduit en anglais par *common sense*, mais il veut dire "*coïnè aisthêsis*" employé par Aristote, c'est-à-dire le sens fondamental humain qui intègre les cinq sens en les traversant. Et ce qui porte le *sensus communis* étant le corps vécu ou le corps en activité, il est évident que le savoir du pathos comporte la performance et la dimension de l'interaction corporelle. Ce sont avant tout les signes, les symboles et le cosmos qui sont sentis et déchiffrés par le *sensus communis* siégeant dans le corps en activité. Et par tous ces traits qui caractérisent le *sensus communis*, on peut dire que le savoir du pathos est le "savoir théâtral" par excellence.

Par conséquent, je dirai que le savoir de la science classique a pour principes fondamentaux l'universalité, l'univocité et l'objectivité, tandis que le savoir du pathos ou savoir théâtral a pour principes fondamentaux la cosmologie, le symbolisme et la performance.

Je suis arrivé à cette conception du savoir du pathos (ou théâtral) au bout d'une longue recherche qui s'étale sur plus de vingt ans ; mais je me suis aperçu, il y a quelques années, que le critique américain Kenneth Burke avait élaboré une conception très proche de la mienne dans sa *Grammaire du motif* (1945). Je citerai l'essentiel de sa pensée, d'autant plus qu'elle est susceptible de confirmer ma conception du savoir du pathos et de l'aborder et de l'expliquer d'une manière différente.

"Derrière le proverbe grec ancien "*ta pathemata mathemata*" (on apprend par l'expérience), nous retrouvons une sorte de grammaire de la tragédie." Et Burke

donne une explication : "le mot grec *pathema* qui a la même étymologie que le mot anglais "passive" est le contraire du mot *poiema* (le fait, faire, action, acte, tout ce que l'on fait, quoique ce soit, poésie), et le mot *pathemata* indique la souffrance, le malheur, l'état passif, la situation, l'état d'âme, etc... Pourtant ce qui est nécessaire dans la tragédie, c'est l'action. Alors, si nous complétons ce proverbe grec sans craindre une sorte de pléonasme, nous pouvons le recomposer en utilisant ces trois mots grecs : *polemata*, *pathemata*, *mathemata*." C'est ainsi que dans la théorie de Kenneth Burke aussi, le savoir du pathos est lié nécessairement au savoir théâtral.

III

Dans ce contexte, ce que j'appelle le "savoir du type sud" est apparu dans ma perspective comme un savoir fondé sur le triangle conceptuel : *sensus communis*, savoir du pathos et savoir théâtral ; autrement dit, comme une antithèse des savoirs de la science classique et de la société industrielle. L'Europe moderne a engendré le protestantisme et le capitalisme en même temps que la science classique. Ces trois phénomènes sont si étroitement liés qu'ils forment une triade. Il est clair, si on les met ainsi en rapport, que le savoir de la société industrielle était le savoir de l'Europe du Nord plutôt que de l'Europe en général. Par conséquent, le savoir du type nord doit être nommé plus exactement savoir du type "nord-européen" si je peux me permettre cette expression. D'autre part, parallèlement, le savoir du type sud doit être rebaptisé savoir du type "sud-européen", mais en fait, celui-ci ne se limite pas à cette zone géographique appelée "Europe du sud". Car il se trouve dans des régions très variées de la planète, tandis que le savoir du type nord est un savoir spécifiquement européen. Le savoir du type nord a engendré la science classique et la civilisation technique qui sont universelles, et puis s'est fait plus universel en les propageant dans la majeure partie du monde. Par contre, le savoir du type sud est omniprésent en tant que savoir vernaculaire dans chaque coin de la planète et il s'y trouve profondément enraciné. Toujours est-il qu'on le rencontre plus fréquemment dans les régions du sud. D'où mon appellation "savoir du type sud".

Comme je vous l'ai dit, j'ai trouvé dans la culture de Bali, îlot indonésien de la mer équatoriale, un échantillon du savoir du type sud. Avec cette culture encore vivante en Asie, nous sommes en présence d'un savoir du type sud qui a su conserver toute son intensité. Elle oblige les Japonais à réfléchir sur l'état actuel de leur pays qui est déjà l'exemple typique d'un pays, en Asie, dominé par le savoir du type nord.

Mais il y a une autre culture qui, en plus de la culture balinaise, m'a donné une image concrète du savoir du type sud. C'est la tradition intellectuelle de la ville de Naples, ville de l'Italie du sud. Cette tradition peut être considérée comme échantillon du savoir du type "sud-européen". Si j'ai dirigé mon attention vers la tradition intellectuelle napolitaine, c'est d'abord à cause de G. Vico, ce philosophe qui a vécu à Naples en pleine période des Lumières. Je rappelle que la grande originalité de Vico réside dans l'accent mis sur la *topica* comme rhétorique contre la *critica* logique et cartésienne, et cela tout en s'appuyant sur une conception nouvelle du *sensus communis*. D'autre part, avant lui, toujours à Naples, pendant la période de la Renaissance, ont fait apparition l'un après l'autre des penseurs originaux non moins remarquables qui ont pris distance par rapport au rationalisme occidental orthodoxe, tels que G. Della Porta, T. Campanella, G. Bruno, etc... De plus, en ce qui concerne Naples, on sait que Goethe, auteur du *Voyage en*

Italie, a reconnu dans la culture de cette ville quelque chose qui se rapprocherait de ce que j'ai appelé plus haut le "savoir du type sud", et qu'il prévoyait que la place de Vico deviendrait de plus en plus importante dans la constellation des philosophes occidentaux. Goethe a pris conscience de la complexité et de la multiplicité essentielles de l'homme et de la nature durant ses visites de l'Italie et, en particulier, de Naples. Il a compris que la "vision propre au Nord", considérée communément comme universelle, n'était en réalité qu'une vision partielle. Et j'ajouterai que les observations qu'il a faites à cette occasion-là inspirent, directement ou indirectement, ses recherches sur la Nature, à savoir sa "morphologie" et sa "théorie des couleurs". On peut dire que c'était un grand partisan du "savoir du type sud" et qu'il a bien utilisé ce savoir, de diverses manières, dans ses travaux bien qu'il fût un homme du Nord.

Les recherches goethéennes en matière de "physique" ont récemment attiré l'attention des savants et des philosophes d'aujourd'hui comme une approche qui témoigne d'un autre savoir que la science classique cartésio-newtonienne et la conception mécaniste de la nature. Voici les trois points qui me semblent les plus importants dans ses recherches : 1) Goethe appréhende tout ensemble la nature et l'homme dans un rapport de réciprocité profonde ; 2) il cherche l'unité du principe subjectif et du principe objectif dans le phénomène lui-même, et il croit pouvoir déceler le secret de la nature dans les manifestations phénoménales ; 3) selon lui, rien ne peut arriver, dans la nature vivante où tout se tient, que ce qui est lié à tout. Par conséquent, la "physique" goethéenne peut être regardée comme étant une science autre basée sur la totalité des expériences humaines. Il est intéressant de remarquer, à ce propos, que Werner Heisenberg a insisté, lui aussi, sur la complémentarité de la science newtonienne et de celle de Goethe.

Je voudrais parler ici d'un autre aspect intéressant de la tradition intellectuelle napolitaine. C'est que la méthode goethéenne, employée dans ses recherches relevant de la "physique" telles que la "morphologie" et la "théorie des couleurs", ressemble beaucoup à la méthode de Della Porta employée au XVIème siècle dans sa *Magia Naturalis*. De même que Della Porta a fondé ses travaux sur les principes de sympathie et d'antipathie, ce sont la traction et la répulsion qui ont guidé les réflexions de Goethe. Mais ce n'est pas tout, car Goethe se plaisait à utiliser des concepts tels que physionomie, symbolisme, microcosme-macrocosme, analogie, etc., qui étaient tout à fait familiers à Della Porta. Ajoutons encore une autre ressemblance entre ces deux auteurs. Tout le monde sait que Goethe a écrit la grande oeuvre *Faust* ; Della Porta, connu d'ordinaire seulement comme un simple occultiste, était en fait, lui aussi, un dramaturge célèbre en son temps. On pourrait donc dire que tous les deux étaient hommes de "savoir théâtral".

En ce qui concerne les travaux de Della Porta sur la "magie naturelle", pour la plupart, ils ont été rejetés comme étant déraisonnables ; ou bien, dans le meilleur des cas, ils ont été regardés comme une étape en germe et insuffisante de la science moderne. L'estime accordée à Della Porta provenait du fait que sa "magie naturelle" était placée aux origines de la science classique mécaniste représentée par Galilée et Newton. D'où la mise à l'écart, malgré (et à cause de) cette estime, de la vraie signification de la théorie de Della Porta. Ce qu'il visait, dans sa "magie naturelle", c'était, en réalité, non seulement une connaissance réelle de la nature et de l'être en général, mais encore leur élucidation symbolique et cosmologique.

C'est ainsi que la tradition intellectuelle napolitaine peut jouer un grand rôle au sein même de la culture européenne, pour relativiser le savoir du type nord et ainsi pour le remettre radicalement en question.

IV

Résumons ici les réflexions que j'ai conduites jusqu'à présent : j'ai défini le savoir du type nord comme celui qui a engendré la science classique et la société industrielle et j'ai proposé, tout en lui opposant, un autre savoir que j'ai appelé le savoir du type sud. Ensuite, j'ai essayé d'éclairer son contenu par la culture balinaise et par la tradition intellectuelle napolitaine. Ce sur quoi je voudrais m'interroger maintenant, c'est la relation entre le savoir du type sud et la culture japonaise. Je vais tenter de réfléchir, pour finir, sur cette relation en centrant mon propos sur le problème de la "logique du lieu" élaborée par Kitarô Nishida, philosophe japonais original. Je dirai tout de suite que cette logique me semble être une conception radicale du savoir du type sud.

J'ai dit à propos de la culture balinaise qu'elle témoignait d'un savoir du type sud qui a su conserver toute son intensité, tout en demeurant vivant en Asie jusqu'à nos jours. J'ai dit également que la culture balinaise obligeait les Japonais à réfléchir sur l'état actuel de leur pays qui est déjà l'exemple typique d'un pays dominé par un savoir du type nord. En effet, la plupart des voyageurs japonais qui ont visité l'île de Bali avouent presque à l'unanimité qu'ils ont ressenti là-bas une certaine nostalgie. Il n'y a pourtant aucune liaison directe entre la culture balinaise et la culture traditionnelle japonaise, mais celle-là rappelle quand même aux Japonais, avec une force singulière, ce qu'ils ont perdu dans leur vie actuelle. C'est un phénomène bien curieux en un sens. Mais si on réfléchit bien, je crois qu'on peut dire que cela vient du fait que la culture balinaise évoque intensément le savoir du type sud qui existait jadis et qui existe encore d'une manière implicite au Japon. C'était exactement le savoir du type sud qui caractérisait la culture japonaise avant la Restauration de Meiji, c'est-à-dire avant sa modernisation qui a commencé à peu près il y a un siècle. Le Japon, après l'ère de Meiji, a importé laborieusement le savoir du type nord et il s'est transformé finalement en un pays qui incarne le savoir du type nord, au moins en apparence. Aussi, le savoir du type sud, dans le Japon d'aujourd'hui, ne se manifeste pas de la même façon qu'autrefois ; il est loin d'avoir complètement disparu. On le retrouve tantôt sous une forme refoulée, tantôt sous une forme dispersée. C'est à la "logique du lieu" de Nishida que revient la prise de conscience du savoir du type sud caché dans le fond de la culture japonaise. Et on peut dire qu'il en a fait une théorie hautement élaborée en poussant son raisonnement jusqu'au bout. Nishida, se livrant à l'exercice du Bouddhisme Zen de même qu'à une véritable étude de la philosophie occidentale, a recherché les fondements philosophiques de la culture japonaise qui était la sienne. Il a construit une philosophie originale que l'on peut légitimement appeler "philosophie nishidaïste". La logique du lieu en est une de ses clefs fondamentales.

Voici le point essentiel de cette théorie : selon lui, on ne doit pas chercher les fondements de la connaissance dans l'opposition sujet-objet, mais dans le fait de "refléter le soi en soi". La connaissance authentique consiste alors à refléter toute chose dans le champ de la conscience dans un soi purifié. Ce champ ayant le caractère d'un lieu, le soi concret est une unité prédicative et non subjective. Autrement dit, il est lieu, et non substance. Et lorsqu'on creuse le caractère propre au lieu jusqu'à la dernière limite, apparaît le "lieu du néant". C'est ainsi que la logique du lieu de Nishida a brisé la domination de la logique subjective, prémisses commune à la totalité de la philosophie occidentale. Elle va opérer en quelque sorte un renversement quasi copernicien en privilégiant la logique prédicative. Nishida a fondé par là même toutes les existences sur le "substrat prédicatif" (le néant), saisissant le "lieu du néant" non pas comme un manque d'être mais comme le monde le plus riche et sans fond.

Nous avons, chez Nishida, une autre notion non moins importante : c'est celle d'"intuition active" qui, tout en se rattachant à la logique du lieu, l'éclaire sous un autre angle. Voyons maintenant comment il explique cette notion d'intuition active. L'intuition passe ordinairement pour le contraire de l'acte ou pour quelque chose qui n'a rien à voir avec l'acte. En fait, l'intuition active n'est point un concept vide, mais elle est l'acte de voir les choses les plus concrètement et constitue la base de la connaissance empirique. Nous voyons les choses à travers l'acte, et les choses déterminent le soi en même temps que le soi détermine les choses. C'est en cela que consiste l'intuition active. L'acte est nécessairement lié à l'intuition, parce que l'intuition consiste dans le fait que le moi reflète le monde. D'où l'affirmation suivante : "agir est refléter et refléter est agir". Si l'on veut donc définir l'intuition active en un mot, on peut dire que c'est l'acte de "comprendre les choses par le corps entier".

Dans la tradition philosophique occidentale, le voir (*theoria*) et l'agir était regardés, on le sait, comme deux fonctions incompatibles, la notion d'intuition active est bien difficile à comprendre. Je dirai que cette notion correspond, en fait, à ce que j'ai appelé "savoir du pathos". L'interprétation littérale de ces deux conceptions semble accuser une différence radicale ; mais, en réalité, toutes les deux peuvent être considérées comme identiques, en ce qu'elles représentent la synthèse par excellence de la passivité et de l'activité. Elle communique de plus avec la méthode goethéenne de la physique dans la mesure où elle s'efforce de saisir la nature en se basant sur l'expérience humaine totale du soi.

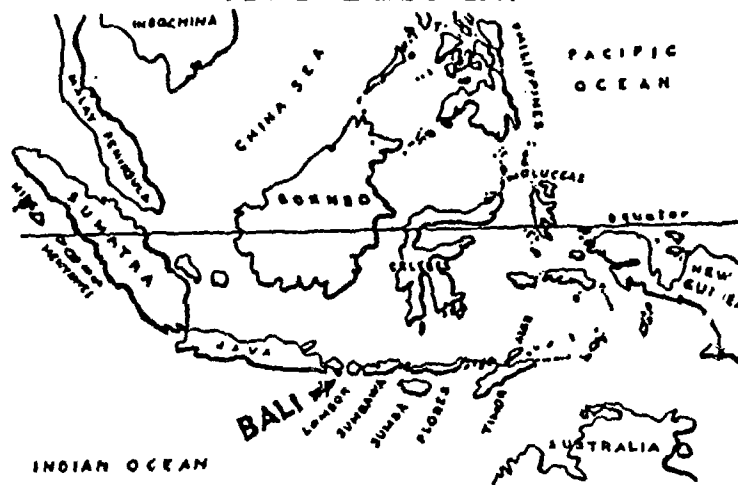
Ici, je voudrais vous présenter un fait intéressant qui est finalement une version japonaise de cette communication qui existe entre l'intuition active de Nishida et la méthode goethéenne de la physique. Kinji Imanishi, le pionnier japonais de la recherche biologique de l'ordre des "primates" (ascendants du genre humain), a été inspiré par les derniers articles de Nishida et il a adopté, de diverses manières, cette méthode de Nishida dans ses observations de la nature et dans ses efforts de connaissance biologique. "Je m'occupe de sciences naturelles ; contrairement à ce qu'on croit, je ne me sens pas à l'aise quand je manque de contact réel avec la nature. Dans l'écologie végétale, par exemple, il y a une façon de travailler qui vous dirige vers l'étude extrêmement minutieuse de menus objets ; mais à côté de celle-là, il en existe une autre que je préconise, et selon laquelle on essaie de sentir, par un effort d'imprégnation et d'identification, l'objet qu'on cherche à connaître." "Lorsque je me trouve dans une montagne, je sens réellement quelque chose. A partir du moment où il se produit en moi une sensation physique de ce genre, je pense qu'il y a quelque chose comme l'"expérience pure" ou l'"intuition active" de Nishida." Ainsi, Imanishi, accueillant avec sympathie les théories de Nishida, a trouvé dans ses convictions méthodologiques de la science biologique quelque chose qui va tout à fait dans le sens des idées du philosophe.

Ce qui mérite d'être remarqué ici, c'est que les traits caractéristiques du "lieu" tel qu'il a été élaboré par Nishida se retrouvent exactement dans la culture balinaise, et que Nishida identifie sa vue de l'intuition active avec le *sensus communis* d'Aristote. En ce qui concerne le premier point, je tiens à souligner que l'espace des temples balinais n'est rien d'autre que le "lieu du néant", du moment qu'il est tout à fait vide excepté les jours de fête et que la divinité n'existe pas là. Ajoutons en passant que la divinité que l'on adore dans *Pura dalem*, le temple le plus important en un sens de la culture balinaise, s'appelle *Sanyang Sunya Merta*, cela veut dire "Vide Immortel et Impérissable". Pour le deuxième point, Nishida affirme que voir une chose par l'intuition active n'étant pas autre chose que la voir corporellement et historiquement, le "corps historique" renvoie au *sensus*

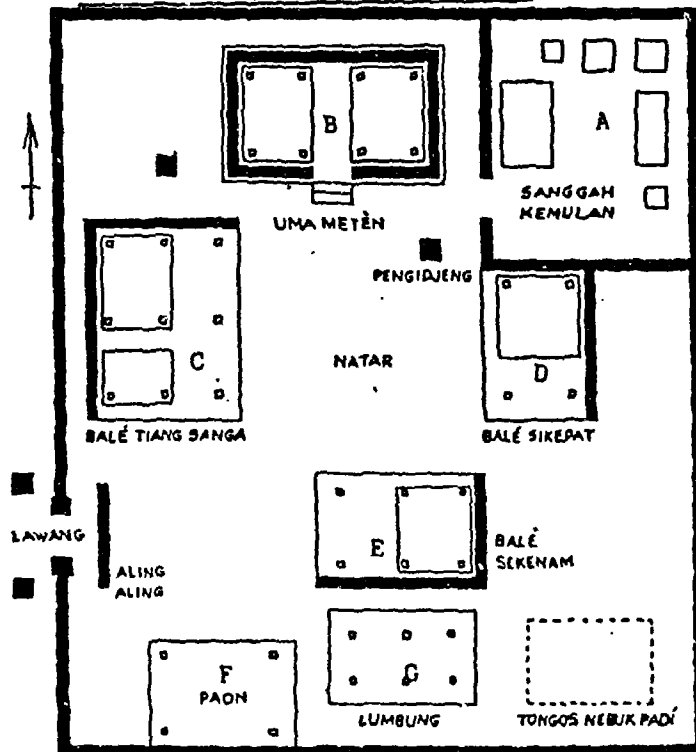
communis aristotélicien. On voit ici la façon dont les divers savoirs du type sud sont liés les uns avec les autres.

A l'heure actuelle où le savoir du type nord et la civilisation industrielle ont tendance à faire cavalier seul, je pense qu'il est nécessaire de découvrir l'héritage précieux de la culture humaine caché dans des savoirs du type sud.

PLAN DE L'INDONÉSIE



MAISON TYPIQUE À L'ÎLE DE BALI



- A (SANGGAH KEMULAN) temples de famille (coin sacré)
 B (UMA METÉN) pavillon du chef de famille et son épouse
 C (BALÉ TIANG SANGA) pavillon où logent les visiteurs ou salon
 D (BALÉ SIKEPAT) pavillon des autres membres de la famille
 E (BALÉ SEKENAM) atelier
 F (PAON) pavillon pour la cuisine
 G (LUMBUNG) grenier

(From MIGUEL COVARRUBIAS, "BALI")

PHYSIQUE ET METAPHYSIQUE EN EQUILIBRE

par Nicolo DALLAPORTA

Pour pouvoir se juger véritablement complet, l'homme doit s'ouvrir à deux ordres de réalité : l'un qui le met en contact avec l'univers matériel du dehors, qui le pousse à l'explorer et à le comprendre ; l'autre, au-dedans de soi, qui lui permet d'atteindre les instances immatérielles dont le cosmos est aussi composé. Pour se manifester dans sa totalité, il faut donc que la nature humaine se trouve dans un état tel que ces deux réalités puissent se développer dans une sorte d'équilibre réciproque. Chaque fois que les circonstances donnent à l'un la primauté sur l'autre, l'homme est soumis à une tension qui l'écarte du droit fil de son développement et fausse son intelligence. Aussi n'y a-t-il rien de plus important, pour une société vraiment soucieuse de déployer toutes les possibilités humaines, que de soutenir, à raison de leur importance relative, et la science - qui satisfait à ses besoins dans l'ordre de l'univers extérieur - et la métaphysique - qui cherche à satisfaire aux exigences de son âme.

Il suffit pourtant d'un coup d'oeil sur le passé qui nous ramène quelque quatre siècles en arrière, à l'époque où la science a effectivement commencé à se développer, pour constater que cet état optimal de compatibilité réciproque n'a jamais été atteint. Galilée, qui le premier tenta de fixer la frontière entre le savoir scientifique et la connaissance religieuse, ne laissa que le violent séisme de son procès, qui avait marqué la tumultueuse éviction de la science par la foi. Deux siècles plus tard, en revanche, la situation devait se renverser : la science, qui dans l'entre-temps s'était fait reconnaître partout pour ce qu'elle est réellement, cherchait à discréditer la foi, en la faisant passer pour une maladie du coeur et de l'imagination.

A quoi, foncièrement, sont dûs ces retournements ? Il n'est pas difficile de répondre, si l'on réfléchit tant soit peu. Ces déséquilibres proviennent essentiellement d'un malentendu sur les limites où doit se tenir l'expression de l'un et l'autre registres du savoir : en effet, chacun, érigé à tour de rôle en absolu, n'a laissé place, en dehors de sa province, à aucune autre forme de pensée, et s'est arrogé une sorte d'exclusivité sur le savoir. En revanche, dès que ces limites négligées entrent en ligne de compte, chacun réintègre son domaine propre et il n'y a pratiquement plus entre eux d'antagonisme.

Ne pouvant, faute de temps, parler ici de toutes les alternances observées jusqu'ici, je m'en tiendrai à la phase la plus récente : laissant entièrement de côté l'épisode Galilée, je retracerai assez en détail les étapes les plus marquantes du développement des sciences physiques du milieu du siècle dernier à nos jours, pour montrer comment la démarche positiviste originelle qui, à la fin du siècle encore, menaçait d'écraser tout autre point de vue, a pu, en abandonnant ou élargissant progressivement certains de ses cadres de pensée initiaux, non seulement être arrêtée dans son élan mais même battre en retraite. L'interprétation des données que la science nous apporte à profusion depuis le début du siècle a obligé le physicien à ouvrir de plus en plus le champ de vision de sa spécialité : d'abord

jusqu'où l'exigeait la constitution des interprétations physiques les plus fondamentales dans un cadre purement conceptuel, que l'on pourrait qualifier d'assise métascientifique de la science ; puis, jusqu'à ce second point où certaines conceptions ou notions tenues d'ordinaire pour étrangères à la physique peuvent être considérées comme le moyen le plus simple de rendre compte de faits qui autrement resteraient inexplicables.

Une telle excursion de la pensée n'est possible qu'à partir d'une distinction très claire entre les deux grands éléments constitutifs de la science : les faits et les théories. Des faits, il n'y a pas grand chose à dire : ce sont des propositions objectives qui ont autant de réalité que l'univers extérieur ; nous observons un événement A et, chaque fois, un autre événement B ; cette corrélation constitue une loi empirique.

Cependant, l'esprit humain ne se satisfait pas d'affirmations : il veut aussi expliquer le **pourquoi** de la corrélation. Ainsi naît la théorie, qui vise à rapporter le maximum de corrélations observées au minimum de postulats généraux. Or, on ne peut y parvenir qu'en posant en hypothèses des modèles théoriques qui, si bons soient-ils, ne peuvent jamais être résolument avérés. De fait, si l'un d'eux peut expliquer un nombre n de faits, un seul fait nouveau ($n + 1$) dont il ne peut rendre compte suffit à le discréditer, et donc à exiger sa modification ou son remplacement par un autre, plus élaboré. C'est assez pour affirmer que, d'une manière générale, une théorie n'a qu'une validité limitée, dont le champ s'élargit ou varie au gré des découvertes, et ne peut donc jamais prétendre à la certitude.

Inutile par conséquent d'épiloguer sur les faits, qui sont "la réalité" : nous n'avons qu'à suivre l'évolution du statut conceptuel des postulats qui fondent leurs interprétations, pour tracer, pas à pas, les limites assignées aux théories qui en sont déduites.

En faisant commencer ce programme vers le milieu du siècle dernier, nous rencontrons d'abord le déterminisme mécanique, à savoir l'expression des lois fondamentales de la physique sous la forme d'équations différentielles du second ordre : si l'on intègre en effet ces équations pour calculer par exemple la trajectoire d'un corps en fonction du temps, le résultat est absolument déterminé dès lors que l'on connaît les conditions dites "initiales", c'est-à-dire les coordonnées et la vitesse du corps à l'instant t . C'est sur ce résultat que s'appuie le déterminisme, puisque le sort du mobile dépend totalement de ces conditions.

En outre, l'expression des lois fondamentales sous forme d'équations différentielles et la déduction des propriétés de l'ensemble du corps de celles de ses parties semblent indiquer une subordination des structures complexes aux élémentaires. C'est de là que vient l'idée que les fins dernières des choses peuvent se lire dans les structures microscopiques - atomes, noyaux et particules élémentaires... - et que les propriétés de l'infiniment grand sont toutes présentes au coeur de l'infiniment petit.

C'est cependant d'une troisième hypothèse que découle l'essentiel du positivisme : l'origine de la causalité qu'expriment les lois fondamentales gît dans la matière elle-même. Formulons, par exemple, la loi de Newton : "Tout se passe comme si deux corps s'attiraient en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de leur distance." Dans la perspective matérialiste, on supprimera l'expression "Tout se passe comme si" pour considérer la gravité comme une propriété véritablement intrinsèque de la matière, laquelle se trouvera en quelque sorte déifiée, puisqu'on en aura fait ainsi la source réelle de ses propres comportements.

Ce sont là des précisions et des distinctions qui, si elles sont claires pour le scientifique, sont le plus souvent négligées par ceux qui font de la science l'instrument d'une philosophie qu'ils proposent ensuite au public. Ainsi est apparu le "scientisme", dont on a pensé pendant un siècle qu'il se confondait avec la vision scientifique, dans son champ le plus large, et qui reste de nos jours très répandu, à l'école, à la télévision et dans les journaux ; les adeptes qu'il compte aujourd'hui dans la recherche scientifique sont d'autant plus ardents à le défendre qu'ils s'y intéressent de plus loin.

Il a bien fallu cependant assigner à ce déterminisme absolu une première borne dans le champ physique, lorsqu'on a dû retenir l'hypothèse de la structure atomique de la matière pour trouver une explication simple à divers phénomènes : lois de la chimie, charge électrique élémentaire, déviation des rayons anodiques et cathodiques dans un champ électrique ou magnétique, autant de domaines dans lesquels le déterminisme perd apparemment son pouvoir absolu devant l'apparition d'un nouveau principe fondamental d'interprétation : le hasard.

A un premier niveau, dont la mécanique statistique offre l'exemple, le hasard n'est que le plumage dont on pare le déterminisme, censé agir au niveau de l'atome. Les propriétés de la matière sont à considérer comme le fait d'un ensemble de particules, les atomes, auxquels on penserait pouvoir appliquer les lois de la mécanique classique pour déterminer leurs trajectoires à partir de certaines conditions initiales (position et vitesse à un moment donné). Ces données étant toutefois radicalement inaccessibles à l'expérimentation, on ne peut qu'attribuer à cet ensemble d'atomes une répartition statistique, en étudier les comportements et renoncer à suivre chaque particule dans ses évolutions.

On s'aperçoit bien vite que le hasard exerce une influence autrement puissante sur l'univers atomique : nous ne pouvons suivre ni les avatars d'un ensemble d'atomes, ni même ceux d'une particule isolée. Cette impuissance découle directement des lois de la mécanique quantique.

Le fait est que pour suivre, par exemple, les mouvements d'un électron, il faudrait braquer sur lui un microscope, mais pour le voir, il faut l'inonder d'une lumière elle-même composée d'un certain nombre de photons. Or, cette lumière n'est pas inoffensive pour l'électron : elle le bombarde avec une force que l'on ne peut prévoir et le pousse dans une position nouvelle en lui imprimant une vitesse également imprévisible. Ainsi, la simple lumière qui sert à l'observation engendre une indétermination des paramètres essentiels de l'électron (position et vitesse) et interdit d'en savoir plus sur sa trajectoire. Du même coup, la notion même de particule se voit privée de son aspect corpusculaire typique, du fait qu'il n'est plus possible d'en suivre la trace. L'indéterminisme apparaît par ce biais, puisque toute observation suppose un agent physique pour établir un contact avec l'électron et qu'à l'échelle microscopique, cet agent exerce toujours un puissant effet sur l'objet à observer.

D'autre part, divers types d'expérience - diffraction des électrons, effet photoélectrique - exigent pour les expliquer un modèle nouveau, à la fois pour les électrons et les photons, suivant lequel ces entités physiques possèdent simultanément une double nature, corpusculaire et ondulatoire, dont l'esprit ne peut concevoir la superposition, mais qui les laisse apparaître dans l'une ou l'autre de ces modalités selon le cas. L'indéterminisme ne joue que pour l'aspect corpusculaire, le comportement ondulatoire qui lui est contemporain étant parfaitement prévisible ; pour sortir de cette étrange impasse, on affirme que les ondes guident les particules, mais selon une fonction de probabilité : à une forte intensité ondulatoire

correspond une forte probabilité particulière ; de même, si cette intensité est nulle, la probabilité l'est également.

Il est évident que la brutale irruption du hasard dans la physique atomique fondamentale ne pouvait que bouleverser la mentalité et la philosophie naturelle du physicien. L'impossibilité de se représenter ce qui se passe dans l'univers microscopique fait surgir, à côté du déterminisme mécanique, une nouvelle vision de la nature, d'inspiration plutôt agnostique. Le monde est beaucoup plus compliqué que les premières investigations ne le donnaient à penser, et il faut bien reconnaître que, passé un certain niveau d'information, on pénètre dans des contrées où la prédiction exacte n'a plus cours et où la vision générale du cosmos en devient plus floue, plus difficilement perceptible dans sa globalité.

Avant d'aller plus loin, notons qu'avant que la mécanique quantique ait déchu le déterminisme absolu de ses prétentions à l'universalité, un regard un peu pénétrant porté sur les lois pures de la mécanique classique y aurait décelé l'expédient commode pour résoudre des problèmes, plus qu'une réalité véritablement ancrée dans la nature. De fait, même si on les exprime d'ordinaire sous la forme d'équations différentielles, ces lois peuvent aussi prendre celle d'un "principe de variation" : une certaine quantité, appelé "intégrale variationnelle" doit, du début à la fin du mouvement, être maximale ou minimale ; et c'est de cette condition que se déduisent directement les lois du mouvement. Cela donne une sorte de coup d'oeil balayant le temps, qui permet de choisir la bonne trajectoire, selon une condition qui, apparemment, ne subordonne pas l'avenir au passé. Cette deuxième formulation "variationnelle" de la mécanique, si elle est moins pratique que l'autre, montre bien cependant que la vision déterministe n'est qu'un aspect des choses et que l'on peut dériver correctement un mouvement en plaçant passé et avenir sur un pied d'égalité.

Ce n'est toutefois que récemment que le déterminisme a subi un coup vraiment fatal, non seulement dans le microscopique, mais aussi dans l'univers normal de la macrophysique, encore que Poincaré lui-même l'ait le premier pressenti, voyant dans cette brèche un défaut de la belle ordonnance rigoureuse de la mécanique classique. Cette évolution est liée aux multiples variables ou aux corps constituant un système. En effet, nous ne savons intégrer exactement les lois de la mécanique sous la forme habituelle d'équations différentielles pour trouver la solution exacte de problèmes bien définis que si le nombre de variables ou de corps considérés reste très petit. L'exemple parfait est celui du problème de deux corps, la Terre et le Soleil par exemple, ou de deux particules. Etant donné la situation de départ de la Terre par rapport au Soleil - ou d'une particule par rapport à l'autre -, leurs évolutions relatives s'avèrent déterminées à jamais. Mais que l'on ajoute un troisième corps - planète ou particule supplémentaire - et la solution devient moins univoque, voire d'autant plus délicate qu'il est normalement impossible de la trouver dans le cadre d'une prédiction générale. Il est facile de deviner ce qui se produit quand le nombre de corps devient très important - 10^{11} étoiles ou 10^{23} particules - comme il est courant en astronomie ou dans la structure de la matière. On est alors souvent amené à des solutions dont la stabilité ne résiste pas à une variation infinitésimale des conditions initiales ; en d'autres termes, alors que d'ordinaire la solution d'un problème donné ne change qu'infinitésimalement quand ces conditions varient de quantités elles-mêmes infinitésimales, il apparaît qu'avec cette nouvelle catégorie de problèmes à variables multiples, la moindre variation des conditions initiales peut bouleverser du tout au tout l'allure de la solution au niveau macroscopique. Et comme il est impossible, lorsqu'on s'attaque en physique aux réalités, de définir les conditions initiales avec une prévision supérieure à une certaine marge d'erreur, cette propriété entraîne une large part d'indétermination quant à la solution finale ; ces problèmes semblent donc échapper très largement à la rigueur du déterminisme. Ce sont ces constatations, dont les meilleurs

exemples sont fournis par divers problèmes de dynamique des fluides, tout particulièrement en météorologie, qui ont rétréci considérablement l'habituelle image "scientiste" d'un monde physique dont tous les événements peuvent être rigoureusement anticipés.

Jusqu'ici, j'ai surtout cherché à montrer comment le développement de la science a de plus en plus limité la validité du déterminisme pur. Toutefois, pour en arriver à ce point de vue de la physique que j'ai qualifié tout à l'heure de "métascientifique" et qui est lié à la représentation que nous pouvons nous faire aujourd'hui de la réalité la plus intime de la nature, il vaut mieux se tourner vers le domaine où les progrès les plus spectaculaires dans ce sens n'en sont encore qu'à leurs débuts, à savoir la physique des particules élémentaires. Il n'est évidemment pas question dans les limites d'une brève communication de proposer une véritable interprétation de la réalité à une telle profondeur ; nous ne pouvons qu'essayer de présenter une conclusion synthétique résumant les détails de la situation. Dans cette optique, je rappellerai que nous savons aujourd'hui que la particule n'est pas élément fondamental, en ce sens que ce qui constitue non seulement la matière mais aussi l'énergie est une inconnue, un *quid*, dont les structures intellectuelles de notre imagination, nous l'avons dit, sont incapables de rendre compte et qui se présente sous deux aspects différents - particules ou ondes - selon le mode d'observation ; nous ne connaissons que quelques-unes de ses propriétés, qui en constituent pour nous la réalité physique. Si donc nous nous concentrons sur ces propriétés, exprimant quelques principes très généraux, elles nous apparaîtront essentiellement comme la représentation de certaines idées, terme que j'emploie ici plutôt dans son sens platonicien. Ces propriétés ou idées - dont les plus remarquables seraient certaines symétries, certains isomorphismes ou l'unification de certaines interactions, qui varient selon l'entité physique à laquelle elles s'appliquent, constituent des sortes d'archétypes imprimant à la matière, qu'elles diversifient chacune à sa manière, leur nature mathématique singulière. Nous pouvons donc nous représenter la substance du cosmos comme un substrat universel et indéterminé, qui révèle toute la diversité dans ce que nous nommons électrons, photons, ou autres entités, en vertu des idées ou principes qui leur donnent naissance. Remarquons que le vide n'existe pas dans cette vision et que ce que nous nommons ainsi est tout rempli de ce substrat constitué d'ondes ou de particules à l'état virtuel non observable, mais qui deviennent réelles et partant observables dès qu'un quantum d'énergie les tire de leur virtualité pour les douer de réalité et faire ainsi apparaître ce que nous appelons la matière.

Dès lors, on comprend pourquoi la physique des particules est devenue l'instrument le plus commode d'accès au terrain de la métascience qui sous-tend la physique. Je tiens néanmoins à rappeler que cet élargissement de l'horizon n'est que la première étape annoncée d'une extension de plus en plus poussée du champ de vision de la science. Quant à la deuxième étape, dont je donnerai aussi, dans la dernière partie de mon exposé, un exemple, elle consiste à recourir à des notions ou points de vue qui ne sont pas normalement considérés comme scientifiques pour simplifier ou rendre plus compréhensibles certains phénomènes nouveaux dans l'univers physique qui autrement resteraient fort difficiles à élucider.

La voie de cet élargissement est essentiellement, à mon avis, celle des récentes découvertes de la cosmologie ou, plus simplement, celle de la cosmologie tout court, puisque cette science n'existait pas il y a un demi-siècle. A l'époque, la physique vivait en dehors du temps ; ses lois étant éternelles, l'ensemble du cosmos, planètes, étoiles, galaxies et amas galactiques compris, était réputé l'être également. Or, c'était faux ; telle est la grande leçon que la cosmologie a enseignée à la physique ces dernières décennies. Si nous avons de bonnes raisons de continuer à tenir les lois de la physique pour immuables, nous en avons à présent

d'autres, tout aussi convaincantes, de penser que l'univers a eu un début, qu'il aura peut-être une fin et qu'il est donc le sujet d'une histoire.

Je ne peux que retracer rapidement cette histoire : des faits d'expérience bien connus, comme le décalage dans le rouge des raies spectrales des galaxies (le *red shift* des spécialistes) en fonction de leur éloignement, puis la découverte d'un rayonnement thermique de corps noir de 3°K, isotrope dans l'espace tout entier, et l'abondance de l'hélium, lequel représente environ le quart de la matière de l'univers, peuvent être interprétés en termes simples si l'on suppose qu'à un moment donné, avant lequel il est à présumer que notre cosmos n'existait pas encore, un coup de pouce primordial donné au vide par quelque main invisible - et il n'appartient à la physique de se prononcer ni sur cette chiquenaude ni sur son auteur - a fait naître toute la matière et toute l'énergie qui devaient engendrer l'univers dans des conditions de densité et de température qui défient l'imagination ; que cette matière a fui dans un irrésistible mouvement d'expansion qui l'a propulsée dans toutes les directions à une vitesse voisine de celle de la lumière ; que cette expansion n'a pas cessé depuis lors, mais que la densité et la température de la matière sont allées en diminuant ; que le mélange initial de particules et de lumière, au bout d'un certain temps, a donné naissance aux nébuleuses, lesquelles ont engendré à leur tour les protogalaxies et les galaxies ; que la matière des galaxies, par fission, a donné ensuite les étoiles, que les nuages qui les constituaient ont parfois dotées d'une famille de planètes. Nous sommes certains que sur l'une au moins de ces planètes, au bout de quelques milliards d'années, la vie s'est lentement développée jusqu'à l'apparition de l'homme.

On voit bien que le panorama de la cosmologie, qui est essentiellement historique, débouche toujours, pour être complet, sur ce phénomène radicalement nouveau qu'est l'apparition de l'homme, qui est comme la chute du récit. Or, si l'homme - et du coup sa planète - avaient été placés au centre de l'univers par les cosmologies anciennes de Ptolémée et de Dante, la révolution copernicienne devait les évincer de cette situation privilégiée pour les rejeter dans des positions de plus en plus subalternes. Aujourd'hui, le soleil lui-même a perdu sa place centrale et n'est plus qu'une étoile dans sa banlieue d'une galaxie, parmi les milliards d'autres qui fuient dans l'univers en expansion. Ce sont ces reculs successifs qui ont conduit jusqu'ici les physiciens à ériger en axiome le principe dit "copernicien", selon lequel il n'existe dans l'univers rien qui donne à l'homme une place à part ou une importance particulière. Tout se passe comme si l'homme était absent du cosmos et comme si tous les physiciens s'efforçaient de rendre ce dernier presque totalement indépendant de tout observateur.

Cette conjuration contre l'homme, ourdie dans la généralisation du principe de Copernic, va être dénoncée, ou l'est peut-être déjà, par la cosmologie. C'est il y a plus de dix ans en effet que sont apparues les premières formulations du principe dit "anthropique", qui s'oppose à celui de Copernic et que des exemples de plus en plus convaincants illustrent progressivement. Au niveau philosophique, il s'exprime par les raisons suivantes : il est illusoire d'espérer comprendre l'univers indépendamment de l'homme, car tout point de vue suppose un observateur ; or, pour qu'il y ait un observateur, il faut que soient réunies les conditions voulues pour la naissance et la conservation de la vie. L'univers doit donc, nécessairement, pour être observé de l'intérieur, permettre à la vie de se développer ; ainsi, il n'est pas indépendant de l'observateur, de l'homme en l'occurrence, dans la mesure où il lui faut être capable de le produire. D'où la condition qui relie l'homme à l'univers, à savoir que celui-ci doit présenter les qualités requises pour l'accueillir en son sein.

Selon une de ses premières formulations - dite "faible" - ce principe veut qu'il nous aurait été impossible de trouver, pour l'âge de la Terre, du Soleil et du cosmos tout entier, des ordres de grandeur très différentes de ceux que nous avons effectivement calculés. Si cet âge avait été moins élevé, des éléments comme le carbone et l'oxygène, indispensables à la constitution de la matière organique dont l'homme est modelé, n'auraient pas eu le temps de se développer en quantités suffisantes ; s'il avait été plus élevé, le Soleil n'aurait pas présenté les caractéristiques qui ont permis à la vie de se développer sur Terre. Donc, selon cette première formulation du principe, les constantes cosmologiques les plus importantes sont liées à la présence de l'homme.

Il existe une deuxième formulation - dite "forte" - du principe de "l'anthropie", qui conduit à des considérations beaucoup plus strictes : le domaine entier de la physique est caractérisé par un certain nombre de constantes fondamentales, comme la vitesse de la lumière, la constante gravitationnelle, la constante de Planck, la charge et la masse de l'électron, les constantes de l'interaction faible et de l'interaction forte... Nous les acceptons telles quelles, et leurs valeurs fixent l'ordre de grandeur de divers phénomènes : gravitation, ondes, électromagnétisme, interaction forte, interaction faible... D'une manière générale, tous ces phénomènes sont considérés comme indépendants les uns des autres. On aurait pu penser a priori que si les valeurs des constantes fondamentales avaient été modifiées, cela n'aurait rien changé qualitativement à l'image du monde physique. On se trompait. Il a été démontré empiriquement que si la valeur de certaines constantes avaient été différente de quelques points de pourcentage, la vie eût été impossible dans l'univers. Pour se former, le vivant a besoin d'une certaine quantité d'éléments légers, comme l'hydrogène, et d'éléments lourds, comme le carbone et l'oxygène, mais si la constante d'interaction nucléaire avait été supérieure de quelques points par rapport à la constante électromagnétique, la quasi-totalité de l'hydrogène aurait disparu dans les premiers temps de l'univers et il ne resterait que les éléments relativement lourds. Si elle avait au contraire été plus faible, on aurait eu la situation inverse : les éléments lourds ne se seraient pas formés, et l'univers d'aujourd'hui serait uniquement composé d'hydrogène.

La valeur relative des constantes fondamentales est donc absolument décisive pour l'apparition de la vie. On a exprimé cette réalité en termes statistiques, en supposant un nombre infini d'univers, qualitativement semblables, mais aux constantes fondamentales différentes. Si nous essayons de déterminer la valeur de ces constantes, nous ne pouvons que tomber sur celles que nous avons effectivement trouvées, sinon, c'est-à-dire dans un univers différent du nôtre, nous n'aurions pu voir le jour. On pourrait à mon avis faire l'économie de cette statistique compliquée d'univers, si l'on ne craignait de remettre en usage un terme depuis longtemps banni de la langue scientifique, en disant : les constantes fondamentales sont ce qu'elles sont pour que la vie humaine soit possible ; en d'autres termes encore, il y a, à l'origine de l'univers, une intention délibérée de le voir s'édifier tel qu'il est, pour que puisse apparaître le phénomène de la vie, avec le rejeton que constitue l'homme en tant qu'être conscient. Chassez ainsi le finalisme, comme l'ont fait surtout les biologistes, et il revient au galop, semble-t-il, aujourd'hui, chez les physiciens eux-mêmes. Il se peut cependant que tous les physiciens ne soit pas prêts à souscrire à une formulation de ce genre, même si c'est la plus simple, et de loin, pour expliquer les propositions issues du principe de "l'anthropie".

La position centrale de l'homme dans le cosmos, pierre angulaire de la cosmologie traditionnelle déchaussée par l'hypothèse copernicienne, réparaît maintenant dans la pensée des physiciens, même si c'est de façon voilée : si le principe de

Copernic s'impose de lui-même à l'analyse quantitative de l'univers, au niveau des intentions, l'homme commence à reconquérir le centre du terrain, même en physique.

Par ce qui précède, j'ai voulu montrer en m'aidant de quelques exemples que depuis un siècle environ, l'interprétation de la science n'a cessé de s'élargir et que, à partir de la vision assez étroite du scientisme pur, elle a évolué de manière à laisser de plus en plus de place à des interprétations inédites du monde, qui consistent, d'une part, - sans parler de l'indétermination que l'on reconnaît à des degrés divers au niveau macroscopique comme au niveau microscopique - en une vision quelque peu platonicienne de la réalité physique, qui serait gouvernée par quelques principes généraux de nature abstraite et mathématique à l'oeuvre sur un substrat que nous appelons matière et énergie, et, d'autre part, en points de vue et en notions qu'il devient maintenant possible d'exploiter alors qu'ils n'étaient pas normalement utilisés dans les sciences de la nature. Le simple fait de les admettre équivaut d'ailleurs selon moi à reconnaître qu'il faut laisser, en marge de la démarche scientifique rigoureuse, assez d'espace pour une réalité d'un autre ordre - qui, même si elle n'apparaît qu'épisodiquement dans la nature, est peut-être reliée à ces cadres de pensée dont nous avons dit au début de cette communication qu'ils étaient représentatifs de la réalité intérieure de l'homme. Cela conduit donc à espérer que nous entrons en fait dans une ère d'équilibre où seront respectées les deux réalités de l'homme, justiciables de deux types différents de connaissance, scientifique et métascientifique d'un côté, et véritablement métaphysique de l'autre.

Il n'a jamais été facile de définir la nature exacte de la relation qui existe entre ces deux types de connaissance. Qu'il me soit permis pour conclure d'expliquer à grands traits comment je la vois.

Selon moi, pour saisir par l'imagination et sans erreur la signification réelle de cette relation, il faut se figurer l'homme et l'univers - rattachés par le lien traditionnel bien connu entre le macrocosme et le microcosme - comme une série d'enveloppes allant, de l'extérieur vers l'intérieur, du niveau matériel aux niveaux psychique, mental, puis spirituel, et enfin au niveau du Principe suprême. Il y a deux voies d'accès à cette construction : l'une est "horizontale", elle suit la "surface" de l'enveloppe matérielle, cherchant sur le même plan les causes des effets observés : c'est la voie de la science ; l'autre, "verticale", procède selon l'axe qui conduit de la surface matérielle au Principe suprême : c'est la voie de la métaphysique. Les conceptions "horizontales" ou "verticales" ne sont donc que les deux faces d'une même médaille et constituent ensemble la connaissance totale ; mais ces deux démarches ne sont pas simultanées, elles sont plutôt complémentaires, dans un sens qui fait penser à la mécanique quantique : l'une conduit à ce que l'autre ne peut voir, et si nous nous attardons sur elle, nous compromettons nos chances de suivre la seconde. La métaphysique, alimentée par l'intuition immédiate, tend à proposer une image *a priori* de l'essence des divers niveaux de la réalité qu'elle relie au Principe suprême, mais ne dit rien des phénomènes dont ils sont le lieu ; la science, au contraire, nourrie par l'expérience empirique, ne nous laisse rien ignorer du fonctionnement du niveau matériel, sans donner la moindre indication *a priori* sur les résultats à escompter, mais de par la nature même des postulats sur lesquels elle repose, elle est incapable d'aller au-delà des limites qu'elle s'est assignées et d'énoncer rien de fondamental sur le comportement des niveaux immatériels du cosmos, de l'homme et de leur Principe commun. La complémentarité consiste donc à s'ancrer dans la perspective métaphysique pour pouvoir tracer les principaux embranchements des divers niveaux à partir du Principe, et d'utiliser la démarche scientifique pour combler tous les trous laissés par la métaphysique, absolument muette sur le comportement du monde matériel.

Si nous nous efforçons quand même de dépasser cette complémentarité, nous pourrions vraisemblablement atteindre à une sorte d'unification des deux côtés de la médaille. Des détails de l'image fournie par la science, nous passerons aux idées "platoniciennes" générales qui gouvernent leurs structures complexes, et l'on peut espérer que ces idées métascientifiques et les réalités métaphysiques dont elles seraient la représentation symbolique dans l'ordre matériel sont isomorphes. Nous serions alors en droit de penser que les deux réalités que l'homme affronte, au dehors et au dedans de lui-même, sont par nature vouées à s'équilibrer parfaitement, tout en restant indépendants, sans qu'aucune découverte scientifique soit en mesure d'influer sur le registre métaphysique, ni aucune postulation métaphysique, de prédire une relation matérielle encore à découvrir. Même si elles ne sont ainsi liées que par un lien interne malaisément visible, connaissance physique et connaissance métaphysique pourraient être placées sur un pied comparable, chacune laissant à l'autre l'espace de son développement, et partant, à chaque homme, la possibilité de progresser dans les deux directions, suivant le fil de ses intentions dans l'un et l'autre domaine. Telle est peut-être la conclusion la plus poussée à laquelle on puisse parvenir aujourd'hui.

**L'IMPACT CULTUREL DES INNOVATIONS SCIENTIFIQUES
LA MEDECINE PREDICTIVE ET SON IMPACT SOCIOLOGIQUE**

par Jean DAUSSET

Pendant des siècles la médecine s'est préoccupée de soigner. Aujourd'hui elle s'est donnée comme but ultime de prévenir plutôt que de guérir. Mais, pour prévenir il faut prédire : ainsi est née la médecine prédictive, premier acte de la médecine préventive.

Sous le vocable de médecine prédictive on entend aussi bien la prédiction d'une maladie déjà existante chez le fœtus, qui ne sera apparente qu'après la naissance (c'est le diagnostic prénatal) que la prédiction d'une susceptibilité particulière à une maladie qui pourrait se déclencher après la naissance ou au cours de la vie (c'est l'étude du "terrain" de prédisposition).

Ces deux domaines sont actuellement en pleine évolution du fait de nouvelles techniques, des innovations scientifiques dont la plus spectaculaire est l'introduction du génie génétique qui permet d'étudier en détail le patrimoine génétique (le génome) d'une personne ou même celui d'un fœtus. Pour ce dernier, il y a désormais possibilité de prélever par voie vaginale, dès la 8ème-10ème semaine de gestation, un petit fragment de placenta sur lequel une étude approfondie du génome peut être effectuée.

Il est facile d'imaginer les conséquences sociales que pourrait avoir la connaissance très précoce des caractères normaux ou pathologiques d'un enfant à naître. De même, on peut imaginer l'impact individuel et social de la révélation d'une susceptibilité particulière à une maladie.

Voyons successivement ces deux aspects qui concernent en fait deux types de maladies.

Le diagnostic prénatal s'applique essentiellement aux maladies congénitales (comme le mongolisme qui n'est pas héréditaire) et aux maladies génétiques dues à l'altération d'un seul gène (dites monogéniques) comme l'hémophilie, les myopathies ou la mucoviscidose.

Par contre, le diagnostic de susceptibilité s'applique à toute une série de maladies dues à la rencontre malencontreuse chez le même individu de plusieurs gènes (elles sont donc dites polygéniques) comme le diabète juvénile insulino dépendant ou la sclérose en plaques.

1. LE DIAGNOSTIC PRENATAL

Les malformations congénitales et les maladies héréditaires représentent, dans les pays industrialisés, une des premières causes de mortalité et de morbidité pendant

l'enfance : elles sont un malheur pour l'individu atteint, une terrible épreuve affective pour les familles éprouvées et un fardeau économique considérable pour la société.

Jusqu'à l'introduction du génie génétique, il était parfois, quoique rarement, possible de poser un diagnostic de certitude. Aujourd'hui et encore plus demain les médecins généticiens disposeront de "sondes" génétiques spécifiques ou quasiment spécifiques du gène défectueux responsable de la maladie. Dans les familles connues pour porter un tel gène il sera désormais possible de dépister chez le fœtus, à peine âgé de 8 à 10 semaines, la présence de ce gène. C'est tout au moins l'espoir pour des maladies aussi graves et aussi répandues que la myopathie de Duchenne ou la fibrose kystique appelée encore mucoviscidose. En fait, la situation actuelle est plus nuancée car les sondes ne font souvent que repérer un gène voisin du gène anormal : il y a donc un certain pourcentage d'erreur. Par ailleurs, un même gène peut présenter des anomalies différentes spécifiques de chacune des familles atteintes. Mais on peut penser que ces difficultés techniques seront rapidement résolues et que le diagnostic prénatal des principales maladies génétiques monogéniques entrera prochainement dans la pratique courante.

Malheureusement, il existe un énorme écart entre nos moyens thérapeutiques actuels et nos méthodes sophistiquées de diagnostic. Autrement dit, du diagnostic ne découle pas encore le traitement sauf dans de rares cas. Par conséquent, le diagnostic prénatal confronte les parents et le médecin à la question redoutable du recours à l'interruption volontaire de grossesse.

On peut donc craindre que l'extension du diagnostic prénatal ne renforce le phénomène social qui s'esquisse et se précise du rejet des sujets considérés comme anormaux et de rendre encore plus intolérable la moindre anomalie du fœtus ou de l'enfant. On a, à ce propos, entendu parler du "droit à l'enfant normal".

Compte tenu des changements de mentalité concernant l'interruption de grossesse et les possibilités légales de celle-ci (tout au moins en France jusqu'à la 10ème semaine), il y a des risques évidents de dérapage. Il est à prévoir, en effet, que certains couples ne voudront prendre aucun risque. Mais, où se trouve la limite entre l'acceptable et l'inacceptable ? Qui peut s'arroger le droit d'en juger ? Qui peut imposer à une famille de prendre une telle responsabilité ? La liberté dans la lucidité est la seule attitude possible.

La collectivité doit cependant s'assurer que la possibilité de décider en pleine connaissance de cause est bien respectée. Autrement dit que l'information a été donnée par une personne extrêmement compétente. Pour prévenir tout abus, et pour assurer l'égalité de tous devant ces risques, il est essentiel (comme l'a récemment préconisé le Comité National d'Ethique de France) que les examens soient exécutés par des Centres Agréés, parfaitement équipés en hommes qualifiés et en matériel.

Mais cet aspect négatif de la médecine prédictive qui conduit, trop souvent, à l'interruption de grossesse n'est, sans doute, qu'un moment de l'évolution de la médecine ; il n'est dû qu'à notre ignorance actuelle. On peut, en effet, espérer que des thérapeutiques substitutives, issues entre autres du génie génétique, seront prochainement à notre disposition.

Il existe, par contre, un aspect très positif : c'est le dépistage des femmes dites "conductrices", c'est-à-dire celles qui portent le gène délétère sans être elles-mêmes malades, mais qui le transmettent à un de leurs fils sur deux (c'est le cas bien connu de l'hémophilie, mais aussi celui des myopathies et d'autres

affections liées au sexe). Il est bien évident qu'une jeune femme qui a vu mourrir son jeune frère de myopathie dans des conditions souvent atroces se refuse à procréer. La médecine prédictive pourra lever le doute, libérant de l'angoisse les femmes non conductrices et permettant aux femmes conductrices de connaître, à chaque grossesse, l'état du fœtus. Ainsi loin d'être un frein à la natalité, la médecine prédictive permettra de fonder des foyers et des familles heureuses.

Jusqu'ici nous avons limité nos propos aux familles dans lesquelles un gène anormal était déjà repéré. On peut imaginer que, dans certains cas, le dépistage par diagnostic prénatal soit étendu à toute la population et soit rendu obligatoire, comme ce fut le cas pour les vaccinations. Une telle mesure ne justifierait que par l'étendue des souffrances causées par une maladie ressentie par la collectivité comme un fléau. La société a-t-elle le droit (ou le devoir) d'imposer des tests systématiques à l'ensemble de la population ? N'est-ce pas une atteinte à la liberté individuelle ?

La réponse à cette question nous est partiellement donnée par l'expérience pratiquée en Sardaigne, où ce dépistage de la thalassémie (ou anémie méditerranéenne) par le génie génétique est fait désormais de manière systématique. Grâce à cette mesure, le nombre d'enfants atteints (homozygotes, c'est-à-dire ayant reçu le gène délétère de chacun de leurs parents, donc en double dose) nés en Sardaigne au cours de ces dernières années est minime. Ainsi, lorsqu'une affection est ressentie comme très grave par la population, celle-ci accepte, ou va même jusqu'à réclamer les contraintes d'un dépistage systématique. Autrement dit, il n'y a pas dans ce cas limite de conflit entre l'intérêt individuel et l'intérêt collectif.

L'autre aspect de ce conflit éventuel est celui du coût pour la communauté. Soigner tous les enfants atteints de thalassémie par les traitements les plus modernes (nombreuses transfusions, etc...), ce qui permettrait au mieux de prolonger leur vie jusqu'à la puberté, est évidemment une impossibilité pour le budget limité de l'île de Chypre. En revanche, le dépistage systématique est financièrement possible.

2. LE DIAGNOSTIC DE PREDISPOSITION

La situation est naturellement beaucoup plus complexe dans le cas des maladies polygéniques dues à un ensemble de gènes qui favorisent l'apparition de certaines maladies. Le dépistage de telles susceptibilités pourrait techniquement se faire avant la naissance. En fait, ce problème ne se pose qu'après la naissance chez le nouveau-né ou chez l'adulte sain. L'exemple typique est celui du diabète juvénile qui nécessite un traitement continu par l'insuline. Le gène principal de susceptibilité est très vraisemblablement une des variantes des groupes tissulaires (HLA). Par la détermination du groupe tissulaire on peut donc savoir le pourcentage de risque d'un individu de contracter cette affection. Ce risque est très grand (50%) chez le jumeau vrai d'un malade. Il est encore élevé (15 à 20%) chez le frère ou la soeur ayant le même groupe tissulaire que le malade. Il est bien moindre ou inexistant chez les autres membres de la fratrie. Par le génie génétique on pourra préciser considérablement ce risque dans les familles déjà éprouvées mais aussi, peut-être, dans l'ensemble de la population. En effet, en France un enfant sur 2 à 3.000 va devenir diabétique au cours de l'enfance ou de l'adolescence. Des études sont en cours pour établir la valeur d'un traitement très précoce enravant la destruction massive des cellules du pancréas qui secrètent l'insuline. Faudra-t-il dans ces conditions dépister systématiquement à la naissance ces enfants et les

soumettre à une surveillance étroite ? La décision reposera sur un ensemble de faits mettant en balance la gravité de l'affection, l'efficacité du dépistage et du traitement et, naturellement, le coût de l'opération.

Le diabète juvénile servira, sans doute, de modèle pour bien d'autres affections moins répandues mais parfois plus graves comme la sclérose en plaques.

A l'avenir il n'est pas exclu d'imaginer que de nombreux marqueurs génétiques associés à diverses affections seront répertoriés tout au long du ruban d'ADN (cette molécule support de notre programme génétique). A l'extrême on pourrait établir pour chaque individu un "profil génétique" qui serait un véritable indicateur de prédiction des maladies qui le menace.

Une telle perspective comporte certains risques qui doivent être reconnus puis limités. Certes il ne servirait à rien d'avertir une personne de sa susceptibilité à une affection, par exemple tumorale, s'il n'existe aucune précaution, aucun moyen réel de prévention et de lutte. A quoi bon courir le risque d'une anxiété bien compréhensible ?

Enfin, s'il est de l'intérêt de la collectivité que les qualités et les défauts de ses membres soient répertoriés, il n'en est pas de même pour les individus. En effet, ceux-ci peuvent craindre, si leurs troubles génétiques (maladies monogéniques) ou leur susceptibilité particulière (maladies polygéniques) étaient rendues publiques de se voir interdire telle embauche ou surtaxer telle assurance. Le secret doit donc être strictement préservé.

Nous est-il permis d'aller encore plus loin dans l'anticipation ? Non seulement des maladies sont sous le contrôle de plusieurs gènes mais aussi, sans aucun doute, les divers comportements humains. Le "caractère" d'un individu repose en fait sur ses réponses, souvent stéréotypées, aux mêmes incitations extérieures. Connaître la combinaison de gènes qui entraîne tel ou tel comportement serait pour l'humanité franchir une étape critique mais qui, comme toute connaissance nouvelle, pourrait être utilisée pour le pire et pour le meilleur.

En effet, ce qui est vrai pour les comportements l'est aussi, sans aucun doute, pour les capacités de chacun. Ce que l'on souhaite à un nouveau-né est qu'il développe au maximum les possibilités que lui a donné la nature. Le potentiel d'un cerveau humain est fabuleux et trop fréquemment sous exploité car l'épanouissement de telle ou telle faculté nécessite souvent une rencontre enrichissante ou un climat psychologique particulier qui, l'un ne survient, ou l'autre ne s'instaure, le plus souvent qu'au hasard. Muni de notions précieuses sur les heureuses combinaisons de gènes, l'homme pourra peut-être limiter le rôle aveugle du hasard en organisant ces rencontres, en développant ces ambiances bénéfiques. Il favorisera de la sorte le plein emploi des capacités potentielles d'un cerveau, en un mot son éclosion.

Ainsi ce passionnant domaine de la médecine prédictive nous a-t-il entraîné vers de vastes (peut-être trop vastes ?) champs de réflexion où la science et l'éthique doivent chacune trouver sa place. La recherche d'un équilibre subtil respectant à la fois la personne humaine et les impératifs de la société, équilibre dont, en fin de compte, scientifiques et société sont ensemble responsables, est une des missions d'un mouvement, le Mouvement Universel de la Responsabilité Scientifique, dont la vocation est de favoriser l'adaptation du monde moderne à l'extraordinaire développement de la science.

ESSAI SUR LES CONSEQUENCES SOCIO-CULTURELLES
DU DEVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE DES MICRO-ORDINATEURS ¹

par René BERGER

Interviewé en juin 1983, alors qu'il s'apprêtait à quitter la présidence de la Citicorp qu'il occupait depuis treize ans, Walter B. Wriston déclarait en embrassant du regard les gratte-ciel alentour : "Whether you think it's good or bad, we've changed the environment." Cette observation, émanant d'un homme à la tête d'un empire bancaire de près de 2.500 agences réparties dans quelque cent pays et dont les avoirs fin '82 se montaient à près de 130 milliards de dollars, l'équivalent de la moitié du budget militaire des USA, mérite qu'on y prenne garde ². Réservant le jugement de valeur de son interlocuteur, le constat est sans réplique : les techniciens transforment, sinon déterminent, l'ensemble de notre milieu. Aussi ne peut-on que redoubler d'attention quand le même président ajoute : "The world is in the midst of a great transformation, comparable to those of the Renaissance and the Industrial Revolution" ³. Ce qui se traduit dans le système bancaire en pleine évolution par le développement généralisé de l'informatique ⁴.

Ce préambule, quelque peu saugrenu, évite le double piège, d'une part de céder à la tentation de ramener l'analyse aux concepts d'"infrastructure" et de "superstructure" (donc de s'en tenir à un marxisme superficiel) ; d'autre part de céder à la tentation de l'idéalisme attardé qui entend décider ce qui est bien et ce qui est mal, comme si le monde n'avait pas changé. Ainsi la nouvelle révolution a pour principal acteur l'Entreprise qui non seulement fabrique des produits et des services, mais qui modèlè en grande partie notre existence et nos comportements quotidiens. La tradition et le savoir-faire ne suffisent plus. Les hommes d'Etat eux-mêmes, quels que soient les régimes, proclament d'une même voix l'Hamlet électronique : Innover ou périr...

Or, l'innovation a pris depuis peu un tour radical : "For the past 55 years, Time's Man of the Year covers have depicted real individuals or, on four occasions, a symbolic representation of a group of people..." ⁵. Et l'éditeur d'expliquer : "Several human candidates might have represented 1982, but none symbolized the past year more richly, or will be viewed by history as more significant, than a machine : the computer" ⁶.

Initiative sans précédent. Pour la première fois, un magazine aussi important que *Time*, s'adressant à des millions de lecteurs dans le monde entier, rompt avec le portrait d'histoire pour donner à la machine le **pouvoir de symboliser notre réalité**. Certes, nous savons depuis longtemps que le sort de l'homme et celui de l'outil sont liés, à dire vrai depuis le premier silex taillé de la préhistoire ; jamais pourtant n'avait été exprimée avec une telle force la conviction que l'un et l'autre l'étaient aussi étroitement (peut-être même que le second est en train de rompre l'équilibre). Intrus ? Partenaire ? "The Computer Moves In", l'ordinateur fait son entrée ⁷. Non sans provoquer l'inquiétude. Au point que *Time* éprouve le besoin de répéter pour légitimer son audace : "A world beckons, created by a technological

upheaval that is bringing computers to millions. Since no one person dominated this process, Time's Man of the Year for 1982 is not a man but the computer itself" ⁸.

Pourquoi commencer par des citations et des illustrations tirées de la seule presse américaine ? La raison en est simple : c'est que les Etats-Unis sont à l'origine à la fois de la première révolution informatique, celle des gros ordinateurs ⁹, et de la seconde, celle de la micro-informatique, qui date d'un peu moins d'une décennie. C'est en effet autour de 1977 qu'apparaissent les premiers Apple, Tandy, Commodore, auxquels l'histoire, ou déjà la légende, donne pour lieux de naissance, non pas les usines ou les laboratoires, mais les garages des premiers constructeurs. Autre raison : c'est aux Etats-Unis qu'ont oeuvré les *hackers* à qui l'on doit l'orientation "créative" de la micro-informatique. Ce sont encore les Etats-Unis qui dominent le marché mondial, en tout cas celui du software ¹⁰.

Du point de vue méthodologique, l'observation me paraît capitale. Lorsqu'on est invité à étudier les conséquences des nouvelles technologies, qu'il s'agisse de la télévision, du satellite, du câble, de l'ensemble des télécommunications ou de l'informatique, la tentation, ou plutôt à mes yeux l'erreur, est de traiter des phénomènes comme de faits constitués en les considérant surtout sous les angles politique, technique, voire étroitement culturel. Sans négliger ces trois facteurs, il importe néanmoins de mettre en évidence le rôle décisif du marché, qui en grande partie décide de la physionomie que prennent (ou ne prennent pas) les nouvelles technologies. Les sommes engagées se comptent par milliards de dollars, les bénéfices attendus pour le moins autant ¹¹. Les Japonais ont entamé avec les USA une guerre économique sans merci. L'enjeu est aujourd'hui le monde.

Cela dit, est-il vrai que l'ordinateur est en train de le changer ? De tout temps, ce sont les techniques, pris au sens large, qui ont ordonné nos différentes figurations de l'univers : mythologies et religions sont des "techniques" pour représenter les dieux, ou un Dieu. Quand les hommes se rendent maîtres du temps, tout au moins en le mesurant, Dieu apparaît sous les traits du Grand Horloger. Aujourd'hui, c'est sur le modèle de l'ordinateur qu'on se prend à imaginer notre cerveau. Peu importe le nombre et la diversité des analogies, le point décisif est quand la métaphore cesse d'être une figure du réel pour se substituer à lui. Mystère d'autant plus troublant que le développement technique et celui des logiciels semblent ne plus connaître de bornes. "Ordinateur, que fait-tu ?" TOUT. Non pas qu'il l'affirme, il n'en a même pas besoin. Calculeur, il additionne, soustrait, multiplie, divise ; aucune opération arithmétique, mathématique ou logique qu'il n'effectue presque instantanément. Il stocke, gère, simule, joue, seul ou avec des partenaires ; il pilote trains, avions, machines, usines, robots ; il transforme le bureau, la recherche, les sciences ; il assiste l'inventeur, l'éditeur, l'ingénieur, le concepteur ; il aménage bases et banques de données ; il multiplie les services en tous genres ¹². Il devient, comme le disait jadis Protagoras de l'homme, la mesure de toute chose. Aussi bien l'agrément de toute chose, puisqu'il dessine, peint, joue du piano, de la flûte, de l'orgue, du saxophone, de tous les instruments connus. Prouesse inouïe, la digitalisation aidant, il peut même créer de toutes pièces images et sons sans recours aucun à la réalité ambiante. La "réalité de synthèse" n'est plus un mythe, encore moins un slogan ¹³. Et déjà se profile la cinquième génération de l'ordinateur. Tout se passe en effet comme si l'électronique infiltrait l'ensemble de nos activités et ne pouvait être appréhendée que dans la globalité du champ transactionnel qu'elle instaure.

En substance, trois paradoxes (faut-il dire apories ?) sont à l'origine à la fois de notre émerveillement et de notre malaise ¹⁴.

1. L'ordinateur se prête aussi bien aux usages les plus spécifiques, voire les plus humbles (la puce du télégramme chantant), qu'aux tâches les plus complexes, impossibles à traiter sans lui (lancement de fusées, mise en orbite de satellites, service météorologique). Ce faisant, il semble prolonger le défi qui distingue, non pas sépare, l'homme des autres espèces animales ¹⁵. C'est ainsi que le processus d'homínisation est fondamentalement dû, ainsi que l'ont établi anthropologues, éthologues, ethnologues, à la plasticité progressive de l'encéphale ¹⁶. Si l'évolution de notre espèce tient à la réussite de nos comportements dans un milieu toujours plus complexe, ne peut-on se demander si la plasticité du micro-processeur, qui ne cesse d'intégrer un plus grand nombre de circuits sur une surface toujours plus réduite, n'amorce pas une évolution dans le sens de celle qu'a connue notre encéphale ? Certes, il faut se garder des analogies aventureuses. Néanmoins, on ne peut se défendre de constater que la variété et le nombre croissant des interactions sont devenus le lot de l'ordinateur comme ils le sont de notre cerveau. Ce qui ne signifie nullement, comme d'aucuns le concluent prématurément, à tort, que notre cerveau est un ordinateur. Toute affirmation réductionniste est outrancière ; en revanche, toute interdiction de s'interroger est à la fois réductionniste et outrancière.

2. Nos systèmes de communication recourent tous à des symboles et à des codes spécifiques pour fonctionner. Ainsi en va-t-il des langues (parlées et écrites), des nombres et de leurs combinaisons (chiffres, symboles), des modes de représentation (icônes, emblèmes, images fixes, mobiles, en noir, en couleur, en relief), ainsi de nos modes de penser et de raisonner. Or, le propre de l'informatique est de pouvoir convertir tous les symboles et les codes différents en une suite de zéros et de uns ; inversement, de pouvoir convertir telle suite, moyennant traitement approprié, en parole, en écriture, en opérations arithmétiques et mathématiques, en dessins, tableaux, schémas, en musique, bruits, sons. La **numération binaire**, exposée en clair par Leibniz au XVII^{ème} siècle, est devenue la **symbolique universelle** ¹⁷. Ce point mérite qu'on s'y arrête. Il ne s'agit pas de dire, comme d'aucuns aiment à le répéter, que la réalité se réduit au binarisme de l'ordinateur ; la numération binaire est un code, semblable à tous les autres codes. Ainsi le mot "pain" a pour signifiant des lettres et des sons différents selon les langues : Brot, bread, pane, etc., mais il est constant que dans chaque langue les usagers confondent le concept et la chose. "Pain" est le mot qui désigne l'objet. On consomme celui-ci, mais le concept est impropre à la consommation. Evidence sans cesse oubliée. René Magritte nous rappelle non sans humour en moulant en belles anglaises au bas de son tableau représentant une pipe : "*Ceci n'est pas une pipe*". De fait, comment allumer une représentation ? Ainsi de toutes les représentations, images et concepts qui codent la réalité sans se confondre avec elle ¹⁸.

3. De simple calculatrice de poche qu'il était au début, l'ordinateur en vient progressivement à exécuter toutes les opérations que nous programmons dans nos activités. D'où, dans la brutalité de son raccourci, la question de Turing : "Can Machines think ?" ¹⁹, point de départ de ce qu'il est convenu d'appeler **intelligence artificielle** ²⁰. "Abus de pensée ? Abus de langage ?" En tout état de cause, les chercheurs en intelligence artificielle se proposent de doter la machine de comportements proches de ceux de notre propre pensée, en particulier de la faculté que nous avons d'apprendre, de faire des déductions, des hypothèses, d'inventer des méthodes, bref de doter les automates des possibilités même de s'auto-organiser et de se reproduire ²¹. Si nombre de chercheurs croient à l'intelligence artificielle, nombre d'autres n'y voient qu'illusion ²². En tout état de cause, l'approche adéquate ne me paraît devoir être cherchée ni dans l'exclusive, ni dans le dogmatisme, encore moins dans

l'ostracisme, mais chez l'instigateur même de la recherche, A.M. Turing, qui, dans son célèbre essai *Computing Machinery and Intelligence*, fait la remarque capitale trop souvent négligée : "It might be urged that when playing the "imitation game" the best strategy for the machine may possibly be something other than imitation of the behavior of a man" ²³.

Quoi qu'il en soit, plus l'ordinateur excelle comme machine, moins il apparaît comme machine ; moins il apparaît comme machine, plus il apparaît, sinon comme conscience, du moins comme doté du pouvoir de fixer des objectifs et de les atteindre. C'est ce qu'avait pressenti et clairement affirmé Norbert Wiener il y a plus de deux décennies déjà en nous prévenant : "If you are playing a war game with a certain conventional interpretation of victory, victory will be the goal at any cost, even that of the extermination of your own side, unless this condition of survival is explicitly contained in the definition of victory according to which you program the machine. (...) A goal-seeking mechanism will not necessarily seek our goals unless we design it for that purpose" ²⁴.

Avec les foudroyants développements de la technologie, en particulier l'extension tentaculaire des réseaux, il n'est pas possible d'identifier l'ordinateur, comme le souhaiterait notre besoin de sécurité, à une image une et définitive. Tantôt il prend figure de super-machine, ou plutôt de sur-homme : Prométhée, Faust, Frankenstein, sans oublier Big Brother d'Orwell ; tantôt aux antipodes on en fait un esclave parfait qui, sans jamais se lasser, délivre les hommes de toutes les tâches routinières ²⁵, ou le serviteur stylé, toujours prêt à la tâche (entre le boy-scout et l'intendant d'autrefois) ; tantôt il prend figure d'aide cuisinier ("Five personal assistants, ready to help you do your filing, reporting, graphing, writing, and planning. Fresh from the IBM Software Market !") ; tantôt il fait figure de Mentor (guide, conseiller, consultant)... Autant d'images qui attestent toutes que l'informatique dépasse le rationnel et le fonctionnel auxquels on prétend la ramener. A l'instar de son illustre prédécesseur, l'Ordinateur, dont le pouvoir était de conférer un ordre d'Eglise, l'ordinateur-machine d'aujourd'hui met en ordre, ordonne notre société. A preuve la langue courante qui abonde déjà en néologismes portant sa marque : bureautique, productique, informatique, monétique, garantique, télématique, privatique, communautaire, créatique... Il n'est bientôt plus aucune activité qui ne soit susceptible, par la vertu du suffixe "ique", d'être traitée totalement ou partiellement par les procédures automatiques de la machine. Ce que confirment tant de sigles et d'acronymes qui, sous les traits d'astuces mnémoniques, ne sont que les effets de son action en cours ou à venir : Cassandre, Antiope, Esprit... ²⁶.

A l'évidence, il n'est bientôt plus rien qui ne soit conçu, traité et vécu en dehors de la machine polymorphe dont l'ordinateur est devenu à la fois la "tête chercheuse", le "moteur universel" et le "modèle référentiel". Au-delà des néologismes, des résistances, au-delà des vaticinations et des sempiternelles controverses entre optimistes et pessimistes, cela signifie au moins, d'une part que l'ensemble de nos comportements individuels et collectifs sont en voie de transformation (sensation, perception, affectivité, pensée, imaginaire, jusqu'à nos systèmes symboliques les plus complexes) ; d'autre part que la technoculture ²⁷, progressivement reconnue et reçue comme telle, engendre à son tour un système de références et de valeurs dans lequel s'ébauchent les nouveaux comportements appropriés, espoirs, dangers et perversions inclus ²⁸.

Qu'un nouveau paradigme ²⁹ soit en instance d'émergence, il est difficile de le contester. Pour la première fois apparaît une machine capable de séparer instructions et exécution, capable de mémoriser informations et données par milliards, capable de programmes, de découvrir en recourant à des règles dont l'application met

en oeuvre jusqu'à des millions d'inférences ³⁰. Comparé à la première massue de nos ancêtres, magnifiée par les oubliables images de Kubrick dans *2001 - Odyssée de l'Espace*, le contraste est saisissant. Pourtant la massue était elle aussi dotée d'une "mémoire" que nos ancêtres avaient "programmée" pour se défendre, écraser, tuer, déplacer, broyer. C'est de cette faculté technique, mise en oeuvre par nos ancêtres, que sont nés outils et machines, aujourd'hui l'ordinateur. Mais c'est aussi de la domestication du feu qu'il est issue. Le jour où les flammes ont pu être retenues prisonnières, non seulement le gibier est devenu aliment, mais, ténèbres et bêtes sauvages écartées, le clan a émergé dans la société, puis dans la civilisation. Les liens entre ses membres se sont fortifiés et précisés par l'invention des symboles et des codes. L'émergence, puis la domination des hommes sur l'environnement physique et social procède de cette triple origine : mise en forme de la matière, domestication de l'énergie, mise en oeuvre de la culture. Sur cette voie, l'information constitue un nouveau pas auquel fait écho Neil Armstrong, le premier homme à poser le pied sur la Lune : "Un petit pas pour l'homme, un grand bond pour l'humanité".

Si l'on embrasse d'un coup d'oeil l'ensemble des sociétés humaines, on constate qu'elles constituent toutes des ensembles qui occupent un espace, certes mouvant, pendant une période qui s'étend sur quelques siècles ou plusieurs millénaires. Mais on ne parlerait pas d'elles si elles ne formaient pas, dans l'espace et dans le temps, une **structure déterminée**, c'est-à-dire un agencement des "parties" tel que soient assurées à la fois une certaine cohérence et une certaine stabilité, à quoi servent, au sens large, les **institutions**. Par ce terme, j'entends tout ce qui est propre, conformément à l'étymologie, à **établir un ensemble**, à le fonder, à le "faire tenir debout". Il ne s'agit donc pas seulement des institutions tenues pour telles - institutions politiques, juridiques, sociales, administratives - mais aussi, par extension, des moeurs, des habitudes, des théories, des comportements. Ces "stabilisateurs" prennent également figure dans les édifices (palais, temples, tombeaux), dans l'agencement des villes, des villages, dans les monuments, en bref dans l'art ³¹. Le plus souvent, ce sont le pouvoir et l'autorité qui les établissent et l'adhésion implicite ou explicite des groupes et de leurs intérêts spécifiques qui les maintient. Cette description, toute sommaire qu'elle est, suffit à situer le modèle des sociétés stables, celui qui a prévalu depuis les origines jusqu'à nos jours. Elle peut en outre nous aider à mettre en lumière la mutation de notre monde moderne. Celle-ci se caractérise en effet, moins par l'opposition rhétorique entre le stable et l'instable dont elle est généralement l'occasion, plus souvent le prétexte, que par le fait que notre monde est constamment en **mouvement** (in motion, in progress). Les "stabilisateurs" traditionnels perdent de leur efficacité. De nouveaux sont requis, qu'on peut regrouper par commodité dans le seul concept d'**information**. Sous ses aspects les plus divers, information quotidienne (politique, économique, sportive, sociale, donnée par la presse, la radio, la télévision, etc.) ou plus spécifique (renseignements techniques, touristiques, administratifs, financiers, juridiques), plus largement encore sous la forme d'un élément ou d'un système de signaux propres à la transmission, l'information se propose, dans sa visée la plus générale, de suivre les phénomènes à la trace. L'institution est un fondement ; elle établit la société dans la durée ; elle implante pouvoirs et croyances. L'information en revanche calque sa démarche sur les changements dans leur mouvement même. C'est pourquoi les techniques de communication sont aussi nombreuses et ne cessent de se développer. Certes, la photographie avait déjà, il y a plus d'un siècle, donné le moyen de multiplier les instantanés ; certes, le cinéma, la radio, la télévision ont accéléré la prise en charge de données toujours plus nombreuses, toujours plus mouvantes. Mais il appartenait à l'informatique de devenir la technique qui seule permet de saisir les phénomènes partout et dans l'instant (ou presque). Capacité de traiter d'immenses quantités de données, capacité de les traiter à une vitesse vertigineuse ³², souvent en temps réel ; il est difficile

d'imaginer contrôle plus suivi, plus rigoureux, plus efficace. Sans jouer sur les mots, on voit comment l'institution s'informatise ; à l'inverse, comment l'informatique s'institutionnalise. D'où la question au cœur de la problématique : l'ordinateur est-il en passe de transformer notre culture ?

C'est finalement, tout au moins à mes yeux, dans sa **dimension esthétique** que s'accomplit en profondeur la révolution technologique en cours ³³. Hors de ses usages instrumentaux, hors de ses contenus spécifiques, machine et logiciels nous acheminent vers un mode de vie nouveau par la pratique du jeu qu'il ne faut pas réduire à la consommation des jeux ³⁴. Cette dimension ludique est au cœur de l'épistémologie génétique de Piaget comme elle hante toute l'oeuvre de Caillois : "Le jeu est un phénomène total. Il intéresse l'ensemble des activités et des ambitions humaines" ³⁵.

Pour la première fois dans l'histoire existe en effet une machine qui, quel que soit le jugement qu'on porte sur elle, établit avec l'homme des interactions en mode conversationnel. Interactivité ? Dialogue ? Les termes sont équivoques. Aussi éprouve-t-on souvent le besoin, pour qu'ils ne cèdent pas à un anthropomorphisme abusif, de les placer entre guillemets. Mais cette pratique est révélatrice de l'instant où, avec la chute imminente des guillemets, la machine basculera dans sa propre autonomie. C'est d'ailleurs ce que l'on constate : le "guillemetage" disparaît au fur et à mesure que la métaphore perd de sa teneur anthropomorphique. Ainsi en va-t-il encore de l'épithète "intelligent(e)" par quoi on entend que la machine est susceptible de prendre un certain nombre d'initiatives ou de fournir des réponses adaptées à la situation ³⁶. Qu'il s'agisse d'apprendre le calcul, la géométrie, les langues étrangères ou à dessiner, peindre, combiner des formes, les animer, qu'il s'agisse de construire, simuler, de résoudre des problèmes ou d'en inventer, dans tous les cas se manifeste la faculté essentielle de l'homme qui est son aspiration à créer, bref, sa **créativité** ³⁷. Or, il me paraît désormais plausible d'avancer que le terme peut être étendu à la machine elle-même, dont les performances atteintes aujourd'hui par l'ordinateur graphique nous font voir - et sentir - son aptitude à introduire dans "le monde des formes nouvelles qui n'y étaient pas déjà et qui constituent une réalité nouvelle", en tout cas **autre** ³⁸.

Le terme de "convivialité" appliqué à l'ordinateur n'est plus seulement un argument publicitaire ; il traduit une orientation et une relation nouvelles. Il ne s'agit pas de tomber dans le charisme électronique, mais il serait non moins vain de récuser l'esthétique vers laquelle nous cheminons. La convivialité, alliée à la vigilance, me paraît ouvrir sur un techno-imaginaire "soft" qui évite de subir le techno-imaginaire "hard" dont nous menace l'impérialisme techno-économique. C'est une chose de subir ³⁹ la machine comme un destin ; c'en est une autre d'apprendre à coexister avec elle. Certes, un nouveau solipsisme menace, qui donnerait à croire qu'il n'est plus de réalité que dans et par la machine ⁴⁰. D'autant plus redoutable que l'autisme est proche ! Ainsi du jeune Henry qui rêve de devenir "an electronics person... building a person out of lights" ⁴¹. Mais d'un autre côté veille l'aspiration millénaire des hommes à la *poiesis* qui dépasse les règles d'un système donné pour en inventer d'autre, elles-mêmes grosses d'un nouveau système ⁴². Quant à Douglas R. Hofstadter, l'un des esprits les plus brillants, les plus féconds aussi de la nouvelle culture, il ne craint pas d'embrasser l'avenir dans une vision "techno-poétique" : "One of the major purposes of this book is to urge each reader to confront this apparent contradiction head on, to savor it, to turn it over, to take it apart, to wallow in it, so that in the end the reader might emerge with new insights into the seemingly unbreachable gulf between the formal and the informal, the animate and the inanimate, the flexible and the inflexible. This is what Artificial Intelligence (AI) research is all about. And the strange flavor of AI

work is that people try to put together long sets of rules in strict formalisms which tell inflexible machines how to be flexible"⁴³.

De prime abord, une technique nouvelle s'accrédite dans la mesure où elle répond mieux (le mieux prête à discussion) à un ou des besoins particuliers que parfois elle crée ou contribue à créer. Le "progrès" se traduit par une "plus grande facilité", par une "plus grande accessibilité", par "un moindre coût", souvent par une plus large diffusion, et toujours par des intérêts économiques qui tirent parti du "plus". Mais ce qui se produit à la longue, le plus souvent à notre insu, c'est que la nouvelle technique entraîne progressivement des changements aussi bien de l'environnement que de nos modes de penser à partir d'une contagion progressive de notre sensibilité qui finit par tisser notre imaginaire⁴⁴. On se doute que ce n'est pas le cas de toutes les techniques, mais l'on reconnaît que c'est celui autrefois de l'horloge, plus récemment de l'imprimerie, actuellement de l'informatique. Finalement, on peut se demander si l'apparition de l'ordinateur n'est pas en train de produire une révolution aussi complète et complexe que celle due à l'apparition du livre. Est-il dès lors aberrant d'imaginer que l'esprit "hacker", ou millénairement l'esprit "poétique" de l'homme aidant, l'informatique, technologie à fonctions et tâches universelles, se découvre à son tour une vocation universelle ? Est-il déraisonnable de rêver qu'une machine, qui doit tant au rêve, puisse l'assumer ? En se rappelant par exemple qu'elle est indissociablement liée à l'aventure de l'espace. Qui ne se souvient de l'épopée des alunissages et simultanément du flamboiement des ordinateurs à la base de Houston ? Déjà l'ordinateur a franchi les limites de notre Terre⁴⁵. Par-delà la course aux armements et la guerre des étoiles s'ouvrent avec lui les portes de l'espace. L'appel est-il encore mal perceptible ? C'est aussi que nos modes de penser restent fâcheusement tributaires de nos modes de parler. Quand on cessera de "conquérir" la Lune, bref, quand on cessera d'user et d'abuser d'un vocabulaire belliciste périmé, peut-être la technologie elle-même, libérée de son asservissement, se mettra-t-elle à penser humainement. Opération portes ouvertes sur l'avenir, tel est, non pas l'objectif (encore le militaire qui parle), telle est l'interpellation que l'informatique adresse à l'espèce humaine en voie d'extension. Par-delà certains seuils, linguistiques, historiques, ethniques, politiques qu'elle a déjà franchis s'esquisse le premier pas vers un espace sémantique commun, prélude à la nouvelle étape.

NOTES

1. Mon propos n'est pas, je le précise, de tenter une analyse de la micro-informatique et de ses conséquences du point de vue technique ; il est d'appréhender les phénomènes en cours dans une perspective problématique répondant aux exigences d'une approche culturelle globale. C'est pourquoi références et faits ont été cités, parfois développés, sous la forme de notes à la fin du texte.
2. Cf. *International Herald Tribune*, 1er juin 1983.
3. *Ibid.*
4. "The Wriston vision of the role of Citicorp represents nothing less than a revolution in the way banks operate... Spending hundreds of millions of dollars on new technology, he has made Citicorp a pioneer in automated banking machines and in interactive home computers." Cf. *International Herald Tribune*, 1er juin 1983.

De son côté, l'UBS, l'une des trois grandes banques commerciales suisses, donne les précisions suivantes sur son informatisation :

1. "La technologie de pointe est aussi utilisée dans les canaux ultrarapides qui, grâce à l'emploi de lignes à fibres optiques, permettent de transmettre 50 millions de signes à la seconde entre les gros ordinateurs.
2. La puissance des ordinateurs des centres de Zurich et de Lausanne a passé de 17 à 60 millions d'instructions par seconde depuis 1979 ; 350 systèmes Nixdorf ont, en outre, été installés au siège central et dans les succursales et agences, totalisant une capacité de traitement globale de 280 millions d'instructions supplémentaires par seconde. Les données mémorisées dans nos banques de données centrales et régionales correspondent à quelque 280 gigabytes. Gigabytes ? Que signifie ce terme du jargon informaticien ? "280 gigabytes correspondent au contenu gigantesque de 141 millions de pages dactylographiées, un nombre dont on a de la peine à se faire un idée. Alignées bout à bout, ces pages s'étireraient sur une distance supérieure à la circonférence de la Terre".

Cf. *L'UBS informe 24 Heures*, Lausanne, 24 février 1985 (Service de presse et d'information de l'UBS, Bahnhofstr. 45, 8021 Zurich).

5. Cf. "A Letter from the Publisher", *Time Magazine*, No.1, Vol.121, 3 janvier 1983, p. 3.
6. *Ibid.*
7. A noter que l'édition américaine représente sur sa couverture désormais célèbre à la fois un homme et une femme, dus l'un et l'autre au sculpteur américain George Segal, tandis que l'édition européenne ne représente que l'homme. Faut-il voir dans ce traitement l'indication que les femmes américaines, à la diffé-

rence de leurs consœurs européennes, sont déjà familières de l'ordinateur ? D'autres interprétations sont évidemment possibles...

8. *Ibid.*
9. Le premier calculateur automatique capable de traiter de longues chaînes d'opérations sans intervention humaine est le MARK I construit par Howard Aiken en 1944 à l'Université de Harvard.
10. Cf. "U.S. Companies Dominate the Software Market", *International Herald Tribune*, 15 avril 1985.
11. C'est ce qui rend si âpres les luttes entre fabricants d'ordinateurs. Les pionniers glorieux, tels Apple et Sinclair, voient leur horizon s'obscurcir. IBM, qui vient d'entrer dans le marché de la micro-informatique depuis 1981, rafle le marché et menace l'existence de tous ses concurrents, sans craindre de supprimer ses propres produits lorsqu'ils se révèlent insuffisamment compétitifs : le malheureux PC Junior n'aura vécu que trois ans à peine...
12. Près de 25 millions d'abonnés au téléphone figurent dans l'annuaire électronique que la France met à disposition de ses quelque 500.000 "minitelistes" - qui seront bientôt 5 à 8 millions ! Chaque Minitel offre en sus plus de 1.800 services !... Pari télématique que la France est seule à pousser à ce point. Cf. *La Revue du Minitel*, Support PA, Paris, 1985.
13. Cf. Myron W. Krueger, *Artificial Reality*, Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1983.
14. **Paradoxe** désigne dans son sens positif une affirmation contraire à l'opinion admise mais dont on s'avise après coup qu'elle est grosse d'une vérité inattendue ou en émergence. C'est ce qui se produit souvent en science. Quant à **aporie**, le terme désigne le type de problème ou de situation qui met en présence des opinions contraires ou des difficultés quasi insolubles: Le départ n'est pas toujours facile à faire entre les deux termes.
15. Cf. entre autres, Konrad Lorenz, *L'homme dans le fleuve du vivant*, Ed. Flammarion, Paris, 1981.
16. Il convient de rappeler les travaux fondamentaux d'André Leroi-Gourhan, entre autres *Le geste et la parole - Technique et langage* :

"Un cycle se noue pour chaque espèce entre ses moyens techniques, c'est-à-dire son corps, et ses moyens d'organisation, c'est-à-dire son cerveau. Cycle dans lequel, à travers l'économie de son comportement, s'ouvre la voie d'une adaptation sélective de plus en plus pertinente." Cf. André Leroi-Gourhan, *Le geste et la parole I*, Albin Michel, Paris, 1964, p. 88.

"Quant à nous, il semble bien démontré que le départ de l'évolution humaine n'a pas été pris par le cerveau mais par les pieds et que les qualités supérieures n'ont pu émerger que dans la mesure où longtemps avant elles le terrain pour leur émergence s'est trouvé constitué." Cf. André Leroi-Gourhan, *Le geste et la parole II*, Albin Michel, Paris, 1964, p. 25.

L'observation sonne comme un paradoxe, qu'elle est : habitués à considérer la pensée comme notre trait distinctif, nous avons peine à admettre que notre bipédie est à l'origine de la complexité de notre cerveau. Ce rappel à l'humili-

lité devrait nous inciter à la prudence quand nous ramenons les ordinateurs à leur seule "quincaillerie".

17. Le texte manuscrit de Leibniz, daté du 15 mars 1679, couvre trois feuillets reproduits en fac-similé dans *Herrn von Leibniz, Rechnung mit Null und Eins*, Siemens Aktiengesellschaft, Berlin u. München, 1979. Dans une communication à l'Académie Royale des Sciences : "Explication de l'arithmétique binaire, qui se sert des seuls caractères 0 et 1 ; avec des remarques sur son utilité et sur ce qu'elle donne le sens des anciennes figures chinoises de Fohy", Leibniz précise en conclusion l'avantage d'une caractéristique universelle : "Tout raisonnement qu'on peut tirer des notions pourrait être tiré de leur caractère par une manière de calcul, qui serait un des plus importants moyens d'aider l'esprit humain." Cf. *Ibid.*, p.89.

C'est ce qu'entreprennent de réaliser au XIXème siècle George Boole, inventeur de la méthode pour mettre en forme les relations logiques par le calcul et Charles Babbage dont la "machine analytique", jamais construite, est l'ancêtre de l'ordinateur comme Augusta Ada, comtesse de Lovelace, fille de Lord Byron, est la première programmeuse. Mais c'est avec Turing, *On Computable Numbers*, publié en 1936, et *Computing Machinery and Intelligence*, publié en 1950, que commence la véritable aventure de l'informatique moderne.

Cf. J. David Bolter, *Turing's Man - Western Culture in the Computer Age*, The University of North Carolina Press, 1984.

18. Faut-il rappeler l'ouvrage classique de Foucault : *Les Mots et les Choses* (NRF, Ed. Gallimard, Paris, 1966) ?
19. Voir texte dans le livre *The Mind's I, Fantasies and Reflections on Self and Soul*, composed and arranged by Douglas R. Hofstadter and Daniel C. Dennett, Bantam Books, New York, 1981 (extrait de *Computing Machinery and Intelligence*, p. 53).
20. L'appellation "intelligence artificielle" date de 1969, lors de la première "International Joint Conference on Artificial Intelligence" de Washington. Les principaux principes auxquels s'applique l'intelligence artificielle concernent les applications linguistiques (traduction et documentation automatiques, études de grammaires formelles), recherche des méthodes de résolution des problèmes ; reconnaissance des formes et de la voix ; représentation des connaissances, mise au point de systèmes experts, etc. Ce que Nils J. Nilsson synthétise dans son ouvrage classique *Principles of Artificial Intelligence*, Tioga Publishing Co., Palo Alto, 1980, sous le titre *Some Applications of Artificial Intelligence* : 1. Natural Language Processing - 2. Intelligent Retrieval from Databases - 3. Expert Consulting Systems - 4. Theorem Proving - 5. Robotics - 6. Automatic Programming - 7. Combinatorial and Scheduling Problems - 8. Perception Problems (pp. 2-8).
21. Rappelons l'ouvrage prophétique de Norbert Wiener : *God and Golem Inc.*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1966. Mentionnons parmi les nombreux livres parus sur ce thème : *The Micro Millenium*, de Christopher Evans, Washington Square Press, New York, 1979.
22. Hubert L. Dreyfus : *What Computers Can't Do - The Limits of Artificial Intelligence*, Harper & Row, Publishers Inc., New York, 1979. Récentement traduit en français sous le titre *Intelligence Artificielle - Mythes et Limites*, Flammarion, Paris, 1984.

23. D.R. Hofstadter & D.C. Dennett, *The Mind's I*, Bantam Books, New York, 1981, p. 55. C'est moi qui souligne : "...may possibly be something other than imitation of the behavior of a man".
24. Norbert Wiener, *op. cit.*, pp. 59-60, c'est moi qui souligne : "...A goal-seeking mechanism...".
25. Inutile de dire que fabricants, techniciens, revendeurs concourent à diffuser cette conception qui est la raison d'être même du marché. De nombreux futurologues partagent cet optimisme ingénu qui fait la part belle à la robotique et dont Tsukuba établit les nouveaux temples et les nouvelles liturgies.
26. Faut-il rappeler, avec Freud, que les jeux de mots ne sont jamais innocents ?
27. Depuis *La Mutation des Signes*, Denoël, Paris, 1972, ouvrage dans lequel j'ai employé pour la première fois le terme, la plupart de mes écrits tentent d'analyser les effets de ce qu'il désigne. Je constate par ailleurs que, sans être d'usage courant, le terme commence à se répandre dans la mesure où l'on prend conscience que la technique fait partie intégrante de la culture, et réciproquement.
28. Un seul exemple : d'ici 1990, si ce n'est avant, la télévision exigera, avec la multiplication des canaux et des supports, près de 1.500.000 heures de programmes. Si l'on tient compte qu'un tiers est consacré aux divertissements (entertainment), les experts de la Communauté Européenne ont calculé qu'il manquera quelque 125.000 heures. Or, si la production d'une heure de dramatique en studio coûte environ 250.000 dollars, et qu'une heure "for a package of 30 episodes of Dallas" revient à 7.000 dollars, la conclusion est claire : tout le monde sera "packagé".
Au-delà des problèmes techniques, économiques et politiques se dessine la menace d'un véritable **Apartheid culturel** !
29. "Un paradigme peut même tenir le groupe des chercheurs à l'écart de problèmes qui ont leur importance sociale mais ne sont pas réductibles aux données d'une énigme parce qu'ils ne se posent pas en termes compatibles avec les **outils conceptuels et instrumentaux que fournit le paradigme**".
Cf. Thomas S. Kuhn, *La Structure des Révolutions scientifiques*, Flammarion, Nouvelle bibliothèque scientifique, Paris, 1970. C'est moi qui souligne.
30. Tohru Moto-oka, "Les ordinateurs de la cinquième génération", in *La Recherche*, n° 154, avril 1984, pp. 516-525. "Les performances des ordinateurs de cinquième génération seront mesurées par le nombre d'inférences logiques qu'elles pourront réaliser par unité de temps, une inférence représentant le travail nécessaire à la sélection et à l'application d'une règle. La capacité maximale de la machine à inférence sera de l'ordre de 100 Milps à 1 Gilps (inférences logiques par seconde). On estime qu'une inférence, réalisée par un ordinateur actuel, nécessite de 100 à 1.000 instructions ; ainsi un ilps représente de 100 à 1.000 instructions par seconde." (p. 520)
"A cet effet, il sera nécessaire de mettre au point un système de **"méta-inférence"** (raisonnement effectué à l'aide de méta-règles, c'est-à-dire de règles portant sur l'utilisation judicieuse d'autres règles) qui contrôlera le processus d'inférence des différents systèmes de résolution de problèmes et les connaissances traitées par ceux-ci. Dans un autre domaine ce système de méta-inférence devrait comporter aussi des fonctions de haut niveau susceptibles de simuler des facultés mentales telles que le "sens commun", l'analogie ou d'autres formes de raisonnement tacite." (p. 521)

31. Nombreux sont les anthropologues et les ethnologues qui ont développé ces vues. Rappelons les travaux aujourd'hui classiques de Claude Lévi-Strauss, Margaret Mead, Benjamin Lee Whorf, et les ouvrages annonciateurs de Pierre Francastel sur le rôle de l'art en rapport avec la société.
32. 800 millions d'opérations par seconde pour les supercomputers américains. Fuji annonce que son supercomputer traitera 1 milliard d'opérations par seconde... Chiffres sûrement déjà dépassés !
33. Je prends le terme d'esthétique à la fois dans son sens étymologique de "sensation, sentiment", et dans le sens de jugement d'appréciation ; plus largement encore dans le sens qui fait que, en dehors des énoncés et des croyances, c'est notre adhésion profonde qui constitue les mailles du tissu symbolique de la société.
34. J. Huizinga, *Homo Ludens*, Essai sur la fonction sociale du jeu, Gallimard, Paris, 1951.
35. Roger Caillois, *Les Jeux et les Hommes*, Idées NRF-Gallimard, Paris, 1958. Les travaux de Jean Piaget sont trop connus pour être énumérés ici. En revanche, signalons encore *Le Jeu du Monde* de Kostas Axelos, Ed. de Minuit, Paris, 1969.
36. Certes, les difficultés restent énormes, comme le révèlent les vicissitudes, mais aussi les joies des chercheurs en intelligence artificielle. Cf. *Into the Heart of the Mind, an American Quest for Artificial Intelligence* de Frank Rose, Harper & Row, Publishers, New York, 1984, dans lequel l'auteur fait avec humour le récit du programme PANDORA.
37. Abraham Moles, *La Communication*, Les Dictionnaires du Savoir Moderne, Bibl. du CEPL, Paris, 1971. Article "Créativité".
38. C'est le cas entre autres de la fameuse Paint Box de Quantel. Sur la synthèse des images, voir l'article de Francis Coupigny paru dans *La Recherche*, n° 144 spécial, mai 1983, pp. 735-745.

Il en va de même pour la création musicale telle que l'anime en particulier l'IRCAM au Centre Beaubourg. Déjà la 4X de Guisepe di Giugnio (1.024 oscillateurs et puissance de calcul de 200 millions d'opérations à la seconde) s'introduit dans les oeuvres de Pierre Boulez (*Répons*) ou fait figure d'"interprète synthétique" dans *Synapse* de Barry Vercoe.
Cf. Michel Redolfi, *Bit, Bit, Follies*, Dossiers Sciences et Techniques, ainsi que Frank Brown, *La Musique et l'Ordinateur*, PUF, Coll. Que Sais-je ?, Paris, 1982.
39. A propos de "techno-imaginaire", voir René Berger : *L'Effet des Changements Technologiques - En mutation, l'art, la ville, l'image, la culture, NOUS 1*, Ed. Pierre-Marcel Favre, Lausanne, 1983, Posiface.
40. Langdon Winner, "Just me and my Machine - The New Solipsism", *Whole Earth Review*, no.44, janvier 1985.
41. Sherry Turkle, *The Second Self. - Computers and the Human Spirit*, Simon and Schuster, New York, 1984, p. 131.

42. C'est ce qui a commencé entre l'ordinateur et les "hackers" qui, comme le dit Minsky : "Like poets and artists (they) are devoted to developing tools and techniques". Une informatique "animée", à tout le moins consciente, sensible, est-elle possible ?
Cf. Sherry Turkle, *op. cit.*, p. 206.
43. Douglas R. Hofstadter, *Gödel, Escher, Bach : An Eternal Golden Braid*, Vintage Books Ed., New York, 1980, p. 26. Cet ouvrage a valu à l'auteur le prix Pulitzer. C'est moi qui souligne.
44. Cf. Basarab Nicolescu, *Nous, la particule et le monde*, Ed. Le Mail, Coll. Science et Conscience, 1985, dans lequel l'auteur s'interroge en profondeur sur les mutations qu'entraînent les dernières découvertes de la physique.
45. Déjà devenue le "Spaceship Earth" à l'EPCOT Center. Cf. Pierre Missac, *EPCOT, ou l'alibi de Mickey Mouse*, Critique No. 451, décembre 1984.

**LE VOL HUMAIN : LA SCIENCE, LA TECHNOLOGIE ET L'HUMANISME,
LEUR EVOLUTION, LEUR CHRONOLOGIE ET LEURS RAPPORTS AVEC LA CULTURE**

par Santiago GENOVES

I. PAIX ET VIOLENCE

Comme nous le savons tous, la science se distingue de la pseudo-science, non pas par son objet, mais par la méthode que nous utilisons effectivement. La méthode scientifique repose sur quatre principes :

1. validité : les résultats seront négatifs si l'hypothèse de départ n'est pas bonne ; ils seront positifs si elle est bonne ;
2. reproductibilité : différents observateurs peuvent parvenir aux mêmes résultats avec un pourcentage X d'expériences analogues ;
3. vérifiabilité intersubjective : les tenants et les adversaires d'une thèse s'accordent sur les critères de vérification ;
4. loi d'Occam, connue sous l'appellation plus vulgaire de "rasoir d'Occam" : principe logique selon lequel la plus simple de deux explications également satisfaisantes est celle qui l'emporte.

En se fondant sur ces quatre principes, mais essentiellement sur le dernier (et également, bien entendu, sur d'autres approches intégrées), Hofstadter établit, par une remarquable démarche scientifique et mathématique, et avec néanmoins beaucoup de subtilité artistique, l'existence d'une relation évidente, d'un rapport manifeste, entre la musique de Bach, les lithographies d'Escher et le théorème de Gödel (Hofstadter, 1985).

Bach, tout le monde connaît.

Gödel, le grand mathématicien, prend le paradoxe d'Epiménide (connu également sous le nom de "paradoxe du menteur", qui s'énonce comme suit :

1. "Tous les Crétois sont menteurs."
2. "Je mens."
3. "Cette assertion est fausse."

Arrêtons-nous sur la dernière proposition. Il s'agit d'une assertion qui, à l'évidence, viole la dichotomie généralement admise entre la vérité et l'erreur car, si nous admettons dans un premier temps que cette affirmation est vraie, nous nous trouvons immédiatement devant une contradiction ; en effet, nous sommes conduits à penser qu'elle est fausse, mais dès que nous en avons décidé ainsi, il nous vient de nouveau tout de suite à l'esprit qu'elle doit être vraie.

Prenons maintenant l'une des lithographies d'Escher (Mouvement ascendant et descendant) où l'on voit quelques moines marchant laborieusement en faisant le tour d'un cercle sans jamais atteindre le point de départ, car le cercle n'est pas situé sur un même plan mais sur plusieurs plans et soumis à un mouvement ascendant et descendant. Ce mouvement est pareil à celui d'une autre de ses lithographies, "la Cascade", où nous ne savons pas vraiment si l'eau monte ou descend, ce qui, dans ce cas aussi, va à l'encontre des principes rationnels de la gravité, mais non à l'encontre - et c'est là où je veux en venir - des envolées illogiques mais valables de l'intuition ou de l'imagination.

La mouette de Jonathan ne vole-t-elle plus loin, bien plus loin, que toute autre mouette ? Don Quichotte ne s'attaque-t-il pas à des moulins à vent et à des moutons ? Le vol de la mouette ou l'assaut de Don Quichotte ne seraient-ils donc pas valables ? Ne nous ont-ils pas apporté des mondes bien plus valables que, par exemple, nos chers pionniers de l'espace qui sont effectivement allés sur la Lune, mais qui ont laissé notre imagination telle qu'elle l'était ? Songeons un peu à ce qui se serait passé si Shakespeare, Milton, Saint-Exupéry, Dante or Lorca étaient allés sur la Lune.

Par ces quelques propos, j'entendais présenter les deux premiers points de mon argumentation concernant le sujet de ce colloque :

1. La science, si elle veut être sans frontières, doit adopter une approche intégrée en même temps qu'elle épouse l'inertie de la spécialisation, qui est humaine et normale.
2. La science, la science imaginative, ne peut pas vivre réellement, si elle vit à l'écart, les yeux bandés, coupée des expressions humanistes, des doutes et des envolées imaginatives.

D'où le commencement du titre que j'ai donné à cet exposé. Permettez-moi de poursuivre et d'expliquer le reste du titre.

Il y a vingt milliards d'années s'est produite la grande Déflagration, et il y a environ quatre milliards d'années, la vie a commencé sur Terre. En ce qui nous concerne, les premières ébauches des vertébrés que nous sommes sont apparues sur les plages sablonneuses d'Europe : l'*amphioxus*. Le temps et l'évolution ont conduit aux poissons, aux amphibiens, aux reptiles, aux oiseaux, aux mammifères, aux primates, à nous-mêmes.

Des primates à nous-mêmes, le lien - et en même temps la différence - c'est l'outil. C'est par l'interaction, le contrôle réciproque et l'interdépendance du cerveau, des mains et des outils que nous sommes parvenus à la station verticale.

Pas à pas, depuis environ cinq millions d'années, nous n'évoluons et nous ne progressons en fait que grâce à des réalisations technologiques très simples, en passant des outils de pierre de la période levalloisienne à ceux de la période acheuléenne et abbevillienne, du paléolithique supérieur et inférieur au mésolithique et au néolithique, puis de l'âge du cuivre à l'âge du bronze, du fer, et ainsi de suite.

Ni science, ni humanisme. Nous sommes la Technologie qui progresse lentement. Pratiquement depuis cinq millions d'années - je tiens à le souligner - nous nous livrons à la cueillette et à la chasse, nous ramassons des racines, des baies, des feuilles, etc., nous chassons et mangeons d'autres animaux ; nous mangeons toute

autre chose comestible que nous trouvons, si maigre qu'en puisse être la source. Il n'y a ni violence, ni tueries massives, généralisées ou institutionnalisées.

En outre - et il ne s'agit pas là d'une théorie fantaisiste - quelles auraient été les chances de survie et d'évolution des premiers hominidiens-australopithèques mesurant environ 80 cm, pesant une quarantaine de kilos, dépourvus de serres et de crocs puissants, dont les cinq organes des sens ne pouvaient soutenir la comparaison avec ceux des grands carnivores préhistoriques, comme d'ailleurs c'est encore le cas avec les grands carnivores d'aujourd'hui, courant aussi vite qu'une tortue par rapport aux prédateurs qui les entouraient ? Avec à peine un soupçon de culture dont sont témoins les pierres les plus primitivement travaillées, tout juste bonnes à écorcher un animal, mais sûrement pas à le tuer ?

Toutes les données dont nous disposons, directes (Keyes Roper, 1969) ou déduites (Leakey, 1981), nous laissent penser que les premiers hommes n'auraient pu évoluer - et ils ont évolué, puisque nous sommes là - s'ils s'étaient entretenus massivement.

L'évolution de l'homme primitif a dû nécessairement se caractériser par cette coopération entre membres d'une même espèce, et non par des tueries entre congénères. Mais eut lieu ensuite la grande révolution de l'humanité, qui n'est ni la Révolution française, mexicaine, russe, ou chinoise, ni 68, ni une autre quelconque révolution. La grande révolution de l'humanité, c'est la révolution agricole qui eut lieu il y a à peine 7.000 ans. Pour la première fois, l'homme, en maîtrisant la nature, au lieu de s'efforcer péniblement à s'assurer au jour le jour son pain quotidien en se livrant à la cueillette et à la chasse, peut s'asseoir, tel Midas, avec à ses côtés un grand tas de vivres en réserve, pour penser à lui-même, à ce qu'il est, à ce qu'il veut être, en suivant l'impulsion naturelle que nous avons décrite plus haut, mais en y ajoutant le vol humain, ce vol réel qu'est la culture, l'éducation. De la technologie, l'homme vole plus loin vers la science et l'humanisme. Et, en même temps, il vole vers la violence généralisée et institutionnalisée. Tombe dans les armées et les contre armées. Dans les tueries massives à l'intérieur de l'espèce.

Pour la première fois, il y a 7.000 ans, en fonction de facteurs tels que la géographie, la succession, la ténacité au travail, l'intelligence, la personnalité, la structure démographique, l'isolement ou le non-isolement, la fertilité naturelle du sol, etc., les hommes se répartissaient en deux catégories : ceux qui avaient des réserves alimentaires et ceux qui n'en avaient pas, et qui devaient donc vivre au jour le jour comme leurs ancêtres. De grands empires se formèrent et de grandes cités commencèrent à s'élever à la suite de la Révolution agricole. L'essor de la culture commença. Et la culture dépassant dans son envol la technologie, ce fut, je le souligne une fois de plus, une agression massive généralisée et institutionnalisée à l'intérieur de l'espèce, la violence, la guerre et la mort.

La science et l'humanisme, la vraie science et le vrai humanisme, commencent ici. Pour la première fois, l'homme et la femme peuvent s'asseoir pour réfléchir à ce qu'ils veulent faire, pour se demander qui ils sont, où ils veulent aller, physiquement, dans la pratique, dans l'imagination. Ce n'est qu'alors que commence le véritable vol humain. Les étapes antérieures n'en ont été que le prologue nécessaire et inévitable.

Arrêtons-nous un moment et ouvrons une brève parenthèse pour réfléchir sur ce qui est, à mon avis, un fait souvent négligé. Le non-conformisme, le besoin d'aller toujours plus loin, cet ingrédient et ce trait constant de la quête qui, par la voie de la culture, nous a conduits où nous sommes aujourd'hui, bien qu'avec des caracté-

ristiques différentes, étaient déjà là - sans la culture - depuis l'*amphioxus*. La culture, en fin de compte, est là parce que, d'une manière ou une autre, les *amphioxus* se sont transformés en poissons, certains poissons en amphibiens, les amphibiens en oiseaux et en reptiles. Et c'est parce que cela s'est passé ainsi que nous sommes aujourd'hui assis ici. Le vol humain, culturel, a donc son point de départ dans le vol animal, non culturel.

Fermons cette parenthèse et revenons à notre sujet, le reste est bien connu : horizon limité à la culture occidentale ; floraison de l'humanisme dans la Grèce classique et pendant la Renaissance ; retard pris par la science jusqu'à la fin du XVIIIème siècle, lorsque, avec la Révolution industrielle, qui continue de nos jours, la science et la technologie prenaient le dessus, en même temps que l'on voyait apparaître la généralisation et l'institutionnalisation de la violence et de la mort.

Or, si l'on veut que la culture (science, technologie, humanisme) continue, il semble indispensable de bannir de la planète la violence et les tueries massives, généralisées et institutionnalisées. Faute de cela, notre vol, le vol de l'homme, prendra fin.

II. GENETIQUE ↗ ENVIRONNEMENT ↘

En premier lieu, il faut affirmer clairement que la vie en général, y compris, naturellement, l'humanité tout entière, résulte d'une rétroaction et d'une interaction constantes de la génétique et de l'environnement (l'environnement englobant cet attribut humain par excellence que nous dénommons "culturel") et que, chez l'homme, la culture, sa création spécifique, l'emporte sur la génétique. Il en est ainsi quels que soient l'intérêt et l'utilité des multiples conclusions tirées quotidiennement des recherches scientifiques sur la génétique humaine.

Permettez-moi de vous illustrer un aspect de cette question en présentant un petit dessin animé que tout le monde peut comprendre. Ce que nous appelons "muscle" dans le film pourrait, d'une certaine manière, correspondre à "génétique", et ce qui est appelé "culture", à "éducation". Pas d'extrapolation excessive ou injustifiée dans notre contexte.

Les données tirées de la paléanthropologie et des théories sur l'évolution humaine, que j'ai à peine effleurées il y a quelques instants, comme celle de l'éthologie, de la neurophysiologie, de la physiologie, de la préhistoire et de l'histoire, de l'anthropologie, de la génétique, etc., que je ne peux pas aborder maintenant, tendent toutes à prouver très clairement que :

- (a) la violence et la tuerie généralisées et institutionnalisées à l'intérieur d'une même espèce sont propres au seul être qui possède la culture, l'homme ;
- (b) les lions, les tigres, les requins, les scorpions, les serpents, les antilopes, les crocodiles, etc., n'attaquent pas au sens humain du terme ; ils se contentent de manger.

Cela étant, et en dépit des recherches récentes, apparemment sérieuses, qui ont fait l'objet d'une large diffusion et qui soutiennent que l'agression et la violence sont innées chez l'homme (Lorenz, Ardrey, Storr, Leyhausen, Eibl-Eibesfeldt et, derniers en date, J.Q. Wilson et R. Herrnstein (*Crime and Human Nature*, 1935)), avec

davantage de science, de technologie et d'humanisme, le même être qui a inventé la guerre devrait être capable d'inventer la paix. Et alors, il n'existera pas de frontières au savoir humain, qu'il soit scientifique, technologique ou humaniste. Tout intégré. Notre principale source de connaissances concrètes utiles et pratiques est la science, la méthode suivie étant la méthode scientifique. C'est l'objectivité. Mais n'oublions pas qu'en dernier ressort, l'objectivité est une invention subjective de l'homme car, pour reprendre le mot d'un penseur fort sage : "Si j'avais été créé objet, je serais objectif, mais j'ai été créé sujet".

Nous autres, les scientifiques, nous recherchons, et à juste titre, la connaissance par des voies et des moyens qui impliquent l'existence de preuves, la méthode scientifique. Je vous renvoie à ce propos aux quatre principes exposés au début ; mais, si ce sont des faits prouvés que $E=mc^2$ ou $(a+b)^2 = a^2+2ab+b^2$; ou que la vitesse de la lumière est de 300.000 km par seconde, des faits qui peuvent être prouvés, ces vérités scientifiques ne sont pas hiérarchiquement supérieures ou plus vraies qu'"être ou ne pas être", ou que "la seule chose que je sais, c'est que je ne sais rien", ou que Roméo et Juliette :

"...Qu'est-ce qu'un Montalque ? Ce n'est ni pied ni main ni bras ni visage, ni aucune partie du corps d'un homme. Oh sois un autre nom ! Qu'y a-t-il en un nom ? Ce que nous nommons rose sous un tout autre nom sentirait aussi bon ; et ainsi Roméo, s'il ne s'appelait pas Roméo, garderait cette chère perfection qu'il possède sans titre. Oh retire ton nom, et pour ton nom qui n'est aucune partie de toi prend-moi tout entière !..."

La connaissance, la connaissance sérieuse, est un concept plus large que la connaissance scientifique, qui constitue néanmoins le meilleur outil dont nous disposons aujourd'hui pour acquérir davantage de connaissances et des connaissances plus concrètes.

Si nous comprenons cela, nous posséderons des ailes pour entreprendre des vols qui nous amèneront plus loin, beaucoup plus loin que les frontières les plus lointaines de notre imagination. Dans le cas contraire, si nous ne parvenons pas à établir l'équilibre voulu entre la science, la technologie et l'humanisme, ni à les intégrer, nous allons nous engager dans une voie voisine qui est sans issue, celle de la grande Déflagration finale.

REFERENCES

- Keyes Roper, M., 1969. A Survey of the Evidence for the Intrahuman Killing in the Pleistocene. *Current Anthropology*, 10:427-460.
- Leakey, R.E., 1981. *The Making of Mankind*, M. Joseph Ltd., Londres.
- Genovés, S. (sous presse). *Violencia, una Visión Personal*. UNAM, Mexico.
- Hofstadter, D.R., 1979. *Gödel, Escher, Bach : Les brins d'une guirlande éternelle*, Ed. Inter Editions, 884p., Paris, 1985.

**LES RECENTS PROGRES DES RECHERCHES SUR LE CERVEAU
ET LEURS INCIDENCES SUR LA COMPREHENSION DES FONCTIONS COGNITIVES SUPERIEURES**

par David OTTOSON

Les recherches sur le cerveau connaissent depuis une vingtaine d'années un essor spectaculaire qui ne peut se comparer qu'aux progrès de la biologie moléculaire du début des années '50 ou à ceux de la physique au début du siècle. L'avènement de nouvelles techniques biophysiques et biochimiques a permis d'aborder des problèmes qui, tout récemment encore, étaient inaccessibles à la recherche expérimentale. Tout laisse à penser que ces techniques nous ouvriront un monde resté jusqu'ici inconnu et nous permettront de mieux élucider la complexité des fonctions supérieures du cerveau. Ces recherches progressent actuellement à un rythme rapide, mais les résultats obtenus nous apportent d'ores et déjà des renseignements sans précédent sur maints aspects du fonctionnement du cerveau, qui ont trait au traitement de l'information, à la perception, au contrôle de la douleur, à l'action des neurotransmetteurs, à la plasticité et à la régénération des tissus cérébraux, à l'apprentissage, à la mémoire, au comportement et aux émotions.

La plus grande percée opérée par la recherche sur les fonctions supérieures du cerveau a été la découverte par Roger Sperry, professeur de psychologie à l'Institut de technologie de Californie, de la spécialisation fonctionnelle des deux hémisphères cérébraux. Comme du point de vue anatomique les deux hémisphères sont presque identiques, il était depuis longtemps généralement admis qu'en principe ils avaient des fonctions analogues. Il est intéressant de noter toutefois que, dès 1861, un neurologue français, Pierre-Paul Broca, avait démontré que le centre de la parole est localisé dans l'hémisphère gauche. Dans la communication qu'il fit à ce sujet à la Société d'anthropologie de Paris, il prononça cette phrase devenue célèbre : "Nous parlons avec l'hémisphère gauche". Des observations faites plus tard, en particuliers sur des blessés des deux guerres mondiales, révélèrent que les deux hémisphères ont aussi des fonctions différentes à d'autres égards, mais ces différences fonctionnelles demeurèrent en grande partie obscures jusqu'au début des années 1950, époque où Roger Sperry, faisant oeuvre de pionnier, réalisa ses découvertes, qui retinrent bientôt l'attention du monde entier et lui valurent en 1981 le prix Nobel de physiologie et de médecine.

Les travaux de Sperry permirent donc d'établir que les hémisphères sont spécialisés et que chacun d'eux a ses caractéristiques fonctionnelles propres. Le fonctionnement de l'hémisphère gauche est analytique, séquentiel et rationnel, tandis que celui de l'hémisphère droit est synthétique, global et intuitif. Pour citer Sperry, l'hémisphère gauche est "l'hémisphère le plus offensif, l'hémisphère qui dirige et qui conduit, celui qui commande la motricité". C'est celui-là surtout que nous voyons agir et avec lequel nous communiquons. L'hémisphère droit est "le passager silencieux qui laisse la direction du comportement à l'hémisphère gauche". Il ne peut s'exprimer par le langage et n'est donc pas en mesure de communiquer d'expériences de la perception ou de la conscience.

Plus récemment, il a été mis au point un certain nombre de nouvelles méthodes d'étude des fonctions cérébrales qui nous ont ouvert de nouveaux et passionnants aperçus sur le fonctionnement du cerveau, sain ou malade. L'une de ces techniques consiste à mesurer le débit sanguin dans les différentes régions du cerveau. Elle a permis de constater que, chez un sujet au repos dans une pièce calme, la circulation cérébrale est identique dans les deux hémisphères. Il est intéressant de noter que c'est dans le lobe frontal que le débit sanguin est le plus élevé. La simple perception visuelle liée à l'ouverture des paupières déclenche un accroissement du débit dans l'aire visuelle primaire du cortex, tandis que les stimuli visuels auxquels sont associées des tâches de discrimination sont suivis d'une élévation du débit dans d'autres zones. La mesure du flux sanguin cérébral a également permis d'obtenir d'intéressantes informations sur l'activation régionale du cerveau au cours des mouvements volontaires chez l'homme. Lorsque celui-ci programme une série de mouvements sans les exécuter, on observe une augmentation sélective du flux sanguin dans une certaine zone, appelée aire motrice supplémentaire. Au cours de l'exécution du mouvement, on note un accroissement du débit dans une autre zone, l'aire motrice primaire. Ce phénomène donne à penser que le mouvement est ordonné par l'aire motrice supplémentaire, tandis que son exécution est commandée par la zone motrice primaire. Les études sur le flux sanguin cérébral lors de la concentration de l'attention ont elles aussi donné des résultats intéressants. La mesure du débit sanguin a en outre révélé l'existence d'anomalies de la circulation cérébrale chez les sujets atteints de maladies mentales telles que la démence d'origine organique et la schizophrénie, ce qui est particulièrement intéressant du point de vue clinique. Ces découvertes laissent espérer que cette méthode, ainsi que d'autres techniques modernes d'analyse des fonctions cérébrales supérieures, nous permettront également d'approfondir notre compréhension des mécanismes cérébraux qui sont à l'oeuvre dans les troubles mentaux.

Un autre instrument puissant pour l'étude des fonctions cérébrales supérieures est la nouvelle méthode de tomographie par émission de positons. Celle-ci repose sur l'utilisation d'un composé chimique marqué à l'aide d'un isotope radioactif qui se désintègre en émettant des positons, qui entraîne l'émission de rayons gamma. Les rayons gamma sont enregistrés par une batterie circulaire de détecteurs placés autour de la tête et un ordinateur reconstruit la répartition de la radioactivité, qu'il affiche sur un écran de télévision sous la forme d'une image composée au moyen d'un code de couleurs. Cette technique permet de voir quelles sont les régions du cerveau qui sont activées au cours de différents types d'activité mentale. L'on a ainsi pu démontrer que certaines régions de l'hémisphère gauche sont activées lorsque le sujet écoute quelqu'un qui lui parle. Quand il écoute de la musique, en revanche, ce sont certaines régions de l'hémisphère droit qui entrent en action. Toutefois, si on lui demande le titre du morceau ou le nom de son compositeur, le siège de l'activité cérébrale se déplace pour passer dans l'hémisphère gauche (celui de l'analyse).

Le célèbre physiologiste russe Pavlov aurait, dit-on, affirmé que l'humanité se divise en deux catégories : les artistes et les penseurs. Il serait tentant, compte tenu des avancées récentes des recherches sur le cerveau, de se dire que l'hémisphère droit, celui de la démarche globale et synthétique, domine chez les artistes, et l'hémisphère gauche, celui de la démarche analytique, chez les penseurs. Il importe toutefois de souligner que les différences entre les deux hémisphères sont à bien des égards quantitatives et non qualitatives et qu'il convient de procéder avec prudence lorsqu'il s'agit de classer des individus ou des groupes en fonction de leur hémisphère dominant. De même, il est évident que le cerveau ne saurait fonctionner au maximum de sa capacité que s'il y a coopération fonctionnelle entre les deux hémisphères. Cette découverte comporte d'importantes implications du point de vue de la compréhension des fonctions cognitives supérieures et se prête à des

applications pratiques dans maints domaines de la vie sociale, notamment en matière d'éducation. Les résultats récentes des divers travaux de recherche sur le cerveau militent avec force en faveur d'un enseignement qui prenne en considération les fonctions spécifiques des deux hémisphères et favorise le développement des potentialités de chacun. De nos jours encore, la plupart des systèmes d'enseignement du monde occidental privilégient les aptitudes qui relèvent de l'hémisphère gauche. Il importe que l'information de plus en plus riche que nous livrent les recherches sur le cerveau sur le fonctionnement des hémisphères soit prise en compte dans les systèmes éducatifs. De même, les méthodes d'enseignement devraient être modifiées de manière à répondre aux besoins spécifiques non seulement des individus normaux, mais également de ceux qui souffrent de dysfonctionnements d'un hémisphère, afin qu'ils aient eux aussi la possibilité d'exploiter pleinement le potentiel fonctionnel de leur cerveau.

L'IMPACT DE LA SCIENCE SUR LA CONSCIENCE HUMAINE

par Mme Maitraye DEVI

Je tiens tout d'abord à remercier les organisateurs de ce colloque de m'avoir accueillie au sein de cette docte assemblée. Mais si je suis ici, c'est davantage pour apprendre que pour enseigner ou informer. Je n'ai pas de formation scientifique, et le sujet me semble un peu obscur.

"La science face aux confins de la connaissance" : entend-on par là les frontières de la connaissance scientifique ? Ou s'agit-il de savoir jusqu'où la science peut aller ? Existe-t-il un seuil que les méthodes organisées et rationnelles de recherche de la vérité ne peuvent pas franchir ? Qui saurait répondre à une telle question sinon "le spectateur perpétuel du temps et de l'existence" (Platon), c'est-à-dire le philosophe. Quand et où la quête humaine peut-elle s'arrêter ?

A contempler l'univers de la science aujourd'hui, comment ne pas s'émerveiller devant la profondeur et l'ampleur des connaissances humaines ! La science a étudié les particules les plus infimes de la matière pour dévoiler la nature des choses et amplifié la vision de l'homme au point qu'elle embrasse la grandeur et la majesté du cosmos : l'homme a vu l'invisible et entendu les sons que les mortels ne peuvent saisir. Sa perception a dépassé de loin la capacité de ses cinq sens ; du microscopique au télescopique, c'est tout un vaste monde qui lui a révélé son sens caché. Quand j'ai pris connaissance pour la première fois du thème de ce colloque, je me suis souvenue d'une interrogation des Vêda : "Ko Vedah ?" Qui sait ? Le créateur lui-même sait-il tout ?

On croit à tort que la recherche scientifique n'a pas de valeur spirituelle. Mais l'homme est intrinsèquement spirituel. Il ne peut jamais être totalement matérialiste. Toutes les découvertes de la science qui ont transformé sa vie ont été inspirées par l'esprit humain. Depuis le début des temps, c'est l'esprit humain qui est à la recherche de la vérité, qu'elle soit matérielle ou spirituelle. Assouffé de connaissances, il croît et se développe sans cesse et ne saurait se limiter à la seule vie physique ou animale. Comme tous les animaux, l'homme avait autrefois pour unique objectif de survivre et de se multiplier. C'est plus tard qu'il a commencé à évoluer dans de multiples domaines. Son intellect et sa raison se sont développés de même que ses émotions et ses sentiments, ses capacités de création artistique et son sens moral. Ce sens moral, ou conscience, est si puissant qu'il a donné à l'homme la force de s'élever au-dessus de son animalité pour accomplir son humanité. La science est évidemment l'une de ces expressions de l'esprit humain.

Les bienfaits que l'homme a tirés de la science sont innombrables. Outre qu'elle a facilité sa vie sur le plan matériel, elle a guidé la pensée humaine de la déraison à la raison, et de la crédulité au rationalisme. Elle a brisé les chaînes du rituel, de la superstition et des préjugés étroits qui en emprisonnant l'homme dans un carcan géographique et social l'isolaient du reste de l'humanité. Cette transformation est plus sensible en Inde que dans les sociétés occidentales. Il y a

un siècle encore, l'esprit scientifique n'était que fort peu développé en Inde. Notre pensée était paralysée par les superstitions et les prêtres et autres faiseurs de lois qui interprétaient la sagesse du passé à leur propre profit. Il ne fait aucun doute qu'en recherchant la vérité par la méthode et la précision scientifiques, l'homme a développé ses relations sociales et progressé dans l'humanisme. Ainsi la science ne peut-elle être considérée comme purement matérialiste. La question est de savoir s'il existe une frontière qui limite sa progression. Qui aurait pu prévoir il y a 150 ans que le monde d'aujourd'hui serait le théâtre de découvertes aussi spectaculaires que variées ? Il semble que l'homme rivalise avec le Créateur lui-même à un rythme sans précédent dans l'histoire de l'humanité ou dans l'histoire de l'univers, pour autant que nous sachions.

Il a fallu des millénaires pour que les nébuleuses se solidifient et pour que les turbulences de la Terre s'apaisent. Il a fallu des millénaires pour la nature reçoive et/ou donne la vie. Combien de millions d'années a-t-il fallu au Créateur, combien d'expériences successives, combien de créatures géantes et monstrueuses avant d'en arriver à l'homme capable, dans sa gloire suprême, de percevoir la beauté d'une fleur.

Mais depuis que la rationalité s'est développée en lui, l'homme apprend trop vite et son être moral ne peut pas suivre.

La science nous comble de bienfaits. Le pauvre d'aujourd'hui vit dans un confort auquel ne pouvait prétendre le roi d'hier. Elle a même supprimé les barrières géographiques et rapproché les hommes. Qu'aurions-nous pu espérer dans une telle situation ? Que dans un monde où les idées libérales se développent et où la rapidité des transports efface les frontières géographiques naisse une nouvelle civilisation et que l'homme, grâce à la hauteur de vues qui lui donne la science, renonce de plus en plus à ses préoccupations égoïstes.

Autrefois, lorsque son intelligence n'était ni aussi rationnelle ni aussi analytique qu'aujourd'hui, l'homme a commencé à éprouver le besoin moral de s'élever au-dessus de son animalité. Bien que l'instinct fondamental de tout animal soit de rester en vie et de rendre coup pour coup lorsqu'il est attaqué, l'homme en est venu graduellement à penser que la survie du seul corps n'était pas son objectif ultime. C'est ainsi qu'il a renoncé à la loi du talion et qu'il a appris à pardonner à ses ennemis. Ce code va certainement à l'encontre des lois de la nature, mais l'homme nouveau a senti que ce n'était pas en préservant son corps mais en se prolongeant lui-même dans les autres qu'il assurerait sa survie. Il a compris qu'il n'était qu'une partie de l'humanité, qu'il devait partager la destinée commune et qu'il n'atteindrait vraiment à l'immortalité qu'en prenant conscience de ses dimensions réelles.

Bouddha a dit que celui qui éprouve en regardant toutes les créatures de l'univers le sentiment d'amour qu'éprouve une mère en regardant son fils unique, vit en Brahma (Brahma est un terme qui n'a pas d'équivalent en français et qui peut signifier "éternité" dans ce contexte).

La tragédie actuelle c'est que malgré l'immense pouvoir qu'elle exerce sur la vie des hommes et sur la nature, la science n'a pas été capable de cultiver les autres qualités qui sont le fondement de l'être humain : le sens moral, l'intuition qui permet de saisir la réalité intérieure, le désir ardent de savoir à quoi l'humanité aspire et tout ce que les cinq sens ne permettent pas de saisir.

Il est incontestable que la science a ouvert d'innombrables perspectives et que les connaissances actuelles de l'homme, celles qui peuvent être directement prouvées

dans les laboratoires et confirmées par des expériences, dépassent de loin tout ce que l'on avait pu imaginer. Mais l'autre aspect de la personnalité humaine ne s'est pas développé dans les mêmes proportions. Nous avons acquis le savoir mais non la sagesse.

La sagesse ne s'acquiert pas en amassant une multitude d'informations, mais en cultivant l'intuition qui est cachée en chacun d'entre nous et le sentiment de compassion qu'éprouvent tous les humains.

Nous ne saurions, évidemment, imputer cette lacune à la science : la science n'est ni morale ni immorale ; c'est la technologie - le produit de la science - qui a orienté les découvertes vers une recherche exacerbée du profit. L'avidité et la cupidité se sont emparées de ce vaste domaine qu'est la science et resserrent de plus en plus leur emprise.

La menace nucléaire et d'autres moyens de destruction qui pèsent sur le monde de leur poids monstrueux et démoniaque éveillent parfois en nous la peur d'un anéantissement total. Grâce à l'essor de la science, nous avons réussi à plonger nos mains avides dans les entrailles de la Terre et à en extirper toutes les richesses pour nourrir la génération actuelle.

Nous avons épuisé nos terres pour en tirer le maximum. Nous avons forcé les oiseaux à pondre des oeufs de plus en plus gros pour satisfaire nos estomacs. Sans coq, la poule pond. Sans taureau, la vache produit des flots de lait. Quelles victoires pour la science ! Non content de manger à sa faim et de gaspiller à sa guise les richesses de la mère nature, l'homme détruit peu à peu toute la joie de vivre qui émanait d'elle.

Avec des yeux et des orièlles mécaniques dont la portée dépasse de beaucoup celle des cinq sens, l'homme a découvert la nature des choses dans toute sa diversité. Il sait désormais que l'union des molécules et des atomes a créé le monde matériel dans sa grandeur et sa diversité, mais a-t-il découvert les secrets de l'unité de l'esprit humain et de la nature qui l'entoure ou du rapport complexe de l'homme à la société tout entière ?

Sans société organisée et équilibrée, quel serait l'intérêt de la science ? Une science systématiquement mal utilisée sape les valeurs humaines à leur base. Aussi vaste soit-il, le savoir scientifique n'a pas contribué à mieux équilibrer la vie des hommes.

Avons-nous compris que nous ne pourrions pleinement réaliser notre humanité qu'en pratiquant au plus haut degré des vertus morales telles que l'amour, la tolérance, le pardon et la volonté de coopérer avec les autres ? La frontière qui sépare le monde matériel du monde moral nous empêche de progresser réellement.

Avec ses yeux télescopiques et microscopiques, la science a découvert et observé bien des choses à l'extérieur, mais elle n'a pas encore été capable d'aller jusqu'au fond du mystère de la conscience humaine. Il arrive que l'homme soit inspiré et qu'il entrevoie cette vérité qui nous est envoyée comme un don et qui, parce qu'elle ne dépend ni du raisonnement ni de l'analyse, n'exige pas d'être corroborée de l'extérieur. Les anciens disaient de cette source de connaissances que les mots ne pouvaient pas l'exprimer, ni l'esprit la percevoir pleinement. Nous ne pouvons étudier l'impact de la science sur la conscience sans évoquer notre passé culturel. Des civilisations géographiquement distinctes ont produit des cultures distinctes. Les civilisations qui se sont développées en Inde, en Chine, en Grèce, à Rome ou en Egypte représentent autant de pics montagneux de hauteur différente.

En Inde, nos ancêtres pratiquaient l'introspection. Ignorant tout de l'évolution future des connaissances scientifiques, ils se sont efforcés d'approfondir la nature des choses par l'intuition et la méditation. Ils ont perçu la grandeur du cosmos et le mystère de l'atome lorsqu'ils ont déclaré que Brahma, le Créateur, était présent dans l'infiniment petit et dans l'infiniment grand. "Anorian Maheto Mahiyan". De même, la parabole de Krishna parlant à Arjuna, son disciple qui voit en lui le passé, le présent et l'avenir tout ensemble, signifie que la conscience que l'être humain a du temps et de l'espace n'en traduit pas la véritable nature. Sans avoir la moindre idée de la théorie de la relativité d'Einstein, nos ancêtres disaient il y a près de 4.000 ans qu'un moment pour Brahma représentait des éternités pour l'homme.

En nous montrant comment après des millions d'années et bien des transformations, nous sommes passés progressivement de la non-vie à la vie et de la particule la plus infime à la conscience humaine, la théorie de l'évolution, dans sa continuité, nous fait comprendre l'indivisibilité de la matière et de la vie. Alors que dans certaines cultures l'âme (ou l'esprit humain) était ce qui différenciait l'homme des autres animaux, et à plus forte raison des être inanimés, les anciens disaient en Inde "Sarvan pranam ejati" (Le frémissement de la vie est dans toutes choses). De même lorsqu'ils disaient "Ekameba Bahushyam" (J'étais un et je serai multiple), comment ne pas penser au processus d'évolution ? La transformation de molécules minuscules en innombrables variétés végétales et animales qui ont finalement trouvé une nouvelle expression dans la conscience humaine, prouve bien que l'un est devenu multiple. C'est à partir de cette phrase des Upanishads que Rabindranath Tagore a écrit un poème : "Quand tu étais seul, tu ne te voyais pas. Quand je suis venu, tu es sorti de ta torpeur et ta joie s'est épanouie et a rempli le vide ; en regardant mon visage et en me touchant, tu t'es touché toi-même."

Qui est ce "tu", nous ne le savons pas, mais ce n'est certainement pas une réplique agrandie de l'homme. C'est celui qui passe à travers les âges, révélant sans cesse le sens de l'existence à la conscience humaine.

Cette faculté intuitive de compréhension est enrichie par le rêve, la philosophie et la poésie qui, de même que la soif de connaissances, font partie intégrante de la conscience humaine.

Alors que le savoir systématique se développait, notamment par l'expérience, la capacité instinctive de percevoir la vérité s'amenuisait chez l'homme, de même que s'émoussait ses sens les plus subtils. Lorsque l'homme disait "l'un est devenu multiple", il disait que Dieu était présent dans toute chose ; pour arriver au bonheur sur Terre, il faut donc pratiquer le renoncement et ne pas convoiter les richesses d'autrui. Pourquoi ? Parce que la convoitise "détourne l'attention de la valeur infinie de notre personnalité et suscite en nous la tentation des biens matériels".

Il serait difficile à l'homme moderne de voir la relation entre ces deux idées. Et pourtant il sait qu'il y a une unité dans la multiplicité des choses, puisque la matière n'est en fin de compte que le résultat de diverses combinaisons d'électrons et de protons en mouvement. Mais le savoir ne suffit pas. Il faut aussi que l'homme comprenne que la nature des choses est indivisible. Alors il comprendra qu'en nuisant à autrui, c'est à lui-même qu'il nuit. Au cours de l'histoire, une barrière s'est progressivement élevée chez l'homme entre la sensibilité, les émotions, l'intuition de la vérité et les connaissances exactes.

Alors que les connaissances scientifiques s'enrichissaient et se développaient, l'autre aspect de la conscience humaine passait au second plan au point d'en être

presque oublié. La science pure n'est pas restée pure : elle est devenue un moyen de satisfaire tous les plaisirs et toutes les tentations matérielles. A force de vulgarité et de rapacité, on détruit le caractère sacré de la connaissance.

L'homme a une double nature : si son être physique perçoit le monde objectif, son être subjectif n'en a pas moins de réalité. L'idée d'un être suprême guidant notre être moral s'est développée en même temps que la conscience humaine. Cette connaissance ne procède ni du raisonnement ni d'un processus analytique, c'est une connaissance directe. Elle nous apprend que dans notre vie idéale, nous devons concevoir l'humanité comme un tout et que l'oubli de soi est le véritable gage de l'unité de tous les membres de la société. Aujourd'hui, la science a sur cette partie de notre conscience un impact désastreux en freinant le sens moral au niveau individuel comme au niveau national. Lorsqu'on appuie l'apartheid pour des raisons d'argent, que les détournements d'avion et de meurtre de vieillards innocents ne sont pas universellement condamnés de peur de perdre du pétrole ou pour d'autres raisons, qu'une vieille femme est assassinée par son propre personnel, sans que cette lâcheté suscite l'indignation générale, il est à craindre que la science ne soit dans une certaine mesure en train de conduire l'humanité à une catastrophe sans précédent.

La science ne peut pas atteindre cet autre aspect de l'esprit humain, d'où émanent la paix, l'amour et la compréhension et, surtout, le souci des autres. Alors que les connaissances scientifiques s'enrichissaient et se développaient, l'autre aspect de la conscience humaine passait au second plan au point d'en être presque oublié. La science pure n'est pas restée pure : elle est devenue un moyen de satisfaire tous les plaisirs et toutes les tentations matérielles. A force de rapacité, on détruit le caractère sacré de la connaissance.

La cupidité qui ronge les bases de notre culture comme un ver et la funeste accumulation de stocks énormes d'armes nucléaires nous conduisent à l'anéantissement total. Nous devons trouver quelque moyen de dépasser les frontières toujours plus lointaines de la science moderne pour rechercher la vérité. Si la conscience humaine se développe, ce n'est pas pour entraîner l'homme vers la destruction mais au contraire pour lui inspirer des pensées créatrices capables de lui révéler son être intérieur dans tout ce qu'il a de vrai, de bon et de beau.

THEORIE QUANTIQUE DE LA MESURE ET PLACE DE L'HOMME DANS LA NATURE

par Henry F. STAPP

1. LA SCIENCE ET LES VALEURS HUMAINES

Face à l'actuelle menace d'anéantissement nucléaire, l'homme verra son sort déterminé par la manière dont il résoudra les conflits sociaux. Les conflits ayant leurs racines dans les systèmes de valeurs humaines, les évolutions qui vont survenir dans le domaine de ces valeurs pourraient bien présenter une importance capitale.

On prétend souvent que la science est muette sur la question des valeurs humaines. Cette affirmation est inexacte car la science a détruit la crédibilité des mythes sur lesquels les systèmes de valeurs étaient auparavant fondés. Elle a avancé, pour les remplacer, l'idée que l'homme était une machine - une marionnette dont chaque mouvement était commandé par un destin inexorable fixé dès les origines des temps. Mais comme il ne peut y avoir de responsabilité là où il y a liberté, la science a ainsi sapé la thèse voulant que l'homme soit responsable de ses actes. Et, en défendant celle selon laquelle chaque être humain était un objet mécanique localisé, elle a coupé les liens conceptuels rattachant l'homme à la nature qui sous-tendaient les systèmes de valeurs antérieurs.

Cette conception mécaniste de l'homme, qui assigne à celui-ci un lieu déterminé, procède de la physique classique. Or, on sait maintenant que la physique classique est fondamentalement erronée : elle a été supplantée par la théorie quantique dont les lois sont différentes et rigoureusement incompatibles avec la thèse d'un déterminisme mécanique local.

La théorie quantique débouche en fait sur une vision de l'homme profondément différente de celle dépeinte par la physique classique. Mon propos sera ici d'exposer cette conception révisée de l'homme, ainsi que ses fondements.

2. LES MACRO-EVENEMENTS DE HEISENBERG

La théorie quantique peut être interprétée de multiples façons. La majorité des physiciens souscrivent à l'interprétation de l'Ecole de Copenhague proposée par Bohr et Heisenberg. Cette interprétation comporte elle-même deux niveaux que je qualifierai de "strict" pour l'un et de "non formel" pour l'autre. Le premier est d'ordre pragmatique et le second d'ordre ontologique.

Le précepte fondamental de l'interprétation "stricte" de l'Ecole de Copenhague est que le formalisme quantique ne doit être considéré que comme un instrument permettant de calculer les valeurs attendues afférentes à des observations réalisées

dans des conditions définies en termes classiques ¹. Pour comprendre cela concrètement, considérons une expérience dans laquelle un système quantique est d'abord créé d'une certaine manière, puis "observé" d'une certaine manière.

Soit A et B définis comme suit :

A est la description par les variables de la physique classique des caractéristiques du dispositif qui sert à créer le système quantique.

B est la description par les variables de la physique classique des caractéristiques du dispositif qui sert à "observer" le système quantique, et de celles qui définissent un résultat donné de cette observation.

Un étalonnage empirique définit les distributions

$$A \rightarrow \rho_A \quad B \rightarrow \rho_B ,$$

où ρ_A et ρ_B sont les matrices de densité des probabilités du système quantique. La probabilité d'obtenir le résultat B dans les conditions A s'exprime par la formule :

$$P(B;A) = \text{Tr} \rho_A \rho_B$$

Le formalisme ne fournit aucune information d'autre nature. Il ne traite pas, en fin de compte, de réalités autres que les observations et connaissances de la communauté d'observateurs communiquant les résultats de l'expérience.

Bohr s'en est tenu rigoureusement à cette interprétation "stricte". Heisenberg, en revanche, n'hésitait pas à parler aussi de ce qui se passe effectivement. Selon ses thèses, la fonction de probabilité de la théorie quantique correspond à une "potentia" objective, autrement dit à une "tendance" de certains phénomènes à se produire. D'après lui ² :

"Si nous voulons décrire ce qui se passe dans un événement atomique nous devons prendre conscience du fait que le mot "se passer" ne peut s'appliquer qu'aux observations et non à l'état des choses entre deux observations. Il s'applique à l'acte physique et non à l'acte psychique de l'observation ; nous pouvons dire que le passage de l'"éventuel" à l'"actuel" s'effectue dès qu'entre en jeu l'interaction de l'objet avec l'appareil de mesure et par là avec le monde environnant ; il n'est pas lié à l'acte d'enregistrement du résultat par l'esprit de l'observateur."

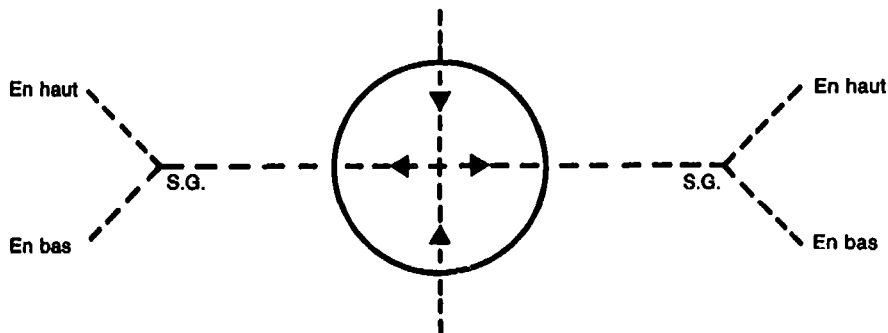
Selon Heisenberg, certains "événements" physiques se produisent donc lors de l'interaction entre le système quantique et l'appareil de mesure. Chacun de ces événements, que j'appellerai un "macro-événement", actualise, c'est-à-dire fait exister dans la réalité, l'un des résultats possibles de l'expérience. En généralisant, on obtient une vision de la nature selon laquelle le monde macroscopique où nous vivons est le produit d'une myriade de macro-événements dont chacun actualise certaines des possibilités générées par un microcosme de potentialités. Ces "actualisations" se conforment aux règles statistiques exprimées par les lois de la théorie quantique. Toutefois, ce qui se passe dans chaque cas particulier n'est généralement pas déterminé par les lois connues de la physique.

3. MISE EN DEFAUT DE LA CONDITION DE LOCALITE D'EPR

Les systèmes quantiques présentent une caractéristique particulière de non-localité qui a été mise en lumière par les travaux d'Einstein, Podolsky et Rosen ³, ainsi que par ceux, plus tardifs, de J.S. Bell ⁴. Cette caractéristique est démontrée par exemple par la version de l'expérience d'EPR que Bohm a conçue en ce qui concerne le spin.

Le dispositif expérimental utilisé est le suivant :

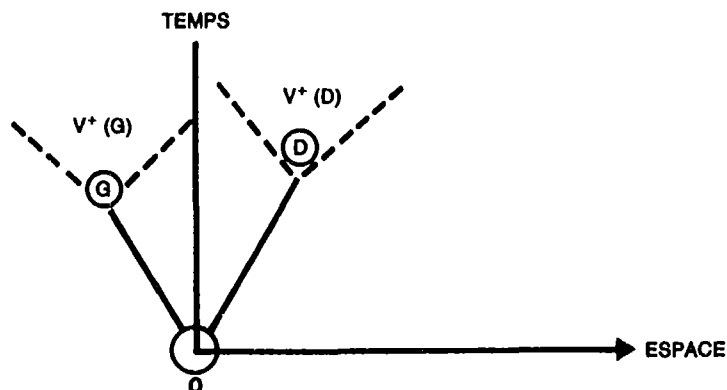
VERSION DE L'EXPERIENCE D'EPR CONCERNANT LE SPIN (Bohm)



Deux faisceaux de particules identiques de spin- $\frac{1}{2}$ sont dirigés vers une région de diffusion autour de laquelle est déployé un système de compteurs comportant en ses pôles deux orifices d'échappement. Il arrive occasionnellement que la diffusion des deux particules d'une paire se fasse selon un angle de 90° et que les particules s'échappent par les deux orifices. Chacune pénètre alors dans un dispositif de Stern-Gerlach où elle est diffusée soit "vers le haut" soit "vers le bas" puis détectée par l'appareil correspondant. La théorie quantique prédit que si l'une des particules de la paire est diffusée "vers le haut", l'autre sera diffusée "vers le bas" et inversement.

La représentation spatio-temporelle de l'expérience peut être schématisée comme suit :

REPRESENTATION SPATIO-TEMPORELLE DE L'EXPERIENCE



La région O est la région dans laquelle se produit la diffusion initiale. Les régions D et G sont celles où se produisent les deux déflexions et où les particules correspondantes sont détectées par le détecteur supérieur ou le détecteur inférieur. Les régions $V^+(D)$ et $V^+(G)$ sont les cônes de lumière vers l'avant des régions D et G respectivement : tous les points qui peuvent être atteints à partir de D par les signaux dont la vitesse de propagation n'est pas supérieure à celle de la lumière sont contenus dans $V^+(D)$; il existe la même relation entre $V^+(G)$ et G . L'expérience est conçue de telle sorte que D soit situé en-dehors de $V^+(G)$ et G en-dehors de $V^+(D)$. Aucun signal se propageant à la vitesse de la lumière ou une vitesse inférieure ne peut donc relier un point de D à un point de G .

Il est naturel d'expliquer la corrélation en haut-en bas de 100% existant entre les résultats observés en D et en G en posant pour l'hypothèse que le choix entre les directions "vers le haut" et "vers le bas" est effectué à l'avance dans la région O où les particules sont en interaction. Toutefois Bell a démontré que cette possibilité se révélait en contradiction avec les prédictions de la théorie quantique lorsque l'on considérait différentes combinaisons d'orientations possibles de l'axe "haut-bas".

Les prédictions quantiques se prêtent en revanche à une explication cohérente selon les thèses de Heisenberg sur les macro-événements, mais à condition que soit violée une condition de localité proposée par Einstein, Podolsky et Rosen. Cette condition est en l'occurrence que ce qui se passe en D peut être supposé indépendant du choix fait par l'expérimentateur en G et vice-versa.

Que cette caractéristique de localité soit violée implique que lorsque deux particules entrent en interaction puis se déplacent vers des régions éloignées l'une de l'autre, on ne peut postuler d'une manière générale que le comportement de chacune des particules est indépendant des **conditions rencontrées** par l'autre particule dans la région éloignée vers laquelle elle s'est déplacée. Il semble que les deux particules communiquent comme s'il n'existait pas entre elles de séparation spatio-temporelle.

4. THEORIE DES MACRO-EVENEMENTS

Heisenberg n'a pas développé sa thèse des macro-événements dans tous ses détails mathématiques. L'exercice aurait d'ailleurs été sans objet. A son époque, l'interprétation pragmatique suffisait à expliquer les situations expérimentales rencontrées et le développement de sa thèse aurait donc été invérifiable. La question qui se pose ici est celle de la transition quantique-classique, dont les détails sont généralement masqués par l'énorme différence d'échelle existant entre le système quantique et le dispositif de mesure. Cependant, les techniques de miniaturisation permettant de fabriquer des appareils plus petits et les techniques à basse température de concevoir des systèmes quantiques plus grands, cette transition tend à devenir moins brutale. En outre, l'hypothèse de l'interprétation pragmatique selon laquelle le système quantique n'interagit pas avec son environnement entre le moment de sa mise en place et celui de l'observation ne tient plus dans le cas des dispositifs à "squids", par exemple, de sorte que les prédictions de l'approche pragmatique deviennent imprécises.

Geoffrey Chew et moi-même travaillons à l'élaboration d'une théorie détaillée des macro-événements, qui repose sur des découvertes techniques récentes relatives au problème de la divergence infrarouge. Il semble à première vue que les

divergences causées par des photons très mous réduisent à néant la correspondance habituelle entre la physique classique et la théorie quantique dans les limites du domaine macroscopique. Cette correspondance est toutefois préservée par l'apparition, en raison de l'invariance de jauge, d'états quantiques-classiques spéciaux. Ces états, entièrement quantiques, sont néanmoins décrits par les variables de la physique classique. Ils paraissent offrir une base naturelle à la compréhension de la transition quantique-classique. Les conditions d'auto-consistance n'étant pas linéaires, on s'attend que ces transitions ne se produisent que lorsque l'action collective de charges multiples génère des courants de l'ordre peut-être du pico-ampère. Chaque macro-événement serait associé à une transition quantique-classique.

Cette théorie est encore incomplète. Néanmoins, je voudrais en examiner ici la pertinence possible pour la compréhension des phénomènes cérébraux. Ce que j'en dirai n'est fondé que sur certaines propriétés très générales des macro-événements de Heisenberg.

5. MACRO-EVENEMENTS ET PROCESSUS CEREBRAUX

Le cerveau est un système de traitement de l'information qui assimile et organise celle-ci et déclenche des activités coordonnées au niveau du cerveau lui-même et dans le corps. Diverses séquences d'activité auto-entretenuës possèdent sans doute la capacité de "se fixer", ce qui rend leur réapparition ultérieure plus probable. Les petites séquences s'organisent en séquences plus grandes et cela finit par déterminer une forme d'action macroscopique.

A toute étape donnée du développement du cerveau, différentes séquences d'activité qui s'excluent mutuellement et sont capables de déclencher des formes d'action exclusives les uns des autres ont une probabilité non nulle d'être excitées. Mon hypothèse centrale est que, compte tenu du très grand nombre des processus faisant intervenir des effets tunnels et des autres processus chimiques dont le cerveau est le siège, celui-ci doit être considéré comme un système quantique en interaction avec son environnement.

L'analyse du processus de mesure effectuée par von Neumann montre que le phénomène d'effondrement quantique, à savoir le macro-événement, ne se produit pas nécessairement dès que la cohérence quantique entre les différentes branches possibles est effectivement détruite : la question de la quantité d'excitation collective requise pour déclencher un macro-événement est distincte de celle du degré de cohérence entre les branches.

Un macro-événement a pour propriété générale de se produire lorsque le niveau d'activité collective ou macroscopique est suffisamment élevé. Mon hypothèse est que ce niveau d'activité est celui qui correspond à la mise en mouvement d'une forme d'action macroscopique intégrée.

Le problème traditionnel de la relation entre l'esprit et la matière tient au fait que ces entités relèvent de deux ensembles conceptuels totalement différents et ne présentant aucune analogie. Toute relation entre eux est par conséquent circonstancielle.

William James a exposé ainsi le problème ⁵ :

"Nul ne conteste l'incommensurabilité totale que présentent en soi un sentiment et un mouvement matériel. 'Un mouvement est devenu sentiment !' : aucune phrase n'est plus dénuée de sens perceptible. En conséquence, même les plus nébuleux des évolutionnistes convaincus qui comparent délibérément les faits mentaux et les faits matériels admettent aussi franchement que quiconque "l'abîme" qui sépare le monde intérieur du monde extérieur... Supposons qu'il soit devenu absolument patent qu'un ébranlement de la conscience et un mouvement moléculaire constituent les deux faces, subjective et objective, du même phénomène. Nous n'en demeurons pas moins totalement incapables de les relier pour appréhender la réalité dont ils constituent les deux aspects opposés."

Ces mots ont été écrits à une époque où le monde matériel était expliqué selon les concepts de la physique classique. La théorie quantique fait appel à une grandeur plus ou moins analogue aux variables de la physique classique : la fonction d'onde. Mais elle suppose aussi autre chose : l'actualisation (c'est-à-dire le choix) d'une possibilité. Cet acte est une réalité qui peut naturellement avoir deux aspects dont l'un est l'acte ressenti d'actualisation d'une certaine forme d'action et l'autre l'acte physique d'actualisation de cette même forme d'action. Ces deux aspects sont les deux faces du même phénomène, l'aspect physique constituant un macro-événement.

6. LA CONCEPTION QUANTIQUE DE L'HOMME

Selon cette vision quantique, la nature humaine est double. D'une part, les possibilités et potentialités de l'homme sont régies par l'évolution locale déterministe gouvernée par l'équation de Schroedinger. Cette évolution causale fait intervenir des facteurs liés à l'hérédité, à l'environnement, à la biologie, à la physiologie, etc. Mais elle n'engendre rien d'autre que des possibilités et des potentialités.

D'autre part, ces possibilités font l'objet d'un choix qui n'est pas régi par les lois de la physique et présente un caractère non local, ou holistique ; au regard de ce choix, des parties de l'univers situées dans des régions spatio-temporelles extrêmement différentes paraissent communiquer selon des modalités totalement étrangères à la physique classique, sur lesquelles la séparation dans l'espace et le temps est sans effet.

7. INCIDENCES SOCIALES

Selon les thèses exposées ci-dessus, la place que la théorie quantique assigne à l'homme dans la nature diffère ainsi radicalement de celle, localisée et mécanique, que lui attribue la physique classique. L'idée que l'homme se fait de sa place dans la nature a été dans l'histoire de l'humanité une force qu'aucune autre n'a surpassée : la vie de millions d'individus lui a été sacrifiée et des civilisations entières ont péri par son emprise. Vu les effets destructeurs de la vision mécaniste issue de la physique classique, il y a lieu de penser que l'instauration et la diffusion de la vision quantique holistique pourraient être à l'origine d'une force puissante mais bénéfique au service de l'homme ^{6,7}.

REFERENCES

1. H.P. Stapp, 1972. *Amer. J. Phys.*, 40:1098.
2. W. Heisenberg, 1958. *Physics and Philosophy*, Harper & Row, New York, Ch. III.
3. A. Einstein, B. Podolsky, & N. Rosen, 1935. *Phys. Rev.*, 57:777.
4. J.S. Bell, 1965. *Physics*, 1:195.
5. William James, 1890. *The Principles of Psychology*, Henry Holt, New York.
6. H.P. Stapp, 1985. *Found. of Physics*, 15:35.
7. H.P. Stapp, 1982. *Found. of Physics*, 12:363.

**LA SCIENCE ET LES FONDEMENTS DE LA CIVILISATION :
LOIS ETERNELLES OU HABITUDES HERITEES ?**

par Rupert SHELDRAKE

L'univers de la physique classique ressemblait à une énorme machine, éternelle, formée d'indestructibles particules de matière, animée par une énergie elle-même indestructible, et gouvernée par des lois mathématiques immuables.

A l'opposé, la nouvelle cosmologie présente l'univers comme un organisme évolutif, un peu comme l'oeuf cosmique de la mythologie à partir duquel l'organisme universel se développe, contenant en lui-même tout ce qui peut exister. On pense que l'univers est né il y a environ 15 milliards d'années d'une explosion primordiale, et qu'il n'a cessé depuis de s'étendre et de se refroidir : les premiers stades de cette expansion voient la formation des particules subatomiques et des atomes simples ; puis, par condensation des gaz primitifs, les galaxies et les étoiles se constituent ; les réactions nucléaires en chaîne qui se produisent alors dans la fournaise des étoiles donnent naissance aux divers éléments chimiques ; enfin, l'agrégation des résidus des étoiles éclatées qui se refroidissent peu à peu engendre les corps solides : planètes, satellites, astéroïdes, comètes, météorites et nuages de poussière cosmique. A l'intérieur de ces corps et à leur voisinage se constituent des types de molécules toujours plus complexes et la cristallisation des liquides et des solutions donne naissance à des cristaux d'une extrême diversité. Sur une planète au moins - la nôtre - des structures vivantes apparaissent dans l'océan primitif. Puis les mers et, plus tard, la surface de la terre, se peuplent de micro-organismes, de plantes et d'animaux divers et innombrables : ceux que nous connaissons aujourd'hui. Les êtres humains, lointains rejetons primates, commencent à leur tour à peupler la planète. La culture et la technologie humaines évoluent, d'abord lentement, puis de plus en plus vite avec l'agriculture, et plus vite encore quand les industries prennent leur essor. Et ce rythme va s'accéléralant sans cesse...

Nous mêmes avons grandi dans un monde obsédé par le développement et l'innovation. L'idée de changement imprègne notre culture. Il n'est pas une grande théorie - qu'elle soit sociale, historique, économique ou politique - qui ne s'inscrive dans une perspective évolutionniste. La science elle-même a évolué, et, dans le monde scientifique, le point de vue évolutionniste domine depuis plus d'un siècle la géologie et la biologie. Quant à la physique, apparemment imperméable au transformisme ambiant, elle est demeurée jusqu'à ces tout derniers temps le bastion d'un modèle tout à fait différent : celui d'un univers éternel gouverné par des lois immuables, régissant une quantité invariable de matière et d'énergie.

Depuis la fin des années '60, la physique s'est coulée à son tour dans le moule de la cosmologie évolutionniste. Le vieux paradigme de l'immuable s'oppose désormais radicalement à celui de l'évolutif. Des questions apparaissent auxquelles nous avons à peine commencé de répondre. Nous n'en citerons qu'une : si l'univers a évolué et continue d'évoluer, ce mouvement se poursuit-il selon des lois naturelles

immuables qui existaient déjà sous forme virtuelle avant le Big Bang ? Ou au contraire, ces lois apparaissent-elles, elles aussi, au cours du temps et évoluent-elles avec l'univers ? Est-il impossible que ces lois puissent se modifier, pour la raison qu'elles représentent un système éternel d'ordre mathématique gouvernant tout ce qui existe dans le cosmos ? Ou bien dépendent-elles des événements passés et seraient-elles en quelque sorte des **habitudes** comme C.S. Peirce le suggérait il y a déjà un siècle ¹ ?

Cette conception nouvelle des lois de la nature s'accorderait avec le changement de paradigme que constitue le passage de la machine à l'organisme. Les machines sont gouvernées par les structures que leur imposent leurs créateurs, alors que la régulation des organismes dépend d'habitudes et de dispositions héritées ou acquises. Tous les organismes, et donc l'organisme universel lui-même, peuvent être un produit de l'habitude, plutôt qu'un mécanisme obéissant à des lois immuables fixées à tout jamais.

L'idée de l'éternité des lois a une puissante emprise sur nos esprits, celle d'une habitude profondément ancrée qui remonte en droite ligne à l'aube de la pensée européenne. Ce qui a conduit aux découvertes mathématiques des Pythagoriciens, c'est l'idée qu'un ordre mathématique éternel sous-tend et transcende toutes choses créées, idée que ces découvertes mêmes n'ont fait que renforcer. Pour les Platoniciens, leurs voisins en philosophie, le monde des phénomènes que nos sens appréhendent n'est pas le monde réel, essentiel, mais le reflet de formes ou d'idées qui transcendent le temps et l'espace. Dans le néoplatonisme chrétien, ces idées subsistent dans l'esprit éternel de Dieu ; elles constituent autant d'aspects du *logos* divin.

Les pères de la science moderne - Copernic, Kepler, Galilée, Descartes et Newton - ont tous été marqués par le point de vue pythagoricien ou platonicien, qui a continué d'inspirer les grands théoriciens de la physique, dont Einstein et les pionniers de la théorie des *quanta* ².

Autre grand legs de la pensée grecque à la science moderne, la philosophie atomiste. La philosophie mécaniste du XVII^e siècle, en même temps que l'idée de lois mathématiques immuables, nous a donné celle des particules de matière invariables, animées par une quantité de mouvement toujours égale. Cet hybride de platonisme et de matérialisme n'a pas cessé de dominer la démarche scientifique. C'est un dualisme, dans la mesure où il postule d'un côté une quantité éternelle de matière et d'énergie, et de l'autre les lois de la mathématique : la réalité matérielle de l'univers est gouvernée par des principes invisibles, universels et immuables.

Les philosophes sceptiques qui ont fait suite à Hume ne sont jamais parvenus à justifier par l'expérience ou la logique l'hypothèse selon laquelle ces lois universelles existeraient indépendamment de l'esprit humain. Un platonisme implicite n'en a pas moins continué d'imprégner la pensée et la pratique scientifique. Nous prenons en général la chose pour acquise, tant il est vrai que la méthode scientifique en dépend absolument : une expérience ne peut être reproduite, en principe, que si les lois de la nature sont les mêmes toujours et partout, principe que ne peut expliquer une science qui en fait justement son postulat :

"Affirmer que nos lois causales sont universelles ou constantes à travers l'espace et le temps revient à supposer une régularité structurale - une régularité de co-existence dont la causalité semble en principe inexplicable puisqu'aucun rapport de cause à effet, aucune loi de succession ne peuvent en

rendre compte ... L'homogénéité structurale du monde semble résister à toute explication plus "approfondie" : elle reste un mystère." ³ (Popper, 1983)

Mais si quelques-uns au moins des lois de la nature évoluent, peut-être n'est-il pas impossible de trouver à un niveau plus "profond" le secret de la régularité structurale de l'univers. Et puisque la nouvelle cosmologie a placé la nature tout entière sous le signe de l'évolution, l'entreprise vaut d'être tentée.

L'hypothèse de la causalité formative (Sheldrake, 1981) ⁴ nous ouvre une première porte. Elle postule en effet que les formes caractéristiques qu'adoptent les molécules, les cristaux, les cellules, les tissus, les organes et les organismes sont modelées et maintenues par des champs spécifiques appelés **champs morphogénétiques** (du grec *morphé* = forme, et *genos* = origine, naissance). Les structures de ces champs sont dérivées de champs morphogénétiques associés à des systèmes semblables antérieurs ; les champs morphogénétiques des systèmes passés agissent sur les systèmes semblables subséquents, selon un processus nommé résonance morphique.

Le concept de champs morphogénétiques n'a absolument rien de nouveau, sauf qu'on en donnait auparavant une interprétation différente. Pendant plus de 50 ans, les embryologistes et les biologistes évolutionnistes ont eu recours à ce terme pour désigner les facteurs inconnus de structuration et d'organisation qui permettent aux animaux et aux végétaux de se développer à partir des oeufs et des semences en passant par différents stades embryonnaires, avant de prendre leur forme adulte spécifique. On a tenu ces champs pour responsables non seulement de la genèse des formes biologiques mais aussi des propriétés "holistiques" des organismes, que révèle par exemple leur aptitude à se régénérer après avoir été mutilés. L'ennui, c'est que personne n'a jamais su dire ce que sont ces champs ni comment ils opèrent. Certains biologistes, notamment le regretté C.H. Waddington, les ramènent à un simple "expédient descriptif", une sorte de schéma rendant compte d'ensembles complexes d'interactions physiques et chimiques classiques dont le détail nous demeure inconnu. De ce point de vue, les champs morphogénétiques n'offrent rien de mieux qu'une terminologie expressive, et ne peuvent en tant que tels conduire à des prévisions vérifiables. L'hypothèse de la causalité formative permet au contraire d'y voir un type nouveau de champ physique, dont l'expérience peut isoler les effets.

Tout processus de développement a pour origine un système qui présente déjà des structures d'organisation caractéristiques. Un embryon, par exemple, se développe à partir d'un oeuf fécondé contenant des acides nucléiques et des protéines organisés selon un mode singulier, particulier à chaque espèce. L'hypothèse de la causalité formative veut que ces points de départ morphogénétiques, ou **germes morphogénétiques**, entrent en résonance morphique avec des systèmes antérieurs dont faisaient partie des structures semblables à ces germes eux-mêmes. Le germe morphogénétique s'insère dans le champ morphogénétique du système de niveau supérieur, qui oriente ou modèle alors le développement devant aboutir à cette forme caractéristique. Cependant, bien que les champs morphogénétiques jouent un rôle causal dans l'organisation du système en développement, ils ne sont pas eux-mêmes source d'énergie ; ils modifient les structures des événements probabilistes, en limitant les résultats possibles des processus énergétiquement indéterminés.

Selon cette hypothèse, l'influence des systèmes passés sur les systèmes présents, qui s'exerce par résonance morphique, n'est pas sensiblement atténuée par l'éloignement dans le temps ou dans l'espace. Par conséquent, tous les systèmes passés d'un type donné influencent les systèmes semblables apparus par la suite ; leur influence est donc cumulative. Tous les systèmes précédents sont semblables plutôt qu'identiques : lorsqu'un système subséquent tombe sous leur influence collective par résonance morphique, son champ morphogénétique n'est pas clairement

défini mais consiste plutôt en une sorte de synthèse de formes semblables antérieures. C'est ainsi que les champs morphogénétiques non seulement agissent sur les événements probabilistes, mais sont eux-mêmes de nature probabiliste.

L'hypothèse de la causalité formative débouche sur une interprétation de l'héritage des formes chez les animaux et les végétaux très différente de la théorie classique. Pour cette dernière, en effet, les organismes se développent selon des modalités "programmées" d'une façon ou d'une autre dans leur ADN. Sans nier que l'ADN est le code de la séquence des acides aminés dans les protéines, l'hypothèse de la causalité formative présume que la forme et l'organisation des cellules, des tissus, des organes et des organismes dans leur ensemble sont gouvernées par une hiérarchie de champs morphogénétiques qui ne sont pas transmis par voie chimique mais directement reçus par résonance morphique d'organismes passés appartenant à la même espèce.

Etendue à l'organisation et à la structuration des événements probabilistes à l'intérieur du système nerveux, la notion de champs morphogénétiques permet d'interpréter de la même manière la transmission des comportements instinctifs.

Ces idées sont bien étranges, et une analogie permettra sans doute de mieux les saisir. Imaginons un individu intelligent et curieux qui ignore tout de l'électricité et des champs électro-magnétiques et qui se trouve pour la première fois devant un poste de télévision. Peut-être va-t-il d'abord supposer que les petits personnages dont il voit l'image sur l'écran se cachent dans l'appareil. S'il regarde à l'intérieur, où il n'y a que des fils, des condensateurs et des transistors, il va songer à une explication plus élaborée et imaginer que les images naissent, d'une manière ou d'une autre, d'interactions complexes entre les composants de l'appareil, hypothèse qui lui paraîtra d'autant plus plausible qu'il va bientôt s'apercevoir que les images se déforment ou disparaissent lorsqu'on enlève les composants, et qu'elles réapparaissent lorsqu'on les remet en place.

Si on lui suggère que les images dépendent en réalité d'influences invisibles s'exerçant à très grande distance et pénétrant dans l'appareil, il va rejeter cette interprétation qui lui paraîtra superflue et obscurantiste. Pour lui, rien de l'extérieur ne peut entrer dans le poste, et lorsqu'il constatera que le poids de l'appareil reste constant, qu'il soit branché ou non, il ne manquera pas d'être conforté dans son opinion. Tout en admettant qu'il est incapable d'expliquer précisément comment les images peuvent être le résultat des interactions complexes qui se produisent dans l'appareil, et de rien d'autre, il soutiendra sans doute qu'il y a là une explication possible en principe, et que des recherches plus approfondies permettront un jour ou l'autre d'en montrer le bien-fondé.

Tel est, à peu près, le point de vue des biologistes classiques. Par opposition, et pour poursuivre l'analogie, l'hypothèse de la causalité formative, sans nier l'importance des fils, des transistors, etc. (qui correspondent à l'ADN, aux molécules protidiques, etc.), reconnaît en outre le rôle d'influences extrinsèques, dont les "émetteurs" sont en l'occurrence les organismes précédents de la même espèce. Des mutations génétiques peuvent modifier l'héritage des formes ou des instincts en perturbant le "réglage", ou en provoquant des distorsions dans la "réception". Mais les facteurs génétiques ne peuvent à eux seuls rendre compte de cet héritage, pas plus que le schéma de montage de l'appareil ne peut à lui seul expliquer l'apparition des images sur l'écran.

L'hypothèse de la causalité formative peut se vérifier de bien des manières, notamment à propos de la cristallisation des produits chimiques qui n'ont encore jamais été synthétisés. L'hypothèse veut en effet qu'aucun champ morphogénétique

spécifique des cristaux considérés ne préexiste à la cristallisation initiale. Mais après la formation des premiers cristaux, les cristallisations subséquentes sont influencées par les champs morphogénétiques des premiers exemplaires. Plus une substance est cristallisée souvent, plus elle a de chances de se cristalliser à nouveau.

Les composés nouveaux sont effectivement difficiles à cristalliser et, d'une manière générale, forment plus facilement des cristaux au bout d'un certain temps. On explique habituellement ce phénomène en prétendant que des fragments de cristaux, qui font office de "semences", imprègnent la barbe ou les vêtements des chercheurs qui se déplacent de laboratoire en laboratoire ! Si l'effet apparaît même en l'absence de tout porteur identifiable, on suppose que les semences ont fait le tour de la Terre sous forme de particules de poussière microscopiques.

L'hypothèse de la causalité formative veut que ces cristallisations se produisent de plus en plus facilement même lorsque les poussières sont éliminées de l'air ambiant et que les savants déamoulateurs et barbus sont tenus à distance. Il ne doit pas être trop difficile de le prouver par l'expérience.

Dans le domaine de la biologie, notre hypothèse engendre toute une gamme de prévisions vérifiables, dont la plus frappante est sans doute celle qui touche à l'apprentissage de nouveaux schémas de comportements par les animaux. Supposons que des rats apprennent à effectuer une certaine tâche qu'aucun rat au monde n'a jamais accomplie avant eux : leurs congénères, où qu'ils se trouvent, devraient être capables d'acquiescer plus facilement ce même comportement, et ce en l'absence de tout mode connu de liaison ou de communication physiques.

Or, et c'est remarquable, certains indices tendent déjà à prouver que c'est effectivement ce qui se passe. En 1920, William McDougall entreprenait à l'Université Harvard une longue série d'expériences qui l'amènèrent à découvrir que les rats des générations successives apprenaient de plus en plus vite à s'échapper d'un labyrinthe aquatique spécialement agencée. A chaque génération, les sujets étaient les descendants des rats qui connaissaient déjà le labyrinthe. McDougall estimait que ses résultats corroboraient la théorie lamarckienne de la transmission des caractères acquis.

Désireux de répondre aux critiques de ceux qui pensaient que l'effet observé pouvait être la conséquence de la sélection des parents parmi les "bons élèves" (alors que les rats étaient choisis apparemment au hasard), McDougall entreprit une nouvelle série d'expériences, choisissant cette fois pour parents, dans chaque génération, les rats les plus lents à apprendre. Cette sélection génétique aurait dû avoir pour résultat une **diminution** de la vitesse d'apprentissage d'une génération à l'autre. Or, là encore, l'expérience montra que cette vitesse ne faisait que **s'accroître** ⁴.

Les controverses soulevées par ces découvertes amenèrent d'autres chercheurs (F.A.E. Crew, à Edinbourg, et W.E. Agar et ses collègues, à Melbourne) à reprendre les expériences de McDougall en utilisant le même type de labyrinthe aquatique. Il s'avéra qu'en Australie comme en Ecosse les premiers rats apprenaient beaucoup plus vite que ne l'avaient fait les premières générations de McDougall. Mieux encore, Crew découvrit que quelques-uns des premiers sujets qu'il avait observé "connaissaient" immédiatement le labyrinthe et ne commettaient pas une seule erreur.

Agar et ses collègues comparèrent les performances des générations successives de rats issus de parents entraînés à celles d'une lignée de contrôle dans laquelle les parents de chaque génération n'avaient jamais approché le labyrinthe. Les

performances des générations successives de rats entraînés allaient s'améliorant, ce qui confirmait la découverte de McDougall. Mais il en était de même pour celle des rats de la lignée de contrôle, qui étaient pourtant des descendants de sujets non entraînés. Leurs progrès ne pouvaient donc s'expliquer par le fait que leurs parents leur auraient transmis des gènes modifiés, comme le veut la théorie de Lamarck. Les conclusions de McDougall furent réfutées, mais ses résultats n'en furent pas moins confirmés, et jusqu'à ce jour personne n'a pu en donner d'explication satisfaisante en termes classiques. En tout état de cause, ils s'accordent avec l'hypothèse de la causalité formative.

Dans les expériences spécialement conçues pour vérifier les effets de la résonance morphique, il serait sans doute préférable de mesurer la vitesse à laquelle les rats apprennent tel ou tel comportement en un lieu donné, disons à New York, avant et après qu'un grand nombre de rats aient été entraînés à accomplir la même tâche en un autre endroit, à Londres, par exemple. Il va sans dire qu'il faudrait prendre toutes les précautions voulues pour éviter toute intervention consciente ou inconsciente des expérimentateurs. Ceux de New York pourraient évaluer la vitesse d'apprentissage de nouveaux lots de rats tous les mois pendant un an. Ceux de Londres choisiraient au hasard, à l'intérieur de cette période, le moment auquel commencerait l'entraînement, par exemple cinq mois après le début des épreuves à New York. Si les chercheurs de New York, ignorant tout de ce qui se passe à Londres, observent une augmentation notable de la vitesse d'apprentissage après, et après seulement, l'entraînement des rats londoniens, nous aurons une preuve en faveur de la causalité formative.

Cette hypothèse est actuellement en cours de vérification tant en chimie qu'en biologie et en psychologie. Il est possible que les découvertes auxquelles aboutiront ces recherches empiriques viennent la confirmer. Les champs qui ordonnent les molécules, les cristaux et les organismes vivants peuvent en effet dépendre d'événements antérieurs ; il peuvent subir une évolution, et ressembler davantage à des structures d'habitude qu'à des lois immuables.

Jusqu'où peut-on étendre ce principe ? Les physiciens en sont déjà à spéculer sur l'évolution des divers champs connus de la physique à partir d'un champ unifié primitif⁵. Que de perspectives pourraient s'ouvrir si nous commençons à étudier les rapports entre ces champs et les champs morphogénétiques de la chimie et de la biologie !

La notion d'expérience reproductible se fonde sur le postulat que les lois de la nature sont les mêmes partout et toujours. Mais si les champs évoluent, certaines expériences sont peut-être, en elles-mêmes, impossibles à reproduire. Considérons par exemple les expériences sur les rats comme celles que nous venons de rapporter. Si l'aptitude des rats à apprendre est testée dans un laboratoire après l'avoir été dans un autre, les résultats ne seront pas les mêmes parce que les rats de la deuxième expérience auront été influencés par la résonance morphique de ceux de la première. Cela nous oblige à envisager que des effets de cet ordre sont déjà en train d'influer sur les résultats des expériences scientifiques classiques, ce qui est une éventualité fort gênante. Peut-être que les nouvelles particules nucléaires, par exemple, sont plus facilement détectables si elles ont déjà été découvertes dans d'autres laboratoires...

Les champs seront d'autant mieux stabilisés par la résonance morphique que les structures d'apparition des formes auront été plus souvent répétées ; et plus ces structures se consolideront, plus les phénomènes paraîtront gouvernés par des lois immuables.

L'observation de soi-même et d'autrui apprend que plus un comportement est habituel plus il semble répondre à un quasi-mécanisme prévisible. Sous certains angles, nous fonctionnons "comme une horloge".

Si l'univers est comme une machine éternelle, si tous les organismes qui le peuplent sont des systèmes mécaniques plus ou moins complexes, peut-on admettre que la spontanéité de leur évolution et de leur comportement n'est en dernière analyse que l'effet d'un hasard aveugle ? C'est encore le credo officiel de la biologie contemporain. Mais si l'univers ressemble plutôt à un organisme vivant, dont la régularité est fonction des habitudes, les phénomènes mécaniques ne sont plus qu'un cadre limitatif, idéalisé en modèle par la physique classique. Pour l'instant, nous ne pouvons qu'entrevoir les conséquences qu'auraient le dépassement d'un tel modèle et l'adoption d'un évolutionnisme radical.

NOTES

1. M.G. Murphy, 1961. *The Development of Peirce's Philosophy*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
2. K. Wilber (dir. publ.), 1984. *Quantum Questions*, Shambala, Boulder, Colorado.
3. K. Popper, 1983. *Realism and the Aim of Science*, Hutchinson, Londres.
4. Rupert Sheldrake, 1985. *Une nouvelle science de la vie - L'hypothèse de la causalité formative*, Coll. Esprit et Matière, Editions du Rocher, Monaco.
5. P.C.W. Davies, 1984. *Superforce*. Heinemann, Londres.

REFLEXIONS SUR LE MODE DE PENSEE OCCIDENTAL
ET SUR LA SCIENCE ET L'EDUCATION

par Ubiratan D'AMBROSIO

Cette communication propose à l'examen la notion de créativité, dans ses rapports avec la connaissance institutionnalisée. Analysant d'une part la formation du savoir scientifique et de l'autre les systèmes d'enseignement, elle présente une argumentation en faveur d'un modèle d'apprentissage et d'action qui favorise la créativité. Au cours du développement, des remarques sur la constitution historique de la connaissance en Occident, et notamment de ce l'on appelle le mode de pensée occidentale, viennent enrichir la réflexion. Un modèle holistique de comportement, fondé sur le cycle réalité-individu-action-réalité inspire quelques idées sur la manière dont la connaissance est acquise et importée, ouvrant la voie d'un débat sur les systèmes d'enseignement. L'examen critique de l'éducation scolaire, extrascolaire et informelle aboutit à diverses considérations sur la façon de favoriser la créativité.

Nous chercherons à établir un cadre où replacer la notion de créativité dans son sens le plus général, c'est-à-dire dans les sciences aussi bien que dans les arts. Nous recherchons aussi parmi les principaux courants épistémologiques ceux dans lesquels peut s'insérer notre analyse de la créativité, notamment de la créativité scientifique. Nous proposerons un modèle d'apprentissage fondé sur le cycle réalité-individu-action-réalité, qui servira de point de départ à l'analyse des systèmes d'éducation organisés selon les schémas scolaire, extrascolaire et informel. Chacun de ces systèmes d'organisation sera analysé du point de vue des avantages et des inconvénients qu'il présente pour le développement des aptitudes créatrices par l'acte d'apprentissage. Enfin, nous nous interrogerons sur le rôle que joue l'éducation extrascolaire dans la stimulation de la créativité, en accordant une attention particulière aux pays en développement. Pour ce qui est justement du développement, nous insisterons sur une conception qui s'appuie sur la capacité de création comme de manipulation de la science et de la technologie.

L'intérêt que nous portons à la créativité du point de vue de la science et de l'éducation prend essentiellement sa source dans notre travail d'analyse historique de la dynamique culturelle telle qu'elle apparaît dans le processus colonial. La structure de pouvoir sous-jacente qui se manifeste à travers les schémas de légitimation est fondée sur certaines formes d'autorité qui combinent le magique (et donc le savoir, le langage, les valeurs et la science) et le technique (et donc les savoir-faire, les arts, les armes, les modes de production et de travail, les échanges et l'argent) et sont l'essence même de la synthèse culturelle occidentale. (Pour un point de vue analogue, se reporter à Sohn-Rethel, 1979.) Cette combinaison apparaît d'ailleurs nettement dans les paradigmes que l'on retrouve partout dans les sciences et dans les arts, que nous avons choisis comme point de départ pour notre cadre conceptuel de la créativité. Nous traiterons particulièrement des manifestations des sciences et des arts - plus précisément des mathématiques et de la musique - où les gauchissements paradigmatiques se manifestent de la façon la plus éloquente. Le colloque "Mathematics and Music : Aspects of Creativity" organisé à

UNICAMP en avril 1980 a fait ressortir l'importance qu'il fallait accorder à l'inconscient dans toute approche de la créativité. La place que font à la psychanalyse les considérations qui vont suivre répond à cette conclusion. Le colloque s'est beaucoup attaché aussi au rôle de l'interprète dans le processus de création. Cette remarque aussi inspirera ce que nous dirons de l'invention et de la critique, et notamment du processus de légitimation dont l'éducation scolaire, extrascolaire et informelle est le lieu.

LA CREATIVITE

"L'artiste est le frère du criminel et du fou"

(Thomas Mann, *Doktor Faustus*)

La créativité est une notion trop vaste pour être contenue dans une définition, mais on peut s'entendre sur le fait qu'elle est la qualité du créateur, terme qui désigne celui qui a la capacité de créer, ce qui en fait ne veut pas dire grand chose. Cela nous ramène inmanquablement à l'homme se projetant lui-même dans l'image du Créateur, thème qui revient constamment dans la mythologie et la religion. Pour ce qui est de la chrétienté, C.G. Jung attire l'attention sur cette projection en se référant particulièrement à saint Jean (10:34) (Jung, 1971 : §235). Il évoque également Maître Eckhart, dans une démonstration où il établit un parallèle entre le mysticisme chrétien et le bouddhisme zen (Jung, 1971 : §887).

La créativité a plusieurs sens, qui convergent tous sur l'idée d'un acte produisant quelque chose échappant à l'habitude, ne correspondant pas à ce que l'on pouvait attendre et donnant à une activité une dimension nouvelle. La créativité se manifeste sous diverses formes et se reconnaît à ce qu'elle produit : poème inspiré, but original dans un match de football, trait d'humour ou même démonstration ingénieuse d'un théorème mathématique. Toutes ces manifestations supposent quelque chose de nouveau, qui s'insère convenablement dans ce que les règles et les conventions de la société légitiment. Nous pouvons utiliser ici le terme de matrice, au sens que lui donne Arthur Koestler, pour dénoter les capacités, les habitudes, les aptitudes et tout modèle de comportement organisé selon certaines règles de conduite. Nos expériences s'ajoutent les unes aux autres pour constituer des matrices de comportement, et l'individu élabore les stratégies selon lesquelles activer ces matrices face à des expériences nouvelles. Comme le dit Koestler (1975), "L'acte de création, dans la mesure où il établit entre les diverses dimensions de l'expérience une liaison qui n'existait pas auparavant, permet [à l'individu] d'atteindre un niveau supérieur d'évolution mentale. C'est un acte de libération - le triomphe de l'originalité sur l'habitude." Puisque, pour échapper aux conventions, il faut faire un détour par l'autre côté de la conscience et de l'équilibre mental conventionnels, la psychanalyse intervient tout naturellement dans la réflexion. Créer n'est pas facile et la plupart des créateurs s'entourent de sortes de rituels pour se pousser à l'acte de création, qui, du point de vue psychanalytique, est à la fois le cadre et le décor de la libération inconsciente d'une certaine forme d'énergie. Charles Morazé, dans son excellente étude sur l'invention littéraire, estime que la question fondamentale "est précisément la façon dont cette énergie se fixe sur les idées, les signes et les images". Il nous reste beaucoup à apprendre sur ce processus, et Morazé lui-même affirme que "cette question sera au centre des préoccupations des physiologistes et psycho-physiologistes du cerveau dans les années qui viennent".

Cette évasion du monde conventionnel dont nous venons de parler nous amène à ce que Meredith Skura (1980) appelle "le processus dialectique de la pensée inconsciente engrené sur la pensée consciente", ce qui verse au débat l'idée de la transgression des limites du conscient. Cette notion de transgression, que l'on retrouve chez les artistes, les criminels, les fous et les grands créateurs, a donné naissance à l'idée qu'il y a un lien entre le génie et la folie, lien que l'on trouve exprimé à la fois dans les récits populaires et dans les milieux scientifiques. L'image du savant ou de l'artiste fou est fréquente dans la littérature occidentale, et celle de l'intellectuel aux manières étranges est tout à fait courante dans l'esprit populaire. Le succès de cette conception dans les milieux universitaires est dû surtout à Cesare Lombroso, auteur en 1864 d'un célèbre essai sur le génie et la folie qui a fait école. On trouve aussi de nombreux aperçus sur les rapports entre conduite psychotique et créativité chez Freud, ses émules et ses détracteurs, mais nous n'en traiterons pas ici.

La notion de transgression des limites nous conduit à l'idée d'infraction, de subversion des conventions et même d'abrogation des lois et des codes, qui implique un certain radicalisme dans le processus de création et la violation des paradigmes dans le produit créé. Le phénomène est évident dans l'art - par exemple Picasso déclarant "Je ne cherche pas, je trouve" - mais Bernard Shaw pense manifestement le contraire quand il voit dans son oeuvre "Dix pour cent d'inspiration et quatre-vingt dix pour cent de transpiration". Cette dernière remarque donne à penser qu'il est possible d'atteindre un niveau élevé de créativité sans nécessairement transgresser des limites. Comme Leonard B. Meyer essaie de le montrer dans son analyse exhaustive de la création musicale, tel semble être le cas dans ce domaine particulier de l'art (Meyer, 1980). En fait, il établit un parallèle entre cette forme de créativité et l'évolution biologique, en se référant à François Jacob, selon qui il s'agit toujours d'une sorte de "rafistolage" ; c'est à la création scientifique qu'il attribue au contraire le caractère d'une transgression. Nous reviendrons plus loin sur ce point, à propos de la science.

Nous venons de voir que la créativité, qu'elle consiste à enfreindre ou à repousser les limites, doit être acceptée ou légitimée d'une façon ou d'une autre. Cette acceptation ou légitimation peut être très sélective, comme pour certaines formes de création scientifique, ou encore socialement stratifiée, comme pour la technologie et son intégration à l'esthétique sous la forme du style kitsch que l'on retrouve à presque toutes les époques de l'histoire. Dans tous les cas, l'existence de facteurs socio-culturels qui donnent un sens et un statut au produit créé, qu'il soit intellectuel ou matériel, ou les deux, est d'une importance décisive. On est amené à se demander si les facteurs en question sont un instrument de légitimation extrinsèque au processus de création ou s'ils en font partie intégrante ; autrement dit, si c'est le milieu socio-culturel qui engendre les créateurs, ou si l'apparition fortuite, simultanée ou en succession rapide, de certaines personnalités modifie l'environnement social et culturel. Ou encore, si c'est la société qui engendre ses génies, ou si un petit groupe de créateurs détermine le destin de la société. Don Quichotte aurait-il vu le jour si Cervantès avait décidé de faire carrière au Vatican au temps où il était au service du Cardinal Acquaviva ? Cette interrogation est fondamentale du point de vue du sujet traité ici et de celui de la politique scolaire. Elle nous met face à l'opposition essentielle entre l'origine socio-culturelle de la créativité et son origine individuelle et psychologique, problème fort débattu mais qui dépasse notre propos. Admettons que la créativité se manifeste quand se produit une synthèse significative d'éléments culturels, et que c'est cette synthèse même qui constitue le processus de création. Mais nous ne chercherons pas à en élucider la nature, renvoyant pour cela au passionnant ouvrage de Silvano Arietti (1976) et aux nombreuses sources qu'il cite.

SCIENCE ET PRODUCTION SCIENTIFIQUE

"La science a imposé son empreinte, bienfaisante ou néfaste, à l'ensemble de notre vie, matérielle et spirituelle. Elle est le phénomène majeur des temps modernes, l'élément principal de notre civilisation...hélas!"

(B.L. der Waerden, *Science Awakening*)

Parmi les diverses manifestations de la créativité, l'invention scientifique mérite une place à part. Les deux aspects sujets à controverse évoqués dans la partie qui précède - transgression des limites par opposition à extension de ces limites et origine socio-culturelle de la créativité par opposition à origine psycho-individuelle - sont un bon terrain pour étudier la science en tant qu'entreprise humaine. La science a joué un rôle de pionnier dans la révolte contre les tabous de nature transcendante (magie, autorité, mythe, crainte de l'inconnu...) en enfreignant ouvertement les limites du comportement socialement accepté. Et pourtant, elle est cumulative par nature, édifiant sur l'acquis précédent qui de tout évidence n'a été accepté lui-même qu'à l'issue d'un processus de légitimation, probablement le plus hermétique et le plus élaboré qui soit. (Voir à ce propos d'Ambrosio, 1980, et Polanyi, 1964.) En effet, les critères d'acceptation, coextensifs à créativité comme on l'a vu dans la partie précédente, sont relativement mystérieux quand il s'agit de la science : nous les abandonnons, c'est le moins qu'on puisse dire, à un corps organisé de praticiens. A partir d'un mode de pensée qui a germé en Grèce et fleuri dans un réseau culturel complexe, la science moderne s'est développée et s'est édiflée en même temps que les envahisseurs occidentaux soumettaient les civilisations non occidentales. S'ils firent des concessions dans beaucoup de domaines fondamentaux comme la religion, le mode de vie, l'économie et la politique, ils ne transigèrent point quand il s'agit de donner au rationalisme occidental une portée universelle et d'imposer la matérialisation la plus réussie : la science et la technologie occidentales - rendant ainsi illusoirs les concessions octroyées par ailleurs. Mais ce serait par trop limiter le débat que de faire de l'épisode des invasions occidentales et de la sujétion des civilisations non occidentales, le triomphe d'une certain mode de pensée. Car on retrouve ce processus répété selon le même motif à l'intérieur même du monde dit occidental, dans les pays, les collectivités, les ménages et même au coeur de l'individu. L'image de la science moderne qui prévaut aujourd'hui est le résultat de réussites techniques quasi miraculeuses et d'une connaissance plutôt vague de la gestation de ces merveilles. Ce corps de connaissances et de méthodes, qualifié d'"idéologiquement neutre" et d'universel, est le tissu fondamental sur lequel est bâtie la science moderne. Il règle sans partage, hors de portée de l'intelligence et des interpellations de l'ensemble de la société. Nous voilà de nouveau placés devant l'alternative des origines socio-culturelles ou psycho-individuelles de la créativité, sauf que les praticiens sont ici remplacés par une minorité de personnes qui trouvent une identité commune dans des liens, une formation et des intérêts partagés. Il y a là, plus qu'une controverse, un conflit sous-jacent à la civilisation occidentale, que rend bien la phrase de van der Waerden citée plus haut en exergue et qui est d'une importance décisive pour l'orientation des politiques éducatives et scientifiques, notamment dans les pays en développement. L'indéniable compromis qu'exprime la phrase de Newton "*Scientiis ex usu conciliatur gratia*", ne diffère guère des opinions contemporaines, celles qu'exprime par exemple le prix Nobel David Baltimore : "La société doit régler le rythme de l'innovation en science fondamentale, mais ne devrait pas tenter d'en prescrire la direction" (Baltimore, 1978). Il est certain que des considérations de ce genre sont fondamentales lorsqu'on s'interroge sur les rapport entre des institutions sociales comme le système éducatif et la promotion de la créativité,

étendue dorénavant comme la manifestation d'une synthèse significative d'éléments culturels. (Pour un développement de la question, voir D'Ambrosio, 1977 et 1979.)

Retournons maintenant à la question essentielle de savoir ce qui caractérise la créativité scientifique, en d'autres termes, ce qui fait progresser la science. Nous pouvons par exemple nous tourner vers l'anecdote et resonger aux cas rapportés par Kekulé, Hadamard, Poincaré et divers autres, qui donnent à penser que l'inconscient y tient une part. On trouvera dans Koestler (1975) le compte rendu de plusieurs cas de ce genre. Dans tous ces récits, nous retrouvons une structure clairement définie que Morazé (1972) exprime par le trinôme *informare - cogitare - intellegere* : le sujet se trouve immergé dans la réalité, en fait une réalité globale faite d'un milieu socio-culturel autant que d'un environnement naturel, puis se livre à une réflexion sur cette réalité et sur l'obligation qu'elle lui impose de l'interpeller ou de la défier, et enfin choisit une ligne d'action parmi un certain nombre de possibilités. Cette conception coïncide au fond avec celle qu'expose Paul Feyerabend dans l'esquisse à la fois polémique et stimulante pour l'esprit qu'il propose d'une théorie "anarchiste" de la connaissance, dans laquelle il déclare : "Les scientifiques ne résolvent pas un problème parce qu'ils ont une baguette magique - la méthode ou la théorie de la rationalité - mais parce qu'ils étudient depuis longtemps le problème considéré, qu'ils en connaissent assez bien les tenants et les aboutissants, qu'ils ne sont pas trop stupides... et parce que les excès d'une école scientifique sont presque toujours compensés par les excès d'une autre. (D'ailleurs, les scientifiques résolvent rarement leurs problèmes, ils commettent quantité d'erreurs et bon nombre des solutions qu'ils proposent sont sans aucune utilité pratique.) Au fond, il n'y a guère de différence entre le mécanisme qui conduit à la proclamation d'une nouvelle loi scientifique et celui qui mène à l'adoption d'une nouvelle loi sociale : on informe l'ensemble des citoyens ou les personnes directement intéressées, on rassemble "faits" et préjugés, on débat de la question et, finalement, on passe au scrutin. Mais alors que la démocratie s'efforce plus ou moins d'**expliquer** ce mécanisme afin que chacun puisse le comprendre, les scientifiques soit le **dissimulent** soit le **déforment** dans un sens qui sert leur sectarisme" (Feyerabend, 1978). La question se pose donc en termes de légitimation d'un processus et renvoie essentiellement à la responsabilité qui devrait être implicite dans le pacte élaboré au cours de l'histoire entre la société et ses savants, depuis l'apparition simultanée, au XVIIe siècle, de la science et de la technologie modernes d'une part et de la société moderne et de la notion d'intérêt public de l'autre. Il est remarquable que ce pacte ait été annexé de plus en plus étroitement, au point d'en être complètement dépendant, par la stratocratie qui a pu se développer jusqu'à détenir aujourd'hui un indéclinable pouvoir, à partir de cette imbrication de la science et de la technologie modernes à l'intérêt public, social et national au XVIIe siècle. Cette remise à l'honneur de l'alliance entre la société et ses savants et, plus encore, l'attribution à ce pacte d'une dimension nouvelle, celle d'un intérêt social direct plus immédiat, dépendent dans une large mesure du réexamen de la démarche scientifique elle-même, et, bien évidemment, de l'examen de stratégies tendant à développer et promouvoir la créativité scientifique. Comme on peut admettre que les systèmes éducatifs sont une concrétisation implicite de ces stratégies, cela nous amène à nous pencher sur la pratique pédagogique et le monde scolaire.

Avant d'aborder la question particulière de la promotion de la créativité scientifique, arrêtons-nous sur ce que l'on pourrait appeler la relation entre le pouvoir et le savoir. Celle-ci est implicite dans le récit que fait le livre de la Genèse du conflit entre le Demiurge et sa créature et se retrouve dans toute la pensée occidentale. Certes, la notion de savoir, confondue à l'origine avec celle de sagesse (la sapience), a fini par désigner une certaine familiarité avec un ensemble de faits, de données d'expérience, de signes et de codes accumulés par

l'humanité. Au cours de cette accumulation, c'est la pensée abstraite qui s'est imposée et a ouvert la voie à ce qui est aujourd'hui le mode de pensée occidental. On en peut douter que cette évolution répond à une idéologie non formulée qui a de profonds prolongements dans la structure sociale du monde moderne. L'analyse des modes de production et de travail et des modèles d'échange qui en sont la conséquence est indispensable pour expliquer la structure sociale qui prévaut aujourd'hui. Celle des modèles d'échange oblige à examiner la question très profonde des rapports à établir, dans l'histoire des idées, entre la notion très concrète et très matérielle de marchandise et la notion essentiellement abstraite de valeur. Ce sont ces rapports qui sont à l'origine de la monnaie et de la société monétisée, sceau de la société occidentale, et de la distinction entre travail intellectuel et travail manuel. C'est là aussi que se trouve la clé du statut privilégié de la connaissance, grâce auquel la civilisation occidentale a pu triompher de ses rivales. L'analyse très stimulante des relations entre travail intellectuel et travail manuel sur laquelle Alfred Sohn-Rethel (1979) a fondé sa critique de l'épistémologie, conclut que la recherche du pouvoir est inhérente à l'édification du savoir. Pour donner des exemples précis, disons que ce phénomène est illustré par le triomphe de la notion occidentale de savoir sur la notion traditionnelle de sagesse des cultures africaines, qu'expose très bien Kwasi Wiredu (1980), ou encore par certains des principes philosophiques qui ont fondé la conquête et la colonisation de l'Amérique : selon le raccourci de Juan Lopez de Palacios Rubios, juriste du début du XVI^e siècle : "Les Infidèles [...], étant ignorants, devaient servir ceux qui savaient, comme les sujets leur seigneur" (cité par Silvio Zavala, 1977).

APPRENTISSAGE, ENSEIGNEMENT, ECOLE

"Ce ne sont pas de vrais poètes, ce sont seulement des gens qui écrivent des poèmes qui sont publiés et cités un peu partout dans les anthologies, mais ce ne sont pas des poètes."

(J.D. Salinger, *Franny and Zooey*)

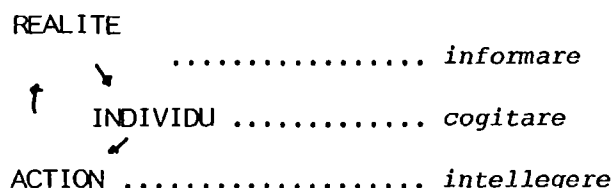
Dans cette partie, nous traiterons de trois notions différentes mais étroitement associées, à savoir l'acquisition des connaissances, leur transmission et l'ensemble de procédures et de dispositifs matériels et administratifs dans le cadre desquels ces activités sont mises en scène et validées. D'où le titre de la présente partie.

L'acquisition et la transmission des connaissances se complètent l'une l'autre et cette complémentarité nous semble être l'une des clés du problème de fond traité ici, celui des modèles de promotion de la créativité dans la science occidentale. Mais nous ne pouvons entamer le débat en laissant de côté le troisième aspect que nous avons évoqué : l'école. En fait, l'école reste une notion vide si on l'abstrait de l'apprentissage et de l'enseignement. Il faut se demander si l'inverse est également vrai. Pour être plus précis, l'apprentissage et l'enseignement subsistent-ils sans l'école ? Cela nous conduit à une modulation de l'intensité de l'éducation scolaire, qui servira de cadre à notre conceptualisation de l'enseignement scolaire, extra-scolaire et informel.

Mais avant d'aller plus loin, revenons à quelques considérations sur la sociologie de la connaissance, que nous n'avons fait qu'esquisser dans la partie qui précède, quand nous avons parlé des liens entre pouvoir et savoir. Les travaux actuels sur l'éducation ont cherché dans la sociologie de la connaissance un moyen

de comprendre le rôle que joue l'école dans le processus complexe de la reproduction ou du changement socio-culturels. Si nous considérons le changement socio-culturel comme l'aboutissement de synthèses significatives des éléments culturels de la connaissance, nous sommes tout naturellement conduits à une vision sociocentrique de l'éducation, par opposition à la conception égocentrique traditionnelle. Ce point de vue va tout à fait dans le sens de certains courants de la sociologie de la connaissance, représentés par exemple par les études de Michel Foucault sur les sciences humaines, qui donnent au langage un rôle prééminent. Soutenant que le langage se situe sur le même terrain que l'action, puisqu'il manifeste le vouloir de celui qui parle, Foucault déclare : "Tout comme l'organisme vivant manifeste par sa cohérence les fonctions qui le maintiennent en vie, le langage, et dans toute l'architecture de sa grammaire, rend visible la volonté fondamentale qui maintient un peuple en vie et lui donne le pouvoir de parler un langage n'appartenant qu'à lui. Du coup, les conditions de l'historicité du langage sont changées ; les mutations ne viennent plus d'en haut (de l'élite des savants, du petit groupe des marchands et des voyageurs, des armées victorieuses, de l'aristocratie d'invasion), mais elles naissent obscurément d'en bas, car le langage n'est pas un instrument, ou un produit..., c'est une activité incessante. ... Au moment où on définit les lois internes de la grammaire, on noue une profonde parenté entre le langage et le libre destin des hommes." (Foucault, 1966) Puis, se référant à la crise politico-pédagogique, dont les événements de mai 1968 en France et dans le monde entier ont été la synthèse, Foucault étudie précisément les rapports entre savoir et pouvoir et conclut que l'intellectuel a découvert que les masses n'auraient plus besoin de lui pour accéder à la connaissance : elles savent parfaitement bien, sans se faire d'illusions ; elles savent beaucoup mieux que lui et sont assurément capables de s'exprimer. Mais il existe un système de pouvoir qui bloque, interdit et invalide leur discours et leur connaissance, un pouvoir qui ne réside pas seulement dans l'autorité manifeste de la censure, mais pénètre profondément et subtilement le réseau social tout entier. Les intellectuels sont eux-mêmes des agents de ce système de pouvoir - l'idée qu'ils ont la responsabilité de la "conscience" et du discours fait partie de ce système (Foucault 1977). Ces affirmations sont remarquablement proches de la phrase citée en exergue à la présente section et que J.D. Salinger fait prononcer à un étudiant new-yorkais extrêmement brillant des années '50, issue des classes moyennes de la société, qui parle des célébrités faisant partie du corps enseignant de son école. Foucault et Salinger se réfèrent tous deux de façon très explicite aux procédures de légitimation qui s'exercent par le moyen de mécanismes de validation intégrés au système éducatif : examens, délivrance de titres et diplômes, considération des collègues, publications... Nous reviendrons sur ce point quand nous parlerons de l'école. Qu'on nous permette cependant d'élargir l'analyse linguistique à la relation entre savoir et pouvoir, qui nous semble au coeur du problème de la promotion de la créativité. Il faut évoquer à ce propos les importants travaux de Basil Bernstein, qui a étudié les différences qualitatives entre le langage des classes moyennes et celui de la classe ouvrière, ainsi que les codes qui leur sont liés. C'est ainsi que les enfants acquièrent différentes identités culturelles et des réponses différentes selon cette identité, percevant des pertinences et des relations d'ordres différents, ainsi que différentes façons de se comprendre eux-mêmes et de comprendre les autres et, évidemment, le monde. On peut bien sûr en dire autant des groupes culturels (Bernstein, 1975). On trouvera une analyse plus complète du rôle que joue le langage dans les rapports entre savoir et pouvoir dans la théorie de la compétence en matière de communication de Jürgen Habermas (1979), qui s'interroge sur la réaction de l'élève quand l'école lui transmet un savoir articulé essentiellement au même niveau que les connaissances des adultes, selon un code qui peut être absolument dénué de sens à ses yeux. Nous ne nous attarderons pas sur cette question, bien qu'elle soit très proche de notre propos.

Revenons maintenant au trinôme qui sert de titre à la présente section, en examinant la relation opératoire qui en lie les trois éléments : apprentissage, enseignement, école, dans l'optique de la promotion de la créativité, notamment de la créativité scientifique. C'est le moment d'affirmer que la créativité implique l'action, sans laquelle elle ne peut se matérialiser dans la synthèse qu'elle représente. En fait, pour en revenir au schéma de Morazé *informare-cogitare-intellegere*, nous retrouvons le processus consistant à s'immerger dans la réalité, à réfléchir sur cette réalité et à choisir une ligne d'action, qui sera tracée dans la réalité elle-même et la modifiera dans la mesure où la démarche était créatrice. On pourrait schématiser cette démarche de la manière suivante :



Nous prenons ici la réalité dans son sens le plus général, c'est-à-dire embrassant l'environnement naturel, social et culturel et, évidemment, l'individu lui-même, dans sa totalité - physique et mentale - qui fait partie de la réalité. Le premier chaînon, réalité-individu, doit être spontané, aboutissement d'expériences et de motivation personnelles ; il est fortement sensualisé, c'est-à-dire à la fois d'ordre sensoriel et d'ordre émotif, alors que le chaînon individu-action dépend des connaissances, des aptitudes et des motivations acquises. Ces deux chaînons sont étroitement liés, respectivement, à ce que nous avons appelé l'apprentissage et l'enseignement. Le premier dépend en totalité, idéalement, de l'absolue liberté du sujet (l'apprenant) d'interagir, de communiquer et d'établir une relation en forme de dialogue avec la réalité à partir de laquelle il acquiert des connaissances. Ces connaissances n'entreront en jeu que lorsqu'elles auront été théorisées, au sens où la théorie est une critique, c'est-à-dire au sens du *cogitare*, lorsqu'"un processus intérieur [aura] commencé à opérer, conduit par la conscience et souvent nettement perçu par elle [...]". Comme ont pu le confirmer de nombreux inventeurs interrogés, le plus souvent ce processus réussit d'autant mieux que l'attention du sujet lui permet de se développer librement, sans chercher à l'amener dans une voie préconçue ou trop particulière, eu égard à la nouvelle idée qui doit se faire jour" (Morazé, 1972). Il est évident que le conscient et l'inconscient, mis en oeuvre ensemble, sont porteurs des éléments d'expérience culturels et personnels qui permettront la synthèse créatrice.

Introduisons dans l'équation l'intérêt, qui est au plan de l'individu ce que le pouvoir est au plan de la société. Le rapport entre savoir et intérêt est d'une importance décisive pour comprendre le schéma réalité-individu-action-réalité, car on ne peut nier que l'intérêt, par le biais du conscient et de l'inconscient, inspire le parti théorique qui détermine le choix de la ligne d'action. En fait, Habermas (1971) affirme que "toutes les sciences ont mis au point des schémas pour se protéger de la subjectivité de la pensée" ; il envisage la possibilité de dépasser ces schémas dans le processus de création : "la connaissance sert également d'instrument, et transcende la simple auto-préservation". Voyons maintenant le chaînon individu-action, parallèle à l'*intellegere* de Morazé : il suppose une stratégie débouchant sur le produit de la création, l'intégrant à la réalité, que, rappelons-le, nous entendons dans son sens le plus extensif (environnement naturel, social et culturel et l'individu lui-même, pris dans sa totalité physique et mentale). Ainsi donc, apprendre c'est, absolument, agir, puisque c'est une conduite

qui s'insère elle-même dans la réalité à travers ses effets sur l'individu. L'enseignement et l'école auront alors pour rôle de soumettre l'égo-centrisme des étapes précédentes à une influence sociocentrique. (Pour plus de précisions sur les pratiques éducatives, plus particulièrement du point de vue des mathématiques et de la pédagogie, voir D'Ambrosio, 1981, 1983.)

Nous voyons donc que, dans l'optique que nous venons de définir, l'enseignement et l'école peuvent intervenir non seulement au niveau du chaînon réalité-individu mais aussi dans la constitution de l'attitude critique-théorique qui fonde le chaînon individu-action, étape décisive de l'extension voire de la transgression des limites qui caractérisent la créativité. D'autre part, ils peuvent au contraire pousser subtilement l'individu dans une voie que d'autres auront établie pour lui. Parmi les moyens de cette influence, relevons le langage et les divers codes qu'il génère, ainsi que les diverses formes de légitimation, qui vont des mécanismes absurdes de l'évaluation scolaire aux normes de pensée plus élaborées que sont les paradigmes et les schémas intellectuels. A cet égard, il est très intéressant de mettre en rapport l'épistémologie d'un Gaston Bachelard avec l'éducation, et particulièrement ses remarques sur une nouvelle pédagogie fondée sur le système non aristotélicien proposé par André Kórsybski (Bachelard, 1940).

Passons maintenant à l'examen des divers systèmes d'organisation de l'enseignement, selon le schéma scolaire-extrascolaire-informel. Il y a déjà une distinction fondamentale entre éducation institutionnelle et éducation informelle, qui caractérise le processus de socialisation implicite dans les modèles éducatifs. L'enseignement institutionnel s'effectue dans un cadre précis : foyer, école, usine et entreprise agricole ou autre. Certains critères permettent de mesurer les résultats obtenus par chaque sujet, à qui on attribue un niveau déterminé de réussite que l'on compare au niveau qu'il avait atteint précédemment ou, ce qui est hélas plus fréquent, au niveau atteint par d'autres. Tel n'est pas le cas dans l'éducation informelle : ni le lieu ni la période où s'effectue l'apprentissage ne sont déterminés, et l'évaluation des résultats et l'idée même qu'il y a des objectifs à atteindre, dépend de critères totalement étrangers à l'apprentissage et sans rapport avec lui. C'est par exemple le cas des systèmes qui se développent dans le milieu des enfants des rues. On ne sait pas grand chose du trinôme apprentissage-enseignement-école dans ces milieux, encore que certaines oeuvres littéraires et les travaux de quelques groupes d'action sociale en aient donné de remarquables aperçus. Je voudrais mentionner en particulier le projet d'action sociale intitulé "Bosconia-La Florida", qui a ouvert d'étonnantes perspectives sur la pédagogie inhérente à la sous-culture des gamins de Bogote (Colombie). Tout en reconnaissant l'importance fondamentale de l'éducation informelle, nous limiterons nos considérations à un modèle qui constitue une position moyenne, celui de l'éducation dite extrascolaire. Si ce modèle conserve la plupart des normes de réussite globale, son organisation matérielle et ses agents sont tout à fait différents, ce qui donne à l'éducation extrascolaire une dynamique que ne connaît pas l'enseignement scolaire officiel. C'est ainsi par exemple que l'éducation extrascolaire couvre les campagnes d'alphabétisation, la télévision éducative, les études à domicile, l'éducation des adultes, les programmes offrant une "deuxième chance" à ceux qui n'ont pas fait d'études et diverses autres activités. Le système de "l'université libre" est particulièrement intéressant.

Le rôle de l'éducation extrascolaire dans le développement de la créativité peut-être considéré du point de vue des facteurs dont nous avons déterminé qu'ils intervenaient dans le processus de création. Notons auparavant qu'au niveau du micro-système - qui vise les connaissances, attitudes et démarches formalisées - comme à celui de l'exosystème - qui vise les qualifications officielles ouvrant la porte des emplois et des fonctions dans les institutions sociales et les

entreprises - l'enseignement scolaire et l'éducation extrascolaire atteignent tous deux leur but. En revanche, l'importance de facteurs comme la langue et les codes qui en sont issus est minimisée par le fait que l'on remplace l'agent (l'enseignant) par un instrument (document imprimé, radio, télévision, ordinateur ou tout autre matériel que peut utiliser le système) qui ne connaît ni l'émotion ni la censure. Certes, cette substitution supprime l'un des facteurs les plus inhibiteurs de la création, qui a une influence singulière sur le domaine socioculturel. Mais elle fait bien mieux que supprimer simplement cette contrainte, puisqu'elle permet d'éliminer, ou en tout cas d'atténuer, les tensions psychologiques que font naître les restrictions imposées à la créativité. En outre, le modèle extrascolaire réduit sensiblement les tensions provoquées par les procédures d'évaluation (notes, examens, sanctions, etc.) à la fois dans l'image que le sujet a de lui-même (sens du devoir, crainte...) et dans ses rapports avec ses condisciples (honte, impuissance face aux amis en difficulté, sentiments mitigés de soulagement et de joie devant l'échec des pairs - péché originel de l'homme dans la théologie de Reinhold Niebuhr - esprit de compétition...). Evidemment cette réduction ou atténuation des contraintes négatives peut être transformée en contrepartie constructive, ce qui donne non seulement une pédagogie moins traumatisante, mais permet surtout d'améliorer l'éducation, favorisant ainsi indubitablement la créativité.

Qu'il nous soit permis de souligner en conclusion combien il est nécessaire d'adopter un point de vue novateur non seulement sur le monde complexe dans lequel nous vivons, mais aussi sur la route que doit suivre l'ensemble de l'humanité pour survivre. Les mécanismes permettant d'ouvrir de nouveaux espaces tant à l'élaboration de connaissances inédites qu'à l'acquisition critique des connaissances existantes déjà paraissent être étroitement liés.

BIBLIOGRAPHIE

- Arieti, Silvano, 1976. *Creativity*, Basic Books, Inc., New York.
- Bachelard, Gaston, 1940. *La Philosophie du non*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Baltimore, David, 1978. "Limiting Science : A Biologist's Perspective", *Daedalus*, vol. 107, nº 2, pp. 37-45.
- Bernstein, Basil, 1971. *Class, Codes and Control*. Vol. 1, Routledge & Kegan Paul, Londres.
- D'Ambrosio, Ubiratan, 1977. "Ensino de Ciências e Desenvolvimento", *Ciência e Cultura*, vol. 29, nº 2, pp. 143-150.
- , 1979. "Le transfert du savoir et les universités : un dilemme de politique", dans *Impact, Science et Société*, vol. XXIX, Nº 3, pp. 233-240.
- , 1980. "Ensino de Ciências e Criação de uma Tradição Científica", *Interciencia*, Vol. 5, Nº 6, pp.359-364.
- , 1981. "Uniting Reality and Action : A Holistic Approach to Mathematics Education", *Teaching Teachers, Teaching Students*, L.A. Steen, D.J. Albers (dir.publ.), Birkhäuser, Boston, pp. 33-42.
- , 1983. "El enfoque holístico al concepto de curriculum", *Interdisciplinaria*, Vol. 4, Nº 1, pp. 49-59.
- Feyerabend, Paul, 1978. *Against Method*, Verso Editions, Londres.
- Foucault, Michel, 1966. *Les mots et les choses*, Editions Gallimard, Paris.
- , 1977. *Language, Counter-Memory, Practice : selected essays and interviews*, D.F. Bouchard (dir. publ.), Cornell Univ. Press, Ithaca.
- Habermas, Jürgen, 1971. *Knowledge and Human Interests*, Beacon Press, Boston.
- , 1971. *Communication and the Evolution of Society*, Beacon Press, Boston.
- Jung, C.G., 1971. *Psicologia da Religião Ocidental e Oriental* (orig. en allemand), Editora Vozes, Petropolis, 1980.
- Koestler, Arthur, 1975. *The Act of Creation*, Picador, Londres.
- Meyer, Leonard B., 1980. "Exploiting Limits : Creation, Archetypes and Style Change", *Daedalus*, Vol. 109, Nº 2, pp.177-205.

- Morazé, Charles, 1972. "Literary Invention", *The Structuralist Controversy*, R. Macksey et E. Donato (dir. publ.), The Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, pp. 22-55.
- Mann, Thomas, 1948. *Doktor Faustus*, Vintage Books, New York.
- Polányi, Michael, 1964. *Personal Knowledge*, Routledge & Kegan Paul, Londres.
- Salinger, J.D., 1961. *Franny and Zooey*, Bantam Books, New York.
- Skura, Meredith, 1980. "Creativity : Transgressing the Limits of Consciousness", *Daedalus*, Vol. 109, N° 2, pp.127-146.
- Sohn-Rethel, Alfred, 1979. *Intellectual and Manual Labor : A Critique of Epistemology*, Humanities Press, New York.
- van der Waerden, B.L., 1961. *Science Awakening*, Oxford Univ. Press, New York.
- Wiredu, Kwasi, 1980. *Philosophy and an African Culture*, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Zavala, Silvio, 1977. *La filosofía política en la conquista de América*, Fondo de Cultura Economica, México.

LES OBSTACLES CULTURELS A L'INNOVATION SCIENTIFIQUE EN AFRIQUE

par D.A. AKYEAMPONG

Des découvertes archéologiques récentes indiquent que c'est en Afrique noire que les premiers hommes sont apparus, près de l'Equateur, avant d'être chassés beaucoup plus loin par l'aridité nouvelle du climat. Leur premier souci était de survivre et de rendre leurs conditions d'existence moins précaires. Ils se servaient alors d'outils rudimentaires, qu'ils ont ensuite fabriqués et conservés pour un usage ultérieur. L'évolution de l'homme a toujours été induite par la culture, dont l'élément moteur est la technologie. Au début de l'histoire de l'humanité, les inventions étaient rares, mais elles se répandaient vite dans une culture.

Dans la Grèce du VI^e siècle avant J.C., le moyen de transmission qu'est l'écriture, dont ne disposaient à l'origine que quelques rares hommes de religion, est devenu l'apanage de la majorité et s'est rapidement répandu dans toute la Méditerranée. Par l'écriture, les Egyptiens, les Babyloniens et les Grecs ont contribué à forger la civilisation occidentale, qui est née lorsque l'homme s'est soumis à la raison.

On sait assez peu de choses de la contribution des premiers Africains à la civilisation moderne parce qu'à la différence de leurs contemporains, ils utilisaient la transmission orale, qui ne permettait pas de se référer aux idées des générations antérieures. Néanmoins, grâce à l'étude systématique des traditions orales, des institutions sociales et des découvertes archéologiques, le riche passé de l'Afrique se révèle aujourd'hui à nous ¹. C'est un passé dont, espérons-le, il sera possible de tirer beaucoup d'enseignements et a déjà eu un impact non négligeable sur la médecine, la technologie et la littérature africaines.

Pendant des siècles, les produits du travail du fer en Afrique tropicale ont été plus réputés que les objets de fer européens contemporains ². Aujourd'hui, parures d'argent et objets d'or et de cuivre tels que masques, épées, sièges et autres sont dispersés dans les musées de par le monde. Des artisans habiles ont créé de leurs mains toutes sortes de poteries. Le tambour de brousse permettait la communication avec les voisins. Ce ne sont là que quelques exemples des réalisations technologiques de nos ancêtres. Ces époques reculées stimulaient l'esprit d'innovation : les hommes inventaient et innovaient pour survivre et pour faire en sorte que la vie vaille la peine d'être vécue.

Le sens du rythme qui se manifeste dans sa musique et sa danse est une caractéristique fondamentale de l'Afrique primitive et marque tout naturellement son apport à la musique et à la danse modernes. Chacune des traditions culturelles de la famille humaine apporte à la science un mode de pensée différent, et ainsi, "lorsque naîtront de grands physiciens noirs, ils introduiront dans les particules élémentaires les notions de "rythme" et d'"harmonie" ³. Tel est l'espoir d'Abdus Salam, l'éminent spécialiste de physique théorique.

Comment se fait-il que malgré les innovations technologiques de ses fondateurs et ses rencontres avec des cultures radicalement différentes, la culture africaine traditionnelle n'ait guère évolué, et en soit restée dans la plupart des cas aux outils de jadis ? On songe à ce que Whitehead dit des Romains du II^e siècle avant J.C. : "Ils n'ont pas perfectionné les connaissances de leurs ancêtres et toutes leurs découvertes n'ont consisté qu'en améliorations techniques de détail. Ils n'étaient pas assez rêveurs pour imaginer des points de vue neufs capables de leur assurer une maîtrise plus profonde des forces naturelles" ⁴.

Whitehead pose ici une condition du progrès de la connaissance : il faut être un "rêveur". La culture africaine traditionnelle, celle dont procède tout le mode de vie de ses habitants, incite-t-elle ses représentants au rêve ? Quelles sont celles des caractéristiques de notre patrimoine qui apparaissent contraires au développement et à l'essor de la science dans nos sociétés ? Y a-t-il entre la méthode scientifique et nos pratiques culturelles des antinomies qui entravent indirectement les tentatives d'innovation scientifique ? C'est à certaines de ces questions que nous nous attacherons.

Pour situer les choses dans leur juste perspective, indiquons d'abord ce que nous entendons par méthode scientifique. La science cherche à comprendre, au moyen de lois ou de principes le plus généraux possibles et vérifiables expérimentalement ⁵. Ainsi, la méthode scientifique consiste à poser une théorie ou une hypothèse et à voir, à l'aide de l'expérimentation, si elle fournit une explication satisfaisante de tel ou tel aspect de la réalité. L'expérience est la seule source de vérité. Comme l'a dit Poincaré, elle seule peut nous enseigner quelque chose de neuf ; elle seule peut nous donner la certitude ⁶. Chercher à comprendre n'est pas l'apanage de la science ; c'est aussi la visée de la religion, de la philosophie et d'autres entreprises humaines. Ce qui caractérise la science, c'est le fait de soumettre la théorie ou ses conséquences à l'expérimentation. L'expérience doit être répétable, confirmable ou infirmable. De la méthode scientifique procèdent des valeurs telles que la vérité, l'originalité, la curiosité, l'humilité, la dissidence, ou la tolérance. "Dans les sociétés où ces valeurs n'existaient pas, la science a dû les créer." ⁷

Nos systèmes traditionnels font-ils une place à la méthode scientifique ? Le principe de la cause et de l'effet y est solidement implanté ; le proverbe des Akans du Ghana : La palme ne bruisse pas si rien ne la touche ("Sebiribi annkeka mpapa a nnkyc mpapa anye kradedé"), par exemple, le résume parfaitement. Tout fait a donc une cause, mais, selon les Akans, l'explication peut être naturelle, surnaturelle ou un mélange des deux. La quête traditionnelle d'une explication de la nature et des causes des phénomènes est parfaitement illustrée par le diagnostic d'une maladie. Aujourd'hui encore, nombreux sont les Africains qui consultent un sorcier sur les causes de leurs troubles psychiques, surtout si plusieurs visites au médecin n'ont pas produit le résultat escompté. Après avoir interrogé le patient, le sorcier recherche les causes. Il pourra s'agir d'une divinité ou d'un esprit, et le sorcier sera censé donner des raisons acceptables de son éventuelle intervention. Au Ghana, "il existe une méthode de divination qui consiste à casser un oeuf et à déchiffrer le message d'après la position et l'aspect de ses deux moitiés : selon qu'elles sont à l'envers ou à l'endroit, égales ou inégales, le sorcier peut voir si la maladie sera fatale ou non ... certains sorciers répandent une poudre sur le patient ; d'autres lisent dans l'eau" ⁸. Lorsque la cause est trouvée et maîtrisée, elle est traitée par des moyens naturels.

Le sorcier étant à la recherche de causes psychologiques ou surnaturelles, il diagnostiquera par exemple la colère d'un ancêtre, peut-être provoquée par une atteinte à la moralité de la famille, ou un sort jeté par dépit ou par jalousie.

Devant une maladie, le sorcier traditionnel ne se contente pas d'invoquer une instance spirituelle ; il fait appel à des idées au sujet de cette instance pour relier la maladie à des causes dans le monde des phénomènes visibles et tangibles" ⁹. C'est pourquoi Horton affirme que le sorcier recourt à la théorie pour transcender la vision des causes naturelles que fournit le bon sens. De fait, la physique du XXe siècle a prouvé que la science est plus que le "bon sens exercé et organisé". Néanmoins, il est difficile de conclure, comme le font Goldstein et Goldstein, que "la croyance à la magie satisfait a beaucoup des critères d'un système scientifique" ¹⁰, car la théorie n'est pas vérifiable, les croyances qui sont à la base de la divination ne sont pas mises en doute et les échecs sont expliqués à l'aide d'autres croyances communément répandues. Bref, l'expérience n'est pas réfutable. Il est évident que ce système ne favorise pas les valeurs scientifiques que sont l'humilité, la dissidence et la tolérance.

Dans une étude comparative de la pensée africaine traditionnelle et de la science occidentale, Horton note que la différence essentielle qui les sépare est que "dans les cultures traditionnelles, il n'y a pas de conscience claire d'autres possibilités que les dogmes théoriques, bien établis, alors que dans les cultures à orientation scientifique, cette conscience est très développée", et l'"absence de conscience d'autres options tend à entraîner une acceptation absolue des dogmes et exclut toute possibilité de les révoquer." ¹¹ C'est ce qui amène Horton à qualifier les cultures traditionnelles de "fermées" et les cultures à orientation scientifique, d'"ouvertes".

L'acceptation absolue des dogmes théoriques est une notion totalement étrangère à la démarche scientifique, toujours prête à rejeter les théories reçues au nom de données nouvelles ou de piètres résultats en matière de prédiction. Pour que la culture scientifique s'enracine, il faut manifestement revoir la notion de culture "fermée" et inciter ses partisans à réfléchir aux résultats qu'ils tirent des théories et le cas échéant à en élaborer d'autres.

Quels sont les traits culturels qui font que notre mode de pensée traditionnel est resté si longtemps "fermé" ? Dans *Philosophy and an African Culture*, Wiredu dresse une liste des caractéristiques culturelles du peuple ghanéen ¹², qui, à l'analyse, révèle qu'un certain nombre d'entre elles valent pour toute l'Afrique noire. Nous en retiendrons trois, qui contribuent à notre avis à la "fermeture" de la culture et par là même font obstacle à l'innovation scientifique en Afrique.

1. La primauté de la tradition orale sur le document : il est effectivement surprenant que l'écriture ait tardé à se développer en Afrique, alors que la culture traditionnelle accorde une telle importance au symbolisme des métaux, de la céramique, de l'architecture, des poupées de fécondité, des coiffures et autres. (Selon Anquandah, toutefois, les Akans du Ghana n'étaient pas loin de créer leur propre écriture ¹.) Le passage du symbole à l'écriture est connu dans la civilisation arabe, où les dessins et motifs géométriques simples des arts ont facilité la création d'un langage écrit sous la forme d'un système numérique. "Dans la civilisation arabe, l'artiste et le mathématicien en sont venus à se confondre." ¹³

L'Afrique noire ignorant l'écriture, nos ancêtres exprimaient leurs pensées par l'art ou par la transmission orale de génération en génération. Ce dernier mode de communication, plus courant, permettait par le jeu de la mémoire sélective, certaines adaptations des croyances à la situation du moment, mais il excluait toute confrontation de ces croyances à celles d'une génération antérieure. Il y a peut-être eu des innovations, mais on ne saurait l'affirmer avec la moindre certitude. Avec le temps, au lieu d'évoluer, les idées ont donc acquis une validité absolue, faute de méthode connue permettant de formuler d'autres possibilités. La civilisation

progresses par la mise à l'épreuve des idées, en l'absence de laquelle l'innovation a peu de chances de naître. Ainsi, les valeurs scientifiques que sont la dissension, l'humilité et la tolérance, qui devraient être inculquées à chacun dès son plus jeune âge, n'ont pas eu la possibilité de s'épanouir.

Parmi les appareils d'idées d'où procède la science, il y a celui des symboles. Il n'est pas étonnant que le langage de la science, et en particulier des sciences de la nature, soit les mathématiques, car sa généralité, sa simplicité et sa précision en font l'outil idéal pour poser les théories ou les principes les plus généraux. Des idées qui seraient difficiles à manier dans le langage courant sont exprimées avec concision par les symboles mathématiques. Même jadis, le sorcier traditionnel connaissait le "recours à la théorie pour transcender la vision des causes naturelles fournie par le bon sens". Le "sorcier" moderne fera mieux progresser sa civilisation s'il connaît le langage scientifique, avantage dont ses ancêtres furent malheureusement privés.

2. Deuxième caractéristique culturelle de l'Afrique, étroitement liée à la précédente, y est le critère essentiel de la sagesse : dans la société africaine, les anciens, y compris les ancêtres (qui sont considérés comme faisant toujours partie de la famille), sont très respectés parce qu'ils ont une riche expérience de la communauté et sont les dépositaires de la sagesse. C'est à eux que s'adressent les jeunes pour recevoir leçons et conseils, et en leur présence, il est inderdit "d'exprimer certaines opinions dangereuses et impies" ¹⁴. On apprend aux jeunes à ne s'opposer aux anciens. Si pourtant il se trouve quelqu'un d'assez courageux pour mettre en question une pensée traditionnelle, il recevra sans doute la réponse suivante : "C'est ainsi parce que nos ancêtres l'ont dit". Inutile de préciser qui décide si une opinion est "dangereuse" ou "impie". Bien que le respect de l'âge et de l'opinion des anciens soit socialement une bonne chose, il risque d'avoir pour effet négatif d'étouffer la curiosité, l'originalité et l'indépendance d'esprit, qualités qu'il faut développer dès le plus jeune âge si l'on veut une culture "ouverte". Ce respect de l'âge n'est d'ailleurs pas propre à l'Afrique. Le grand physicien Weisskopf se souvient qu'à l'époque de sa jeunesse où il travaillait à l'Institut de physique théorique de Bohr, il avait l'impression que certaines des plaisanteries échangées dans les discussions trahissaient un manque de respect ; il s'en était ouvert à Bohr, celui-ci l'avait réconforté par cette observation : "Certaines choses sont trop sérieuses pour qu'on puisse en parler autrement qu'en plaisantant" ¹⁵. L'humour fait aussi partie de la panoplie du scientifique... Le respect de l'âge n'est donc pas particulier à l'Afrique, mais si on l'associe à la première caractéristique, on voit bien que la difficulté, pour un Africain, de sortir de la culture "fermée" est trop réelle pour être écartée d'un revers de la main.

3. La croyance à la magie et à divers esprits et fétiches. La croyance à la magie, à la sorcellerie et aux esprits est aussi répandue que la croyance à la divination. La population acceptait généralement sans sciller que l'on accuse quelqu'un de pratiquer la sorcellerie, et il n'était pas rare qu'un innocent en qui le chef religieux avait vu le responsable des difficultés du plaignant fût soumis à toutes sortes de mauvais traitements.

Les esprits peuvent être mis à contribution pour le bien comme pour le mal. Ils se manifestent sous une forme symbolique, rocher, arbre ou animal, par exemple. Dans son livre, largement autobiographique, intitulé *The African Child*, le romancier Camara Laye en donne un bon exemple. L'esprit de sa famille était "un petit serpent noir aux marques curieuses" qui s'était toujours montré bienveillant. Son père disait : "c'est à ce serpent que je dois tout, et c'est lui qui me prévient de tout ce qui va arriver" ¹⁶. Succès et échecs sont expliqués par l'intervention d'un

esprit, et non par l'activité de l'être humain. Le défaitisme trouve des excuses métaphysiques. Les avantages d'une réflexion rationnelle dans ces conditions sont trop évidents pour qu'il soit besoin d'insister.

On pourrait citer d'autres traits culturels tels que l'influence des mythes et des tabous sur la pensée et sur l'action, mais les trois qui viennent d'être évoqués suffisent à répondre aux questions que nous avons posées.

Il n'est pas de société si enfermée dans sa culture que celle-ci ne change pas. Plusieurs dirigeants africains ont lancé des appels soit à l'abolition, soit à la réforme de certaines de nos pratiques culturelles. L'influence de la culture scientifique sur notre mode de vie est si forte que nous ne pouvons comprendre comment ces pratiques peuvent résister au "vent du changement". La tradition, dit-on, a la vie dure, mais l'introduction de l'instruction scolaire dans la société a ouvert aux jeunes d'autres portes sur la sagesse et la connaissance. Ils ne seront plus tributaires de la seule mémoire des anciens. La culture "ouverte", avec ses avantages et ses inconvénients, est là pour longtemps. Désormais, le praticien africain de la culture scientifique participera de deux types de culture et aura ainsi l'occasion de faire la synthèse de certains de leurs éléments.

Il ne devra pas oublier que sa propre culture privilégie la beauté, l'élégance et le rythme notamment, et qu'en toute chose, "l'Africain s'est toujours intéressé aux relations humaines, il a toujours gravité autour des hommes, non des lieux et des objets" ¹⁷. Nous avons l'espoir qu'il laissera ces nobles vertus de sa culture passer dans la culture "ouverte" qu'il adopte aujourd'hui.

L'auteur tient à remercier le Professeur E. Laing et MM. G.P. Hagan et E.H. Mends, avec lesquels il a eu des échanges de vues qui lui ont beaucoup apporté.

REFERENCES

1. Voir par exemple J. Anquandah, 1984. *Rediscovering China's Past*, Longman.
2. P. Schmidt et D.H. Avery, 1978. *Science*, 201:1085.
3. Z. Hassan et C.H. Lai (dir. publ.), 1984. *Ideals and Realities : Selected Essays of Abdus Salam*, World Scientific Publishing Co.
4. A.N. Whitehead, 1961. *An Introduction to Mathematics*, Oxford University Press, p. 26.
5. M. Goldstein & I.F. Goldstein, 1979. *How We Know*, Plenum Press, p. 191.
6. Henri Poincaré, 1902. *La science et l'hypothèse*, Paris.
7. J. Bornowski, 1975. *Dialogue*, 8:73.
8. K.A. Busia, 1964. *The Challenge of Africa*, Praeger, p. 14.
9. Robin Horton, 1967. "African Traditional Thought and Western Science", *Africa*, Vol. 37, p. 50.
10. Ref. 5, p. 262.
11. Robin Horton, 1967. *Op. cit.*, p. 155.
12. Kwasi Wiredu, 1980. *Philosophy and an African Culture*, Cambridge University Press, pp. 7-11.
13. J. Bronowski, 1979. *Ascent of Man*, British Broadcasting Corporation, p. 172.
14. W.E. Abraham, 1965. *The Mind of Africa*, Weidenfeld & Nicolson, p. 67.
15. A.P. French et P.J. Kennedy (dir. publ.). *Niels Bohr. A Centenary Volume*, p. 22.
16. Camara Laye, 1981. *The African Child*, Fontana, pp. 18-19.
17. E. Mphahlele, 1962. *The African Image*, Faber & Faber, p. 91.

LIMITES DE LA PREVISIBILITE DES EFFETS DE LA TECHNOLOGIE

par David T. SUZUKI

Généticien, j'achève mes études scientifiques en 1961, je consacre ma vie professionnelle à la recherche et à l'enseignement universitaire depuis 1962. J'ai cependant, dès cette même année, entamé parallèlement une deuxième carrière, de présentateur d'une émission de télévision. Très insolite à l'époque pour un scientifique, cette dernière activité n'était guère appréciée de mes collègues et l'on exerça sur moi des pressions considérables pour m'amener à y renoncer.

Ce qui m'avait poussé à faire de la télévision, c'était la constatation de l'affligeante ignorance du grand public dans le domaine de la science et de la technologie. A l'origine, mes préoccupations en la matière étaient dictées par l'intérêt personnel : j'estimais que la recherche ne pourrait être assurée de bénéficier du soutien du public tant que celui-ci n'aurait pas pris pleinement conscience de l'importance et de l'utilité de la science pour la société où il vivait. Mais, en m'engageant plus avant dans la communication télévisuelle, je me suis aperçu que les questions soulevées par l'impact de la science et de la technologie allaient beaucoup plus loin. Permettez-moi de vous faire part de quelques-unes de mes réflexions à ce sujet.

COMMENT LE PUBLIC PERCOIT LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

Rares sont les profanes qui comprennent que la force principale qui façonne le monde aujourd'hui n'est pas la politique, ni l'économie, ni le vedettariat, ni le sport - contrairement à ce que peuvent laisser croire les gros titres de la presse télévisée, radiodiffusée ou écrite - mais la science et ses applications industrielles, médicales et militaires. La validité de cette affirmation apparaîtra mieux si je compare les choses que ma fille de six ans considère aujourd'hui comme allant de soi au monde que j'ai connu quand j'avais moi-même six ans. A cette époque, mes parents n'avaient pas à s'inquiéter (comme le font beaucoup de parents à l'heure actuelle) de me voir passer trop de temps devant le poste de télévision, car la télévision n'existait pas encore. En revanche, ils m'interdisaient, en été, d'aller à la piscine ou au cinéma en raison du risque de poliomyélite, maladie dont la plupart des jeunes d'aujourd'hui n'ont même pas entendu parler. Quand j'avais six ans, la variole tuait chaque année des centaines de milliers de gens et en défigurait des millions d'autres pour la vie ; aujourd'hui, cela fait dix ans que la variole a disparu de la surface de la Terre. Quand j'avais six ans, il n'existait pas d'armes nucléaires, d'ordinateurs, de contraceptifs oraux, de tranquillisants, d'avions à réaction, de satellites, de lasers, de photocopieuses - et je pourrais continuer ainsi longtemps. Quand j'avais six ans, personne ne connaissait le rôle joué par l'ADN ou le nombre des chromosomes humains, ni ce qui détermine le sexe ou cause le mongolisme. On ne pratiquait pas de greffes d'organes ni d'amniocentèses. Chacune de ces inventions et découvertes a transformé la nature de notre société, allant

jusqu'à modifier la définition même de l'être humain. Et aujourd'hui encore, alors que moins de quinze ans nous séparent du XXIème siècle, nous ne pouvons qu'imaginer les bouleversements qui attendent nos enfants lorsqu'ils parviendront à l'âge adulte.

Pour mon émission de télévision, j'ai effectué de nombreuses enquêtes, en demandant aux passants dans la rue s'ils avaient l'impression que la science et la technologie avaient des répercussions sur leur vie quotidienne. Les réponses que j'obtiens au cours de ces enquêtes sont presque toujours négatives, même lorsque la personne interrogée sort d'un magasin de hi-fi ou d'un supermarché regorgeant de fruits et de légumes frais en plein hiver. C'est cet "aveuglement" du public face à la science et à la technologie qui, initialement, m'a poussé à entrer dans le monde des médias.

COMMENT MAITRISER LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

Beaucoup des grands problèmes auxquels nous sommes confrontés - course aux armements nucléaires, pollution, surpeuplement, extinction d'espèces - se caractérisent par le fait qu'on n'essaie pas de les résoudre en procédant à un examen sérieux de leurs aspects scientifiques, la raison en étant en grande partie que les décideurs sont eux-mêmes mal informés sur la science. Il m'est apparu que cet état de choses tenait à ce que les deux principaux utilisateurs de la science, à savoir l'armée et l'industrie privée, ont comme motivations la destruction et le profit. J'ai pensé qu'il fallait faire contrepoids à ces considérations prioritaires - recherche du profit et volonté de puissance - en leur opposant un troisième facteur, l'intervention de l'opinion publique, dont l'intervention supposait un examen des conséquences environnementales et sociales à long terme de l'innovation scientifique.

L'histoire de la science et de la technologie nous enseigne que toute technologie, si bénéfique soit-elle, a un coût. (Ainsi l'une des plus grandes découvertes technologiques de tous les temps - la pénicilline - a-t-elle entraîné - en raison de l'emploi excessif qui a été fait de ce produit, la sélection de souches résistantes qui ont été à l'origine de milliers de morts.) J'espérais parvenir à sensibiliser l'opinion à l'impact de la science et de la technologie dans la vie quotidienne, afin de l'amener à faire pression sur les instances politiques et les contraindre à prendre en considération les intérêts du public à longue échéance. Mon idée était qu'il fallait créer un mécanisme qui effectuerait une analyse coûts/avantages des nouvelles technologies avant leur mise en place effective. Ainsi pourrait-on sélectionner, en connaissance de cause et à l'avance, des technologies dont les coûts, d'après les projections faites, seraient faibles et acceptables et les avantages élevés, de manière à éviter d'énormes problèmes environnementaux, sociaux et médicaux.

Cet espoir était irréalisable, ce dont je n'ai pris conscience que récemment. En effet, si les avantages d'une technologie sont immédiats et patents, les coûts sont d'ordinaire profondément cachés et impossibles à prévoir même à l'aide des meilleurs études prospectives. J'illustrerai ceci par trois exemples :

Etudes de cas

Le premier exemple est celui du DDT. Les avantages de ce produit étaient évidents : énormes profits pour l'industrie chimique, et possession d'un moyen imprécis, mais

puissant, de lutter contre les insectes nuisibles. Son utilisation généralisée a d'ailleurs sauvé des millions de vies en faisant temporairement reculer le paludisme. Cependant, en réfléchissant un peu, n'importe quel généticien ou écologiste aurait pu mettre fortement en doute, *a priori*, la valeur à long terme du DDT, en prédisant qu'il favoriserait la sélection de mutants résistants et provoquerait, par son absence de spécificité, une perturbation majeure des écosystèmes. En revanche, aucune préévaluation prospective n'aurait pu mettre en évidence le phénomène de la bio-amplification, c'est-à-dire la concentration de molécules à des niveaux plus élevés de la chaîne trophique. Ce phénomène n'a été découvert que parce que l'emploi du DDT s'est généralisé. Par conséquent, personne n'aurait pu prédire que ce composé se concentrerait en fin de compte sur les glandes coquillières des oiseaux, provoquant un amincissement et une fragilisation de la coquille de leurs oeufs, au point de mettre en péril la survie de nombreuses espèces.

Le deuxième exemple que je citerai à propos du problème qui nous occupe est celui des contraceptifs oraux. Les avantages de la pilule paraissaient, eux aussi, évidents : profits considérables pour l'industrie pharmaceutique et maîtrise très efficace de la fécondité. Des essais *in vivo* de grande ampleur avaient clairement démontré l'efficacité et l'absence d'effets secondaires graves de la pilule. Il a fallu que des millions de femmes en bonne santé la prennent pendant des années pour que ses importants effets secondaires nocifs deviennent "visibles". Aucune expérimentation préalable, si vaste et minutieuse fût-elle, ne pouvait porter sur un échantillon suffisamment grand pour donner des résultats statistiquement significatifs. Il était donc impossible de prédire la nature des "coûts" de la maîtrise de la fécondité par les hormones de synthèse. Or, quand la nature des coûts à escompter est inconnue, leur prévention est bien entendu impossible ; on en est réduit à attendre qu'ils se manifestent, souvent au détriment d'un élément de l'environnement ou de la santé publique.

Mon dernier exemple - celui des armes nucléaires - concerne la technologie qui a posé jusqu'à présent les problèmes les plus difficiles. Il faut souligner, à ce propos, que dans l'histoire de l'humanité, l'invention technologique a presque toujours précédé la compréhension scientifique. La bombe atomique a pris valeur de symbole parce que c'était une création délibérée des scientifiques. Elle a été non seulement conçue, mais aussi "vendue" puis construite par quelques-uns des plus grands esprits qu'ait jamais connus la physique, cette reine des sciences. La guerre s'en est trouvée transformée pour toujours et il s'est instauré entre l'armée et la science une symbiose dont peu de scientifiques veulent bien reconnaître la gênante réalité.

Mais revenons à la bombe. A l'époque où sa construction était menée à bien, les partisans de son larguage sur le Japon faisaient valoir qu'on pouvait espérer mettre ainsi rapidement fin à la guerre et éviter le bain de sang qui résulterait inévitablement d'une invasion de ce pays par les Alliés. (Je ne m'interrogerai pas ici sur les raisons pour lesquelles on a cru nécessaire de la lâcher au-dessus d'une ville et de la faire suivre d'une deuxième bombe, ni sur le point de savoir si elle aurait jamais été larguée au-dessus de l'Europe.) Là encore, les avantages potentiels étaient manifestes ; cependant, je doute que quiconque ait pu prévoir en 1945 le degré de perfectionnement qu'ont atteint les incroyables armes nucléaires depuis lors et l'ampleur de leur prolifération. Nul n'aurait pu anticiper non plus le phénomène des retombées radioactives, qui n'a été découvert qu'un an plus tard, lors de l'explosion de Bikini. Il s'est aussi écoulé des années avant que l'on ne constate que les explosions dans l'atmosphère trouaient la couche d'azote, permettant ainsi le passage des rayons ultraviolets. Des années plus tard encore, il a également été démontré qu'elles déclenchaient l'émission d'une bouffée de rayonnements gamma capable de faire sauter tous les réseaux électriques dans un large

rayon. Et aujourd'hui, plus de 40 ans après Hiroshima, l'on vient de découvrir le phénomène de l'hiver nucléaire. Il serait très étonnant que ce soit là le dernier "coût" des armes nucléaires.

L'histoire conduit donc à cette atterrante conclusion que les coûts de la plupart des technologies puissantes sont imprévisibles. Pouvons-nous dès lors continuer de nous laisser prendre aux avantages évidents des technologies nouvelles en acceptant d'en supporter les coûts plus tard, lorsqu'ils auront été déterminés ? Je ne le crois pas. Nous commençons tout juste à combattre les effets néfastes des technologies grossières qui sont à l'origine de pluies acides et de polluants toxiques. A un moment où la micro-électronique, la robotique, les techniques de dépistage prénatal et le génie génétique connaissent un développement explosif, nous avons toutes les raisons de nous poser la question sérieusement.

NATURE DE LA PERCEPTION SCIENTIFIQUE

Beaucoup de gens croient que la solution du problème réside dans de nouveaux progrès de la science et une meilleure évaluation des technologies nouvelles avant leur exploitation. Mais j'estime qu'en l'occurrence cette foi en la science elle-même, en tant que mode de connaissance, est mal placée. Pendant la majeure partie de l'histoire de l'humanité, l'existence de l'homme s'est inscrite dans les **visions du monde** qui proposaient des explications globales de toutes les forces cosmiques qui l'affectaient. C'est la possession d'une telle vision du monde, dont participaient tout le folklore et toute la mythologie accumulés par chaque culture, qui donnait à l'homme le sentiment de maîtriser dans une certaine mesure les éléments immenses dont il subissait l'influence. La science, par son incapacité de fournir une description globale de la nature, a introduit un mode de perception du monde radicalement différent : le scientifique, en effet, considérait une **partie** de la nature, qu'il s'efforçait d'isoler pour pouvoir contrôler les facteurs qui agissaient sur elle et en mesurer tous les produits. Cette façon de procéder nous a permis d'acquérir une connaissance approfondie de fragments isolés de la nature et le pouvoir de manipuler les fragments. Mais elle explique aussi la faiblesse de la science, car elle ne nous livre qu'un savoir parcellaire.

La majorité des biologistes partent encore du postulat newtonien que le tout peut être décrit et compris comme la somme des parties. Il y a bien longtemps que les physiciens ont abandonné cette idée ; mais pour les biologistes, c'est un article de foi dont la négation a des relents de "vitalisme", théorie tombée depuis longtemps en discrédit. Les physiciens savent que toute l'information qu'ils ont accumulée sur les propriétés de l'atome d'hydrogène et de l'atome d'oxygène n'a que très peu d'utilité quand il s'agit de prédire, ne serait-ce que les propriétés de la molécule d'eau. Et pourtant, tous nos programmes de gestion des ressources environnementales postulent que nous avons une connaissance suffisante d'éco-systèmes complexes pour pouvoir les manipuler et les maîtriser. Or, du fait même de la nature morcelée du savoir scientifique, la chose est impossible.

Les scientifiques sont obligés de réduire les différentes parties d'un système à leurs éléments les plus simples. Mais cela s'accompagne d'une tentation de chercher à résoudre les problèmes sociaux en les attaquant à leur niveau de description le plus élémentaire. De là vient que, dans le débat permanent sur les causes de la criminalité et de la pauvreté, ceux qui prétendent que ces causes sont génétiques, imputant ainsi à la victime la responsabilité de sa condition, ont toujours trouvé un large écho. Pendant la guerre avec le Japon, la société nord-américaine,

fortement influencée par les généticiens, jugea de même commode d'identifier les traîtres potentiels par les gènes associés à un certain phénotype racial. Le grand spécialiste de génétique des populations, Richard Lewontin, m'a fait un jour remarquer qu'alors que nous sommes tous porteurs de la bactérie associée à la tuberculose, les personnes effectivement atteintes par la maladie appartiennent généralement aux catégories socio-économiques défavorisées. La médecine voit pourtant en la bactérie la cause du mal, quand celle-ci réside en réalité dans des conditions de vie. De même, vouloir enfermer l'immense diversité et variabilité des comportements et facultés de l'être humain dans un seul nombre - l'indice de QI - revient à réduire les individus à de simples chiffres. Ce type de description ne saurait embrasser toute la complexité et toute la richesse de la personnalité et du comportement, pas plus que ne saurait le faire la description des circuits neuraux ou la séquence de base des gènes du comportement.

LES "SOLUTIONS" SCIENTIFIQUES DES PROBLEMES SOCIAUX

En tant que généticien, je m'inquiète de voir notre capacité de décrypter et de synthétiser les séquences d'ADN alimenter une dangereuse prétention à comprendre et à maîtriser les complexités du comportement et de la personnalité des individus. La puissance apparente de la génétique moléculaire couplée à la vision en tunnel des scientifiques peut aboutir à proposer d'étranges "solutions" aux problèmes sociaux et environnementaux. Déjà on voit poindre l'idée, parce que nous savons produire l'hormone de la croissance humaine, que les individus normaux et sains, que leur faible stature place à l'extrémité inférieure de la courbe gaussienne de distribution des tailles, pourraient être candidats à un traitement hormonal. La tendance actuelle de l'agriculture occidentale hautement technicisée à la monoculture à grande échelle nous a rendu dépendants de protections chimiques contre les insectes et autres ravageurs des cultures, qui ont pour effet accessoire d'empoisonner l'air, l'eau et le sol. En même temps, il s'est opéré une telle sélection des ravageurs en fonction de leur résistance à ces produits que les agriculteurs sont contraints de recourir à des poisons de plus en plus puissants et toxiques. Les pouvoirs tant vantés de la biotechnologie sont donc maintenant employés à doter les plantes cultivées, par manipulation génétique, de la résistance nécessaire pour permettre une utilisation encore plus massive de substances toujours plus toxiques. Cette orientation m'apparaît totalement aberrante : ce qu'il faudrait, de toute évidence, c'est nous défaire de notre dépendance à l'égard des produits chimiques, et non nous y enfoncer davantage.

A l'heure où les problèmes de société retiennent l'attention, les "solutions" que nous leur apporterons vont-elles refléter cette propension à laisser les arbres nous cacher la forêt ? Allons-nous surmonter le racisme en supprimant les races ? Eliminons-nous les risques de maladie professionnelle en identifiant et en écartant les individus que leur génotype rend plus particulièrement vulnérables au lieu de nettoyer les lieux de travail ? Règlons-nous le problème de la pollution de l'environnement en modifiant l'homme pour qu'il tolère des concentrations de polluants plus élevées ? L'arme ultime des confrontations dont le monde est le théâtre sera-t-elle une arme dotée d'une parfaite spécificité ethnique ? Sauf à reconnaître les limites profondes du pouvoir explicatif et de l'impact de la science et de la technologie, il ne faut pas espérer maîtriser un jour ce puissant moyen d'accès à la connaissance.

(La rédaction de cet article a été rendue possible par une subvention (GP85/00012) du Comité pour la sensibilisation du public aux sciences et à la

technologie, administrée par le Ministère des approvisionnements et services du Canada.)

L'ISLAM ET LA SCIENCE

par Muhammad ABDUS SALAM

1. LE CORAN ET LA SCIENCE

Je tiens tout d'abord à préciser que je suis musulman, croyant et pratiquant. Je suis musulman parce que je crois au message spirituel du Coran. En tant que scientifique, je peux dire que le Coran me parle en ce sens qu'il m'incite à réfléchir sur les lois de la Nature, avec des exemples tirés de la cosmologie, de la physique, de la biologie et de la médecine, qui sont des signes pour tous les hommes :

"Ne considèrent-ils pas
comment les chameaux ont été créés ;
comment le ciel a été élevé ;
comment les montagnes ont été placés ;
comment la terre a été aplanie ?"

(88/17 à 20)

Ou encore :

"Dans la création des cieux et de la terre,
dans la succession de la nuit et du jour,
il y a vraiment des Signes
pour ceux qui sont doués d'intelligence."

(3/189 et 190)

Dans 750 versets (près du huitième du Livre), le Coran exhorte les croyants à étudier la Nature, à réfléchir, à utiliser au mieux la raison dans leur quête de l'absolu et à faire de l'acquisition des connaissances et de la compréhension scientifique un élément de la vie communautaire. Le Prophète (la paix soit avec lui) a insisté sur le fait que la quête du savoir et de la science est une obligation pour tout musulman, homme ou femme.

Telle est la première prémisse de la connaissance scientifique, qui doit fonder toute réflexion fondamentaliste en Islam. La deuxième, développée avec éloquence par Maurice Bucaille dans son essai sur *La Bible, le Coran et la science*, est qu'aucun des versets du Coran décrivant des phénomènes naturels ne contredit ce que les découvertes de la science nous ont appris avec certitude.

Troisième prémisse : dans l'histoire de l'Islam, il n'y a pas eu d'affaire Galilée. On continue hélas aujourd'hui encore à persécuter et à excommunier (*tafkir*) pour des divergences doctrinales mais pas directement, à ma connaissance, pour des opinions scientifiques. Paradoxalement, d'ailleurs, il se trouve que la première inquisition (*minha*) de l'Islam a été instituée, non par des théologiens

orthodoxes, mais par ceux que l'on appelle les rationalistes, les Mu'tazilistes, qui, il importe de le rappeler, étaient eux-mêmes des théologiens, mais se targuaient d'être mus par la "raison". Ahmad ibn Hanbal a été l'une des victimes de leur délire intolérant.

2. LA SCIENCE MODERNE, UN HERITAGE GRECO-ISLAMIQUE

Dans quelle mesure les premiers musulmans ont-ils pris au sérieux ces injonctions du Coran et du Prophète ?

Cent ans à peine après la mort du Prophète, les musulmans s'étaient mis en devoir de maîtriser les sciences de leur temps. Ils fondèrent des instituts de hautes études (*Bayt-ul-Hikma*) et acquirent ainsi dans le domaine des sciences une suprématie absolue qu'ils conservèrent pendant trois siècles et demi.

La protection dont les sciences jouissaient au sein de la communauté islamique témoigne de la révérence qu'elles inspiraient aux musulmans. Pour paraphraser ce que H.A.R. Gibb a écrit à propos de la littérature "Plus que partout ailleurs, l'épanouissement des sciences dans l'Islam fut tributaire... de la libéralité et du patronage de personnages haut placés. Tant que le patronage des sciences fut pour des princes et des ministres dans une capitale ou une autre, une source de plaisir, de profit ou de prestige, le flambeau demeura allumé".

L'âge d'or des sciences en Islam se situe incontestablement vers l'an 1000, époque à laquelle vécurent Ibn Sina (Avicenne), dernier représentant de la pensée médiévale, et ses contemporains Ibn-el-Haytham et Al Biruni, précurseurs des modernes.

Ibn-al-Haytham (Alhazen, 965-1039 ap. J.C.) fut l'un des plus grands physiciens de tous les temps. Il a apporté des contributions expérimentales de la plus haute importance en optique. Il a énoncé qu'un rayon de lumière qui travers un milieu suit le chemin le plus facile et le plus rapide", anticipant ainsi de plusieurs siècles sur le principe de moindre action de Fermat. Il a énoncé la loi d'inertie, devenue plus tard la première loi du mouvement de Newton. La cinquième livre de l'*Opus Majus* de Roger Bacon est pratiquement une copie du traité d'optique d'Ibn-al-Haytham.

Al Biruni (973-1048 ap. J.C.), deuxième illustre contemporain d'Ibn Sina, vivait dans la région correspondant aujourd'hui à l'Afghanistan. C'était un empiriste, comme Ibn-al-Haytham, qui avait des conceptions aussi modernes et aussi peu médiévales que celles qu'aurait Galilée six siècles plus tard.

Il ne fait pas de doute que la science occidentale est un héritage gréco-islamique. Or, on entend souvent dire que la science islamique fut une science dérivée et que les savants musulmans ont suivi aveuglément la tradition théorique grecque et n'ont rien apporté à la méthode scientifique.

Cette allégation est fautive. Il suffit de lire Al Biruni pour s'en rendre compte ; voici ce qu'il dit à propos d'Aristote :

"L'ennui, en ce qui concerne la plupart des gens, c'est qu'ils ont à l'égard des opinions d'Aristote une attitude extravagante. Ils n'admettent pas qu'il

puisse s'être trompé, bien qu'ils sachent qu'il ne faisait que théoriser au mieux de ses capacités."

ou, à propos des superstitions médiévales :

"On raconte que le 6 [janvier], il y a une heure pendant laquelle toutes les eaux salées de la Terre deviennent douces. Etant donné que les propriétés de l'eau dépendent exclusivement de la nature du sol... elles ont un caractère stable... Cette croyance est donc... totalement dénuée de fondement. Quiconque aurait le loisir de procéder à des expérimentations répétées se convaincrait de la vanité de cette affirmation."

et enfin, à propos de géologie, insistant sur l'observation :

"...Mais si l'on voit le sol de l'Inde de ses propres yeux et que l'on médite sur sa nature, si l'on examine les pierres rondes que l'on trouve dans le sol à quelque profondeur que l'on creuse, des pierres qui sont énormes près des montagnes, là où le courant des rivières est violent, qui deviennent plus petites dès que l'on s'éloigne des montagnes, là où le courant ralentit, et qui semblent avoir été pulvérisées pour former du sable là où les rivières commencent à stagner près des embouchures et de la mer, si donc l'on considère tout cela, on peut difficilement s'empêcher de penser que l'Inde fut autrefois une mer, qui fut graduellement comblée par les alluvions des rivières."

Briffault résume ainsi la situation : "Les Grecs ont systématisé, généralisé et théorisé, mais la patience nécessaire à des observations minutieuses et prolongées et à la recherche expérimentale était totalement étrangère à leur tempérament... Ce que nous appelons science est le produit de méthodes nouvelles d'expérimentation, d'observation et de mesure, qui ont été introduites en Europe par les Arabes... La science (moderne) est la contribution la plus importante qu'ait apportée la civilisation islamique..."

On retrouve la même appréciation chez George Sarton, le grand historien des sciences : "L'apport le plus grand, mais aussi le moins évident, du Moyen Age fut l'avènement de l'esprit expérimental, qui fut essentiellement le fait des musulmans jusqu'au XIIe siècle."

L'une des tragédies de l'histoire, c'est que ces premières lueurs de l'esprit scientifique moderne s'éteignirent, sans infléchir de façon permanente la direction de la méthode scientifique. Cent ans à peine après Al Biruni et Ibn-al-Haytham, la création scientifique de haut niveau en Islam était tarie. L'humanité dut attendre cinq siècles avant de retrouver avec Tycho Brahé, Galilée et leurs contemporains la même maturité et le même souci d'observation et d'expérimentation.

3. LE DECLIN DES SCIENCES EN ISLAM

Pourquoi la source créatrice des sciences s'est-elle tarie dans la civilisation islamique ? Le déclin amorcé vers 1110 après J.C. était en effet presque total deux siècles et demi plus tard,

Personne ne peut répondre à cette question avec certitude. Il y eut certes des causes externes, telles que la dévastation causée par l'invasion mongole. A mon avis, cependant, ce déclin des sciences vivantes dans la communauté islamique a

commencé beaucoup plus tôt, et tient surtout à des causes internes, la première étant le repli sur elle-même et l'isolement de notre activité scientifique, et la seconde - la plus importante - l'offensive menée contre toute innovation (*taslid*). La fin du XI^e siècle et le début du XII^e (début du déclin) ont été marqués par une intense lutte religieuse sectaire, et inspirée par des mobiles politiques. L'imam Ghazali - qui écrivait vers 1100 après J.C. - avait beau dire : "Un grave crime a en fait été commis contre la religion par un homme qui croit défendre l'Islam en niant les sciences mathématiques, alors que rien dans ces sciences ne s'oppose à la vérité de la religion", l'esprit du temps s'était détourné des sciences créatrices, au profit du soufisme, marqué par un détachement à l'égard des choses d'ici-bas, ou d'une orthodoxie rigide caractérisée par un manque de tolérance (*taqlid*) envers l'innovation (*ijtihad*), dans tous les domaines du savoir, y compris celui des sciences.

Les choses ont-elles changé aujourd'hui ? Encourageons-nous la recherche et l'investigation scientifiques ?

De toutes les grandes civilisations de la planète, l'Islam est celle qui fait le moins place à la science. Malheureusement, certains musulmans pensent que, si la technologie est fondamentalement neutre, ses excès pouvant être tempérés par l'observance des préceptes moraux de l'Islam, tel n'est pas le cas de la science, qui est chargée de valeurs. Ils sont convaincus que la science moderne débouche nécessairement sur le "rationalisme" et en dernière analyse sur l'apostasie et que ceux d'entre nous qui ont reçu une formation scientifique "renieront les présupposés métaphysiques de notre culture". Passons sur le fait qu'il ne saurait y avoir de technologie de pointe sans une science de haut niveau et sur l'injure faite aux "présupposés de notre culture" accusés implicitement de fragilité ; mais je pense que cette attitude envers la science est un vestige des batailles d'hier, où les philosophes dits "rationnels", à cause de leur croyance irrationnelle et dogmatique dans les doctrines cosmologiques héritées d'Aristote, ne parvenaient pas à concilier ces doctrines avec leur foi.

Il ne faut pas oublier que des luttes plus âpres encore faisaient rage parmi les scolastiques chrétiens du Moyen Age. Ces luttes tournaient principalement autour de problèmes cosmologiques et métaphysiques : "Le monde est-il situé en un lieu immobile ? Dieu meut-il le *primum mobile* directement et activement en tant que cause efficiente ou seulement en tant que cause finale ? Tous les cieux sont-ils mus par un seul moteur ou par plusieurs ? Les moteurs célestes sont-ils susceptibles d'épuisement ou de fatigue ?" Lorsque Galilée essaya d'abord de classer ceux de ces problèmes qui ressortissaient légitimement à la physique, puis d'y trouver une réponse par l'expérimentation physique, il fut en butte aux persécutions, lesquelles entravèrent le progrès de la science en Italie au moins jusqu'au XVIII^e siècle. Cependant, une réhabilitation idéologique est actuellement en cours, trois siècles et demi plus tard.

Lors d'une cérémonie spéciale organisée au Vatican le 9 mai 1983, Sa Sainteté le Pape Jean-Paul II a déclaré : "L'expérience que l'Eglise a accumulée pendant et après l'affaire Galilée a conduit à une attitude plus mûre... L'Eglise elle-même apprend par l'expérience et la réflexion et elle comprend mieux aujourd'hui le sens qu'il faut donner à la liberté de recherche... C'est par la recherche que l'homme atteint à la Vérité... Voilà pourquoi l'Eglise est convaincue qu'il ne peut y avoir de véritable contradiction entre la science et la foi... (Cependant,) ce n'est que par une étude humble et assidue que (l'Eglise) apprend à dissocier l'essentiel de la foi du système scientifique propre à une époque déterminée."

4. LES LIMITES DE LA SCIENCE

Dans les propos que je viens de citer, le Pape soulignait la maturité à laquelle l'Eglise était parvenue dans ses rapports avec la science ; il aurait pu aussi bien souligner l'inverse, à savoir que depuis l'époque de Galilée, les scientifiques ont reconnu les limites de leurs disciplines, admettant qu'il y a des questions qui ne sont ni ne seront jamais du ressort de la science, laquelle "a progressé parce qu'elle s'est limitée à un certain type d'investigation". Et même dans ce domaine limité, le scientifique d'aujourd'hui sait quand et à propos de quoi il se livre à la spéculation et il se garderait bien d'attribuer une valeur absolue à ce mode de pensée. En physique cela est arrivé deux fois au début du siècle, d'abord lors de la découverte de la relativité du temps et de l'espace, puis à propos de la théorie des quanta. Et cela se produira sans doute à nouveau.

Prenons par exemple la découverte de la relativité du temps par Einstein. Il semble incroyable que la durée d'un intervalle de temps - la durée de notre vie - dépende de notre vitesse : plus nous nous déplaçons vite, plus nous vivons longtemps, aux yeux d'un observateur extérieur. Et ce n'est pas du tout une illusion. Les laboratoires de physique des particules du CERN à Genève, qui produisent des particules à courte durée de vie comme les muons, enregistrent le temps qui s'écoule avant que des muons se déplaçant à des vitesses différentes ne se désintègrent pour donner des électrons et des neutrinos ; les muons rapides vivent plus longtemps que les lents : constatation incroyable, mais vraie.

Les idées d'Einstein sur l'espace et le temps ont révolutionné la façon de penser des physiciens. Mais je m'étonne toujours que le philosophe professionnel qui, jusqu'au XIXe siècle avait coutume de considérer l'espace et le temps comme son domaine réservé, ne soit pas parvenu jusqu'ici à édifier un système philosophique fondé sur les notions d'Einstein !

La deuxième révolution, et peut-être la plus explosive, s'est produite en 1926, avec la découverte par Heisenberg des limites de notre connaissance. Selon le principe d'incertitude énoncé par Heisenberg, aucune mesure physique ne permet d'affirmer qu'il y a un électron sur cette table et que cet électron est à l'état de repos. On peut effectuer des expériences pour découvrir où se trouve l'électron, mais ce faisant on détruira toute possibilité de déterminer en même temps si l'électron se déplace, et dans l'affirmative, à quelle vitesse. Il existe de même une limite inhérente à notre connaissance, qui semble être inscrite "dans la nature des choses". Je frémis en pensant à ce qui aurait pu advenir à Heisenberg s'il était né au Moyen Age, aux querelles théologiques qui se seraient déchaînées sur le point de savoir s'il y avait de même une limite à la connaissance détenue par Dieu.

Des batailles ont été livrées en l'occurrence, mais au sein de la communauté des physiciens du XXe siècle. La pensée révolutionnaire de Heisenberg - étayée par toutes les expériences connues - n'a pas été acceptée par tous ses collègues. Le plus illustre physicien de tous les temps, Einstein, a véritablement passé la plus grande partie de son existence à essayer de trouver une faille dans l'argumentation de Heisenberg. Il ne pouvait nier les preuves expérimentales, mais il nourrissait l'espoir de parvenir à les expliquer dans un cadre théorique différent. Il n'y est pas parvenu, mais personne, en tout cas aucun physicien, ne se hasarderait à dire que l'affaire est close.

FOI ET SCIENCE

Mais y a-t-il vraiment aujourd'hui incompatibilité entre la science et la pensée métaphysique ? Là encore, le problème - si problème il y a - n'est pas propre à l'Islam : il concerne la science et la foi en général. La science et la foi peuvent-elles au moins cohabiter dans une "complémentarité harmonieuse" ? Pour le savoir, examinons quelques exemples de pensée scientifique moderne.

Le premier a trait à la doctrine métaphysique de la création *ex nihilo*. Un nombre de plus en plus grand de cosmologues pensent que la valeur la plus probable de la densité de matière et d'énergie de l'univers est telle que la masse de l'univers est exactement égale à zéro. Si la masse de l'univers est effectivement égale à zéro, quantité déterminable empiriquement, l'univers aurait avec le vide une propriété commune, celle de nullité de la masse. Par une extrapolation audacieuse, on s'aventura il y a dix ans, à considérer alors l'univers comme une fluctuation quantique du vide, de l'état de néant dans l'espace et le temps, créé *ex nihilo*. Ce qui distingue toutefois la physique de la métaphysique, c'est qu'en mesurant la densité de matière de l'univers nous saurons empiriquement si l'idée est soutenable du point de vue du physicien. Si elle ne l'est pas, nous l'écartérons.

Mon deuxième exemple concerne l'intérêt qu'a suscité récemment dans les milieux de la physique le fait que nous soyons parvenus à unifier deux des forces fondamentales de la nature, la force électrique et la force nucléaire faible, en établissant leur identité. Nous pensons aujourd'hui que l'espace-temps pourrait avoir dix ou, selon certaines versions de la théorie, onze dimensions. Dans cette optique nous espérons parvenir à unifier la force électro-faible et les deux autres forces fondamentales : la gravitation et l'interaction nucléaire forte. Sur les dix dimensions espace-temps, quatre nous sont déjà familières. La courbure de ces dimensions familières détermine, selon les conceptions d'Einstein, l'étendue de notre univers actuel et sa durée de vie. La courbure des dix autres dimensions, d'après un postulat formulée récemment, donne les charges électrique et nucléaire que nous connaissons.

Mais pourquoi n'appréhendons-nous pas ces autres dimensions directement ? Pourquoi ne les appréhendons-nous qu'indirectement, à travers l'existence des charges électrique et nucléaire ? Pourquoi cette différence entre les quatre dimensions de l'espace-temps qui nous sont familières et les autres dimensions internes qui, selon nos suppositions actuelles, ont un rayon de courbure qui n'excède pas 10^{-33} cm ?

Pour le moment, nous trouvons à cela une explication plausible en postulant un principe d'auto-cohérence ; nous conjecturons un champ de force destiné à garantir une telle configuration, seul système dynamique stable et cohérent qui puisse exister. La théorie est vérifiée si et seulement si le nombre des autres dimensions est de six - ou selon une autre version de la théorie, de sept au maximum. Il devrait cependant y avoir des conséquences physiques subtiles sous forme de reliquats analogues au rayonnement de corps noirs à 3 degrés, découvert récemment, qui emplit l'univers et qui, nous le savons, est un reliquat d'une étape antérieure de l'évolution de l'univers. Nous chercherons ces reliquats ; si nous ne les trouvons pas, nous abandonnerons l'idée.

Création *ex nihilo*, autres dimensions - que de thèmes étranges pour la physique de la fin du vingtième siècle, et qui ne paraissent guère différents des préoccupations métaphysiques d'autrefois. A ceci près que dans la science, l'édifice concep-

tuel a un caractère provisoire et que l'on insiste sur la vérification empirique à chaque étape et sur le principe directeur d'auto-cohérence.

Pour l'agnostique, cette auto-cohérence (si elle est réalisée) peut militer contre l'existence d'une divinité : "il n'y a pas de guide pour celui que Dieu égare" ; mais pour le croyant, elle fait partie du dessein de Dieu : sa profondeur, dans les domaines qu'elle illumine, ne fait qu'accroître la révérence qu'il éprouve pour la beauté de ce dessein. Heinz Pagels rapporte l'anecdote suivante à propos de Feynman, l'un des grands physiciens de notre temps, peut-être le plus grand physicien vivant : "Il se trouvait dans un caisson d'isolation sensorielle, lorsqu'il eut l'expérience exosomatique suivante : il eut l'impression de "sortir de son corps", qu'il vit étendu devant lui. Pour vérifier si ce qui lui arrivait était vrai, il essaya de bouger le bras et, de fait, il vit son bras bouger sur son corps. Il commença alors à se demander avec inquiétude s'il n'allait pas rester hors de son corps et décida de le réintégrer. Lorsqu'il eut terminé son histoire, je lui demandai quel enseignement il tirait de cette étrange expérience. Feynmann répondit, en manifestant une précision dans l'observation digne d'un vrai scientifique : **'Rien de ce que j'ai vu ne viole les lois de la physique'.**"

Pour ma part, comme je l'ai déjà dit, ma foi m'a été dictée par le message spirituel éternel de l'Islam, qui concerne des questions sur lesquelles la physique est muette et le restera. Elle trouve son sens dès le premier verset du Coran, juste après la sourate d'ouverture :

"Voici le Livre !
Il ne renferme aucun doute ;
il est une Direction pour ceux qui craignent Dieu ;
ceux qui croient au Mystère".

"Mystère", "absence", "Inconnaissable", traduisent les mots arabes "*yu'minuna bi-l-ghayb*".

SECRETARIAT DU COLLOQUE**UNESCO**

Secteur des sciences	: Vladimir Zharov Foul Pakkas Micheline Sinsheimer
Secteur des Relations extérieures	: Lucio Attinelli Erin Mella Michèle Abraté Dominique Caillier
Bureau de Venise	: Maria-Theresa Rubin de Cervin Jeniffer Burdee

FONDAZIONE GIORGIO CINI

Secrétaire général	: Ernesto Talentino
--------------------	---------------------

**COORDONNATEUR
DU COLLOQUE**

	: Eiji Hattori
--	----------------