

**Convergence NBIC (nano- bio- info- cognitif) et
Knowledge Marketing : champs expérimentaux d'application.
Exemple du domaine biomédical**

**NBIC Convergence (nano- bio- info- cognitive) and
Knowledge Marketing: experimental fields of application.
The biomedical case**

Oleg Curbatov (Université Paris 13, CEPN)

Marie Louyot-Gallicher (UPPA, CREG)

Maître de Conférences HDR

Chercheure associée

Université Paris 13
Laboratoire CEPN
99 Avenue Jean Baptiste Clément,
93430 Villetaneuse, France

Université de Pau et des Pays d'Adour
Laboratoire CREG
Avenue du Doyen Poplawsky
64012 Pau, France

mail : oleg.curbatov@univ-paris13.fr

mail : mclogal@gmail.com

Résumé

La présente communication s'inscrit tout d'abord dans le cadre théorique de la Convergence NBIC/CKTS et aborde ensuite les perspectives de développement sous un angle spécifique : celui de « Convergence-Divergence ». A partir des travaux existants au sujet de cette convergence largement étudiée dans le cadre de l'amélioration des performances et des compétences humaines, nos travaux couplés avec ceux du Knowledge Marketing peuvent intéresser tant les spécialistes travaillant sur l'émergence de nouveaux processus industriels, de produits et de services par exemple dans le domaine biomédical, que les nouveaux modes de vie et de consommation à l'horizon 2020-2050.

Mots-clés : stratégies internationales, convergence, Knowledge Marketing, santé, NBIC

Abstract

This communication first relates to the theoretical framework of NBIC Convergence / CKTS and proposes the possible scopes according to a specific process: that of 'Convergence-Divergence'. From the existing works about this convergence widely studied within the framework of the improvement of the performances and the human skills, our research coupled with those of Knowledge Marketing, can interest as well the specialists working on the emergence of new industrial processes, products and services for example in the biomedical domain, as the new lifestyles and consumption by 2020-2050.

Keywords: international strategies, convergence, Knowledge Marketing, health, NBIC

Convergence NBIC (nano-bio-info-cognitive) et Knowledge Marketing. Leurs tendances applicatives : cas du domaine biomédical

Introduction

Depuis les années 2000, les chercheurs en Sciences de Gestion et, plus particulièrement du domaine du marketing, tentent à déterminer l'impact des nouvelles technologies sur les tendances non-commerciales et commerciales en marketing. Par nouvelles technologies, nous entendons les technologies de l'information et de la communication, mais aussi les bio-neuro-technologies (neuro-marketing, technologies ambiantes), ainsi que les technologies cognitives et persuasives.¹

De nombreux travaux ont porté sur la nécessité d'une convergence des sciences, en particulier des NBIC (nanotechnologies, biotechnologies, technologies de l'information et sciences cognitives). Ceci fut évoqué pour la première fois en 2002 dans un rapport de la National Science Foundation² (NSF) américaine. Depuis, les NBIC ont évolué pour atteindre un stade de convergence avec les besoins de la société, ce qui a conduit à la CKTS (Convergence Knowledge, Technologie et Société) ou *Convergence des connaissances et des technologies pour les bénéfices de la société*, en 2009. Depuis 2013-2014, la Commission Européenne soutient les projets orientés vers la convergence de la nano-biologie avec des applications notamment dans le domaine de la santé. Quelles sont les perspectives de ces technologies qui sont « convergentes » à la première étape d'innovation technologique et qui, ensuite, « divergent » (processus appelé ici « Convergence-Divergence ») vers diverses applications médicales et hors-médicales.

La présente communication s'inscrit tout d'abord dans le cadre théorique de la Convergence NBIC/CKTS et aborde ensuite les perspectives possibles sous un angle spécifique : celui de « Convergence-Divergence ». A partir des travaux existants au sujet de cette convergence qui a été largement étudiée dans un but d'amélioration des performances et des compétences humaines, nos travaux peuvent intéresser les spécialistes en marketing pour l'émergence de nouveaux processus industriels, de produits et de services dans le domaine biomédical, ainsi que des nouveaux modes de vie et de consommation à l'horizon 2020-2050. En se basant sur les recherches en 'Knowledge Marketing', tout en essayant de les dépasser, nous tenterons d'expliquer comment le nouveau processus la NBIC/CKTS (Convergence Knowledge, Technologie et Société) s'intégrera dans une logique d'utilisateur/consommateur final. Cet apport d'une composante socio-humaine, de la connaissance/compétence du client, nous pousse à étudier ce nouveau processus de Convergence « Connaissance CKTS – Connaissance du Client, Customer Knowledge », et à l'imaginer comme nouvel apport aux Sciences de Gestion. En effet, les travaux sur des applications biomédicales s'y agrègent et pourraient ainsi prendre un nouvel élan théorique et pratique. C'est en observant des projets de valorisation des technologies expérimentées en Biotechnologie et en s'inspirant de rapports et travaux divers que nous avons perçu les convergences qui pouvaient exister entre les

¹Cf. article de C. Bénavent, avril 2015 in Contrepoints, <http://www.contrepoints.org/2015/04/07/203643-technologies-persuasives-la-bienveillance-ne-suffit-pas>

² <http://www.nsf.gov/>

Sciences de Gestion et la NBIC/CKTS. Ces convergences nous poussent à croire qu'elles revêtent un intérêt certain pour les recherches en marketing sur les concepts de connaissances et compétences des individus.

Le cadre conceptuel : la Convergence NBIC, définitions, principes et méthodes

De la problématique de la recherche

Depuis les années 2000 nous vivons officieusement dans une « Société des Connaissances ». Les progrès des sciences, de l'ingénierie et des technologies ont imprégné presque tous les aspects de la vie actuelle de l'individu et contribue au développement de ses connaissances et de ses compétences professionnelles et quotidiennes. Celles-ci sont devenues les clés pour résoudre un bon nombre des défis actuels et futurs dans les domaines professionnels et privés. Les applications concrètes en gestion des connaissances ont trouvé leur place en sciences de management avec les méthodes de « Knowledge Management », en gestion des compétences des clients comme la « co-crédation », et l'apparition d'une méthode opérationnelle : le « Knowledge Marketing » (Curbatov, 2003 ; Curbatov et Louyot, 2015). Ces approches et méthodes conceptuelles et opérationnelles en gestion, présentes dans les travaux académiques récents, reflètent une réalité dans les entreprises au vu des pratiques de consommation actuelles. Néanmoins, sont souvent négligées dans la littérature les perspectives technologiques portées par la Convergence NBIC/CKTC. L'objet de cette recherche est de montrer comment l'approche du Knowledge Marketing agrégée à cette convergence conduit à l'apparition de nouvelles méthodes de recherche et aussi de nouveaux produits.

Ces perspectives sont apparues notamment avec l'apparition des domaines interactifs mais encore distincts de nanotechnologie et biotechnologie (Phase 1 du développement), de la convergence NBIC nano-bio-info-cognitif (Phase 2 du développement) et puis dans une convergence dite CKTS « Convergence Knowledge, Technologie et Société » (Phase 3 du développement). Le déploiement des programmes de recherche pendant ces trois phases a été soutenu par différents gouvernements et secteurs privés. L'objectif étant au départ de trouver des nouveaux matériaux à l'échelle nano, des technologies et de nouveaux produits commercialisés, ceci aboutit finalement à une convergence des connaissances humaines et technologiques pour affronter les défis actuels de la société : santé, vieillissement, environnement, urbanisation et éducation. Mais au-delà des applications possibles et de l'apparition de nouveaux produits, cette convergence nous propose une « nano-démarche » et une « nano-méthode » d'innovation « convergence-divergence ». Quelles sont ces nouvelles démarches et méthodes, quels sont les futurs produits et usages que nous offrirait la Convergence NBIC et CKTS ?

Cette communication décrit un panorama de ce développement qui pourra ouvrir aux marketers de demain des nouveaux défis sociétaux, notamment dans le domaine de la santé. Puis, sont présentées les avancées de la convergence biotechnologique dans la NBIC-CKTS, notamment dans le domaine de l'information et des sciences humaines. Nous concluons par une démonstration des nouvelles applications dans le domaine bio-convergence issue du processus « Convergence-divergence », tendance dérivée du NBIC-CKTS. Dans notre ligne de recherches antérieures, le *Knowledge Marketing* complète une vision orientée client du NBIC-CKTS et vise une convergence de la Connaissance du client et des technologies informationnelles intégrées par la NBIC-CKTS dans le processus de co-crédation convergente,

notamment pour les applications médicales et hors médicales, constituant des pistes de recherche futures.

De la Convergence NBIC à la Convergence CKTS

La convergence des sciences, en particulier celle que l'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”*. Ce rapport 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 Renaissance », montrant que l'idéal d'avenir n'est jamais qu'une adaptation d'un passé glorieux et idéalisé. La complémentarité des NBIC trouve pourtant dans de multiples applications concrètes, comme nous allons le voir par la suite.

Dans d'autres travaux (Roco et Bainbridge, 2003) sur les convergences, on les définit comme un regroupement des activités conduites dans le but « *d'agir pour le bien-être commun* ». Les travaux identifient les mécanismes de base de la création de connaissances, y compris celles issues de l'activité humaine et de l'innovation technologique et proposent une nouvelle tendance pour mieux comprendre et utiliser ces mécanismes. Le rapport « *Converging Technologies for the Improvement of Human Performance* » (Roco et Bainbridge, 2003) avance une proposition de la convergence en science et technologie au profit de la société, il évalue les méthodes pour améliorer ses outils de transformation et de la gestion et identifie les tendances à long terme dans l'application des technologies convergentes.

Le projet a recueilli des informations sur les recherches interdisciplinaires, le développement, les projets d'application, et les tendances dans différents pays :

- nanotechnologies,
- NBIC pour un homme à capacité augmentée,
- CKTS au service de la société (à l'échelle Humaine, Terre, Sociétale).

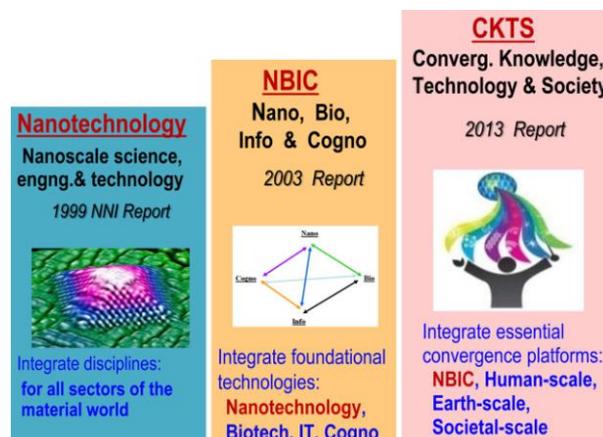


Figure 1 : du Nanotechnologie vers les NBIC et CKTS Convergences
Source : Roco, M. C. and W. S. Bainbridge, B. Tonn, G. Whitesides (2013)

Autres courants voisins émergents depuis 2013-2015 (en dehors du champ de notre recherche):

- approches dérivées par GAFa (Google, Amazon, Facebook, Apple),
- courants transhumanistes traités à part des approches scientifiques.

Une définition évolutive de la Convergence

Trois niveaux successifs de convergence ont été décrits dans les recherches parrainées par les promoteurs du concept (cf. figure 1 ci-dessous), notamment l'approche plus holistique du CKTS, abordé dans cet article.

Tout d'abord, initié dans les années 1990 et développé dans les années 2000, la nanotechnologie a fourni une intégration des disciplines et des secteurs/branches des nouvelles connaissances à l'échelle « nano » ; cela concernait le monde matériel à l'échelle microscopique sur les directions de recherche en nanotechnologie (Roco, Williams et Alivisatos 1999). Parallèlement, les technologies orientées vers la biologie, vers l'information et la communication ont été développées, de manière interactive, mais restent encore distinctes, voire non convergentes.

Ensuite, dans les années 2000, la convergence des nanotechnologies, biotechnologies, et technologies de l'information et cognitive (NBIC) ont conduit, par une approche systémique, à des outils fondamentaux intégrés horizontalement et verticalement dans diverses technologies émergentes multisectorielles (Roco et Bainbridge, 2003), et présentés dans leur rapport intitulé « *Converging Technologies for the Improvement of Human Performance* ».

Cette tendance a été reprise en Europe en 2003 par un groupe d'experts de la Commission Européenne. Leur réflexion portait sur l'amélioration « de la compréhension de la connaissance humaine et de la cognition ». Ce groupe a placé la Convergence Technologique dans le contexte plus large de la stratégie de Lisbonne, face aux problèmes du vieillissement de la société européenne (axes 'santé et démographie') et de la formation de la population (axe 'formation'). Il a développé une vision élargie de la convergence, largement présenté dans le rapport *CTEKS: Converging Technologies for the European Knowledge Society ; Technologies convergentes pour la Société Européenne de la Connaissance* ».

En 2011- 2013, le Professeur Kovaltchuk, Président du 'Centre nucléaire russe Kourchatov', vise à dépasser une vision cloisonnée des branches industrielles et évoque le caractère « sur-disciplinaire » et « sur-sectoriel » des Technologies de l'Information (IT) et des Nanotechnologies (NT). D'une part, le courant russe s'approche également des Sciences de la Nature (Noosphère de Vernadsky) et des domaines des organismes vivants organiques afin de les faire converger avec ceux des domaines atomiques et nucléaires pour une « synthèse » de nouvelles ressources proches de celles de la Nature. La différence avec l'ancienne méthode est basée sur une analyse de la décomposition de la Nature en de multiples parties jusqu'au niveau atomique. Kovaltchuk appelle à un processus inversé, celui de synthèse et création de matériaux, proches à ceux de la nature, à partir des matériaux quantiques et nanoscopiques. Ainsi apparait une « sur-discipline » : la 'Naturphilosophie'. Les processus de synthèse et matériaux sont proches de ceux de la nature : une nano-biotechnologie est née, fondée sur une nano- photo- et phyto-synthèse.

D'autre part, les courants russes avec l'intégration des sciences sociales et humaines, et des sciences de gestion, contribuent aux courants de la NBIC afin de comprendre socialement les

stratégies et les enjeux théoriques permettant de maximiser les avantages obtenus et de minimiser les coûts. Ils concourent aux modèles élaborés pour une représentation des formes économiques de l'échange, de la perception humaine et de l'intelligence artificielle, de la sémiotique comme une théorie des signes produites naturellement, etc. Ils ont également un caractère instrumental et offrent des techniques de raisonnement probabiliste statistique, des méthodes de recherche qualitative en marketing et en comportement d'utilisateurs ou encore, une compréhension de la dynamique sociale pour une création et la diffusion de l'innovation technologique. Les disciplines comme la Philosophie, les Etudes culturelles et l'Ethique fournissent une orientation où les nouvelles technologies bouleversent les modes de vie traditionnels et, sans une compréhension par la société de ces tendances, il devient difficile de lancer une technologie de façon appropriée et qui pourra être rejetée par la société. Il y a donc une nouvelle fusion entre les nano-biotechnologies et les technologies sociales dans une nouvelle méthode récemment apparue.

Encadré 1 : Les quatre technologies émergentes et leur évolution

Mais 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)". Les nanotechnologies concernent donc des objets qui ont une taille très inférieure à celle des cellules du sang humain. L'idée de nanotechnologies a environ 50 ans, et le terme lui-même en a environ 35. Mihail Roco³, 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 ProspectIC⁴ 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 nano systèmes, qui consistent à mettre en commun plusieurs systèmes de taille nanométrique 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 modéliser 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 nano systèmes autorépliquants, c'est-à-dire des nano systèmes capables de construire eux-mêmes d'autres nano systèmes à partir de leur environnement. Ray Kurzweil⁵, pape du transhumanisme, a fait référence à cette étape « ultime » sous le nom d'« ère de la singularité ». Les nanotechnologies mûrissent progressivement et de nouvelles étapes sont franchies tour à tour.

³ http://www.nsf.gov/staff/staff_bio.jsp?lan=mroco&org=NSF&from_org

⁴ Cornu, J.M., *Prospectic, Nouvelles technologies, nouvelles pensées ? La convergence des NBIC* (FYP Édition 2008)

⁵ <http://www.kurzweiltech.com/aboutray.html>

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 services ». 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 invention. 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 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 », selon la définition donnée par ProspecTIC⁶.

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 ». 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 sont aujourd'hui de grands succès et semblent ouvrir la voie à une intelligence collective.

⁶ Id. J.M. Cornu

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 présentent la particularité de s'appliquer à un champ disciplinaire large et donc de transcender des frontières auparavant considérées comme inviolables.

De l'interaction entre les technologies à la convergence technologique

Les interactions entre quatre technologies distinctes, plus particulièrement, entre nano et biotechnologies se positionnent plus en plus dans une ligne de convergence : d'une part, les systèmes biologiques ont donné un ensemble d'outils pour la construction de nanostructures, et d'autre part, ils offrent la possibilité de produire la synthèse des protéines qui mettent en place des fonctions spécifiques pour la manipulation de la matière à l'échelle nanométrique. En général, la relation de nano- et bio-science et technologie est fondamentale. La similitude des structures et des fonctions des nano-objets biologiques synthétiques a conduit à une émergence convergente de la nanotechnologie et de la biotechnologie. En revanche il est plus difficile d'observer la relation entre la nanotechnologie et les sciences cognitives, car elles sont très éloignées les unes des autres. La possibilité d'interactions entre elles paraît limitée. Par ailleurs, les différents travaux portent une attention sur une étude des fonctions du cerveau (les activités neuronales) dans l'optique de l'intelligence artificielle des robots créés grâce aux nanostructures émergentes.

L'interaction entre les nanotechnologies et les technologies de l'information est une synergie dans les deux sens récursifs mutuellement renforcés : la puissance des processeurs renforce l'échange et le traitement des données, qui à leur tour impactent le développement des nanostructures. D'une part, les technologies de l'information sont utilisées pour les nano-objets de simulation par ordinateur. D'autre part, il existe aujourd'hui un large usage de la nanotechnologie pour créer de puissants dispositifs informatiques et de communication à base des systèmes biologiques et neurologiques. Les technologies de l'information sont également utilisées pour la modélisation des systèmes biologiques. Mais il convient de noter qu'ici prime une 'démarche méthodologique nanométrique' plutôt qu'une 'dimension' nanométrique. La nouvelle méthodologie technologique basée sur la façon à produire des nouveaux matériaux est nécessaire pour toutes les branches de l'industrie, et par conséquent, nous parlons d'une création du marché de produits et d'usages radicalement nouveaux au sein d'une structure économique émergente.

Ensuite, les années 2010 voient apparaître la CKTS, avec l'intégration des activités humaines dans les connaissances, la technologie, le comportement humain, qui se distinguent par rapport aux activités basées sur les valeurs et les besoins de la société (santé, Terre, sécurité, défense nationale, etc.). Il a été proposé par les fondateurs du concept initial (dont Roco en 2010 aux USA) d'élargir la NBIC également appelée 'NBIC2' aux USA et/ou 'NBICS' en Russie, ce qui a ouvert un vaste champ pour les sciences humaines et sociales. Néanmoins, les chercheurs universitaires en sciences humaines et de gestion, (psychologues, sociologues, gestionnaires et économistes) ne sont pas encore prêts à relever les défis de l'époque. Il sera donc essentiel de définir une orientation stratégique de l'introduction des technologies sociales et humaines dans le contexte de la Convergence, notamment avec le développement des

technologies sociales ou encore, des sciences cognitives de la conscience ou de la physique quantique. D'autres technologies émergentes basées sur l'information quantique pourraient révéler les défis de la CKTS à l'horizon 2025.

Le processus « Convergence-Divergence » de la NBIC

Dans cette communication nous avons présenté une méthode de convergence comme un processus des interactions et des évolutions transformatrices entre différentes connaissances, disciplines, technologies, et les communautés, dont la synergie et l'intégration permettraient de créer de la valeur ajoutée pour répondre à des objectifs communs. Cette définition de la convergence se développe sur des concepts de 'convergence-divergence' et s'applique à l'élaboration interconnectée des connaissances, de la technologie et les systèmes sociaux. Le résultat de la convergence est ainsi largement conçu pour de nombreuses nouvelles applications et de la technologie avec une valeur ajoutée significative. La convergence n'est pas présentée ici comme un processus simple, unidirectionnel, mais un processus de rupture suivi par une divergence qui permet de faire sortir les nouveaux produits sur les marchés dits divergents. Les procédés 'convergence-divergence' suivent dans différents intervalles de cycles (l'intervalle entre A et D sur la Figure n°2) et sont applicables aux différentes plateformes de l'activité humaine mentionnées précédemment.

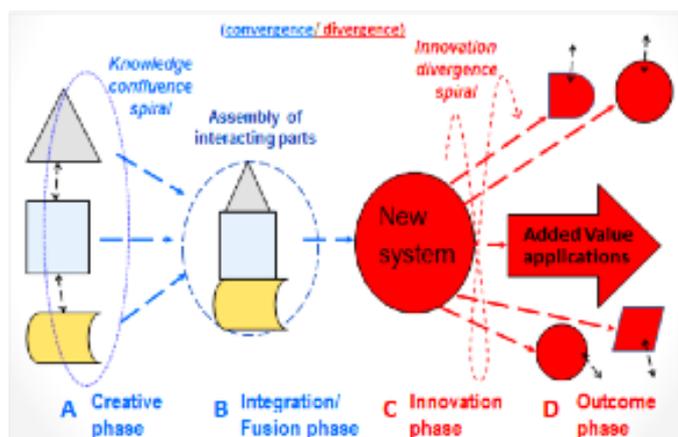


Figure 2 : La méthode de la Convergence-Divergence NBIC/CKTS. Source : Roco, 2002

Le cycle de convergence (A, B) et divergence initialement formulé comme mégatendance (Roco, 2002), est présenté ici comme un procédé typique de l'innovation pour la CKTS, et vise la connaissance, la technologie et les domaines sociétaux. Il comprend (A) une phase créative dominé par la synergie entre les composantes pluridisciplinaires, (B) l'intégration et / ou de fusion dans un nouveau système, (C) une phase d'innovation conduisant à des nouvelles compétences et des produits, et (D) une phase de résultat consistant de nouvelles applications et de nouveaux usages issus des phases créatives (A) et de ses cycles successifs.

La convergence comme processus unit les connaissances, la technologie et les applications, à la fois à travers les disciplines traditionnellement séparées, et à travers de multiples niveaux d'abstraction et d'organisation. Elle comporte une phase de création (A) sur la figure n°2 d'où la spirale de la confluence de la connaissance qui conduit à une intégration / fusion en phase (B). Après l'intégration, un nouveau système est créé, ce qui conduit à de nouveaux résultats dans différents domaines (phase d'innovation, C). La divergence comme processus

commence après la formation du nouveau système et conduit à de nouvelles compétences, de produits et domaines d'application des connaissances acquises dans le mouvement de convergence (phase de résultat, D) ; sur cette base est construite une spirale de l'innovation NBIC-CKTS. Les résultats (D) deviennent des nouveaux processus séparés (applications, technologies, usages), comme cela est suggéré sur la figure. Le graphique exponentiel aléatoire (Wasserman et Robin, 2005) et successif de divergence en cascade est un exemple de modèles pour la phase D.

Le rythme rapide du changement dans la science et l'émergence de nouvelles technologies exigent de nouvelles approches qui gèrent la complexité pour obtenir une fonctionnalité intelligible, pour les utilisateurs ordinaires des applications. L'utilisateur final doit-il posséder des nouvelles connaissances, compétences et de comportements adéquats face à cette complexité ? Ce qui semble absent dans les travaux de recherches précédents est une convergence NBIC avec les connaissances du client-utilisateur ou 'Consumer's Knowledge' lors de l'usage futur des technologies et de nouveaux usages connectés avec les utilisateurs. La convergence dépasse donc la science et la technologie, même au-delà de nouvelles applications et nouveaux usages, elle permet d'inclure l'unification harmonieuse des activités à travers l'ensemble du spectre de la société, y compris dans le système de connaissances et compétences d'utilisateurs. La prise de décision suit un processus de 'convergence-divergence' motivée par la nécessité de l'amélioration de la valeur ajoutée, qui est au cœur de la Convergence des Connaissances, qui se reflète également dans les nouvelles organisations et actions et qui nécessitent l'intégration des connaissances et des compétences d'utilisateurs / consommateurs.

Le domaine du marketing a connu déjà une période d'innovation 'classique' de « divergence-convergence » à partir d'usages divergents vers un nouvel usage. Le nouveau processus celui de 'convergence-divergence' complète le schéma initial et aboutit, du fait de l'intégration des connaissances de l'utilisateur, à une spirale vertueuse en cohérence avec d'autres processus de CKTS simultanément et temporellement dans différents domaines. Une façon d'examiner et de mieux utiliser cette cohérence à plus long terme est de se plonger dans la convergence avec la connaissance d'utilisateur, en considérant les événements pertinents, en anticipant et en évitant les aspects néfastes involontaires des nouvelles technologies puissantes et connectées avec l'utilisateur. Cette approche se distingue par sa perspective élargie, par des interprétations contextuelles pertinentes, et la réceptivité qui peut conduire à plus longue portée, à éviter toute discrimination, et aboutir à une innovation globale et à des solutions en phases avec le client-utilisateur, la nouveauté proposée par notre recherche. Cette réflexion dans nos recherches antécédentes en Knowledge Marketing pourrait également aider à fournir une base pour le renforcement des capacités humaines et l'unicité des connaissances humaines à long terme de bien-être, de santé, de créativité et d'innovation.

La recherche sur le Knowledge Marketing et son apport pour la NBIC/CKTS

Les activités de recherche en « Knowledge Marketing » débutent par une recherche sur « l'interactivité client/producteur » incluant les processus interactifs dans la modélisation organisationnelle. Dans le cadre de premiers travaux de recherche, nous avons émis une proposition selon laquelle la démarche marketing peut être élaborée à travers l'implication du producteur dans le processus dynamique du client. Cette recherche apportait par ailleurs une contribution de nature empirique à un débat sur des alternatives du marketing. L'écho

favorable rencontré par ce travail au sein des milieux industriels comme France Télécom R&D (Convergence Internet-Téléphonie-Mobile, Nouvelle Expérience de Télécom, NEXT) ou encore EDF R&D (Prospective de la relation-client à l'horizon 2025). En prenant ainsi comme terrain l'interactivité 'client-entreprise' et comme discipline le marketing, nous avons pu construire une proposition marketing fondée sur une double approche: la conversion des « connaissances du client » d'une part, et la création des connaissances organisationnelles des 'clients/entreprises' co-impliqués dans les processus de co-création d'autre part.

Pendant de nombreuses décennies, la recherche en marketing a traité le problème essentiellement sous l'angle de la *connaissance SUR le consommateur (connaissance-client)*, sans tenir compte des connaissances qu'il détient. Depuis, les perspectives ont évolué et une remise en cause de ces analyses traditionnelles qui attribuait ce rôle restrictif à la notion de connaissance, a progressivement vu le jour. Les chercheurs s'accordent désormais pour reconnaître au consommateur un rôle de détenteur et de créateur de connaissances. Plusieurs éléments socio-économiques expliquent cette évolution. La transformation des interactions entre le consommateur et l'entreprise, les bouleversements communautaires au sein des groupes des consommateurs et l'accroissement d'usages des technologies, au cours des dernières décennies, ont conduit à une modification du statut de la '*connaissance DU consommateur, Consumer's Knowledge*'.

Les ressources des entreprises (ex: Connaissances et Procédés) et la création de valeur s'en sont trouvées naturellement bouleversées, tendant à accorder au consommateur un rôle plus actif dans le processus convergent de conception, production et consommation des produits/services. A ces nouvelles données, se sont associés des courants théoriques et des questionnements autour de la problématique de la 'connaissance du client' qui ont été développés durant notre recherche sur le *Knowledge Marketing*. Dès nos premiers travaux, les pistes de nos recherches académiques se trouvaient ainsi orientées vers l'étude d'un concept « *Knowledge Marketing* ».

La définition du *Knowledge Marketing* communément acceptée par la communauté scientifique en marketing trouve sa place actuellement dans les ouvrages et articles des chercheurs français et étrangers (Curbatov, 2003, 2013 ; Cova 2005 ; Cova et Louyot, 2006 ; Wright et all. 2006):

« ... *Knowledge Marketing* qui consiste à développer, à la fois les compétences des consommateurs et celles des collaborateurs de l'entreprise impliqués dans le processus organisationnel de création conjointe des connaissances ».

Depuis nos premiers travaux en *Knowledge Marketing*, notre parcours de recherche a beaucoup évolué. Actuellement nous travaillons sur les problématiques de co-création en relation avec les technologies innovantes. En étudiant les secteurs technologiques nous cherchons à comprendre pourquoi et comment certains clients s'impliquent dans la démarche de co-création avec l'entreprise. Nous nous intéressons au processus de co-construction convergente des connaissances et des compétences pendant les expériences de co-création. Mais depuis la valorisation de nos travaux auprès des différentes R&D, la nature de la 'connaissance du consommateur, 'Consumer's Knowledge' dans le processus de l'entreprise et sa vitesse ont considérablement évolué et le consommateur connecté est plus que jamais au cœur de nombreuses alternatives. Dans ce contexte, de nouvelles problématiques de recherche du *Knowledge Marketing* sont apparues et notre parcours s'est orienté vers une meilleure compréhension de la connaissance du client et de sa compétence que nous confrontée non

seulement à différents approches du marketing, mais aussi aux approches transdisciplinaires de la Convergence NBIC/CKTS pour un nouveau modèle intégré (Figure 2 bis).

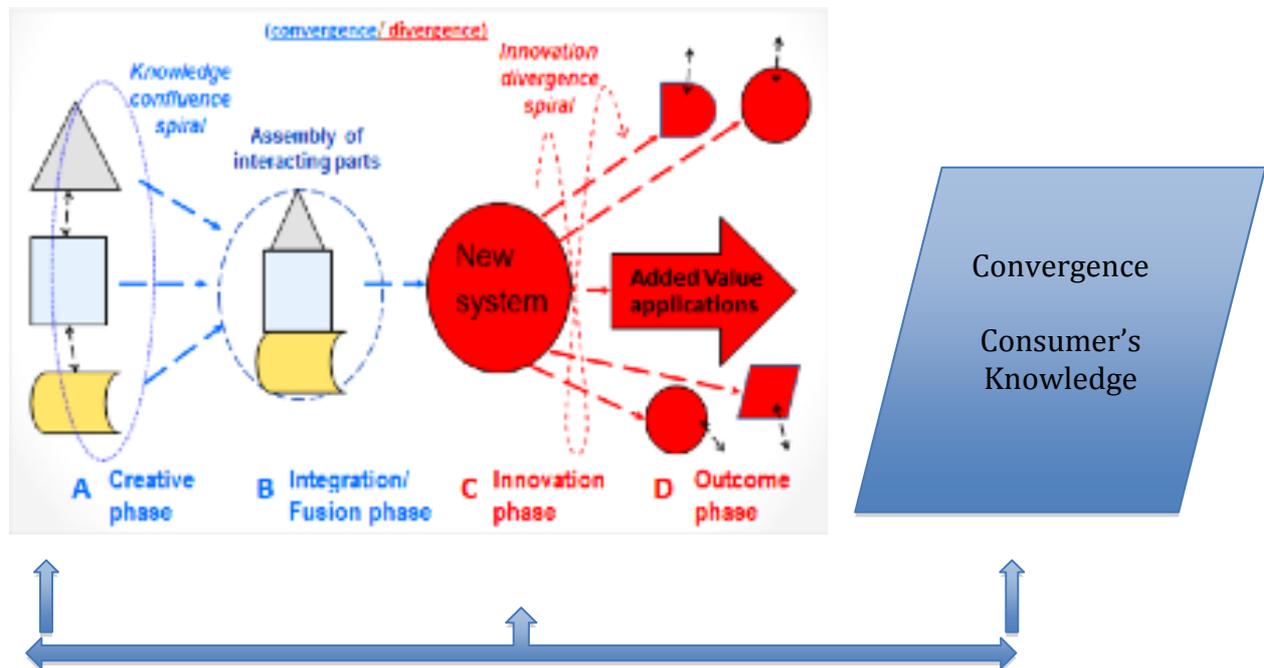


Figure 2 bis : La Convergence 'NBIC/CKTC et du Customer Knowledge', un modèle proposé D'après Rocco 2002

Les implications du modèle proposé

La connaissance du consommateur-utilisateur (Customer's knowledge) est intégrée dans la Créative Phase A et dans la Phase de Fusion B. Un nouveau système se crée lors de la Phase C avec une intégration convergente des Connaissances du Client. Ce nouveau système évolue en Phase D de divergence pour des applications personnalisées créées suite à la Convergence des Connaissances 'technologie – consommateur'. Les systèmes IT et la connectivité avec le consommateur sont conçus à partir des applications convergentes de NBIC/CKTS. Les données de connaissances des performances humaines du consommateur-utilisateur de nouvelles technologies peuvent avoir un impact dans une phase B de la Convergence sur l'évolution de la technologie et des applications dans une phase de Divergence applicative. Les applications biomédicales peuvent nous ouvrir des pistes de tels prolongements basés sur les exemples présentés.

Le développement de la convergence CKST : vers les applications biomédicales

Le programme 'Convergence des connaissances et des technologies pour les bénéfices de la société' (CKTS) est l'occasion de mettre en lumière ce que représente réellement et pratiquement la « Société de Connaissances ». Cette convergence à scope sociétal (CKTS) est définie comme une interaction d'évolutions et de transformations entre des disciplines scientifiques apparemment distinctes, des technologies, mais aussi des communautés, des consommateurs et des domaines de l'activité humaine en permettant désormais d'assurer la compatibilité mutuelle, la synergie et l'intégration à travers le processus de création de valeur

ajoutée. Elle permet de se diversifier dans des domaines émergents pour répondre à des objectifs communs de la société, dont ceux des consommateurs-utilisateurs. La CKTS permet à la société de résoudre des problèmes que des compétences isolées ne pourraient pas résoudre, ainsi que de créer, par le biais de cette convergence, de nouvelles compétences, de nouvelles technologies et connaissances.

Ce concept est centré sur les principes suivants :

- l'interdépendance dans la nature et la société avec une application à travers les plates-formes communautaires et des consommateurs connectés (ex : objets connectés) ;
- l'amélioration de la créativité et l'innovation dans la connaissance et la technologie grâce aux processus évolutifs 'convergence-divergence' ; exemple du téléphone mobile ;
- une méthode de co-création à partir des connaissances du consommateur ;
- l'usage de langages inter-domaines permettant de générer de nouvelles solutions et de favoriser le transfert de nouvelles connaissances ;
- et enfin, la valeur des projets de recherche basées sur des visions croisées et convergentes.

S'ils étaient appliqués, ces principes pourraient suggérer des pistes de solutions aux défis sociétaux clés de la prochaine décennie, dont :

- une accélération des progrès dans les technologies émergentes et la création de nouvelles industries et des emplois à l'échelle humaine, économique, sociétale et communautaire,
- l'augmentation de la créativité, de l'innovation et de la productivité économique via la convergence, pouvant aboutir à l'élaboration d'un modèle universel d'échange d'informations et d'interaction entre les personnes ;
- l'amélioration du bien-être, y compris la promotion d'une société cognitive, de la réalisation des moyens au service de la santé et de l'éducation.

Les travaux suggèrent également de développer une plate-forme basée sur la connaissance pour la prise de décision à mettre en œuvre les méthodes les plus efficaces de convergence pour valoriser et assembler les théories et les technologies individuelles et trouver des solutions intégrées pour les défis sociétaux.

Des exemples de convergence peuvent être appréhendés dans les technologies émergentes NBIC comme, par exemple : bases de données universelles; l'évolution de la cognition et de la communication; cloud-informatique; systèmes homme-machine ; plates-formes de véhicules sans conducteur ; programmes de l'espace; programmes de recherche sur les particules fondamentales, voire la naissance de nouvelles disciplines comme la biologie synthétique, la communication quantique, la nano photonique et la nano fluïdique ; l'intégration de la biomédecine avec la physique et l'ingénierie nano-biologique qui est d'ores et déjà une réalisation des transformations dans les systèmes de la santé. Il s'agit plus globalement de relier un monde organique et non-organique dans un système biologique convergent proche du fonctionnement de la Nature. Il s'agit également de relier les connaissances qui proviennent du consommateur-utilisateur des services médicaux (données-connaissances médicales corporelles) en convergence avec les connaissances technologiques.

Ainsi, la biotechnologie transforme l'agriculture et la médecine, et plus récemment, la biologie synthétique, qui apparaît comme une technologie émergente, et qui impacte la transformation biologique. Une science d'observation biologique traditionnelle qui un

domaine de recherche fondamentale, commence à se rapprocher des sciences physiques. Au cours de la dernière décennie, la montée de sciences dites « omique » (par exemple, génomique, protéomique, métabolomique, de la génomique cognitive, etc.) a reçu un développement significatif. Des outils NBIC ont joué un rôle important dans ces avancées. L'on peut en observer un exemple dans la biologie et la médecine où les outils matériels et les constructions théoriques, qui ont été traditionnellement utilisés dans l'ingénierie des systèmes physiques, ont commencé à apporter des contributions importantes aux progrès des sciences biologiques et particulièrement dans le domaine de la santé. Des progrès spectaculaires apparaissent dans les capacités et vitesse du séquençage de l'ADN/gène, et permettent de nouvelles méthodes de diagnostic médical.

Encadré 2 : L'évolution de la BIO-convergence dans le domaine médical

Source : « De BIO à la convergence NBIC. De la pratique médicale à la vie quotidienne » (Van Est, Rinie et all, 2013)

« La convergence technologique – au sens de combinaison de technologies différentes – a toujours été une importante source d'innovation, car les percées technologiques se produisent souvent aux frontières entre plusieurs technologies et secteurs industriels. En particulier, la révolution de l'information se caractérise par la convergence des technologies de l'information et d'un vaste éventail de disciplines scientifiques et de processus industriels et de service, dans tous les aspects de la société (Castells 1996). Il n'est pas surprenant que le terme « convergence » ait été de plus en plus utilisé dans le secteur des Technologies de l'Information (TI) au cours des années 1980. L'un des exemples d'une telle convergence ces dernières années est la mécatronique, c'est-à-dire la combinaison des TI et des techniques de production. Dix ans plus tard, l'Internet est né de la convergence entre les TI et les technologies de la communication. Au cours de cette période, le projet du génome humain a aussi offert un parfait exemple de convergence technologique : entre la biologie et les TI (« convergence BI »). Le séquençage du génome humain dépend très fortement des capacités informatiques. Inversement, les découvertes en biologie et les concepts propres à cette science ont aussi inspiré la communauté des TI, comme l'illustrent par exemple les notions de réseau neuronal, d'intelligence en essaim et d'ordinateur à ADN.

Une vision plus large encore de la convergence technologique a été promue au début du XXI^e siècle, d'abord dans le milieu fermé de la recherche militaire et spatiale aux États-Unis. Par exemple, une étude influente publiée par RAND prévoyait que les tendances en matière de bio-/nanomatériaux et leurs synergies avec les technologies de l'information allaient susciter une révolution technologique mondiale. De la même façon, le centre de recherches Ames de la NASA a intégré à sa mission le triangle nanotechnologies – biologie – TI (convergence NBI). Inspirés par ces signaux optimistes, Roco et Bainbridge, de la National Science Foundation (NSF), ont organisé à la fin de 2001, un atelier intitulé « Faire converger les technologies pour améliorer les performances humaines ». C'est là qu'ils proposèrent le terme de convergence NBIC, désignant l'intégration visée entre les nanotechnologies, les biotechnologies, les technologies de l'information et les sciences cognitives. Le passage du trio NBI au quatuor NBIC prend acte de l'émergence rapide des sciences cognitives et du retour en force de l'intelligence artificielle en 2015.

La Commission européenne, par exemple, a mis en place un groupe d'experts de haut niveau sur la prospective de la nouvelle vague technologique. Ce groupe d'experts a jugé qu'il n'était pas souhaitable d'améliorer les performances physiques et mentales des êtres humains. Cependant, il a noté la pertinence de la notion de convergence NBIC, comme moyen

d'encadrer, de repérer et d'anticiper les nouvelles technologies émergentes. La convergence NBIC a été jugée essentielle au développement fructueux de nouveaux domaines tels que la médecine moléculaire, la robotique de services, l'intelligence ambiante, la génomique personnelle et la biologie synthétique.

La convergence NBIC est un bon moyen de repérer de nouvelles technologies émergentes pour une application à venir. On peut aussi l'utiliser pour réfléchir aux terrains technologiques qui pourraient intéresser particulièrement l'Europe. À ce jour, le Comité de bioéthique du Conseil de l'Europe s'est principalement concentré sur les interventions biotechnologiques et biomédicales sur le corps humain. La convergence NBIC va entraîner une forte diversification des interventions possibles sur le corps humain, non seulement via les biotechnologies (B), mais aussi de plus en plus via les nanotechnologies (N) et les technologies de l'information (I). ».

	Interventions fondées sur les biotechnologies	Interventions fondées sur les technologies de l'information
Corps humain	<ul style="list-style-type: none"> - génie génétique : - thérapie génique - chromosomes artificiels dans les gamètes - thérapie par cellules souches 	<ul style="list-style-type: none"> - pilules électroniques intelligentes
Cerveau humain	<ul style="list-style-type: none"> - nano médication traversant la barrière du cerveau 	<ul style="list-style-type: none"> - interfaces cerveau-ordinateur (ICO) - neuromodulation (non) invasive technologie persuasive

Tableau n°1 Exemples de nouvelles interventions sur le corps et le cerveau humain fondées sur les biotechnologies et les technologies de l'information. (Source : Van Est & Stemerding 2012)

Les exemples présentés dans ces-illustrations s'inspirent du rapport de l'Institut Rathenau « *De BIO à la convergence NBIC. De la pratique médicale à la vie quotidienne* » (Van Est, Rinie et al, 2013). Au cours de l'année 2013, l'Institut Rathenau a été chargé par le Conseil de l'Europe à déterminer quelles nouvelles technologies émergentes pouvaient voir le jour. Fortement motivé par le développement des NBIC, l'Institut Rathenau a examiné de manière approfondie l'impact de la convergence NBIC sur la société. Le rapport présente diverses technologies émergentes, comme la biologie de synthèse, la robotique, la technologie persuasive et les dispositifs de stimulation cérébrale qui peuvent jouer lors d'applications médicale et hors-médicale. Nous présentons en annexe une synthèse de ce rapport, illustrée de cas de dispositifs innovants.

Toutes ces pratiques et innovations sont à la base d'un nouveau processus d'innovation NBIC appliqué à différents usages de l'innovation, qui est appelé « convergence-divergence CKTS ». Il est intéressant de voir que cette Convergence des connaissances est suivie par une divergence d'application selon le processus « Convergence-Divergence ».

Discussions, limites et conclusions : quelles sont les applications visées et quelles sont les tendances applicatives de la Convergence NBIC ?

Nous utilisons une méthodologie de recherche à travers l'étude des cas illustratifs, portés dans les travaux des chercheurs dans des domaines voisins aux Sciences de Gestion, ce qui a permis de mettre en avant :

- un aperçu des évolutions actuelles dans le domaine des technologies émergentes et convergentes ;
- un nouveau processus « Convergence-Divergence » couplé avec celui 'Convergence des Connaissances des consommateurs-utilisateurs ;
- une illustration dans deux domaines d'application : médical et informationnel.

Les travaux sur les évolutions en matière de biotechnologie sont plus particulièrement abordés dans cette partie de la communication. C'est dans l'étude intitulée « *De BIO à la convergence NBIC. De la pratique médicale à la vie quotidienne* » (Van Est, Rinie et all, 2013), que les auteurs mettent en lumière trois tendances technologiques pouvant présenter un intérêt applicatif. Tout d'abord, de nouvelles évolutions s'observent dans le domaine médical, des techniques de neuromodulation à la médecine moléculaire. Il est noté que la convergence NBIC permet l'application de technologies biomédicales hors du domaine médical professionnel. Enfin, les rapporteurs constatent que les outils biomédicaux et les données biologiques (données médicales du consommateur-utilisateur) sont de plus en plus utilisés à des fins non médicales, notamment pour jouer, se divertir, vendre, se motiver, s'améliorer et améliorer ses relations sociales.

Mais trois autres champs complémentaires sont présents dans les NBIC : les neurotechnologies (cognitives), les nanotechnologies et les technologies de l'information. Nous analyserons le modèle de l'innovation NBIC « Convergence - Divergence » pour la perspective « info » d'artefacts intelligents qui sont déjà ou vont devenir intimement liés à l'expérience de vie. Les technologies biologiques et biomédicales connaissent des applications de plus en plus nombreuses et diversifiées en dehors du champ médical et de la recherche médicale. Ainsi une convergence NBIC de plus en plus marquée pourrait nous faire passer d'un terrain connu médical à celui d'un terrain hors médical posant les limites de la mise en place d'une telle convergence. Dans le concept NBIC, les innovations sont généralement le résultat de la convergence des technologies. Cependant, il y a aussi un changement qualitatif, car une convergence amène à une 'divergence' qui amène à de nouvelles innovations applicatives commerciales, résultat du nouveau processus « Convergence-Divergence des Connaissances CKTS » ou convergence avec la Connaissance du consommateur-utilisateur, objet de notre recherche en Knowledge Marketing produite à l'occasion de la Conférence Marketing Trends, Venice 2016.

Notre recherche suscite diverses limites : les développeurs de 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 résistances 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/CKTS. Enfin, on peut distinguer une difficulté intellectuelle. En effet, comme nous l'avons précisé auparavant, les avancées scientifiques dans le secteur des NBIC/CKTS 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.

Bibliographie / Web graphie

- Bénavent C., avril 2015 in Contrepoints, « Technologies-persuasives-la-bienveillance-ne-suffit-pas » <http://www.contrepoints.org/2015/04/07/203643>
- Brockman, J., (1995), *The Third Culture*, Simon & Schuster
- Cornu, J.-M., (2008), *ProspecTIC: nouvelles technologies, nouvelles pensées?*, Paris, Editions Fyp.
- Curbatov, O. et Louyot M, (2015), *Le Knowledge Marketing. Etre compétent dans une économie compétitive*, Ouvrage collectif, Impressum
- Diamond v. Chakrabarty (1980), in <http://www.enfacto.com/case/U.S./447/303/>
- Howe, J. (2006), *The Rise of Crowd sourcing*, in <http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds.html>
- Kahneman, D., & Tversky, A., (1979), « Prospect theory: An analysis of decisions under risk », *Econometrica*, 47, 313-327
- Kurzweil Ray, (2005), *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, New York, Penguin
- Nicolis, G. & Prigogine, I. (1977), *Self-Organization in Non-Equilibrium Systems*, Wiley,
- Pisani, F. & Piotet, D., (2008), *Comment le Web change le monde : l'alchimie des multitudes*, Paris, Village Mondial
- Rapport du groupe d'experts de haut niveau, Commission Européenne, EUR21357-FR
- Rapport Nordmann, intitulé « Technologies Convergentes – Façonner l'avenir des sociétés européennes », Nordmann A. (Ed.) (2005), *Technologies Convergentes – façonner l'avenir des sociétés européennes*
- Roco, M.C. & Bainbridge, W.S., (2002) *Converging Technologies for Improving Human Performance*, Arlington, National Science Foundation
- Roco, M. C. and W. S. Bainbridge, B. Tonn, G. Whitesides (2013), *CONVERGENCE OF KNOWLEDGE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies*
- Roco, M.C., R.S. Williams, and P. Alivisatos, eds. (1999), *Nanotechnology research directions: Vision for the next decade*. IWGN Workshop Report 1999. Washington, DC: National Science and Technology Council. Also published in 2000 by Springer
- Roco, M.C., and W.S. Bainbridge, eds. (2001), *Societal implications of nanoscience and nanotechnology*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Roco, M.C., and W.S. Bainbridge, eds. (2003), *Converging technologies for improving human performance: Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive sciences*. Dordrecht, New York: Springer (previously Kluwer).
- Roco, M.C. 2002, Coherence and divergence of megatrends in science and engineering. *Journal of Nanoparticle Research* 4:9–19
- Van Est, Rinie et all, 2013, *De BIO à la convergence NBIC. De la pratique médicale à la vie quotidienne* »
- Wasserman, S., and G. Robins. (2005), An introduction to random graphs, dependence graphs, and p^* . *Models and Methods in Social Network Analysis* 27:148–161

ANNEXES

Cas illustration N°1 : ‘La biologie devient technologie’ et ‘la technologie devient biologie’

Source : Extrait du « De BIO à la convergence NBIC. De la pratique médicale à la vie quotidienne » (Van Est, Rinie et al, 2013)

« La caractéristique essentielle de la convergence NBIC est qu'elle signe la dissolution progressive de la frontière étroite entre sciences physique et biologique. Traditionnellement, la physique étudiait les systèmes non vivants (non organiques) alors que la biologie se penchait sur les organismes vivants (organiques). Elles sont appelées à converger. Ce rapprochement convergent va dans les deux sens, chacun d'eux représentant une mégatendance de la bio-ingénierie que l'on pourrait résumer ainsi : « la biologie devient technologie » et « la technologie devient biologie ». Ceci se retrouve particulièrement dans tout ce qui a trait au médical. Puis dans les phases de la Divergence, on retrouve diverses applications dans le domaine médical.

La biologie devient technologie : d'une part, les sciences de la vie, comme les biotechnologies et les sciences cognitives, progressent grâce aux sciences physiques (nanotechnologies et technologies de l'information). Ce type de convergence technologique avait créé de nouvelles ambitions autour des processus biologiques et cognitifs, allant jusqu'à l'amélioration de l'humain. L'on peut dire que les avancées des nanotechnologies et des technologies de l'information suscitent le rêve de pouvoir un jour appliquer à des systèmes vivants complexes, tels que les gènes, les cellules, les organes et le cerveau, le même type d'ingénierie que celui qui s'applique actuellement à des systèmes non vivants comme les circuits électroniques. À cet égard, la pénétration croissante de la physique dans la biologie semble aller de pair avec la montée d'une approche technologique du vivant. La « technicisation de la biologie » implique et promet par conséquent une forte progression de nouveaux types d'interventions sur les organismes vivants, y compris le corps et le cerveau humain.

La technologie devient biologie : d'autre part, les sciences physiques, comme les sciences des matériaux et les technologies de l'information, progressent grâce aux sciences de la vie (la connaissance des processus biologiques et cognitifs). Du fait de cette tendance à la « biologisation », les technologies sont en passe d'acquiescer des propriétés associées aux organismes vivants : auto-assemblage, auto-réparation, reproduction et comportement intelligent. Il s'agit d'intégrer aux technologies des éléments de systèmes pseudo-vivants. Cette évolution s'appuie fortement sur ce qu'on appelle le biomimétisme, fondé sur l'idée que les ingénieurs ont beaucoup à apprendre de la nature. Les ingénieurs cherchent à imiter la nature pour améliorer leurs capacités technologiques. Comme exemples d'artefacts inspirés de la biologie, on peut citer les produits biopharmaceutiques, l'ingénierie tissulaire, les cellules souches, les organes artificiels hybrides. Les artefacts inspirés des sciences cognitives et sociales sont par exemple, les avatars, les agents logiciels (softbots), les technologies persuasives et les techniques de détection des émotions ».

Ces derniers attirent notre attention dans le cadre des Sciences de Gestion qui sont peu intégrés à l'heure actuelle dans la Convergence mais qui auront un impact certain sur le « comportement d'utilisateur et du consommateur futur »). Notre objectif futur est de projeter notre regard sur cet aspect technologique mal connu, du point de vue du chercheur en Sciences de Gestion.

Cas-illustration N° 2 : Les nouvelles formes émergentes de surveillance du corps

Source : Extrait du « *De BIO à la convergence NBIC. De la pratique médicale à la vie quotidienne* » (Van Est, Rinie et al., 2013)

« Avec le développement de puces et de batteries de plus en plus petites et efficaces, les nanotechnologies vont aussi multiplier les dispositifs sans fil permettant de surveiller son corps, rendant possible un « environnement intelligent ». L'institut de recherche belge IMEC, par exemple, développe un « réseau corporel » (BAN, pour Body Area Network) composé de capteurs et de commandes ; disposé sur le corps, il mesure de nombreux paramètres de santé et communique avec l'extérieur via un réseau mobile. L'IMEC a déjà mis au point de tels dispositifs pour mesurer l'activité cardiaque et cérébrale, respectivement par ECG et par EEG sans fil.

Le développement des réseaux corporels se justifie par l'ambition de faire sortir les soins de l'hôpital pour passer aux « soins à distance ». La croissance exponentielle des réseaux sociaux pourrait encore renforcer cette évolution dans le domaine non médical. Citoyens et patients utilisent de plus en plus les réseaux sociaux et les nouvelles technologies pour partager des informations sur leur style de vie et leur état de santé. Beaucoup utilisent déjà un large éventail d'outils technologiques (comme les applications sur smartphone) pour recueillir et analyser des données sur leur propre santé. Les patients utilisent aussi les nouveaux médias et les TIC pour s'organiser, non seulement pour partager leur expérience et trouver un soutien, mais aussi pour échanger des données sur leur état de santé et son évolution. L'entreprise PatientsLikeMe, par exemple, propose une plate-forme électronique destinée à aider les patients à « partager des données de santé réelles, fondées sur des résultats, et à en tirer des enseignements ». Des communautés comme Quantified Self offrent aux citoyens une plate-forme pour la collecte de données sur eux-mêmes, y compris sur des facteurs liés au mode de vie comme les habitudes alimentaires, les activités physiques, etc., des variables physiologiques comme le rythme cardiaque et la pression sanguine, et l'état émotionnel. Les initiatives de ce type sont susceptibles d'être à l'origine de grands volumes de données sur les modes de vie individuels, les variables environnementales et socioculturelles et les résultats d'analyse, les symptômes et la qualité de vie des personnes malades.

L'échange croissant de larges volumes de données par des réseaux sans fil, destiné à assurer le suivi de la santé, peut aussi être utilisé pour recueillir et analyser des données de santé individuelles sans consentement suffisant de la part de l'intéressé. Cela pourrait ouvrir des possibilités sans précédent d'identification, de classification et d'évaluation des individus sur la base de données de plus en plus fines ».

Cas-illustration N°3 : L'angle informationnel des NBIC et deux champs d'application issus de la « méthode Convergence-Divergence »: l'informatique affective et la technologie persuasive.

Source : Extrait du « *De BIO à la convergence NBIC. De la pratique médicale à la vie quotidienne* » (Van Est, Rinie et al., 2013)

« Les technologies de l'information sont transversales par nature. Comme outils, elles sont devenues cruciales dans pratiquement toutes les professions ; comme interfaces, elles ont transformé notre façon d'interagir et de socialiser. Les technologies de l'information ne sont

pas que des technologies ; leurs processeurs et leurs logiciels se fraient un chemin dans des strates de plus en plus intimes de notre vie. L'informatique affective étudie la façon dont des ordinateurs pourraient interpréter et exprimer des émotions. L'intelligence artificielle progresse dans son entreprise de modélisation de l'esprit humain. L'intelligence ambiante et la technologie persuasive visent à créer des systèmes intelligents pouvant pousser les utilisateurs à modifier leur comportement (Verbeek 2009). Les technologies de l'information sont partout, et cette omniprésence en fait une partie intégrante de notre monde personnel, social et mental. L'essor de la collecte et de l'analyse numériques de données biologiques et comportementales s'accompagne de la naissance de systèmes de TI de plus en plus intelligents. Ces systèmes « s'humanisent », en ce sens qu'ils interprètent le comportement humain et influencent les interactions humaines, alimentant la tendance déjà mentionnée à la « biologisation de la technologie ». Nous nous concentrerons sur deux champs d'application particuliers, la technologie persuasive et l'informatique affective, bien qu'ils ne soient naturellement que deux exemples parmi de nombreuses nouveautés technologiques.

L'informatique affective étudie la façon dont un ordinateur peut interpréter les émotions humaines. Cette technologie offre un bon exemple d'intégration des sciences cognitives dans les technologies de l'information. Grâce à différents types de capteurs qui reconnaissent l'expression du visage et l'émotion transmise par la voix et surveillent physiologiquement la réaction électrodermale et/ou le rythme cardiaque, des données sont générées et analysées pour évaluer l'état émotionnel de l'utilisateur. L'un des objectifs de la recherche est de pouvoir stimuler l'empathie dans les systèmes informatiques, et donc créer des systèmes qui réagissent de manière appropriée à l'état émotionnel de l'utilisateur. Les applications actuelles des systèmes de reconnaissance des émotions sont diverses : aider et former les personnes souffrant de troubles autistiques, évaluer la réaction émotionnelle des consommateurs face à un produit, etc. À mesure que ces systèmes deviennent de plus en plus fiables et perfectionnés, ces technologies pourraient être intégrées à d'autres solutions. La « Google Glass » avec ses possibilités de réalité augmentée, qui devrait arriver prochainement sur le marché, pourrait s'équiper d'applications de reconnaissance des émotions et d'enrichissement de l'expérience.

Avec la technologie persuasive, l'intégration des connaissances comportementales aux technologies de l'information prend une autre forme. Les systèmes persuasifs visent à influencer les décisions ou les comportements de leurs utilisateurs (Fogg 2003). Ils s'appuient sur des savoirs issus de la psychologie et des sciences comportementales ainsi que sur le design (informatique). À partir d'un grand volume de données sur les comportements en ligne, ils peuvent analyser la façon dont l'utilisateur opère ses choix et donc s'y adapter. Une présentation spécifique des choix et des interactions avec la technologie peut inciter les utilisateurs à faire certains choix plutôt que d'autres. La technologie persuasive peut être employée pour aider les utilisateurs à mieux choisir ; par exemple, des systèmes personnels de santé pourraient convaincre leurs utilisateurs de faire davantage d'exercice, au moyen de retour d'information motivant, de signes sociaux, d'arguments personnalisés et de mise en compétition.

De nouvelles formes de persuasion technologique apparaissent également au niveau des interactions entre technologies de l'information et psychologie. Par un profilage de la persuasion, un profil personnel du type d'argument auquel un utilisateur se montre sensible est défini, et une stratégie de persuasion est choisie en fonction de ce profil. La persuasion ambiante utilise des signaux cognitifs de faible intensité, comme la modulation de la lumière

ambiante, pour influencer les utilisateurs sans que leur attention ne soit consciemment attirée ».

Cas-illustration N°4 : Les pratiques sensibles en dehors du domaine médical

Source : Extrait du « *De BIO à la convergence NBIC. De la pratique médicale à la vie quotidienne* » (Van Est, Rinie et al., 2013)

« L'application croissante des technologies biomédicales en dehors de leur domaine d'origine s'explique par plusieurs facteurs. Nous nommerons ici quelques tendances marquantes, sans chercher à dresser un tableau complet. D'un point de vue politique, on constate dans de nombreux pays le passage d'un système de santé public à un système davantage fondé sur le secteur privé. Les individus sont de plus en plus considérés comme des consommateurs de soins, ce qui souligne la nécessité que ces consommateurs aient un certain pouvoir, prennent leur santé en main et aient la possibilité de choisir. (Ceci fait écho à des tendances en marketing que sont le Customer Empowerment et le Knowledge Marketing). L'usage accru des technologies biomédicales dans le domaine public est aussi promu au sein de la société, par plusieurs groupes de personnes. On peut penser aux membres du mouvement de la quantification de soi, aux biopirates et aux transhumanistes, qui expérimentent les technologies et défendent leur droit à contrôler leur corps et leur style de vie, à intervenir sur leur corps, à améliorer leurs performances physiques et mentales et à élargir leurs perceptions. Ce mouvement est rendu possible par l'existence de technologies miniaturisées, aisément accessibles et relativement peu coûteuses, encore encouragée par la vague technologique promise par la convergence NBIC. En outre, ce mouvement est renforcé par l'explosion des réseaux sociaux, utilisés par les citoyens pour partager des informations sur leur santé et leur style de vie. L'industrie s'empare des occasions offertes par ces consommateurs « créateurs de tendances », ou par les tenants d'un mode de vie plus sain, en commercialisant une diversité croissante d'outils de diagnostic biomédical, de dépistage et d'amélioration. Il devient ainsi de plus en plus facile d'établir soi-même un diagnostic et d'intervenir sur son propre corps, activité longtemps strictement confinée au domaine hautement professionnalisé de la médecine. Refermant le cercle, certains acteurs politiques prônent ces évolutions commerciales et sociales parties de la base comme des moyens valables d'endiguer le déficit croissant des systèmes de santé actuels.

L'étude montre que dans le domaine public, les outils biomédicaux ne sont pas uniquement employés à des fins médicales. Le retour neuronal, par exemple, est utilisé pour des jeux vidéo. Les neurodispositifs pourraient aussi intéresser les pouvoirs publics, qui pourraient y trouver des applications utiles pour leurs fonctionnaires et leurs soldats, pour la réinsertion des criminels ou pour la prévention du crime. Des entreprises pourraient s'intéresser aux neurotechnologies, comme l'IRMf, à des fins de neuromarketing, pour mieux comprendre les choix des consommateurs et donc améliorer leurs ventes. En outre, la convergence entre les TI et les technologies cognitives et biologiques crée deux tendances qui se renforcent. Premièrement, la collecte de données numériques sur la santé et le comportement humain a explosé ces dernières années, donnant naissance à des « mégadonnées biologiques ». Les technologies de l'information permettent une analyse de la biologie et du comportement humains d'une ampleur et d'une finesse auparavant impensables. La macroanalyse de ces énormes volumes de données, issues de multiples sources, livre de nouveaux types de connaissances sur nous-mêmes. D'où la seconde tendance : la mise au point de technologies de l'information qui englobent les résultats des sciences cognitives et comportementales pour

élaborer des systèmes qui « comprennent mieux » la psychologie humaine et sont capables de l'interpréter, d'interagir avec elle et de l'influencer.

Ces évolutions extérieures au domaine médical professionnel estompent les limites entre les pratiques professionnelles de soin et de prise en charge et les pratiques publiques et commerciales de loisirs, de recherche d'un certain style de vie, de réseaux sociaux et d'amélioration. Les conséquences de ces évolutions sont que l'humain et les technologies deviennent de plus en plus intimement mêlés ».