

Observatoire du Management Alternatif
Alternative Management Observatory

Essai

**Culture et connaissance : convergence des
« sciences », tendances et enjeux**

Guillaume Narbonne

29 janvier 2009

Majeure Alternative Management – HEC Paris
2008-2009

Genèse du présent document

Cet essai a été réalisé dans le cadre du cours « Entreprises et métabolisme territorial » de la Majeure Alternative Management, spécialité de troisième année du programme Grande Ecole d'HEC Paris.

Il a été dirigé par Thanh Nghiem, professeur de la Majeure Alternative Management et Présidente de l'institut Angenius.

Origins of this research

This essay was originally presented as a research essay within the framework of the “Alternative Management” specialization of the third-year HEC Paris business school program.

The essay has been supervised by Thanh Nghiem, professor in the “Alternative Management” specialization and President of the Angenius Institute.

Charte Ethique de l'Observatoire du Management Alternatif

Les documents de l'Observatoire du Management Alternatif sont publiés sous licence Creative Commons <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/fr/> pour promouvoir l'égalité de partage des ressources intellectuelles et le libre accès aux connaissances.

L'exactitude, la fiabilité et la validité des renseignements ou opinions diffusés par l'Observatoire du Management Alternatif relèvent de la responsabilité exclusive de leurs auteurs.

Culture et connaissance : convergence des « sciences », tendances et enjeux

Résumé : Pendant quatre siècles, le modèle cartésien de la science a prévalu en Occident. S'il fut à la source de grandes avancées, il semble aujourd'hui atteindre ses limites, alors que la science se heurte à des énigmes et des contradictions dans de nombreux domaines et que l'état actuel du progrès scientifique ne permet pas de répondre aux défis planétaires qui se posent à nous aujourd'hui. Nous étudions dans cet essai les applications concrètes du concept de complexité développé par Edgar Morin, et de la convergence des sciences, conséquence d'un nouveau système de pensée scientifique. Nous montrons ensuite comment la convergence des sciences, si elle surmonte les défis qui se posent à elle, peut être le signal d'une nouvelle ère de progrès scientifique respectueux des hommes et de l'environnement.

Mots-clés : Sciences, progrès scientifique, convergence des sciences, complexité, nanotechnologies, biotechnologies, sciences cognitives, information, communication, environnement

Culture and knowledge: converging “sciences”, trends and issues

Abstract: For four centuries, the Cartesian model of scientific method has been prominent. Although it was the reason for some notable progress, it is now reaching its limits, as science is faced with conundrums and contradictions in several fields and as the current state of scientific progress proposes few promising solutions to cope with the challenges our planet is currently facing. In this essay, we will study the concept of complexity, which was developed by Edgar Morin and triggered the birth of a new scientific paradigm, and its applications to current science issues. We will then show how converging sciences, if they overcome the challenges they are facing, can be the starting point of a new era of more harmonious scientific progress.

Key words: Converging sciences, sciences, scientific progress, complexity, nanotechnology, biotechnology, cognitive sciences, information, communication, environment

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Guillaume Narbonne..... | 1 |
| Genèse du présent document..... | 2 |
| Culture et connaissance : convergence des « sciences », tendances et enjeux..... | 3 |
| Table des matières | 4 |
| Introduction..... | 5 |
| Partie 1.Un modèle historique qui atteint ses limites..... | 6 |
| Partie 2.La convergence des sciences dans les faits..... | 9 |
| Partie 3.Défis et espoirs de la convergence..... | 18 |
| Conclusion..... | 26 |
| Bibliographie..... | 28 |

Introduction

Au cours de l'Histoire, plusieurs paradigmes ont successivement dominé la culture scientifique. Toutefois, depuis le XVII^{ème} siècle et les avancées réalisées par Galilée et les apports philosophiques de Descartes, un modèle occidental dit « cartésien » semble s'être imposé. Dans ce cadre, de nombreuses découvertes plus fascinantes les unes que les autres ont été effectuées, de la théorie de l'évolution à celle de la relativité et à la physique quantique. Toutefois, ce modèle si longtemps efficace se heurte aujourd'hui à ses limites et à ses contradictions, et se pose alors la question de la nécessité d'un nouveau paradigme, un nouveau cadre de pensée qui permette de nouvelles découvertes. En effet, il règne actuellement un malaise et une inquiétude croissants face à l'énormité des défis scientifiques, environnementaux, économiques et sociaux que nous devons relever, et un nouveau modèle s'avère plus que nécessaire. Toutefois, un tel modèle ne se construit pas en un jour et a déjà été conceptualisé par de nombreux penseurs, comme nous le verrons en fin de première partie. Ce nouveau modèle s'exprime dans les faits par la convergence des « sciences », dont nous donnerons quelques exemples concrets dans la seconde partie. Nous montrerons ensuite en quoi cette convergence des sciences peut représenter une réponse aux nombreux défis environnementaux et sociaux que l'humanité a à relever aujourd'hui, à condition que les différentes sciences relèvent leurs propres défis dans un premier temps.

Partie 1. Un modèle historique qui atteint ses limites

1.1. L'essor scientifique depuis Galilée

L'histoire des sciences est faite de découvertes emblématiques, d'expériences légendaires et de personnages quasi-mythiques. Toutefois, l'histoire des sciences, comme l'histoire en général, fut loin d'être linéaire et sans surprise. A plusieurs reprises, un État, une civilisation, un espace géographique a pris de l'avance sur ses « rivaux » et dominé le monde scientifique pendant un temps plus ou moins long. Ainsi, la Chine, l'Inde et le monde islamique ont-ils connu leurs périodes de splendeur et de rayonnement scientifique et culturel, avant de connaître une phase de fermeture ou du moins de retrait de la scène du théâtre des sciences mondiales. Le XVII^{ème} siècle marque le véritable essor de l'Occident en terme de progrès scientifique, avec les révolutions copernicienne et galiléenne, coups de tonnerres dans des univers dogmatiques. De nombreuses découvertes fascinantes ont suivi, avec les travaux de Newton, Descartes, Pascal ou encore Leibniz, alors que la physique et les mathématiques telles que nous les connaissons aujourd'hui prenaient forme au XVIII^{ème} siècle, ouvrant la voie à la modernité au XIX^{ème} siècle. En physique, en chimie, en astronomie, en biologie et dans d'autres domaines, les progrès dépassaient l'entendement, qu'il s'agisse de la physique quantique, de la découverte de Neptune ou des travaux de Darwin et Mendel dans les domaines de l'évolution et de la génétique. Alors que les sciences exactes progressaient, les sciences sociales n'étaient quant à elles pas en reste. Smith, Marx, Walras et Keynes, entre autres, bouleversaient notre connaissance de l'économie, pendant que Durkheim et Weber ouvraient la voie à une nouvelle discipline, la sociologie. Pavlov et Freud révolutionnaient la psychologie et amélioraient grandement notre compréhension de l'entendement humain, sujet complexe s'il en est.

Comme nous venons de le voir, les quatre derniers siècles furent d'une extrême richesse en termes de découvertes scientifiques. Pourtant, à la lecture des principales avancées, on ne peut qu'être frappé par l'homogénéité de leur origine géographique. En effet, toutes les découvertes citées antérieurement ont été effectuées en Europe Occidentale. Alors que la Chine ou le monde islamique furent pendant des siècles des symboles d'avancement

scientifique, ils brillent ici par leur absence. Quelle peut être la cause d'un tel retournement ? Plusieurs théories coexistent à ce sujet. Au cours des dernières décennies, l'émergence du mouvement dit de la « world history » a apporté de nouveaux éléments au débat sur l'origine de la suprématie scientifique de l'Occident à partir du XVII^{ème} siècle. Un universitaire américain, Jared Diamond, s'est en particulier penché sur cette vaste question et plus généralement sur les raisons de la puissance de certaines sociétés alors que d'autres sont demeurées à des stades plus rudimentaires. Cette étude est l'objet de l'ouvrage De l'inégalité entre les sociétés¹, dans lequel Diamond met en avant le rôle selon lui prépondérant de l'environnement dans le destin des sociétés. D'après lui, l'Eurasie, de par sa vaste taille et ses faibles barrières montagneuses, aurait permis la présence de nombreuses espèces d'animaux domesticables qui, associées à la disponibilité de plantes à grosses graines, auraient provoqué l'essor de l'agriculture sur ce continent². Ceci aurait généré une forte expansion démographique, tout en permettant aux habitants de se consacrer à des tâches autres que la recherche de nourriture, comme l'artisanat, la politique ou la culture. Les hommes auraient également eu le temps de maîtriser les métaux pour forger des outils plus solides et plus performants. Le berceau de cette expansion serait le croissant fertile, à partir duquel ces avancées se seraient propagées vers l'Ouest et l'Europe. La présence de bétail aurait garanti peu à peu l'immunité des habitants contre les maladies véhiculées par les bêtes, tout en scellant la perte des futurs colonisés, notamment sur le continent américain où ils moururent en masse de la variole et autres maladies, quand ils n'étaient pas simplement massacrés par les colons et explorateurs. Un argument géographique est invoqué par un autre chercheur, David Cosandey³. Banquier et physicien de formation, celui-ci s'est penché sur la question de l'essor de l'Occident. Sans rejeter les hypothèses plus classiques et le rôle de la culture ou de la religion, Cosandey met en avant d'autres facteurs. Tout d'abord, il insiste sur le rôle du politique et de la coexistence d'États rivaux mais stables, Cosandey met en avant le concept de « thalassographie articulée »⁴, grâce auquel il véhicule l'argument que la géographie, et notamment le découpage des côtes (mesuré par calcul fractal) joue un rôle capital dans les relations entre les États, leur permettant d'être des rivaux et des partenaires à la fois, en évitant l'émergence d'un empire hégémonique. A ce titre, on peut voir que toutes les tentatives d'unification de l'Europe par la force au cours de l'Histoire ont échoué. Si les théories de Diamond et de Cosandey peuvent être sujettes à débat, elles n'en demeurent pas

¹ Diamond, J. (2000). De l'inégalité parmi les sociétés. Paris, Gallimard.

² Diamond, J. (2000), *ibid.*.

³ Cosandey, D. (1997). Le secret de l'Occident : vers une théorie générale du progrès scientifique. Paris, Arléa

⁴ Cosandey, D. (1997), *ibid.*

moins intéressantes et stimulantes d'un point de vue intellectuel.

1.2. Les limites du paradigme cartésien

Si nous nous intéressons à présent au mécanisme de construction du paradigme scientifique occidental tel que nous le connaissons aujourd'hui, plusieurs éléments viennent à l'esprit. Tout d'abord, la distinction entre science et philosophie ne se fit pas spontanément. En effet, Descartes, considéré à maints égards comme l'un des fondateurs de la science et de la philosophie moderne, liait étroitement ces deux champs du savoir humain. Le terme de « philosophie » englobait selon lui la métaphysique et la physique, elle-même base de la médecine, des mathématiques et de la morale. Toutefois, la pensée de Descartes est marquée par un dualisme fort entre le corps et l'esprit, entre la *res extensa* et la *res cogitans*⁵. L'âme et le corps, bien que séparés, sont toutefois deux substances qui cohabitent tout au long de l'existence humaine, formant donc une union, tout en restant distinctes l'une de l'autre. Cette distinction est à la base du cloisonnement des sciences modernes en Occident et de la nette séparation entre sciences « exactes » d'un côté, et sciences humaines de l'autre. Ce cloisonnement fut complété par une forte volonté de simplification. Selon Edgar Morin, « *la connaissance scientifique fut longtemps et demeure encore souvent conçue comme ayant pour mission de dissiper l'apparente complexité des phénomènes afin de révéler l'ordre simple auquel ils obéissent.*⁶ » Au cours des derniers siècles, alors que les découvertes se faisaient plus nombreuses et plus importantes, la communication entre les différentes sciences est demeurée assez faible. Ainsi, les mathématiques représentaient la base calculatoire des sciences, mais n'ont pas pour autant servi de pont entre une science exacte comme la physique et une science sociale hautement mathématisée comme l'économie. De même, deux des principales sciences d'étude et de compréhension du monde qui nous entoure, la biologie et la physique, n'ont eu que peu de rapports. Comme l'a montré Jean-Michel Cornu dans ProspecTIC⁷, l'interdisciplinarité n'est pas un procédé aisé. Il existe plusieurs modes de pensée et de conception des sciences et du monde qui nous entoure, et ces modes sont parfois difficilement conciliables. Qu'on adopte une approche réductionniste, globale ou environnementale, les conclusions ne seront pas les mêmes. Loin de s'opposer, ces méthodes sont plutôt complémentaires mais leur cohabitation nécessite un effort conceptuel d'interdisciplinarité qui n'est pas aisé. Toutefois, comme nous allons le voir par la suite, cet effort risque fort d'être nécessaire.

⁵ Descartes, R. (1641, 1993), Méditations Métaphysiques, Paris, Garnier Flammarion

⁶ Morin, E. (1990), Introduction à la pensée complexe, Paris, ESF, page 9

⁷ Cornu, J.-M. (2008), ProspecTIC : Nouvelles technologies, nouvelles pensées ?, Paris, Editions Fyp, page 55

Partie 2. La convergence des sciences dans les faits

2.1. Les grandes théories du progrès scientifique et la guerre des « Deux Cultures »

Après avoir connu un vingtième siècle faste, certaines sciences se trouvent aujourd'hui à un tournant de leur histoire. Une des plus emblématiques d'entre elles, la physique, est face à une contradiction apparente qui n'a pu être résolue jusqu'à présent. Le XXème siècle s'est caractérisé par le développement conjoint de deux modèles théoriques, la relativité générale, développée initialement par Albert Einstein, et la mécanique quantique, promue par Max Planck. Aujourd'hui, les deux modèles semblent mutuellement incompatibles. En effet, la relativité générale s'applique à l'univers, c'est-à-dire à l'échelle des planètes et des mouvements des astres, tandis que la mécanique quantique est pertinente à l'échelle subatomique. Les lois qui régissent ces deux univers ne sont pas les mêmes, et la conciliation des deux modèles est loin d'être aisée. La recherche d'une théorie générale unifiée, de la gravité quantique, oppose plusieurs écoles qui ont pour le moment réalisé des avancées limitées. Si la physique est l'exemple le plus emblématique d'une science dans laquelle le paradigme dominant semble connaître quelques difficultés, ceci est aussi vrai pour d'autres sciences, comme l'économie. La science progresse-t-elle par ruptures successives avec des modèles devenus obsolètes ? Selon Karl Popper, la science est un processus progressif, les nouvelles théories englobent les anciennes sans les rejeter. Ainsi, Newton a intégré Aristote et Einstein a intégré Newton. Toutefois, dans le cas de la physique, l'intégration semble être problématique. Bien que les recherches d'unification de la physique soient encore très jeunes à l'échelle de l'histoire scientifique, la nécessité d'un nouveau modèle est à envisager. La théorie du progrès scientifique développée par Thomas Kuhn en 1962⁸, bien que contestée par plusieurs penseurs, pourrait se révéler plus proche de la réalité de ce que nous vivons actuellement. En effet, selon Kuhn, les nouvelles théories scientifiques n'intègrent pas la totalité des anciens paradigmes en les élargissant, mais au contraire les corrigent, en rejetant une partie. Le progrès scientifique nécessite donc pour les scientifiques d'ouvrir les yeux sur les failles de modèles qu'ils ont contribué à développer.

⁸ T. S. Kuhn (1983 [1962]) La Structure des révolutions scientifiques, Paris, Flammarion (Champs)

Au cours du XIX^{ème} et du XX^{ème} siècle, les scientifiques se sont spécialisés dans un domaine bien précis, mettant en place un cloisonnement strict entre leurs disciplines respectives, et plus que tout entre sciences exactes et sciences sociales. Dans un discours de 1959, demeuré célèbre, le romancier et physicien britannique C.P. Snow soulignait l'importance du maintien de cette séparation entre les « Deux Cultures », qui était selon lui la condition même de la continuité du progrès scientifique. Cette opinion fut fortement critiquée par certains scientifiques de la fin du vingtième siècle, comme Stephen Jay Gould⁹, qui y voyait un antagonisme nuisible aux avancées de la science. Selon Gould, les scientifiques doivent pouvoir prendre part au débat public. Ceci pose donc la question de la responsabilité du scientifique. Il y a donc ici une séparation à résoudre, un cap à franchir, pour que la science occupe de nouveau une place de choix dans le débat public. A l'heure où de nombreux débats éthiques font rage, qu'il s'agisse des cellules-souches, de l'euthanasie ou du clonage humain, certaines figures scientifiques s'imposent aux yeux du grand public et contribuent donc à promouvoir l'émergence d'une « Troisième Culture¹⁰ », pour citer le titre d'un ouvrage publié par John Brockman en 1995 et regroupant des textes de scientifiques de différents horizons. Cette Troisième Culture était également née de l'imagination de C.P. Snow, qui avait légèrement modifié son jugement en 1963¹¹ en prenant en compte les exemples de scientifiques de premier ordre de l'époque comme Albert Einstein, Norbert Wiener ou Niels Bohr. De son côté, John Brockman considère que la science a atteint dès les années 1980 une importance sans précédent dans les médias. Il y voit le signe de l'émergence de cette Troisième Culture, et d'une nouvelle classe d'intellectuels. Un autre signe de l'émergence de cette nouvelle culture peut être vue à travers la décision de l'Université d'Oxford de créer une chaire « for the Public Understanding of Science », en 1995. La chaire fut successivement tenue par Richard Dawkins, biologiste médiatique, puis à partir de 2008 par Marcus du Sautoy, mathématicien. Ainsi, nous pouvons voir que des ponts se construisent entre les scientifiques et le public, comme en témoigne également le grand succès de certains ouvrages scientifiques auprès du grand public. Toutefois, les échanges interdisciplinaires entre les scientifiques eux-mêmes restent timides.

⁹ Gould, S.J. (2003), The Hedgehog, The Fox and The Magister's Pox, Harmony Books

¹⁰ Brockman, J. (1995), The Third Culture, Simon & Schuster

¹¹ Snow, C.P. (1963), The Two Cultures and a Second Look, Cambridge University Press

2.2. La nécessité de l'interdisciplinarité et l'apport de la complexité

L'interdisciplinarité et sa nécessité sont au cœur de l'œuvre d'Edgar Morin. Tout au long de sa carrière, Edgar Morin a publié un ouvrage en six volumes, « La Méthode », considéré à bien des égards comme son œuvre maîtresse. Dans cette œuvre, et dans d'autres travaux annexes, Morin s'attache à montrer la complexité du monde qui nous entoure et de l'homme en lui-même. Comme il l'explique dans Introduction à la pensée complexe, Morin considère le terme de complexité au sens étymologique du terme, à savoir ce qui est entrelacé, enchevêtré. Selon Morin, la science a souvent été conçue comme ayant pour mission de simplifier les choses au maximum. Or, cela altère la réalité des phénomènes et ne simplifie pas la compréhension. Nous sommes aujourd'hui en proie à une volonté excessive de simplification qui, si elle fut très utile à la science pendant trois siècles, montre aujourd'hui ses limites, voire sa nocivité. La science se détachait en permanence du contexte dans lequel elle évoluait, et se dirigeait donc vers une impasse. Edgar Morin propose donc un nouveau modèle de pensée, une refonte totale de nos schémas intellectuels, en développant le concept de complexité. Il s'agit dès lors de relier entre elles les différentes sciences, en les distinguant mais sans les disjoindre, contrairement à ce qui fut le cas auparavant. Morin se fait l'écho¹² de Theodor Adorno, qui affirmait avec justesse « la totalité est la non-vérité »¹³. et déclare que la complexité n'est pas une clé vers une connaissance exhaustive, but inaccessible s'il en est. Toutefois, la complexité doit nous permettre de tendre vers ce but. On peut donc voir ici un nouvel idéal d'homme de la Renaissance, replacé dans le contexte actuel, où nos connaissances scientifiques et culturelles sont bien plus étendues qu'elles ne l'étaient au XVI^{ème} siècle.

Morin fonde sa théorie de la complexité sur trois autres théories, qui sont la théorie de l'information, la théorie des systèmes et la cybernétique. Ces trois théories ont été élaborées au cours des années 1940 et présentent de nombreux points communs. La théorie de l'information introduit notamment l'idée de présence conjointe d'ordre et de désordre dans l'univers, à travers les concepts de redondance et de bruit. De ce mélange émerge l'information, qui apporte un élément nouveau et permet donc la résolution d'une question jusqu'alors restée sans réponse. De son côté, la théorie des systèmes montre que le tout est plus que la somme des parties, les interactions entre ces parties devenant un élément d'une

¹² Morin, E. (1990), Introduction à la pensée complexe, page 11

¹³ Adorno, T.W. cité par Morin, E. (1990), *op. cit.*, page 11

importance première. Enfin, la cybernétique, théorisée par Norbert Wiener¹⁴, permet de rompre avec le modèle de causalité linéaire en développant l'idée d'une boucle causale et d'un mécanisme de rétroaction grâce auquel le système s'auto-entretient. Morin intègre également à sa théorie l'idée d'auto-organisation, développée entre autres par le prix Nobel de chimie 1977, Ilya Prigogine¹⁵, mais aussi par Von Neumann, Von Foerster ou Atlan. Ainsi, Von Neumann¹⁶ a le premier mis en évidence la distorsion entre les machines artificielles et les organismes vivants. Alors que les premières sont composées d'éléments fiables qui se dégradent dès la première utilisation, les seconds sont composés d'éléments très faibles mais qui sont sans cesse régénérés, illustrant le propos d'Héraclite « vivre de mort, et mourir de vie »¹⁷. Von Foerster¹⁸ a quant à lui montré la possibilité de créer de l'ordre à partir d'un principe d'ordre et d'éléments désordonnés. De son côté, Atlan¹⁹ a développé l'idée de « hasard organisateur », selon laquelle des organisations ordonnées vont apparaître à l'issue de rencontres aléatoires. Un exemple est la création de l'Univers.

A partir de ces apports divers, Morin développe trois principes qui, selon lui, illustrent la complexité. Le premier d'entre eux est le principe dialogique, selon lequel deux vérités opposées sont en réalité indissociables et ne sont que deux facettes d'une même réalité. L'enjeu ici est donc de réconcilier les deux vérités par un effort intellectuel. Le second principe théorisé par Morin est le principe de récursion organisationnelle. Plus qu'un mécanisme de rétroaction, c'est une boucle dans laquelle les produits et les causes se reproduisent mutuellement. Le troisième principe, enfin, le principe hologrammatique, montre que si la partie est dans le tout, le tout est également dans les parties²⁰. Ainsi, la société, que nous constituons, est également présente en chacun de nous à travers nos normes, nos comportements nos tabous et nos interdits. La pensée complexe est donc une pensée intellectuellement inconfortable, par le fait qu'elle introduit l'incertitude dans nos esprits et n'aspire pas à la complétude. Elle fait tomber des cloisons qui ont été et nous paraissent encore souvent nécessaires et rassurantes mais sont en réalité une prison de l'esprit. Un changement de cadre de pensée n'est jamais aisé, mais peut apporter des bénéfices insoupçonnables à long terme. La complexité est donc un concept délicat à saisir mais qui se

¹⁴ Wiener, N. (1948), *Cybernetics: Or the Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge, MIT Press

¹⁵ Nicolis, G. & Prigogine, I. (1977) *Self-Organization in Non-Equilibrium Systems*, Wiley

¹⁶ cité par Morin, E. (2005), *Restricted Complexity, General Complexity* (Colloque « Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique », Cerisy-la-Salle, France, 26 juin 2005, traduction de Carlos Gershenson), disponible sur cogprints.org/5217/1/Morin.pdf

¹⁷ cité par E. Morin (1990), *op. cit.*

¹⁸ cité par E. Morin (2005), *op. cit.*

¹⁹ cité par E. Morin (2005), *op. cit.*

²⁰ Morin, E. (1990), *op. cit.*

trouve pourtant dans de multiples applications concrètes, comme nous allons le voir par la suite.

2.3. La convergence aujourd'hui

Ainsi, la théorie de la complexité constitue un véritable appel à l'interdisciplinarité, à l'échange entre les sciences. Cet échange est en train de se produire dans plusieurs domaines scientifiques, des sciences exactes aux sciences sociales. Diamond, dans ses ouvrages De l'inégalité parmi les sociétés et Effondrement, utilise abondamment des sciences telles que la biologie ou l'épidémiologie pour justifier ses points de vue historiques. On voit dans le même temps l'émergence de disciplines transversales pour expliquer des phénomènes jusqu'alors mystérieux. Ainsi, la finance comportementale, développée à partir de la théorie des perspectives²¹ de Daniel Kahneman (Prix Nobel d'économie 2002), est une application de la psychologie à la finance qui tente d'expliquer les travers de comportements des acteurs économiques et leurs effets sur les marchés financiers planétaires. La convergence des sciences, en particulier celle de ce qu'on appelle les NBIC (nanotechnologies, biotechnologies, technologies de l'information et sciences cognitives) fut évoquée pour la première fois en 2002 dans un rapport de la National Science Foundation (NSF) américaine. Une des premières phrases du rapport déclarait notamment « *Developments in systems approaches, mathematics and computation in conjunction with NBIC allow us for the first time to understand the natural world, human society, and scientific research as closely coupled complex, hierarchical systems.* »²². On retrouve ici l'idée de complexité développée par Morin. Le rapport, au long de ses plus de 400 pages, s'interroge sur les grandes questions liées à la convergence des NBIC aujourd'hui, et notamment sur les implications de l'unification des sciences et des technologies ainsi que sur l'avenir de la connaissance. Selon la NSF, les sciences sont aujourd'hui arrivées à un tournant et doivent s'unifier pour continuer à avancer pour le bien de l'humanité. La NSF utilise même à ce propos le terme de « Nouvelle Renaissance²³ », montrant que l'idéal d'avenir n'est jamais qu'une adaptation d'un passé glorieux et idéalisé. La complémentarité des NBIC a également été mise en évidence sous la forme d'un quasi-poème par W.A.. Wallace, un des participants au séminaire de la NSF :

²¹ Kahneman, D., & Tversky, A. (1979), « Prospect theory: An analysis of decisions under risk » Econometrica, 47, 313-327.

²² Roco, M.C. & Bainbridge, W.S. (2002), Converging Technologies for Improving Human Performance, Arlington, National Science Foundation, disponible sur http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf, consulté le 22.12.2008

²³ Roxo, M.C. & Bainbridge, W.S. (2002), *op. cit.*, page X

« *If the Cognitive Scientists can think it
the Nano people can build it
the Bio people can implement it, and
the IT people can monitor and control it* »²⁴

Ces quatre lignes résumant assez bien ce qu'on peut attendre de chacune de ces disciplines. Toutefois, elles donnent une impression de causalité linéaire entre les technologies et montrent ainsi la prééminence de l'ancien paradigme. Comme nous l'avons dit précédemment, la complexité s'attache à promouvoir une approche systémique et a repris le concept de boucle causale initié par la thermodynamique et la cybernétique. On trouve donc dans cette citation reprise par la NSF dans son rapport un décalage conceptuel qui peut nous mener à nous interroger sur la multiplicité des visions de la convergence des sciences, de sa faisabilité et de ses enjeux.

Quelles sont ces quatre technologies qui semblent être destinées à bouleverser nos existences dans un avenir plus ou moins proche ? Plusieurs définitions cohabitent à ce sujet. En ce qui concerne les nanotechnologies, il s'agit selon l'Université de Princeton de « *the branch of engineering that deals with things smaller than 100 nanometers (especially with the manipulation of individual molecules)* »²⁵. Les nanotechnologies concernent donc des objets qui ont une taille très inférieure à celle des cellules du sang humain, par exemple. L'idée de nanotechnologies a environ 50 ans, et le terme lui-même en a environ 35. Mihail Roco, un des principaux experts mondiaux en nanotechnologies, a proposé une segmentation en quatre différents types de nanotechnologies, parmi lesquels certains sont encore au stade la recherche fondamentale. Cette distinction est reprise dans ProspecTIC²⁶, qui ajoute deux autres dimensions. On trouve tout d'abord la nanoélectronique, largement utilisée dans des objets de la vie courante, notamment les circuits intégrés et les derniers modèles de disques durs, développés grâce à la spintronique inventée par Albert Fert, prix Nobel de physique 2007. Les nanostructures passives, quant à elles, sont aussi présentes tout autour de nous. Elles ont des propriétés constantes, ce qui leur permet d'être utilisées notamment dans certains modèles de pneus. Les nanostructures actives sont en train de prendre une forme concrète. Elles concernent des matériaux contenant des nanoparticules qui adaptent leur état à leur environnement. Les recherches sont encore en cours en ce qui concerne les assemblages de nanosystèmes, qui consistent à mettre en commun plusieurs systèmes de taille nanométrique

²⁴ Wallace, W.A., in Roco, M.C. & Bainbridge, W.S., *op. cit.*, page 11

²⁵ disponible sur

<http://wordnetweb.princeton.edu/perl/webwns=nanotechnology&sub=Search+WordNet&o2=&o0=1&o7=&o5=&o1=1&o6=&o4=&o3=&h=>

²⁶ Cornu, J.-M., *op. cit.*, pp 23-24

afin d'atteindre un but précis. Le cinquième type de nanotechnologies est incarné par les nanostructures moléculaires et atomiques et relève pour le moment de la recherche fondamentale. Il s'agirait de procéder à un assemblage direct des atomes ou des molécules, pour les modeler selon les besoins de l'homme. Enfin, le dernier domaine relève pour le moment plus de la science-fiction, mais il est difficile de l'exclure, dans la mesure où il semble être le prolongement logique des stades précédents. Il s'agit des nanosystèmes autorépliquants, c'est-à-dire des nanosystèmes capables de construire eux-mêmes d'autres nanosystèmes à partir de leur environnement. Ray Kurzweil a fait référence à cette étape « ultime » sous le nom d' « ère de la singularité²⁷ ». Les nanotechnologies mûrissent progressivement et de nouvelles étapes sont franchies tour à tour. Les biotechnologies, selon la définition qu'en donne l'OCDE, sont « l'application de la science et de la technologie aux organismes vivants et à d'autres matériaux vivants ou non vivants, pour la production de savoirs, biens et services²⁸ ». Il s'agit donc d'une définition très large, et en effet, les biotechnologies regroupent de multiples domaines. Le terme de biotechnologies lui-même date de 1917. Le concept est plus ancien, les biotechnologies étant présentes dans de nombreux mécanismes naturels, comme la fermentation. Elles ont connu leur première application massive avec la découverte de la pénicilline par le scientifique écossais Alexander Fleming en 1928, mais se sont développées massivement grâce à la biologie moléculaire. Ainsi, une des premières applications modernes des biotechnologies eut lieu en 1980, lorsque Ananda Chakrabarty développa une bactérie génétiquement modifiée capable de briser la structure moléculaire du pétrole. La Cour Suprême des États-Unis l'autorisa à déposer un brevet pour son invention²⁹. Ce brevet fut le premier délivré à un organisme génétiquement modifié. On distingue aujourd'hui plusieurs types de biotechnologies, selon leurs champs d'application, qui vont de l'environnement à l'industrie agroalimentaire en passant par le domaine médical. Ce dernier est particulièrement concerné par les biotechnologies, qui pourraient le bouleverser à un horizon d'une dizaine d'années. Les biotechnologies peuvent être utilisées en médecine à plusieurs fins, à commencer par la réalisation de tests génétiques personnalisés qui permettront de mieux diagnostiquer une maladie ou même une prédisposition. La réalisation de la carte du génome humain va dans ce sens et ouvre la voie à un avenir riche de promesses. La thérapie génique, bien qu'elle soit encore expérimentale, semble présenter un potentiel intéressant également. Les biotechnologies offrent également de

²⁷ Kurzweil, R. (2003), *The Singularity is Near*, New York, Viking

²⁸ OCDE (2005), disponible sur

http://www.oecd.org/document/41/0,3343,fr_2649_34537_35534441_1_1_1_1,00.html

²⁹ disponible sur <http://www.enfacto.com/case/U.S./447/303/>

multiples opportunités au niveau pharmaceutique, que ce soit par la création de nouveaux traitements telle qu'une insuline plus proche de celle naturellement sécrétée par le corps humain ou de coagulants destinés aux hémophiles, ou par le développement de la pharmacogénomique, qui « étudie l'interaction entre l'hérédité génétique d'un individu et la réponse de son corps aux médicaments afin de développer de nouvelles molécules qui maximisent l'effet thérapeutique tout en réduisant les effets collatéraux indésirables ³⁰ », selon la définition donnée par ProspecTIC. La troisième technologie concernée par la convergence selon le rapport de la NSF et ProspecTIC concerne l'information, sa diffusion, son traitement, son stockage, son utilisation. Depuis un demi-siècle, la puissance des machines informatiques s'accroît sans cesse, vérifiant la loi de Moore. La capacité des disques durs atteint des niveaux insoupçonnés, et les fibres optiques permettent un transport de l'information toujours plus rapide, alors même que le WiFi semble nous offrir la chance de nous affranchir des câbles dans un futur proche. Ainsi, le stockage des données, leur traitement, leur transmission se font de manière sans cesse plus massive et plus rapide, amenant certains chercheurs, notamment Jean-Michel Cornu, à parler d' « ère de l'abondance ³¹ ». Les technologies de l'information s'étendent aujourd'hui bien au-delà des ordinateurs et figurent aussi dans les téléphones, avant probablement d'intégrer de nombreux objets de la vie quotidienne, qui pourront donc interagir de manière plus approfondie avec leur environnement immédiat. Les avancées technologiques concernent également les logiciels et les échanges virtuels, à commencer par le vecteur, Internet. L'émergence de nouvelles formes d'Internet, comme le « Web 2.0 » ou même le « Web 3.0 » permettent aux internautes de tirer le meilleur du réseau tout en interagissant avec lui à un niveau sans précédent. Les sites participatifs tels que Wikipedia, YouTube, Flickr sont aujourd'hui de grands succès et semblent ouvrir la voie à une intelligence collective, que nous évoquerons dans notre dernière partie. Enfin, la quatrième technologie concerne les neurosciences et les sciences cognitives. Les neurosciences sont constituées par les sciences d'étude du cerveau et du système nerveux de l'homme à partir de l'observation des neurones. De leur côté, les sciences cognitives concernent plus directement la connaissance en elle-même. De nombreuses sciences humaines et sociales ont un aspect cognitif. Les sciences cognitives présente la particularité de s'appliquer à un champ disciplinaire large et donc de transcender des frontières auparavant considérées comme inviolables. Pendant longtemps, la communication entre les chercheurs en neurosciences et les psychologues et experts en sciences humaines a été embryonnaire voire nulle, et fut

³⁰ Cornu, J.-M. (2008), *op. cit.*, page 68

³¹ *ibid.*, page 139

grandement améliorée par les progrès en simulation et en imagerie médicale, notamment IRM. Ces interactions approfondies ont permis l'émergence d'un nouveau type de sciences, les sciences de la complexité, qui permettent d'étudier les réseaux d'un point de vue systémique et holistique, prenant en compte les échanges entre les parties et le comportement du tout, s'inscrivant ainsi dans la droite ligne des préceptes d'Edgar Morin, tout en restant focalisée sur les réseaux neuronaux et en ne répondant donc que partiellement à l'idéal de convergence des sciences. Toutefois, les neurosciences trouvent aujourd'hui des applications dans des domaines nouveaux, comme par exemple la neuroéconomie, symbolisée par les travaux de David Kahneman. Comme nous pouvons le voir, la convergence des sciences évoquée et appelée par la NSF dans son rapport et décrite par ProspectIC peut se trouver dans certains phénomènes aujourd'hui. Toutefois, ces phénomènes sont encore épisodiques et de nombreux défis se dessinent à l'horizon, tant pour les sciences elles-mêmes que pour les sociétés.

Partie 3. Défis et espoirs de la convergence

3.1. L'apport bénéfique des influences externes

La convergence des sciences, et en particulier son cadre conceptuel, la complexité, implique un effort de flexibilité mentale et intellectuelle peu commun. Le changement de paradigme exigé pour prendre en compte les multiples aspects d'une même problématique en fonction des contextes dans lesquels elle évolue ne saurait se faire du jour au lendemain. De nombreuses questions et de nombreux défis se posent quant aux conditions de cette convergence. Toutefois cette convergence présente des opportunités, des chances incroyables et inimaginées jusqu'à présent. Tout d'abord, l'assimilation du concept de complexité et la poursuite de l'objectif de convergence de sciences apportent une vision du monde plus humaniste. En effet, et cela peut sonner comme une tautologie, l'ouverture à la multiplicité des points de vue permet de considérer les faits, les vérités avec un œil critique et un regard neuf. Des éléments ignorés, voire méprisés auparavant, peuvent se révéler d'une importance capitale pour expliquer des phénomènes qui avaient défié les systèmes de savoir classiques. La finance comportementale n'est ainsi qu'un exemple parmi d'autres. L'ouverture des sciences exactes aux sciences humaines, et vice versa, n'est qu'une étape vers une ouverture plus générale de l'esprit humain. Les points de vue sur les sciences, sur le monde, varient selon les cultures, et la dominance du paradigme occidental et cartésien depuis le XVII^{ème} siècle n'a pas pour autant entraîné la disparition d'autres conceptions du monde. Au cours de la seconde moitié du XX^{ème} siècle, de nombreuses théories alternatives plus ou moins fantaisistes ont tenté de se faire l'écho de ces autres modèles culturels dans la société occidentale. La convergence des sciences et la complexité vont également dans le sens de concepts considérés jusqu'alors comme étrangers à notre culture, mais qui peuvent se révéler particulièrement utiles dans le contexte d'un changement profond de paradigme tel que celui auquel nous faisons face aujourd'hui. Le nouveau champ du knowledge management est habité par l'idée de « ba », terme japonais signifiant lieu, « au sens lieu de brassage et de confrontation³² ». En 1957, dans son essai « The Tao of Science³³ », R.G.H. Siu cherchait à unifier la science occidentale et la sagesse orientale. La personnalité de son auteur, scientifique et homme de terrain aux origines culturelles multiples, permettait de considérer

³² Cornu, J.-M., *op. cit.*, page 246

³³ Siu, R.G.H. (1964), The Tao of Science : An Essay on Western Knowledge and Eastern Wisdom, The MIT Press

cet essai comme très prometteur. Malgré certaines critiques particulièrement dures, on peut néanmoins voir dans cette tentative de promotion du personnage du « philosophe-manager », sorte de mise à jour orientalisée du philosophe-roi de la Kallipolis de Platon, une volonté d'unifier des cultures qui n'ont en apparence que peu en commun, dans une logique d'échange et d'apports mutuels. Si la démarche de Siu restait approximative, elle fut tout de même révélatrice d'une prise de conscience par certains membres de la caste scientifique occidentale de la nécessité d'une révolution de la pensée.

3.2. Le pouvoir des multitudes

Cette révolution de la pensée a aujourd'hui le potentiel de se propager grâce à plusieurs vecteurs que nous allons détailler ci-après. Le formidable bouleversement continu des technologies de l'information depuis près d'un demi-siècle, tant au niveau de la puissance de calcul des microprocesseurs, de la vitesse de transmission des données ou de la capacité de stockage des disques durs, nous a amené sur le seuil de ce que d'aucuns considèrent comme une nouvelle ère pour la connaissance humaine, une ère de l'abondance, pour reprendre le terme employé par Jean-Michel Cornu. Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, en 2007, les données produites avaient une taille supérieure à la capacité de stockage des serveurs. Bien que nous puissions distinguer certains problèmes inhérents à cette abondance à long terme, nous allons nous intéresser ici aux implications de l'ère de l'abondance pour la culture et la connaissance humaines. Alors même que nous ne saisissons encore que partiellement l'étendue du bouleversement que nous vivons, de premiers éléments nous apparaissent en ce qui concerne les possibilités qui s'offrent à nous.

La virtualisation est une des possibilités les plus prometteuses. Elle permet de faire fonctionner plusieurs systèmes d'exploitation sur une même machine, comme s'ils fonctionnaient sur des machines distinctes. La virtualisation offre de nouvelles possibilités d'expérimentation de réseaux et de protocoles sans conséquences néfastes pour les machines³⁴. Le basculement d'une logique de rareté à une logique d'abondance a entraîné un changement massif des usages des technologies de communication, connu sous le nom de Web 2.0. Ce dernier se distingue surtout par l'accent mis sur les apports de chaque internaute, sur la mutualisation des ressources en vue d'atteindre un résultat bénéficiant à la masse des utilisateurs. Ce système a été notamment décrit par Francis Pisani et Dominique Piotet dans leur ouvrage, Comment le Web change le monde : L'alchimie des multitudes³⁵. On peut

³⁴ Cornu, J.-M. (2008), *op. cit.*

³⁵ Pisani, F. & Piotet, D. (2008), Comment le Web change le monde : l'alchimie des multitudes, Paris, Village Mondial

également rapprocher la mutualisation des ressources de chacun à des fins communes de l'idée d'intelligence collective. L'intelligence collective désigne, selon Wikipedia (exemple de mutualisation des compétences et des savoirs), « *les capacités cognitives d'une communauté résultant des interactions multiples entre des membres (ou agents)*³⁶ ». L'étude de l'intelligence collective est elle-même au croisement de plusieurs disciplines, comme la sociologie, la gestion ou l'informatique. Si le concept d'intelligence collective est présent depuis des millions d'années dans la nature (les exemples les plus communs sont les abeilles ou les fourmis), il n'a été théorisé que dans les années 1980 et 1990 par des chercheurs tels que Peter Russell, Pierre Lévy ou Howard Bloom³⁷. Aujourd'hui, Wikipedia est souvent utilisée comme exemple absolu de l'intelligence collective, l'encyclopédie en ligne pouvant être modifiée par presque n'importe qui à n'importe quel moment. Toutefois, l'application du concept d'intelligence collective au comportement des traders en Bourse est également de plus en plus populaire. Dans le contexte du Web 2.0, l'intelligence collective semble particulièrement stimulée, du fait de la disponibilité accrue de nouveaux médias, de nouveaux modes de communication, mais elle reste souvent passive, la communication ne laissant pas nécessairement la place à l'élaboration d'un objet commun. Dans le cas de l'élaboration d'un objet commun l'idée de « crowdsourcing³⁸ », pour reprendre le terme inventé par Jeff Howe, journaliste du magazine technologique américain Wired, en 2006. Le crowdsourcing à faire réaliser une tâche par un grand nombre d'inconnus collaborant ensemble, au lieu de la confier à une entreprise précise. Ainsi, les utilisateurs anonymes du site Internet proposent des solutions au problème posé, la plupart du temps sans espérer d'autre récompense que la satisfaction du travail bien fait ou la reconnaissance des autres internautes. Le crowdsourcing permet de s'attaquer à des problèmes à un coût nettement moindre pour des solutions bien souvent plus rapides. La science a déjà fait appel au crowdsourcing ; on peut notamment citer les exemples de InnoCentive, qui permet depuis 2002 à des compagnies biomédicales et pharmaceutiques de faire appel à des internautes pour leur recherche & développement. La communauté est divisée en chercheurs (les entreprises) et en « élucidateurs » ou « solvers » selon la terminologie d'origine (les internautes), qui proposent leurs solutions. Toute personne qui dispose d'un accès à Internet peut rejoindre InnoCentive et proposer ses solutions aux entreprises. Un autre exemple de crowdsourcing scientifique est le projet Stardust@Home, qui encourage les internautes à rechercher des impacts de poussière interstellaire à l'aide d'un

³⁶ http://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_collective, accédé le 24.01.09

³⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Collective_intelligence, accédé le 24.01.09

³⁸ Howe, J. (2006), *The Rise of Crowdsourcing*, disponible sur <http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds.html>, accédé le 24.01.09

microscope virtuel. Ce projet permet d'analyser un très grand nombre de photographies, tâche fastidieuse qui ne pourrait être effectuée qu'en plusieurs dizaines d'années par une petite équipe de scientifiques. On voit donc ici deux exemples dans lesquels le crowdsourcing apporte une véritable aide aux entreprises ou aux chercheurs, en en appelant à l'intelligence collaborative. On retrouve aussi cette idée dans La sagesse des foules³⁹, publié par James Surowiecki en 2004, et qui fait l'éloge des décisions collectives. Le crowdsourcing présente quelques similarités avec le phénomène de l'open source et des logiciels libres. L'open source, en particulier, obéit à des règles strictes qui garantissent la disponibilité du logiciel et de son code source auprès du plus grand nombre, sans discriminations de plate-forme d'utilisation. De son côté, Creative Commons est une organisation à but non-lucratif qui propose quatre types de licences plus ou moins contraignantes pour les utilisateurs de travaux et qui laissent donc une plus grande latitude au partage et à l'échange d'informations, dans un cadre légal. Creative Commons est d'ailleurs en train de créer le projet Science Commons⁴⁰, qui vise à étendre l'usage de ses licences dans le domaine scientifique, pour faciliter l'échange de travaux entre les scientifiques et ainsi faire progresser la science de manière plus efficace que dans le système de copyright traditionnel.

La mise au point de systèmes de gestion de licences (ou d'absence de licences) permet aux utilisateurs de partager leurs données dans un cadre légal sans avoir à se préoccuper de conditions de copyright. En laissant plus de place au don et moins de place aux considérations lucratives, l'intelligence collaborative et les projets de type Creative Commons réduisent les frictions dans la diffusion de l'information et participent d'un processus de démocratisation du savoir, qu'on retrouve chez certains acteurs de premier ordre des cercles académiques mondiaux, comme le MIT avec son projet OpenCourseWare ou l'Université de Yale. La logique du don et du partage est donc de plus en plus présente du fait des avancées technologiques. Cette logique se renforce encore dans le cadre de la convergence des sciences, en permettant des échanges entre des producteurs de savoirs qui n'auraient eu que peu de chances de se côtoyer dans un système plus traditionnel. On assiste alors à l'apparition d'une boucle causale, les échanges interdisciplinaires créant de plus en plus de passerelles et ouvrant donc de plus en plus de portes, facilitant encore plus la convergence des sciences. Le partage des données sans but lucratif crée également un nouveau cadre de pensée centré sur le don. La présence de ces quelques éléments d'économie du don dans un système d'économie de marché reste marginale, et il est bien sûr utopique de se fixer pour objectif la création

³⁹ Surowiecki, J. & de Rosnay, J. (2008), La sagesse des foules, Paris, Jean-Claude Lattès

⁴⁰ disponible sur <http://sciencecommons.org/>, accédé le 24.01.09

d'une économie reposant entièrement sur le don. Par ailleurs, dans les sociétés historiquement fondées sur le don, comme certaines tribus d'Amérique du Nord recourant au potlatch ou certains peuples du Pacifique, le don est un élément de prestige social et est une fin en soi, la plupart des denrées données étant ostensiblement détruites. A la différence de ces sociétés, le don doit être non pas une fin en soi, mais un moyen vers un but plus élevé. Ce but pourrait être la mise en place d'une économie de la connaissance qui profiterait au plus grand nombre. Par les passerelles qu'elle établit entre les sciences et les esprits, la convergence des sciences peut être la clé vers cette économie de la connaissance, serpent de mer de nombreux économistes depuis la création du concept sous la plume de Peter Drucker⁴¹ en 1969.

3.3. Convergence et éthiques

Toutefois, un tel but est aujourd'hui loin d'être atteint, et de nombreux obstacles, techniques, éthiques et moraux se dressent aujourd'hui sur la route de la convergence des sciences. Tout d'abord, certains risques sont étroitement associés aux nanotechnologies, aux biotechnologies, aux technologies de l'information et la communication ou aux sciences cognitives. Dans ProspecTIC, Jean-Michel Cornu distingue quatre de risques, aggravés par deux difficultés, qui peuvent s'appliquer aux NBIC⁴². Dans un premier temps, le risque sanitaire est probablement un des plus évidents, notamment en ce qui concerne les nanotechnologies et les biotechnologies. L'impact potentiellement néfaste des nanoparticules sur le corps humain n'est pas encore bien évalué, tandis que les organismes génétiquement modifiés sont aujourd'hui pour de nombreuses personnes la manifestation la plus évidente des dangers représentés par les biotechnologies. Cela pose bien entendu la question du principe de précaution, qui est également au cœur du second danger, qui concerne les libertés individuelles. Certains collectifs et associations libertaires se sont déjà élevés contre ce qu'ils considèrent comme des dérives alarmantes. Ainsi, l'invisibilité des systèmes d'identification permet de les incorporer aux objets les plus anodins, alors que le séquençage du génome humain attire des convoitises et pose avec acuité la question de la protection des données, elle-même au cœur des problématiques informatiques et de réseaux. Le stockage des données de connexion et d'activité en ligne des internautes donne un pouvoir effarant aux fournisseurs d'accès et aux moteurs de recherche, alors que les étiquettes à radiofréquence ou RFID se multiplient et permettent de suivre leurs porteurs à la trace. Dans le domaine des sciences cognitives, le danger semble pour le moment plus de l'ordre de la science-fiction, car il

⁴¹ Drucker, P. (1969), The Age of Discontinuity, New York, Harper and Row

⁴² Cornu, J.-M., *op. cit.* pp 47-51, 117-121, 204-208, 269-273 et 307

concerne les possibilités de manipulation des capacités cognitives. Le troisième danger concerne les convoitises que peuvent naturellement attiser les sciences convergentes, et la tension perpétuelles entre le contrôle et l'envie de développer de nouvelles applications. La propriété intellectuelle est au cœur de ces problématiques, qui devront être réglées par un effort international. Les débats éthiques qui animent notamment les questions de clonage thérapeutiques pourront être difficilement tranchés, aucune des parties ne semblant prête à faire de concessions. Par ailleurs, les développeurs des technologies, les chercheurs comme les entreprises et les pouvoirs publics doivent être conscients des peurs et des réticences qu'ils peuvent susciter auprès du grand public et lutter contre ces peurs par une plus grande communication et en menant une politique de transparence et d'ouverture au débat public. Un élément aggravant de ces risques concerne une vision axée uniquement sur la rentabilité potentielle d'une technologie et non sur ses risques et ses implications sociétales. La tentation de l'apprenti-sorcier peut être bien présente chez des chercheurs ou dans des entreprises et doit être évitée par une communication accrue et la fixation de limites précises dans le domaine des NBIC. Enfin, on peut distinguer une difficulté intellectuelle. En effet, comme nous l'avons précisé auparavant, les avancées scientifiques dans le secteur des NBIC et la convergence se feront grâce à une plus grande ouverture d'esprit des chercheurs et la fin (ou du moins la diminution) des conflits entre les différentes sciences. Cette ouverture à l'interdisciplinarité et à la pluridisciplinarité est probablement le plus grand défi conceptuel à relever.

Alors que la NSF publiait son rapport fondateur sur la convergence des sciences en 2002, la Commission Européenne faisait de même en 2004 avec le Rapport Nordmann, intitulé Technologies Convergentes – Façonner l'avenir des sociétés européennes⁴³. Les deux rapports ont deux façons extrêmement différentes de présenter les enjeux de la convergence des sciences. Le rapport de la National Science Foundation montre son approche par son intitulé même : Converging Technologies for Improving Human Performance. Il s'agit donc ici de réaliser des avancées scientifiques dans le but d'améliorer la performance humaine. Il importe ici de définir le terme de performance humaine. Le rapport de la NSF ne donne pas de définition précise et laisse donc la porte ouverte à des interprétations. Il peut s'agir de performance physique ou cognitive, de résistance accrue à des maladies, d'apprentissage plus rapide. Le rapport de la NSF a été parfois décrit comme ayant pour objectif l'élaboration d'un nouveau type de soldat qui permettrait aux États-Unis d'asseoir leur statut d'hyperpuissance

⁴³ Nordmann A. (Ed.) (2005), Technologies Convergentes – façonner l'avenir des sociétés européennes, Rapport du groupe d'experts de haut niveau, Commission Européenne, EUR21357-FR

dans un contexte géopolitique mondial tendu. Si le rapport consacre en effet une de ces parties principales aux questions et aux opportunités de sécurité et de défense créées par la convergence des sciences, il ne se limite pas à cette approche par trop controversée et restrictive. Ainsi, l'éducation et les interactions sociales occupent également une place de choix dans le propos des experts mobilisés par la NSF dans le cadre de ce rapport. Le rapport fut dirigé par deux auteurs principaux, Mihail Roco et William S. Bainbridge. Si le premier est un scientifique reconnu, le second est quant à lui étranger au sérail. Comme le rappelle Jean-Michel Cornu⁴⁴, Bainbridge est en effet sociologue de la religion de formation⁴⁵ et s'est notamment spécialisé dans l'étude des sectes, avant de s'intéresser aux questions de convergence des technologies. La personnalité très complexe de cet homme choisi pour diriger le rapport de la NSF et occuper de hautes fonctions au sein de la structure ne peut que nous rendre perplexes quant à la finalité perçue des NBIC par la NSF. De son côté, la Commission Européenne ne parle pas de convergence des sciences, mais de Technologies Convergentes pour la société de connaissance européenne⁴⁶ (TCSCE). Dans son introduction, le rapport rejette explicitement les idées d'amélioration des performances humaines ou d'applications militaires de la convergence. Il s'agit donc ici de la formation d'un projet de société. Les technologies convergentes ne sont pas une fin en elles-mêmes, bien entendu, et elles doivent être utilisées à des fins de développement économique et social, sans que les chercheurs et les pouvoirs publics ne s'obstinent à améliorer la performance humaine en tant que telle. Le rapport Nordmann propose une politique de convergence qui compte quatre points principaux :

- Par une vision de long terme, introduire l'idée de convergence des technologies chez les chercheurs européens.
- Par la définition de la politique de recherche, favoriser l'interdisciplinarité entre les sciences de la vie, les sciences de la matière et les sciences humaines.
- Encadrer la recherche, notamment par l'élaboration de normes techniques et légales et la création d'un code d'éthique.
- Créer une gouvernance fiable et efficace des technologies convergentes, notamment par la transparence, l'implication de comités d'éthiques, la mise en place d'un système adapté de propriété intellectuelle et l'ouverture au débat public.⁴⁷

⁴⁴ Cornu, J.-M., *op. cit.*, page 304

⁴⁵ <http://mysite.verizon.net/wsbainbridge/data/wsbcv.htm>, accédé le 26.01.09

⁴⁶ Nordmann A. (Ed.) (2005), *op. cit.*

⁴⁷ Nordmann A. (Ed.) (2005), *op. cit.*

En insistant sur les problématiques d'éthique, de responsabilité et de transparence, le rapport européen se distingue du rapport de la NSF qui n'abordait pas ces questions et se focalisait sur les opportunités créées par la convergence des sciences. Le rapport Nordmann n'ignore pas le principe de responsabilité et laisse une place appréciable à l'explication des risques présentés par les différentes technologies. Cette insistance sur les problématiques éthiques semble inévitable et doit permettre aux chercheurs et aux pouvoirs publics de ne pas perdre de vue qu'ils sont au service de la société et du bien commun. Toutefois, il existe un écart conséquent entre le fait de prendre conscience de risques et celui de prendre des mesures concrètes pour limiter ces risques.

Conclusion

La convergence des sciences naît d'un long processus de maturation intellectuelle. L'essoufflement des anciens modèles et la rigidité des paradigmes antérieurs nous pousse à nous tourner vers d'autres horizons de pensée et de connaissance, ou plutôt à considérer l'étendue de nos connaissances d'un point de vue plus holistique. La culture occidentale nous a formé pendant des siècles à soigneusement cloisonner nos savoirs et à éviter la transversalité autant que faire se pouvait. Ce modèle, s'il a permis des découvertes fascinantes et indispensables, a également été en partie la cause de nombreux problèmes qui assaillent notre espèce de toute part aujourd'hui. Pendant trop longtemps, les spécialistes de sciences de la matière et de sciences de la vie ont ignoré le profond enracinement culturel de la science en refusant d'établir des ponts avec la « seconde culture », celle des sciences humaines et sociales. De leur côté, les sciences humaines et sociales ont pendant très longtemps ignoré les aspects physiques ou biologiques de leurs sujets d'étude. Cette déconnexion fut la source d'une atrophie du principe de responsabilité, de cette idée de réflexion du scientifique sur l'impact réel ou potentiel de ses découvertes. Le travail du scientifique ne s'arrête pas aux portes du laboratoire ou de l'usine, mais a bien souvent des conséquences très fortes sur la vie de l'humanité en tant que tout. La science est un univers complexe qui doit être saisi en tant que tout, même si une compréhension absolue de ce tout est utopique.

Saisir la complexité de la science et du monde qui nous entoure représente un effort intellectuel prolongé et d'une intensité sans précédent. Initiée par Edgar Morin, la complexité a depuis fait son chemin dans l'esprit de certains penseurs et scientifiques et se retrouve aujourd'hui dans la convergence des sciences. Cette convergence des sciences est encore un phénomène d'une grande nouveauté, mais pose d'ores et déjà de nombreuses questions éthiques et morales. Ces questions doivent donc être traitées de front par les pouvoirs publics et les chercheurs, ce qui permettra de minimiser les risques sanitaires ou de dérives sécuritaires ou cupides. Toutefois, une telle veille face aux risques de demain ne saurait être effectuée par les États seuls. Les institutions publiques nationales, internationales et supranationales doivent prendre conscience de leurs divergences d'opinion sur la convergence des sciences et doivent communiquer avec la plus grande transparence possible avec le grand public en ce qui concerne les promesses et les dangers de ces technologies fascinantes. C'est dans les masses que se trouve la plus grande force de progrès et de vigilance, comme nous

l'avons vu dans le cas du crowdsourcing ou de « l'alchimie des multitudes ». Le public doit être convaincu et doit lui-même adopter de nouveaux comportements, de nouveaux modes de vie pour implanter la complexité au cœur de notre système de pensée. Comme l'ont montré Paul Ray et Sherry Anderson dans The Cultural Creatives⁴⁸ en 2000, le désir de voir le monde d'un point de vue holistique et général représente un des principaux traits de caractère des « créatifs culturels », ces nouveaux acteurs de nos sociétés occidentales, qui ne correspondent pas à une classe socio-professionnelle précise mais se distinguent par l'importance qu'ils attachent à leurs aspirations personnelles et par le sens qu'ils recherchent dans leurs actions et leurs rencontres. Les créatifs culturels représentaient en 2000 environ 26%⁴⁹ de la population des États-Unis et entre 10% et 20%⁵⁰ de la population de l'Union Européenne. Ils s'attachent à plusieurs corps de valeurs simultanément : ils privilégient l'égalité entre les sexes et la lutte contre toutes les discriminations, l'écologie, ils rejettent l'argent et le matérialisme, et cherchent à s'impliquer d'un point de vue personnel dans leur communauté. Par leur nombre croissant, leur ouverture au changement et leur vigilance en ce qui concerne l'environnement et les libertés personnelles, les créatifs culturels, parmi lesquels on compte une majorité de femmes et de catégories socio-professionnelles plus élevées, peuvent être considérés comme les premiers éléments d'une tendance de changement sociétal de fond dans les pays du Nord. Ce changement est plus que bienvenu, il est vital et doit donc être effectif le plus rapidement possible. En effet, les urgences environnementales et économiques nous assaillent, et les réponses proposées jusqu'alors se sont avérées peu satisfaisantes. Les promesses de la convergence des sciences, notamment dans les domaines médical et environnemental, sont riches d'avenir. Toutefois, les efforts de convergence nécessiteront des moyens colossaux qui ne sont pas à la portée de tous. Nous devons donc veiller qu'en prenant en compte la complexité des sciences dans leur convergence, nous n'en ignorons pas pour autant la complexité du monde et nous ne laissons personne à l'écart.

⁴⁸ Ray, P. & Anderson, S. (2001), « The Cultural Creatives : How 50 million people are changing the world », Three Rivers Press

⁴⁹ Ray, P. & Anderson, S. (2001), *ibid.*

⁵⁰ Ray, P. & Anderson, S. (2001), *ibid.*

Bibliographie

- Brockman, J., The Third Culture, Simon & Schuster, 1995
- Cornu, J.-M., ProspecTIC : nouvelles technologies, nouvelles pensées ?, Paris, Editions Fyp, 2008
- Cosandey, D., Le secret de l'Occident : vers une théorie générale du progrès scientifique. Paris, Arléa, 1997
- Descartes, R., Méditations Métaphysiques, Paris, Garnier Flammarion, 1641, 1993
- Diamond, J., De l'inégalité parmi les sociétés, Paris, Gallimard, 2000
- Diamond v. Chakrabarty (1980), disponible sur <http://www.enfacto.com/case/U.S./447/303/> (accédé le 06.01.2009)
- Gould, S.J., The Hedgehog, The Fox and The Magister's Pox, Harmony Books, 2003
- Howe, J. (2006), The Rise of Crowdsourcing, disponible sur <http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds.html>, accédé le 24.01.09
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Intelligence_collective, accédé le 24.01.09
- http://en.wikipedia.org/wiki/Collective_intelligence, accédé le 24.01.09
- Kahneman, D., & Tversky, A., « Prospect theory: An analysis of decisions under risk » Econometrica, 47, 313-327, 1979
- Kuhn, T. S., La Structure des révolutions scientifiques, Paris, Flammarion (Champs), 1983 [1962]
- Kurzweil, R., The Singularity is Near, New York, Viking, 2003
- Morin, E., Introduction à la pensée complexe, Paris, ESF, 1990
- Morin, E., Restricted Complexity, General Complexity, 2005 (Colloque « Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique », Cerisy-la-Salle, France, 26 juin 2005, traduction de Carlos Gershenson), disponible sur cogprints.org/5217/1/Morin.pdf, accédé le 20.01.09
- Nicolis, G. & Prigogine, I. Self-Organization in Non-Equilibrium Systems, Wiley, 1977
- OCDE (2005), disponible sur http://www.oecd.org/document/41/0,3343,fr_2649_34537_35534441_1_1_1_1,00.html
- Pisani, F. & Piotet, D., Comment le Web change le monde : l'alchimie des multitudes, Paris, Village Mondial, 2008
- Ray, P. & Anderson, S., « The Cultural Creatives : How 50 million people are changing the world », Three Rivers Press, 2001

Roco, M.C. & Bainbridge, W.S., Converging Technologies for Improving Human Performance, Arlington, National Science Foundation, 2002 (disponible sur http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf)
<http://sciencecommons.org/>, accédé le 24.01.09

Siu, R.G.H. (1964), The Tao of Science : An Essay on Western Knowledge and Eastern Wisdom, The MIT Press, 1964

Snow, C.P., The Two Cultures and a Second Look, Cambridge University Press, 1963

Surowiecki, J. & de Rosnay, J., La sagesse des foules, Paris, Jean-Claude Lattès, 2008

Wiener, N. (1948), Cybernetics: Or the Control and Communication in the Animal and the Machine, Cambridge, MIT Press