

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

**MÉMOIRE
PRÉSENTÉ À**

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

**COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAITRISE EN ÉTUDES ET INTERVENTIONS RÉGIONALES
VOLET ÉTHIQUE**

**PAR
VÉRONIQUE TREMBLAY
BACHELIÈRE EN BIOLOGIE**

**DIRECTEUR : JEAN-PIERRE BÉLAND
CODIRECTRICE : JOHANE PATENAUDE**

**LES *NBIC* (NANOTECHNOLOGIES, BIOTECHNOLOGIES, TECHNOLOGIES
DE L'INFORMATION ET SCIENCES COGNITIVES) POUR L'AMÉLIORATION
HUMAINE : Y A-T-IL UNE LIMITE?
ÉTUDE DE LA PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE ET ÉTHIQUE**

SEPTEMBRE 2011

RÉSUMÉ

Le développement des nanotechnologies, plus précisément le développement des NBIC (les nanotechnologies [N], les biotechnologies [B], les technologies de l'information [I] et les sciences cognitives [C]), est un sujet qui est en effervescence depuis déjà un bon moment. Mais, il est aussi reconnu que ces nanotechnologies sont très peu connues à ce jour. Alors, comment peut-on définir les limites d'une technologie qui a à peine vu le jour?

Suivant cette idée, ce mémoire qui s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche en cours à l'UQAC traite des limites scientifiques et éthiques qui apparaissent dans la littérature. Ses objectifs sont de ; 1) clarifier l'univers des nanotechnologies pour trouver les limites scientifiques possibles et probables, 2) analyser les conséquences (impacts et risques) de la convergence des NBIC pour faire ressortir les limites éthiques qui pourraient mettre un frein à ce développement et 3) proposer une synthèse de ces deux questions pour dégager des relations possibles entre ces différents types de limites d'où pourraient résulter un dialogue interdisciplinaire.

L'approche analytique préconisée est essentiellement qualitative. Les données utilisées ont été extraites au moyen d'une grille d'analyse d'impacts et d'acceptabilité développée par le Groupe de Recherche Interdisciplinaire InterNE³LS.

En plus de dresser le profil des limites scientifiques et éthiques possibles, cette recherche propose une réflexion sur les relations possibles entre ces deux types de limites afin d'éclairer un chemin où le dialogue interdisciplinaire pourrait devenir une voie pour encadrer le développement des NBIC et définir les limites souhaitables.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier tout particulièrement monsieur Jean-Pierre Béland, mon directeur de recherche pour son soutien, sa patience, sa disponibilité et sa compréhension. Il est à la fois rigoureux dans ses démarches et ses réflexions, ce qui a constitué un stimulus essentiel à cette recherche.

Dans le même ordre d'idée, je remercie Johane Patenaude, codirectrice de ce projet ainsi que tous les autres membres de l'équipe de Sherbrooke et tout spécialement ceux qui ont fait le long trajet entre Sherbrooke et Chicoutimi pour assister aux séminaires et qui m'ont donné de précieux conseils.

Je tiens aussi à souligner le support que m'a apporté le groupe InterNE³LS, dont j'étais boursière. Cette bourse a facilité l'avancement de ce mémoire en me permettant de mettre plus de temps de qualité sur ce projet.

Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance à ma famille et tous-tes mes amis-es qui ont cru en moi et su me soutenir et m'encourager tout au long de mon parcours. Je partage la réalisation de ce travail avec un homme extraordinaire, Dany Robin mon conjoint, qui n'a pas cessé de me soutenir malgré toutes les difficultés que j'ai pu rencontrer à l'intérieur de ce cheminement. À toute ma famille, **MERCI!**

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	III
REMERCIEMENTS	IV
TABLE DES MATIÈRES	V
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
INTRODUCTION	1
 CHAPITRE 1	
PROBLÉMATIQUE DE LA LIMITE SCIENTIFIQUE	8
Y A-T-IL UNE LIMITE SCIENTIFIQUE À LA CONVERGENCE NBIC?	9
1. QU'EST-CE QU'UNE LIMITE DANS LA PERSPECTIVE SCIENTIFIQUE?	10
2. LA CONVERGENCE NBIC EST-ELLE LIMITÉE?	13
2.1 QU'EST-CE QUE VEUT DIRE L'ACRONYME NBIC?	13
2.2 QUELS SONT LES OBSTACLES À VAINCRE DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA CONVERGENCE NBIC?	15
2.2.1 <i>En quoi l'échelle nanométrique constitue-t-elle une limite?</i>	15
2.2.2 <i>Les propriétés nouvelles de la matière à cette échelle représentent-elles une limite?</i>	19
2.2.3 <i>La manipulation de la matière à cette échelle constitue-t-elle une limite?</i>	22
2.2.4 <i>Y a-t-il une limite à la multidisciplinarité de la convergence des NBIC?</i>	24
2.2.5 <i>Les scientifiques sont-ils en mesure de favoriser cette convergence des NBIC?</i>	27
2.2.5.1 Les différents niveaux d'amélioration par les NBIC.....	32
2.2.5.1.1 La question de la faisabilité?	33
2.2.5.1.2 Le nanorobot présenté comme une simple étape dans une approche plus complexe.....	37
3. QUELLES SONT LES DISTINCTIONS ENTRE LES FANTASMES ET LA RÉALITÉ DES DOMAINES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES?	39
4. PRÉSENTER L'ÉTAT ACTUEL DE LA QUESTION : « LA NATURE BIOLOGIQUE DE L'HUMAIN CONSTITUE-T-ELLE UNE LIMITE? »	40
4.1 LA NATURE BIOLOGIQUE DE L'HUMAIN FACE AU VIEILLISSEMENT.....	40
4.2 COMPRENDRE LES IMPACTS DES SYSTÈMES NANOMÉTRIQUES « INTERNES » SUR LA BIOLOGIE HUMAINE.....	43
4.2.1 <i>À l'intérieur de l'homme</i>	43
4.2.1.1 L'ordre de grandeur du nanorobot à l'intérieur de l'homme	45

4.2.2 À l'intérieur de l'organe	46
4.2.2.1 L'ordre de grandeur du nanorobot à l'intérieur de l'organe.....	46
4.2.3 À l'intérieur de la cellule	47
4.2.3.1 L'ordre de grandeur du nanorobot à l'intérieur de la cellule.....	48
4.2.4 Sur la molécule	48
CONCLUSION DU CHAPITRE 1	48
 CHAPITRE 2	
PROBLÉMATIQUE DE LA LIMITE ÉTHIQUE.....	52
1. QU'EST-CE QU'UNE LIMITE DANS LA SITUATION DU DÉBAT ÉTHIQUE ENTRE LE TRANSHUMANISME ET L'HUMANISME?	55
1.1 LES LIMITES PASSÉES	56
1.2 LES LIMITES ACTUELLES	57
1.3 LES LIMITES POUR LE FUTUR.....	61
1.3.1 Quelle devrait être la limite acceptable pour les humanistes?	63
1.3.2 Quelle devrait être la limite acceptable pour les transhumanistes?	68
2. IDENTIFICATION DIVERGENTE DES IMPACTS POSITIFS ET DES RISQUES DE L'AMÉLIORATION HUMAINE DANS LE DÉBAT ENTRE HUMANISTES ET TRANSHUMANISTES.....	69
2.1 DÉFINITION DES CONCEPTS D'IMPACT POSITIF ET DE RISQUE.....	70
2.2 IDENTIFICATION DES RISQUES CHEZ LES HUMANISTES	71
2.3 IDENTIFICATION DES IMPACTS POSITIFS ET DES RISQUES CHEZ LES TRANSHUMANISTES	74
3. IMPOSSIBILITE DE COMPARER LA MESURE DE PROBABILITE DES IMPACTS CHEZ LES TRANSHUMANISTES AVEC LA MESURE DE PROBABILITE DES RISQUES CHEZ LES HUMANISTES	75
3.1 ATTITUDE OPTIMISTE DANS LA MESURE DE LA PROBABILITÉ DE L'IMPACT POSITIF ET DU RISQUE CHEZ LES TRANSHUMANISTES	76
3.2 ATTITUDE PESSIMISTE DANS LA MESURE DE LA PROBABILITÉ DU RISQUE CHEZ LES HUMANISTES	78
4. ÉVALUATION DIVERGENTE DES RISQUES ET DES IMPACTS.....	79
4.1 RISQUES JUGÉS INACCEPTABLES CHEZ LES HUMANISTES	79
4.1.1 Exemples de risques jugés inacceptables chez les humanistes.....	82
4.2 IMPACTS JUGÉS ACCEPTABLES CHEZ LES TRANSHUMANISTES.....	85
4.2.1 Exemples d'impacts positifs et de risques jugés acceptables chez les transhumanistes	87

CONCLUSION DU CHAPITRE 2	89
--------------------------------	----

CHAPITRE 3

QUELLES RELATIONS POURRIONS-NOUS ÉTABLIR ENTRE LES LIMITES SCIENTIFIQUES ET LES LIMITES ÉTHIQUES AU SUJET DU DÉVELOPPEMENT DES NBIC POUR L'AMÉLIORATION HUMAINE?	92
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

1. COMMENT DÉFINIR UNE RELATION?	93
----------------------------------------	----

1.1 HISTOIRE DU MOT « RELATION »	93
----------------------------------------	----

1.2 DÉFINITION DU MOT « RELATION »	95
------------------------------------------	----

2. SYNTHÈSE DES LIMITES SCIENTIFIQUES ET DES LIMITES ÉTHIQUES	97
---------------------------------------------------------------------	----

3. RELATIONS POSSIBLES ENTRE LES LIMITES SCIENTIFIQUES ET LES LIMITES ÉTHIQUES	102
-----------------------------------------------------------------------------------------	-----

CONCLUSION DU CHAPITRE 3	125
--------------------------------	-----

CONCLUSION GÉNÉRALE.....	128
--------------------------	-----

BIBLIOGRAPHIE	136
---------------------	-----

ANNEXES.....	145
--------------	-----

ANNEXE 1	146
----------------	-----

ANNEXE 2	147
----------------	-----

ANNEXE 3	149
----------------	-----

ANNEXE 4	150
----------------	-----

ANNEXE 5	157
----------------	-----

GLOSSAIRE.....	160
----------------	-----

LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1	
LA SCIENCE : NANO-BIO-COGNO-SOCIO-TECHNO CONVERGENCE : DIFFÉRENTS NIVEAUX D'AMÉLIORATION	
.....	32
TABEAU 2	
LES CATÉGORIES DE DOMMAGE QUI CAUSE LE DÉCLIN ET LA MALADIE LIÉE À L'ÂGE	
.....	41
TABEAU 3	
SYNTHÈSE DES LIMITES SCIENTIFIQUES ET ÉTHIQUES	
.....	99
TABEAU 4	
RÉSUMÉ DES RELATIONS TROUVÉES GRÂCE À LA QUESTION : QUELLES SONT LES LIMITES SCIENTIFIQUES QUI PEUVENT DEVENIR LA SOURCE DE LIMITES ÉTHIQUES?	
.....	104
TABEAU 5	
RÉSUMÉ DE LA RELATION TROUVÉE GRÂCE À LA QUESTION : QUELLES LIMITES ÉTHIQUES PEUVENT DEVENIR LA SOURCE DE LIMITES SCIENTIFIQUES?	
.....	117
TABEAU 6	
PREMIÈRE SYNTHÈSE SUR LA QUESTION : QUELLES LIMITES SCIENTIFIQUES PEUVENT DEVENIR DES LIMITES ÉTHIQUES? LES DIFFÉRENTES RELATIONS EXISTANTES ENTRE LES ÉLÉMENTS PROVENANT DES LIMITES SCIENTIFIQUES ET CEUX PROVENANT DES LIMITES ÉTHIQUES	
.....	150
TABEAU 7	
DEUXIÈME SYNTHÈSE SUR LA QUESTION : QUELLES LIMITES ÉTHIQUES PEUVENT DEVENIR LA SOURCE DE LIMITES SCIENTIFIQUES? LES DIFFÉRENTES RELATIONS EXISTANTES ENTRE LES ÉLÉMENTS PROVENANT DES LIMITES ÉTHIQUES ET CEUX PROVENANT DES LIMITES SCIENTIFIQUES	
.....	157

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1	
L'ILLUSTRATION DE LA DIMENSION MINIMALE DES DISPOSITIFS NANOMÉTRIQUES SEMI- CONDUCTEURS AU COURS DES ANS	17
FIGURE 2	
L'ILLUSTRATION D'UNE COURBE EN « S » NORMALE	29
FIGURE 3	
EXEMPLE DE PLUSIEURS COURBES EN « S » MONTRANT L'ÂGE DES TRANSITIONS.....	29
FIGURE 4	
L'ILLUSTRATION DE PLUSIEURS COURBES EN « S » REPRÉSENTANT L'ÂGE DE L'INNOVATION.....	31
FIGURE 5	
L'ILLUSTRATION DE NANOROBOTS ÉVOLUANT À L'INTÉRIEUR D'UN VAISSEAU SANGUIN	44
FIGURE 6	
L'ILLUSTRATION DE L'APPROVISIONNEMENT EN SANG DANS LE CORPS.....	45
FIGURE 7	
L'ILLUSTRATION DE DIFFÉRENTES MOLÉCULES ESSAYANT DE TRAVERSER LA MEMBRANE PLASMIQUE	47

INTRODUCTION

Le terme « **Nano** » (*Nanos*, nain en grec) désigne l'infiniment petit comme les atomes, les particules élémentaires, les molécules qui font maintenant l'objet d'exploration et d'intervention dans la nature. Les nanosciences et nanotechnologies permettent aux scientifiques d'observer et de travailler aux échelles atomiques, moléculaires et supramoléculaires entre 1 et 100 nanomètres (un milliardième de mètre ou 10^{-9} mètre) dans la nature et dans l'être humain¹. Dans ce nanocosme, on « entre ainsi dans un monde nouveau où les concepts de la physique macroscopique sont caducs [...]. C'est là une véritable révolution conceptuelle, qui naturellement ouvre à la physique une *terra incognita fascinante*. Mais c'est aussi l'amorce d'une révolution technologique, ouvrant la voie à des applications futuristes »².

Le terme « **NBIC** » (nano-bio-info-cogno) signifie que certains scientifiques étudient les possibilités de la convergence des nanotechnologies avec les biotechnologies, les technologies de l'information et les sciences cognitives pour l'amélioration des performances humaines (la convergence *NBIC*³). On prévoit que les applications d'une telle convergence continueront d'évoluer et l'on prévoit que de nombreuses possibilités inattendues d'amélioration de l'humain surgiront à mesure que la connaissance du potentiel des nanotechnologies se répandra dans tout l'éventail de recherche.

¹ Roco, M.C., Bainbridge W., Alivastos, P. (2000), *Nanotechnology Research Directions*. IWGN Interagency Working Group on Nanoscience Workshop Report, Dordrecht, Boston, Kluwer, p. 3.

² En France, le Comité d'éthique (COMETS) du CNRS dans son *Avis – Enjeux éthiques des nanosciences et nanotechnologies* (rendu le 12 octobre 2006) note cette citation qui provient de la Fondation canadienne pour l'innovation [En ligne : <http://www.cnrs.fr/fr/presentation/ethique/comets/index.htm>.]

³ Roco, M. C. et Bainbridge W. S. (2002) (dir.), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, National Science Foundation, Arlington, Virginia [En ligne http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf (consulté le 25 octobre 2010)]

Est-il alors possible d'établir une limite scientifique et éthique à l'amélioration humaine par la convergence *NBIC*? Certaines personnes veulent imposer une limitation stricte; d'autres militent pour fabriquer sans critique tous les produits que la convergence pourra offrir pour augmenter les performances mentales ou physiques de l'homme. Mais entre le « oui » et le « non » inconditionnel au développement de la convergence, plusieurs personnes attendent des scientifiques, des institutions de recherche, des producteurs, des consommateurs et de l'État une démarche visant à établir des limites comme un point de compromis établissant un développement responsable.

Cette problématique des limites scientifiques et éthiques du développement des *NBIC* pour l'amélioration des performances humaines est un sujet truffé d'incertitudes qui suscite la controverse dans la perspective d'une acceptabilité sociale éclairée.

PROBLÉMATIQUE

En 2006, dans *Éthique et Nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*, la Commission de l'éthique de la science et de la technologie (CEST) du Québec est d'avis que les développements prévus des nanotechnologies, ou plus spécifiquement leur convergence avec les *Biotechnologies*, les *Technologies de l'Information* et les sciences *Cognitives* (la convergence *NBIC*) pour optimiser les performances physiologiques de l'être humain, n'ont pas de limites naturelles ou fixées, ni de limites étroites.

La documentation consultée signale que les nanotechnologies pourraient contribuer à optimiser certaines caractéristiques physiologiques de l'être humain. Les développements pressentis n'ont pratiquement aucune limite et peuvent inclure les capacités cognitives. Même si les visions extrêmes du potentiel des nanotechnologies, portées, entre autres, par la philosophie transhumaniste – comme la possibilité de prolonger la vie de façon extraordinaire ou de séparer la conscience humaine du corps afin de la déplacer dans un ordinateur – semblent exagérées aux yeux d'un bon nombre de scientifiques, ces visions

forment tout de même l'arrière-plan des discussions sur les impacts des nanotechnologies pour les intellectuels qui se penchent sur ces questions⁴.

Dans ce contexte d'optimisation des performances humaines, un questionnement doit se faire sur l'encadrement éthique de la recherche : « Mais quelles sont les limites du possible à long terme et quelles sont les limites du souhaitable?⁵ » Le savons-nous vraiment? Comme dit la CEST : « La convergence [des connaissances et des technologies] est l'un des sujets qui comportent le plus d'incertitudes, puisqu'elle incite à s'interroger sur ce qui *pourrait se faire* dans le domaine des nanotechnologies sans savoir ce qui *advientra* réellement »⁶. Mais comprenons bien le sens de cette question dans un tel contexte :

— D'un côté, le premier aspect de la question (« Mais quelles sont les limites du possible à long terme...? ») a plutôt un **rôle épistémologique et critique** en situation d'incertitude dans la mesure où les scientifiques nous demandent de faire « attention aux chimères⁷ ». Il s'agit de distinguer les projets réalisables des prédictions de malheur comme le « grey goo ». Il faut libérer le contexte de questionnement d'un tel scénario catastrophe imaginé par certains spécialistes de la nanotechnologie comme une « écophagie globale » par laquelle les nanorobots pourraient détruire tous les écosystèmes de la Terre. Il a aussi, dans cet aspect de la question, une **fonction heuristique** dans la mesure où les efforts de la pensée critique consistent à prouver que le Conte de la chimère (qui fait imaginer des monstres serviles, des « hybrides humain-machine », ou encore des « cyborgs » qui vont détruire l'humanité) est un fantasme, car (pour y arriver) il éclaire bien souvent les vrais principes à l'œuvre dans les nanotechnologies.

⁴ *Ibid*, p. 57.

⁵ Luzeaux, D. et Puig, T. (2007), *À la conquête du nanomonde. Nanotechnologies et microsystèmes*, Quetigny : Éditions du Félin, p. 23.

⁶ Commission de l'Éthique de la science et de la technologie (juin 2006) Avis - *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*, Gouvernement du Québec, p. 57 [En ligne : http://www.ethique.gouv.qc.ca/index.php?option=com_docman&Itemid=70. (consulté le 25 octobre 2010)]

⁷ Luzeaux, D. et Puig, T. (2007), *À la conquête du nanomonde. Nanotechnologies et microsystèmes*, op. cit., p. 23.

— Mais de l'autre côté, la question (« ... et quelles sont les limites du souhaitable? ») a une **fonction régulatrice** au sens où elle oriente les attentes ou les répulsions, et modifie ainsi la prise de conscience des problèmes de « pente glissante », d'une « perte de contrôle » signifiant que le développement des nanotechnologies manque d'un encadrement, d'une limite.

Tel est le sens de notre question de départ au sujet de l'impact du développement de la convergence *NBIC* « sur la représentation que l'être humain se fait de lui-même et de l'autre, mais également sur la représentation qu'il se fait de la nature » « Au cœur de la réflexion éthique sur le sujet, la Commission retient particulièrement les valeurs suivantes : la dignité, l'intégrité de la personne, la responsabilité, la liberté, la solidarité, la qualité de vie, la justice et l'équité »⁸. Ces valeurs (finalités) constituent des enjeux spécifiques, plus précisément des « **enjeux NE³LS** » (enjeux éthiques, environnementaux économiques, légaux et sociaux du développement des nanotechnologies) qui correspondent à une préoccupation majeure sur le plan de la réflexion éthique : celui des finalités souhaitées. « **Des technologies convergentes... vers quoi?**⁹ »

Prenant comme point de départ cette question de la limite comme des finalités souhaitées, la présente recherche s'inscrit dans le cadre conceptuel du Groupe de Recherche Interdisciplinaire InterNE³LS (www.Inter-NE3LS.ORG) — qui permet de mieux définir différents niveaux de questionnements (la problématique), les objectifs et la méthode d'analyse qui détermine le plan.

Le Symposium sur le réseau de transfert des connaissances NE³LS¹⁰ (août 2007, Estérel, Québec) a fort bien illustré ce cadre conceptuel de la recherche interdisciplinaire

⁸ Ibid., p. 57.

⁹ Cornu, J.-M. (2008), *Nouvelles technologies, nouvelles pensées ? La convergence des NBIC*, Limoges : FYPéditions, p. 303.

¹⁰ Cf. Réseau de connaissance sur les NE³LS (décembre 2007), *Rapport final et recommandations du Groupe de démarrage*, p. 13.

qui est constitué de trois grandes interrogations comme étant des axes de recherche qui, reliées dynamiquement, doivent trouver une réponse afin de fournir un encadrement éthique à la recherche et au développement des nanotechnologies dans une perspective d'acceptabilité sociale éclairée :

— « Axe 1 : *Nanosciences et nanotechnologies : De quoi parle-t-on?* »

Cet Axe de recherche correspond à la *fonction épistémologique* et *heuristique* du premier aspect de notre question (« Mais quelles sont les limites du possible à long terme...? » pour dénoncer certaines exagérations dans les promesses (le « grey goo », par exemple) et déterminer la réalité scientifique.

— « Axe 2 : *Quels dangers, quels risques?* »

Cet Axe de recherche correspond à la *fonction régulatrice* du second aspect de la question (« ... et quelles sont les limites du souhaitable? ») pour étudier les impacts sur les enjeux NE³LS.

— « Axe 3 : *Que faire?* »

Cet Axe de recherche correspond à la fonction sociale de notre question de départ dans l'intersection « et » qui représente la nécessité d'un dialogue en acte entre chercheurs et public comme mode de gouvernance.

OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'**objectif principal** de notre recherche est d'approfondir les différents niveaux de questionnements et d'analyses nécessaires propres à notre question de départ pour favoriser une réponse conjuguée, comprenant deux points de vue dont l'un est issu des sciences pures et appliquées et l'autre des sciences humaines.

Ces trois axes déterminent les **trois objectifs spécifiques** de notre recherche.

- 1) *Clarifier* au départ de quoi il est question quand nous parlons de la recherche et du développement des *NBIC* pour l'amélioration humaine (implants neurologiques et organiques, par exemple) dans le domaine de la santé. Pour mieux comprendre l'univers des nanotechnologies, leurs particularités mériteront d'être rappelées et précisées : l'échelle nanométrique, les propriétés nouvelles de la matière à cette échelle, la manipulation de la matière à cette échelle, la multidisciplinarité et la convergence des *NBIC*, l'engouement mondial pour les nanotechnologies de l'amélioration humaine. La clarification des nanotechnologies constitue un point de départ obligé. Sur les plans scientifiques et techniques, les distinctions entre ce qui relève de la réalité et des fantasmes de catastrophe. Quels sont les champs les plus financés? Quelle est la mesure d'écart entre ce qui est financé (concret ou possible) et ce qui ne l'est pas (prédictions)? Il faudra aussi se demander ce qui est faisable de la convergence dans le domaine de la santé afin d'isoler spécifiquement sur quoi porte exactement le questionnement éthique : « Y a-t-il une limite du faisable et de l'infaisable dans le monde de l'amélioration humaine par les nanotechnologies? » La nature biologique de l'humain constitue-t-elle une limite? Il faudra vérifier et présenter l'état actuel de la question puisque les transhumanistes (comme Kurzweil, dans *The Singularity is Near*¹¹) parlent de la possibilité de prolonger la vie au-delà des limites biologiques de l'être humain.

- 2) *Analyser* les conséquences (impacts et risques) de la convergence *NBIC*, puisqu'elles sont au cœur de l'évaluation des nanotechnologies. Le but de cette question est de répertorier dans les articles et les textes comment les auteurs évaluent les *NBIC* pour arriver à proposer une ou des limites. Le cadre de référence en cause ici, est celui de l'évaluation morale et éthique qu'on retrouve dans l'avis de la Commission, intitulé : *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*. Par ailleurs, l'analyse des impacts et la qualification du degré de risque de la convergence *NBIC* sur les valeurs afin d'examiner les risques et les avantages au cœur de l'évaluation des

¹¹ Kurzweil, R., (2005) *The Singularity Is Near. When Humans Transcend Biology*, p. 299-387.

nanotechnologies soulèvent des interrogations. Les risques sont-ils des risques avérés ou des risques hypothétiques? Il sera tout aussi important d'identifier quelle application des NBIC est évaluée, et de tenter de répondre à la question des finalités : « Des technologies convergentes... vers quoi? » pour faire une évaluation sur l'acceptabilité morale ou non de cette application. Les humanistes radicaux craignent les répercussions de ces technologies sur « la dignité de l'être humain comme finalité ce qui incite à protéger l'intégrité de la personne humaine en toute responsabilité, solidarité, justice et équité ». Ces arguments soulèvent des questions éthiques (dilemmes, paradoxes) qui mettent en jeu les valeurs qui permettent de justifier l'acceptabilité morale. Somme toute, le but de cette question est de répertorier dans les articles et textes, comment les auteurs évaluent les NBIC pour en poser une limite.

- 3) *Proposer* une synthèse sur les questions : 1) y a-t-il une limite scientifique? et 2) y a-t-il une limite éthique? Cette synthèse a pour but de signifier clairement quelles relations nous pourrions établir entre les limites scientifiques et les limites éthiques au sujet du développement des NBIC pour l'amélioration humaine. Avant tout, l'éclaircissement du sens historique et de la définition du mot relation servira de base méthodologique afin de pouvoir comprendre ensuite les relations possibles entre ces deux types de limites (les limites scientifiques et les limites éthiques des NBIC pour l'amélioration humaine) qui sont basées sur des jugements différents. Enfin, ces relations nous permettront de mettre en lumière ce qui pourrait faire l'objet d'un dialogue interdisciplinaire sur cette question des limites.

CHAPITRE 1

PROBLÉMATIQUE DE LA LIMITE SCIENTIFIQUE

La question de la limite scientifique est d'un grand intérêt, car les transhumanistes comme Kurzweil dans l'introduction de son livre *The Singularity Is Near*, entretiennent l'idée que le développement de la convergence NBIC pour transformer les humains en cyborgs grâce à des nanorobots s'en va en accélérant pour répondre au fantasme de l'immortalité? Kurzweil introduit son livre avec cette idée intéressante:

Over the last twenty years, I have come to appreciate an important meta-idea: that the power of ideas to transform the world is itself accelerating. Although people readily agree with this observation when it is simply stated, relatively few observers truly appreciate its profound implications. Within the next several decades, we will have the opportunity to apply ideas to conquer age-old problems-and introduce a few new problems along the way.

During the 1990s, I gathered empirical data on the apparent acceleration of all information-related technologies and sought to refine the mathematical models underlying these observations. I developed a theory I call the law of accelerating returns, which explains why technology and evolutionary processes in general process in an exponential fashion. In *The Age of Spiritual Machines (ASP)*, which I wrote in 1998, I sought to articulate the nature of human life as it would exist past the point when machine and human cognition blurred. Indeed, I've seen this epoch as an increasingly intimate collaboration between our biological heritage and a future that transcends biology.¹²

Cette transcendance de la biologie devra obligatoirement passer par la convergence NBIC pour arriver à créer un surhomme grâce à la technologie. Cette idée du surhomme est

¹² Kurzweil, Ray. (2005), *The Singularity Is Near*. London: Penguin books Ltd. p. 3.

souvent matérialisée par l'image du cyborg qui est défini le plus souvent comme un être humain dont l'état physiologique et son fonctionnement est renforcé totalité ou en partie par des dispositifs mécaniques ou électroniques.¹³ Une telle idée de développement de la convergence NBIC soulève la question de la limite scientifique et éthique parce qu'elle implique des conséquences importantes et qu'elle constitue une menace pour l'être humain. Il est alors important de se demander dans un premier temps jusqu'à quel point cette idée de développement des NBIC est possible pour que la réflexion scientifique et même éthique repose sur un problème réel et non pas sur un problème imaginaire.

Y A-T-IL UNE LIMITE SCIENTIFIQUE À LA CONVERGENCE NBIC?

Pour pouvoir répondre à cette question, il est nécessaire au préalable de déterminer ce qu'est une limite dans la perspective scientifique. Ensuite, il faut définir les bases de la convergence NBIC afin de trouver en quoi elle est limitée. Cette question nous renvoie à examiner les différents contextes scientifiques de la convergence des NBIC à travers ses particularités fondamentales. Il faudra avant tout comprendre le concept de NBIC, puis trouver quels sont les obstacles qui constituent des limites scientifiques à vaincre dans le développement de ceux-ci. Dans ce contexte de l'idée du développement des NBIC, il sera donc important de répondre à la question suivante : quels sont les obstacles qui se rapportent à l'échelle nanométrique, car lorsqu'on parle des limites des NBIC, on considère que les scientifiques travaillent à cette échelle? Ensuite, nous examinerons les écrits qui portent sur les propriétés nouvelles de la matière à cette échelle afin de trouver en quoi elles peuvent créer des difficultés pour le développement des nanotechnologies : quelles sont ces difficultés qui constituent des limites scientifiques? De même, nous explorerons les frontières de la multidisciplinarité propres à la convergence des NBIC pour arriver à connaître les problèmes liés à la manipulation de la matière à cette échelle, du point de vue de la science. C'est aussi en répondant à cette seconde question que nous essayerons de

¹³ Random House Webster's College Dictionary En ligne: <http://www.definitions.net/definition/cyborg> (consulté le 29 novembre 2011)]

découvrir quelles sont les limites du développement de la convergence des NBIC. Mais les difficultés du développement de la convergence NBIC n'augmentent-elles pas lorsque les penseurs imaginent de construire des nanorobots? C'est pourquoi la question des nanorobots est au centre des discussions sur la limite scientifique. Pour arriver à mieux cerner cette question de la limite scientifique de la convergence NBIC, nous nous demanderons ce qu'est un nanorobot. N'est-ce pas l'idée du nanorobot qui représente le mieux actuellement le point de dépassement de la limite (frontière) entre la machine et la nature biologique humaine? Ce point de convergence des NBIC ne répond-il pas actuellement au fantasme de devenir un cyborg immortel?

Ces questions représentent notre cadre d'analyse de la limite scientifique. Elles permettront de créer les assises afin de trouver la limite la plus vraisemblable pouvant distinguer la réalité et les fantasmes des cyborgs liés aux domaines scientifiques et techniques. Grâce à ces informations, il sera possible de faire un portrait ponctuel sur ce qui est faisable quand on parle de recherche et de développement de la convergence des NBIC dans le domaine de la santé et ainsi arriver à présenter l'état actuel de la question : « La nature biologique de l'humain constitue-t-elle une limite dans le contexte du développement de la convergence NBIC pour la transformation de l'être humain en cyborg? »

1. Qu'est-ce qu'une limite dans la perspective scientifique?

Pour parler de limites scientifiques, il faut se référer à la démarche scientifique. Parmi les procédés utilisés pour développer le savoir humain, la méthode expérimentale, parfois qualifiée de scientifique, d'analytique ou de rationaliste, semble être celle qui est la plus utilisée en Occident.

Le savoir obtenu par cette méthode est qualifié de scientifique, d'objectif et il diffère du sens commun. Il est créé par une approche rigoureuse, contrôlable et susceptible de remises en question continuelles des principes, des lois et

des théories qu'elle élabore. Selon Checkland (1981), cette méthode s'appuie sur certaines règles qu'il présente de la façon suivante: « ... la diversité et la complexité de la réalité peuvent se réduire par le biais d'expériences dont les résultats seront validés par leur récurrence, et la connaissance peut s'obtenir par la réfutation d'hypothèses... la caractéristique essentielle de la science est sa méthode réductionniste »¹⁴ (p.128-129). Le Moigne (1977) renforce cette position en affirmant que « le précepte du réductionniste est devenu synonyme de la méthode » (p.13). Il constitue pour plusieurs (Checkland, 1981; Commoner, 1972; Fourez, 1974; Kerlinger, 1964; Le Moigne, 1977) le fondement même de la méthode expérimentale. Ce précepte est basé sur une conception de la science selon laquelle « il serait impossible de parvenir à comprendre les systèmes complexes si l'on n'avait pas commencé au préalable par isoler les diverses parties qui les composent » (Commoner, 1972, p.193). Cette approche a pour objectifs de connaître, d'expliquer, de comprendre, de prédire et de contrôler la réalité. Une autre caractéristique importante de la méthode scientifique est sa prétention à l'universalité. Elle domine depuis plus de deux cents ans la pensée scientifique occidentale et est appliquée dans tous les domaines du savoir humain.¹⁵

En résumé, cette méthode consiste à vaincre les obstacles qui limitent l'avancement de la connaissance. Toute science se fait en se heurtant à ses propres limites et en les dépassant. Par exemple, les limites physiques imposées au niveau de la matière élémentaire proviennent des lois de l'optique et de la mécanique quantique : « La précision des manipulations nécessite de bonnes conditions d'éclairage, car un phénomène appelé diffraction se manifeste lorsqu'elles traversent des instruments d'optique¹⁶ ». Dans les cas favorables, on obtient alors des taches lumineuses, ce qui brime les découvertes. Il faut donc essayer d'améliorer cette technique ou encore utiliser d'autres techniques, ce qui pose d'autres problèmes techniques. La science est donc confrontée à plusieurs limites physiques

¹⁴ Traduction libre. "...we may reduce the complexity of variety of the real world in experiments whose results are validated by their repeatability, and we may build knowledge by the refutation of hypotheses. ...the most dominating single characteristic of science is the reductionism of its approach" (Checkland, 1981, pp. 128-129).

¹⁵ Lapointe, J. (1993) *L'approche systémique et la technologie de l'éducation*. Vol 1. No.1 p. 39 [En ligne : <http://www.sites.fse.ulaval.ca/reveduc/html/vol1/no1/apsyst.html> (consulté le 25 octobre 2010)]

¹⁶ La révolution des nanotechnologies [En ligne : <http://yankee.sierra77.free.fr/nanotechs/> (consulté le 25 octobre 2010)]

et lois universelles, qu'elles cherchent à dépasser pour augmenter sa connaissance de la réalité.

Ces limites de la connaissance scientifique peuvent être considérées comme des contraintes dans le sens où elles sont des « règles obligatoires qui réduisent la liberté d'action¹⁷ ». Ces règles obligatoires, aussi appelées lois universelles, sont le point, la finalité qu'une action ou une connaissance est incapable de franchir¹⁸. La limite scientifique peut donc se définir comme le point où la science ne peut plus avancer. Mais il importe de distinguer les *limites actuelles* du point de vue scientifique et les *limites nécessaires*, ou *ultimes* du point de vue moral. Pour constater les limites d'une recherche scientifique, il faut d'abord connaître et définir avec exactitude le but qu'une recherche veut atteindre. Les limites de la recherche constituent les obstacles au savoir qui empêchent d'atteindre le but défini préalablement.

Étant donné que la science se définit dans sa démarche par le franchissement de ses propres limites qui font obstacle au savoir, la question suivante se pose en ce qui concerne notre propre sujet de recherche : « y a-t-il des limites à l'avancement des connaissances scientifiques en matière de NBIC pour l'amélioration humaine? » Pour répondre à cette question, il faut bien se demander quel est le but ultime de l'amélioration humaine par la convergence NBIC. Si c'est le cyborg issu de la fusion de la nature biologique humaine et des technologies convergentes, quelles sont alors les limites scientifiques actuelles? La nature biologique humaine constitue-t-elle un obstacle au savoir scientifique permettant l'incorporation de ces technologies convergentes pour la création du cyborg? Si tel est le cas, elle pose une limite à l'idée du développement de ces technologies pour atteindre le cyborg comme but.

¹⁷ Définition de contrainte [En ligne : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Contrainte> (consulté le 25 octobre 2010)]

¹⁸ Lalande, André (2002) Vocabulaire technique et critique de la philosophie. Édition Quadrige/PUF. p.569.

2. La convergence NBIC est-elle limitée?

Nous entrerons progressivement dans la complexité de cette question en essayant d'abord de définir cette convergence qui est composée de technologies distinctes, organisées par des relations définies.

2.1 Qu'est-ce que veut dire l'acronyme NBIC?

L'acronyme NBIC désigne un champ scientifique multidisciplinaire où convergent plusieurs disciplines qui « visent à terme une sorte d'hybridation entre le naturel et l'artificiel¹⁹ ». Cette convergence NBIC forme le carrefour des domaines qui associent les nanotechnologies [N], les biotechnologies [B], les technologies de l'information [I] et les sciences cognitives [C].

Les nanotechnologies [N] sont les technologies qui opèrent sur des objets de taille moléculaire, inférieure au dixième de micron²⁰. Ces technologies renvoient aux

[...] activités scientifiques et technologiques menées à l'échelle atomique et moléculaire ainsi qu'aux principes scientifiques et aux propriétés nouvelles qui peuvent être appréhendés et maîtrisés au travers de ces activités. Ces propriétés peuvent être observées et exploitées à l'échelle microscopique ou macroscopique, par exemple pour mettre au point des matériaux et des dispositifs dotés de fonctions et de performances nouvelles.²¹

Ainsi, ces nanotechnologies permettent d'agir sur la matière, organique ou pas, de l'intérieur, d'en modifier la structure en intervenant sur la disposition des atomes qui la

¹⁹ Cité des sciences et de l'industrie [En ligne : http://www.cite-sciences.fr/lexique/definition1.php?idmot=482&iddef=1071&rech_lettre=N&num_page=&recho=&radiob=&resultat=&habillage=standard&lang=f&r&id_expo=25&id_habillage=42 (consulté le 26 octobre 2010)]

²⁰ Définition de nanotechnologie [En ligne : <http://dictionnaire.sensagent.com/Nanotechnologie/fr-fr/> (consulté le 25 octobre 2010)]

²¹ Communication de la Commission, *Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies*, COM (2004) 338 final. p. 4.

composent. Elles permettent de modifier certains mécanismes cellulaires, améliorant ainsi l'être humain ou ciblant des cellules malignes. On se rend compte que lorsque le niveau d'observation atteint celui de l'atome, les différences entre chimie, biologie et physique s'estompent.

La première définition des biotechnologies [B] proposée par l'OCDE en 1982 dans l'ouvrage *Biotechnologie : tendances et perspectives internationales*, et qui est encore admise aujourd'hui, à savoir : « l'application des principes de la science et de l'ingénierie au traitement de matières par des agents biologiques dans la production de biens et de services²² ». Cette large définition concerne les techniques visant à l'exploitation des micro-organismes, des cellules végétales et animales et de leurs constituants. C'est aussi l'étude des conditions de travail aux plans psychologique, physiologique, social et économique, et de l'adaptation de la machine à l'homme et une technologie utilisant des processus biologiques à des fins industrielles²³.

L'informatique [I] est la science qui étudie et met en pratique les différents moyens de traiter l'information grâce à des programmes et des machines spécialisés. C'est aussi l'ensemble des connaissances scientifiques et techniques qui permettent le traitement automatique et rationnel de l'information au moyen d'ordinateurs et de logiciels. En médecine, l'informatique est appliquée à un large domaine d'activités, telles, par exemple, l'enregistrement des données cliniques, statistiques et bibliographiques; l'automatisation des examens de laboratoire; le diagnostic et la thérapeutique; etc²⁴.

Les sciences cognitives [C] quant à elles regroupent un ensemble de disciplines scientifiques dédiées à l'étude et la compréhension des mécanismes de la pensée humaine,

²² Bull, Alan T., Geoffrey Holt and Malcolm D. Lilly (1982) *Biotechnology International trends and perspectives*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) P.18.

²³ Définition de biotechnologie [En ligne : <http://dictionnaire.sensagent.com/Biotechnologie/fr-fr/> (consulté le 25 octobre 2010)]

²⁴ Définition de informatique [En ligne : <http://dictionnaire.sensagent.com/Informatique/fr-fr/> (consulté le 25 octobre 2010)]

animale ou artificielle, et plus généralement de tout système cognitif, c'est-à-dire tout système complexe de traitement de l'information capable d'acquérir, conserver, utiliser et transmettre des connaissances. Les sciences cognitives reposent donc sur l'étude et la modélisation de phénomènes aussi divers que la perception, l'intelligence, le langage, le calcul, le raisonnement ou même la conscience. En tant que domaine interdisciplinaire, les sciences cognitives utilisent conjointement des données issues d'une multitude de branches de la science et de l'ingénierie, en particulier : la linguistique, l'anthropologie, la psychologie, les neurosciences, la philosophie, l'intelligence artificielle. Les sciences cognitives forment donc un champ interdisciplinaire très vaste dont les limites et l'articulation des disciplines constitutives entre elles font toujours débat²⁵. En somme, c'est l'ensemble de ces disciplines qui constituent les NBIC.

2.2 Quels sont les obstacles à vaincre dans le développement de la convergence NBIC?

Étant donné que nous avons défini les limites scientifiques comme des obstacles à vaincre dans la démarche scientifique pour atteindre un but, nous nous poserons différentes questions qui mettent en jeu cette définition des limites scientifiques au sujet du développement de la convergence NBIC pour atteindre le cyborg comme finalité.

2.2.1 En quoi l'échelle nanométrique constitue-t-elle une limite?

Le terme « Nano » (*Nanos*, nain en grec) désigne l'infiniment petit comme les atomes, les particules élémentaires, les molécules qui font maintenant l'objet d'exploration et d'intervention dans la nature. Les nanosciences et nanotechnologies permettent aux scientifiques d'observer et de travailler aux échelles atomiques, moléculaires et supramoléculaires entre 1 et 100 nanomètres (un milliardième de mètre ou 10^{-9} mètre) dans

²⁵ Définition de science cognitive [En ligne : http://dictionnaire.sensagent.com/Sciences_cognitives/fr-fr/ (consulté le 25 octobre 2010)]

la nature et dans l'être humain²⁶. Obadia, dans *l'Avis du conseil économique et social sur les nanotechnologies* de juin 2008 décrit le nanomètre en le faisant correspondre à l'échelle de l'atome (un atome d'hydrogène mesure environ 0.1 nm). Il représente cette échelle en comparant la taille d'un atome avec celle d'une orange et celle de la terre²⁷. Ainsi pour mieux le figurer, on peut imaginer qu'il y a la même différence de taille entre une orange et un atome qu'entre une orange et la Terre.

Pour illustrer l'évolution des nanotechnologies, plusieurs experts comme Steeve Jurvetson²⁸ ou encore Ray Kurzweil²⁹ pensent que la loi de Moore est la mieux adaptée. C'est en 1965 que Gordon Moore prédit, dans son article d'électronique³⁰, que le nombre de transistors dans les circuits intégrés doublera tous les ans, c'est un saut de 60 transistors à l'époque à 60 000 en 1975. Sur un graphique, cette loi est représentée par une droite dont la vitesse est constante. D'un autre point de vue, cette loi de Moore est simplement une loi empirique; une loi normative qui permet de coordonner tous les acteurs pour qu'ils progressent au même rythme. Ces avancées sont possibles uniquement grâce aux trésors d'inventivité déployés par les ingénieurs pour pouvoir suivre ce rythme infernal. Cette loi est donc une construction sociale, car c'est l'homme qui la rend réaliste.

Par contre, si l'on applique cette loi de Moore à la diminution de la taille minimale des appareils issus de la nanotechnologie, on observe une dissemblance. L'évolution réelle de la taille minimale des nanotechnologies s'observe à partir d'une feuille de route

²⁶ Roco, M.C., Bainbridge W., Alivastos, P. (2000), *Nanotechnology Research Directions*. IWGN Interagency Working Group on Nanoscience Workshop Report, Dordrecht, Boston, Kluwer. P. 3.

²⁷ Obadia, A (2008). Avis du conseil économique et social. *Les nanotechnologies*. République Française. [En ligne : <http://www.conseil-economique-et-social.fr/rapport/doclon/08070421.pdf> (consulté le 29 octobre 2010)]

²⁸ Jurvetson, S. dans Foster, L. (2006), *Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity*. «Chapitre 4» *Nanotechnology Commercialization: Transcending Moore's Law with Molecular Electronics and Nanotechnology*. Prentice Hall US : Pearson Education. pp. 33-56.

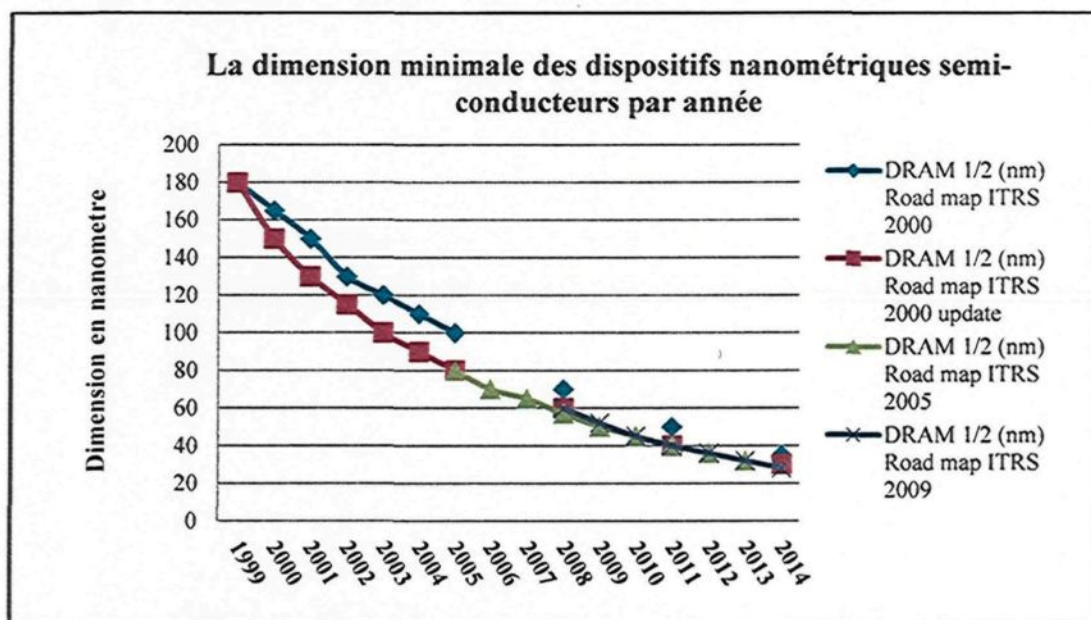
²⁹ Kurzweil, Ray. (2005), *The Singularity Is Near*. London: Penguin books Ltd. pp. 56-71.

³⁰ Moore, G.E. (1965) *Cramming more Components onto Integrated Circuits*, Electronics, 38 (8) ; dans Proc. IEEE, 86, 82 (1998), numéro spécial sur les 50 ans du transistor. [En ligne : <http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm> (consulté le 29 octobre 2010)]

(l'International Technology Roadmap for Semiconductors, la roadmap de l'ITRS) [qui est vu comme un] consensus international sur les moyens à développer pour continuer à progresser selon cette « loi de Moore »³¹.

Figure 1

L'illustration de la dimension minimale des dispositifs nanométriques semi-conducteurs (DRAM = type de barrette de mémoire vive) au cours des ans³²



En comparant la figure qui a été produite grâce aux données de l'ITRS par rapport à la loi de Moore, on observe que la ligne droite laisse la place à une courbe exponentielle inversée. La dimension nanométrique minimale que proposent les nanotechnologies diminue année après année de façon exponentielle et non linéaire. Cette courbe ressemblant à une courbe de décroissance exponentielle montre que le phénomène de diminution de la dimension nanométrique minimale ralentit grandement et se stabilise. Cette révélation

³¹ Weisbuch, C. et Brillouët, M. (2004) *Is there still plenty of room at the bottom? ou Où va la microélectronique?* [En ligne : <http://www.colidre-ft.asso.fr/html/weisbuch060704.htm> (consulté le 01 novembre 2010)]

³² Les données ont été obtenues sur le site internet de : International Technology Roadmap for semiconductors ? [En ligne : <http://www.itrs.net/reports.html> (consulté le 01 novembre 2010)]

montre que la technologie atteindra bientôt la limite de l'évolution des nanotechnologies dans l'espace. En se fiant à cette information, on peut émettre l'hypothèse que si la taille des nanocomposés se stabilise, l'échelle peut être considérée comme une limite à l'évolution de la nanoscience, car lorsque cette échelle sera stabilisée, la taille minimale réelle sera atteinte. De ce point de vue, la taille en soi est une limite à l'avancée scientifique. Selon Wautelet (2003)³³, la limite physique imposée aux dimensions des éléments provient de lois élémentaires de l'optique. Par contre, cette taille minimale réelle est assez réduite pour qu'il soit hypothétiquement possible de créer des technologies pouvant fonctionner à l'intérieur des organisations du monde du vivant. Il est donc possible que les scientifiques arrivent à créer un dispositif ayant pour but de fonctionner à l'intérieur de l'homme. Donc, même si la taille se révèle être une limite, elle ne semble pas limiter la nanotechnologie d'aujourd'hui et celle du futur. De plus, Wautelet (2003)³⁴ explique que deux voies complémentaires restent ouvertes : 1) diversifier les applications (utiliser ces nouvelles technologies pour d'autres fins) et 2) développer le domaine des nanotechnologies (« mettre au point des systèmes qui fonctionnent sur base de composants de dimensions de quelques dizaines de nanomètres »). Cette limite ne semble pas affecter le développement de la composante [N] dans la convergence NBIC.

Mais, en diminuant la taille des particules dont les scientifiques se servent pour faire avancer la technologie dans leur domaine, ils ont découvert que de nouvelles propriétés de la matière apparaissent en descendant à l'intérieur de l'échelle nanométrique. En plus de se concentrer sur la taille, la science et la technique s'appliquent à étudier ces nouvelles propriétés.

³³ Wautelet, M., Beljonne, D., Brédas, J.-L., Cornil, J., Lazzaroni, R., Leclère, P., Alexandre, M., Dubois P., Gillis P., Gossuin, Y., Muller, R., Ouakssim A., Roch, A., Gouttebaron, R., Hecq, M. and Monteverde, F. et coll. (2002) *Les nanotechnologies*. Dunod, paris : UniverScience. P. 3.

³⁴ Ibid., p. 4-5.

2.2.2 Les propriétés nouvelles de la matière à cette échelle représentent-elles une limite?

C'est Richard Feynman, dans sa conférence visionnaire, « *There's plenty of room at the bottom* », qui a jeté les fondements des nanotechnologies en imaginant, bien avant l'avènement du microscope à force atomique, la manipulation d'objets au niveau de l'atome. Cette perspective permet aujourd'hui de repenser le composant électronique à partir d'éléments nanométriques. Ces « nano » offrent ainsi de nombreuses possibilités dans de nombreux domaines tels que dans celui de la création de nouveaux matériaux aux propriétés innovantes ou dans la médecine. Pour Sheryl Ehrman³⁵, Ph. D. en ingénierie chimique de l'université de Californie, les nanoparticules sont utiles, car leurs propriétés (électroniques, magnétiques, catalytiques, mécaniques ou encore biologiques) à différentes formes et volumes prédéterminés peuvent avoir une utilité favorable comme lorsque leur taille offre la possibilité d'interagir avec les systèmes biologiques.

En 2008, dans son « *étude consacrée à une compréhension approfondie des interactions physicochimiques et biologiques entre deux modèles cellulaires présents dans l'environnement* »³⁶, Ophélie Zeyons décrit les impacts potentiels sur les humains et l'environnement des nanomatériaux (dimension <100 nm) qui sont utilisés dans de nombreuses applications grand public (cosmétique, matériaux nanostructurés...). Elle explique dans cette thèse que la complexité de l'étude des nanoparticules nécessite une approche différente (multidisciplinaire) de celle des tests de toxicité utilisés pour les composés classiques. Elle montre que les paramètres physicochimiques (stabilité, aggrégation, dissolution et état de surface) des nanoparticules dans le milieu de contact,

³⁵ Ehrman, S. dans Foster, L. (2006), *Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity*. «Chapitre 4» Nanoscale Material. Prentice Hall US : Pearson Education. pp.142-148.

³⁶ Zeyons, Ophélie. (2008). *Étude consacrée à une compréhension approfondie des interactions physicochimiques et biologiques entre deux modèles cellulaires présents dans l'environnement*. Thèse de doctorat publié [En ligne : tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/33/19/31/PDF/These_ophelie_zeyons.pdf (consulté le 01 novembre 2010)] - Pierre et Marie Curie, Ecole doctorale physique et chimie des matériaux Spécialité : Physicochimie, paris.

influencent fortement la toxicité observée sur les cellules [et que] les interactions physicochimiques (floculation, adsorption, mécanismes redox) sont liées au modèle biologique...³⁷. Le seul fait de changer la configuration d'une particule à cette échelle pourrait fortement augmenter sa toxicité sur la biologie humaine, par exemple. Zeyons explique quelles sont les nouvelles propriétés de la matière à cette échelle :

Leur très petite taille donne aux nanoparticules des surfaces spécifiques très importantes. Pour s'en convaincre, il suffit de considérer une microparticule cubique d'un micromètre de côté, le volume de cette microparticule sera de : $1 \mu\text{m}^3$ et sa surface spécifique de $6 \mu\text{m}^2$. Si l'on considère à présent que cette microparticule (de $1 \mu\text{m}^3$) est composée de nanoparticules cubiques de 1 nm de côté (soit 10^9nm^3), la surface spécifique cumulée de toutes les nanoparticules sera de $6 \cdot 10^9 \text{nm}^2$, soit $6 \cdot 10^3 \mu\text{m}^2$. À volume égal, la surface spécifique développée par les nanoparticules est donc 1000 fois plus importante que celle d'une microparticule. De même, le nombre d'atomes de surface augmente avec la diminution de la taille des nanoparticules et la réactivité étant souvent liée à des propriétés de surface, cela explique l'intérêt développé pour les nanoparticules³⁸.

C'est la loi mécanique des carrés et des cubes (en anglais square-cube Law) qui est à l'origine de cet effet.

Ceci peut s'expliquer facilement en mécanique par la loi dite "carré-cube", loi qui s'applique aussi à de nombreux autres domaines de la physique : si on divise par dix la dimension d'une pièce, son volume et donc son poids se réduit d'un facteur 1000 (le cube de 10) alors que sa surface totale et ses surfaces en contact avec d'autres pièces ne se réduisent que d'un facteur 100 (le carré de 10). Comme des forces 1000x plus faibles sont appliquées sur des surfaces 100x plus petites, l'objet miniature subit des contraintes mécaniques 10x plus faible, ou peut supporter des forces proportionnellement 10x plus grande.³⁹

³⁷ Ibid., p. 3.

³⁸ Ibid., p.21.

³⁹ Goulou (2007) *Mini Micro Nano Pourquoi Comment Combien* [En ligne : <http://drgoulou.com/2007/04/15/mini-micro-nano/> (consulté le 14 aout 2011)]

Cette loi explique pourquoi lorsqu'on divise un composé en deux parties égales, sa surface totale (où il peut y avoir des réactions chimiques) est multipliée par 1½. Entre autres, Zeyons (2008) explique que la composition des nanoparticules fait grandement varier leur réactivité. Les nanoparticules organiques (constituées majoritairement de polymères) se distinguent des nanoparticules métalliques (ex. : nanoparticules d'or ou d'argent), des oxydes métalliques (ex : Fe_2O_3 , TiO_2 qu'on retrouve dans les crèmes solaires) ou encore des composites (ex : quantum dots CdSe-ZnS) qui réagissent tous différemment. De plus, à l'inverse des matériaux classiques, les nanoparticules changent de propriétés en fonction de leur taille. Les plus petites des nanoparticules sont soumises à la fois aux phénomènes de la physique classique et à ceux de la physique quantique.

Dans cet ordre d'idée, le risque biologique potentiel des nanotechnologies dans le corps humain peut se résumer à leur petite taille. D'un côté, il est possible que la plupart des nanoparticules ne représentent pas un réel danger pour l'homme et l'environnement. De l'autre côté, il y a encore une absence de données toxicologiques précises et spécifiques sur le sujet. On peut donc supposer que les nanoparticules représentant ou non un danger réel puissent pénétrer dans les tissus vivants et passer à travers les membranes cellulaires. Une fois dans la cellule, il y a une possibilité que leurs propriétés catalytiques puissent générer des espèces radicalaires (ROS : Radical Oxygen Species) et causer de sérieuses altérations dans l'ADN. Ainsi, si certaines nanoparticules franchissent la barrière hématoencéphalique, il pourrait y avoir comme conséquence leur accumulation dans le cerveau. De plus, sur le plan de la démarche scientifique, il existe un risque non négligeable de toxicité par inhalation tout particulièrement pour les personnes travaillant dans des industries fabriquant des nanoparticules. Le nez a la capacité de barrer la route seulement aux plus grosses nanoparticules. Si les nanoparticules ultrafines s'accumulent dans les poumons, ils pourraient provoquer des effets délétères comparables à ceux observés dans le cas de

l'amiante. « En ce qui concerne l'environnement, la libération incontrôlée de nanoparticules [...] pourrait avoir de graves conséquences environnementales⁴⁰ ».

D'après André Neal 2008, sur les 80 000 produits chimiques enregistrés sur le marché américain, seuls 530 ont subi des tests sur la toxicité à court terme, et seulement 70 sur la toxicité à long terme ([Neal, 2008])⁴¹. Ces chiffres peuvent être expliqués par la difficulté à tester les nanoparticules qui se retrouvent avec des caractéristiques différentes que les particules d'un même composé à une taille plus grande. D'ailleurs, elle représente aussi une limite scientifique qui fait obstacle au développement des nanotechnologies convergentes pour l'amélioration humaine. Même si aujourd'hui cet aspect de la question de la limite scientifique n'est pas véritablement pris en compte, elle sera certainement appréhendée tôt ou tard. Mais on peut dire que même si aujourd'hui, les risques liés aux propriétés nouvelles de la matière à cette échelle représentent des barrières à l'avancement de la convergence NBIC du point de vue scientifique, à long terme, ces barrières tomberont, et ces propriétés représenteront peut-être des avantages. Il y a aussi entre-temps d'autres problèmes (obstacles) à régler. Ces propriétés nouvelles de la matière qui ont été observées sur les nanoparticules les plus petites nous renvoient encore pour l'instant à la question de la limite de la manipulation de la matière à cette échelle.

2.2.3 La manipulation de la matière à cette échelle constitue-t-elle une limite?

Comme il a déjà été annoncé sommairement dès le premier point sur les limites dans la perspective scientifique, il y a des limites physiques imposées aux dimensions des éléments :

⁴⁰ Ibid., p. 29.

⁴¹ Neal, A. L. (2008). *What can be inferred from bacterium-nanoparticle interactions about the potential consequences of environmental exposure to nanoparticles?* *Ecotoxicology*, 17(5): pp. 362–371.

Les limites physiques imposées aux dimensions des éléments proviennent des lois élémentaires de l'optique et de la mécanique quantique. En effet, pour mettre au point des structures de dimensions nanométriques, la précision des manipulations nécessite de bonnes conditions d'éclairage. C'est pourquoi on utilise des instruments d'optique très précis (pour concentrer la lumière en un point précis) tels que les lentilles, les diaphragmes, etc. La lumière est composée d'ondes électromagnétiques. Or ces ondes subissent un phénomène appelé diffraction lorsqu'elles traversent des instruments d'optique tels que les fentes. Dans les cas favorables, on obtient alors des taches lumineuses de dimensions comparables à la longueur d'onde du rayonnement, c'est-à-dire entre 0,4 et 0,8 micromètre. Ainsi, on peut difficilement manipuler des structures de dimensions inférieures à 0,5 micromètre par cette méthode. Il faut donc utiliser des rayonnements ultraviolets, ce qui pose d'autres problèmes techniques.⁴²

D'autres types de problèmes se posent. Par exemple, les plus petites particules élémentaires existantes obéissent aux lois de la mécanique quantique et la prise de mesure de ces éléments affecte leur état, ce qui empêche une bonne manipulation. Aussi, lorsque les scientifiques travaillent à une échelle aussi réduite, ils se retrouvent à la croisée des chemins de plusieurs sciences. Pour faire avancer les technologies convergentes à cette échelle nanométrique, ils se doivent de dépasser les frontières qui distinguent les sciences du vivant et du non-vivant à une plus grande échelle. En effet, à cette échelle nanométrique, un élément utilisé par un scientifique peut autant faire partie d'un système vivant (par exemple, un biologiste travaillant au niveau élémentaire sur un système biologique) que d'un système non vivant (par exemple, un ingénieur-informaticien travaillant au niveau élémentaire sur un système informatique). Comme dit Donald Fitzmaurice, l'idée de la convergence des nanotechnologies et des biotechnologies impliquent des problèmes à surmonter entre le vivant et le non-vivant :

This grand convergence of biotechnology and nanotechnology is going to blur the distinction between the animate and inanimate worlds, which could

⁴² La révolution des nanotechnologies [En ligne : <http://yankee.sierra77.free.fr/nanotechs/> (consulté le 01 novembre 2010)]

cause problems because the way we organize our society is based on a well-defined distinction between living and non-living.⁴³

La limite la plus évidente à court terme dans le contexte de la manipulation de la matière nanométrique semble celle des techniques utilisées qui nécessitent d'être améliorées pour cet usage. Par contre, elles évoluent à un bon rythme. D'ailleurs, les spécialistes dans différentes sciences utilisent déjà les nanotechnologies dans leur domaine de recherche.

2.2.4 Y a-t-il une limite à la multidisciplinarité de la convergence des NBIC?

Comme nous l'avons vu plus haut, l'acronyme NBIC désigne un champ scientifique multidisciplinaire où convergent plusieurs disciplines qui « visent à terme une sorte d'hybridation entre le naturel et l'artificiel⁴⁴ ». Elle signifie que certains scientifiques étudient les possibilités de la convergence des nanotechnologies avec les biotechnologies, les technologies de l'information et les sciences cognitives pour l'amélioration des performances humaines⁴⁵. Le rapport américain *Ethics of human enhancement* annonce que cette méthode multidisciplinaire n'est pas limitée par les méthodes naturelles pour augmenter nos performances humaines :

Now we are not limited to “natural” methods to enhance ourselves or to merely wield tools such as a hammer or binoculars or a calculator. We are beginning to incorporate technology within our very bodies, which may hold moral significance that we need to consider. These technologies promise great benefits for humanity—such as increased productivity and creativity, longer lives, more serenity, stronger bodies and minds, and more—though,

⁴³ Fitzmaurice, D. University College Dublin dans ETC group (2008) *Downsizing Development: An Introduction to Nano-scale Technologies and the Implications for the Global South*, United Nations, New York and Geneva. P. 56.

⁴⁴ Cité des sciences et de l'industrie [En ligne : http://www.cite-sciences.fr/lexique/definition1.php?idmot=482&iddef=1071&rech_lettre=N&num_page=&recho=&radiob=&resultat=&habillage=standard&lang=f&id_expo=25&id_habillage=42 (consulté le 01 novembre 2010)]

⁴⁵ Roco, M. C. et Bainbridge W. S. (2002) (dir.), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, National Science Foundation, Arlington, Virginia [En ligne : http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf (consulté le 22 novembre 2010)]

as we will discuss later, there is a question whether these things translate into *happier* lives, which many see as the point of it all (President's Council on Bioethics, 2003; Persaud, 2006).

[...] Together with ever-shrinking computing devices, we appear to be moving closer to cybernetic organisms (or “cyborgs”), that is, where machines are integrated with our bodies or at least with our clothing in the nearer-term. Forget about Pocket PCs, mobile phones, GPS devices, and other portable gadgets; we might soon be able to communicate and access those capabilities without having to carry any external device, thus raising our productivity, efficiency, response time, and other desirable measures—in short, enabling us to even better survive our world.⁴⁶

Comme le précise l'*Avis - Enjeux éthiques des nanosciences et nanotechnologies COMETS* du 12 octobre 2006, ce qu'il y a de nouveau par rapport aux méthodes dites « naturelles » qui ont des buts limités (comme celui d'obtenir une meilleure représentation de la nature), c'est que les développements pressentis de la convergence n'ont pratiquement aucune limite, car cette méthode multidisciplinaire procède à des questions et des motivations beaucoup plus pragmatiques que d'accroître les performances humaines :

La nouveauté se manifeste d'abord dans la nature des questions et motivations. Le champ des nanosciences et nanotechnologies ne procède vraiment ni d'une volonté d'obtenir une meilleure représentation de la nature – comme le fait par exemple la théorie de la relativité – ni d'une volonté d'inventer des machines ou dispositifs plus efficaces. C'est une motivation qui semble beaucoup plus pragmatique : l'accès à une échelle de grandeur ouvre un éventail de phénomènes et de possibilités à exploiter, qui est démultiplié par l'existence d'une convergence entre plusieurs secteurs de recherche.

En effet, les nanosciences et nanotechnologies croisent les techniques et les intérêts des autres domaines comme les biotechnologies parce que le vivant élabore ses structures à l'échelle nanométrique et fournit un éventail considérable de nanomachines ou nanoprocessus pouvant servir de modèles (biomimétisme) autant que de ressources (hybridation) pour des dispositifs techniques; les sciences de l'information et de la communication : la course

⁴⁶ Allhoff, Fritz, Patrick Lin, James Moor and John Weckert (2009) *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions & Answers*. Version 1.0.0 US National Science Foundation p. 5-6.

à la miniaturisation – encouragée par la fameuse loi de Moore – atteindra bientôt les limites de la gravure sur silicium et incite à la réalisation d'ordinateurs quantiques; les sciences cognitives : les neurosciences, qui traitent le cerveau comme un ensemble de connexions neuronales, et la recherche en intelligence artificielle reposent sur le même postulat de nanomachines capables d'accomplir des tâches spécifiques.

La convergence de ces domaines, souvent désigné par l'acronyme *NBIC* (pour *Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*) est à la fois le constat d'un état de fait, un programme ambitieux et officiellement encouragé aux États-Unis. Il ne vise à rien de moins qu'à l'unification des sciences et à l'accroissement des performances humaines, grâce à des effets de synergie entre les quatre composantes. Ainsi, du fait de ces convergences, un programme de recherches, apparemment bien délimité, peut-il prendre un sens global, qui dépasse les intentions ou finalités de ceux qui le conduisent. Alors que la parcellisation des recherches tendait à déresponsabiliser les chercheurs, en les concentrant sur un problème particulier, isolable d'un contexte, la convergence entre plusieurs champs de recherche tend, à l'inverse, à concevoir les recherches en association avec un milieu naturel ou technique, et même à les penser d'emblée en lien avec des usagers.⁴⁷

La Commission de l'éthique de la science et de la technologie (CEST) du Québec en 2006 suppose également qu'il n'y a pas de normes constitutives qui font obstacle au développement de cette convergence dans le champ multidisciplinaire des NBIC. D'après les humanistes, les scientifiques qui ne respectent pas ces limites éthiques minimales se déresponsabilisent. Elle présente l'exemple d'un biologiste qui utilisera des nanoparticules ferromagnétiques fabriquées par un chimiste dans la recherche d'un nouveau traitement contre une maladie, d'un physicien qui se servira de l'ADN pour filtrer des nanotubes de carbone et d'un chimiste qui utilisera la *microscopie en champ proche* développée par un physicien pour observer ses molécules synthétiques :

⁴⁷ Centre national de la recherche scientifique (12 octobre 2006) COMETS *Avis enjeux éthiques des nanosciences et nanotechnologies*. P.13-14. [En ligne : http://www.cnrs.fr/fr/organisme/ethique/comets/docs/ethique_nanos_061013.pdf (consulté le 22 novembre 2010)]

Chacun contribue ainsi au progrès de la recherche dans sa propre discipline et, par voie de conséquence, dans le vaste secteur des nanotechnologies. D'où la difficulté de nommer les réalités du domaine et d'en arriver à l'établissement d'une nomenclature suffisamment claire et précise pour se prêter à la mise en place de normes en matière de protection de la santé et de l'environnement. La multidisciplinarité du domaine et le vaste potentiel des nanotechnologies rendent possible la convergence des disciplines qui sont engagées dans le développement et l'utilisation des nanotechnologies.⁴⁸

Cette multidisciplinarité semble sans limite d'un point de vue scientifique et éthique car il n'y a pas encore de normes bien établies sur ce sujet. Cette absence de limite peut conduire à une déresponsabilisation qui représente une limite au sens où, si cette déresponsabilisation mène la société civile à perdre confiance en la science, il pourrait en résulter un moratoire sur les nanotechnologies comme cela a été le cas un certain temps pour les biotechnologies. Par contre, si cette déresponsabilisation est négligée et que la société n'en fait pas de cas, il en résultera pratiquement une absence de limite. Est-il toutefois possible dans ce cas que la science soit toujours en mesure de favoriser cette convergence des NBIC?

2.2.5 Les scientifiques sont-ils en mesure de favoriser cette convergence des NBIC?

Il est prévu que les applications d'une telle convergence NBIC continueront d'évoluer et ainsi de nombreuses possibilités inattendues d'amélioration de l'humain surgiront à mesure que la connaissance du potentiel des nanotechnologies se répandra dans tout l'éventail de recherche. Certains experts ([Kurzweil 2005; Gingrich dans Roco et Bainbridge 2002]) proposent la courbe en « s » pour imager la multidisciplinarité et la convergence des NBIC. En réalité, cette courbe est utilisée pour décrire la relation entre les investissements, les efforts dans un domaine technologique ou encore d'un procédé et le résultat en performance produite par l'investissement. Il est important de se référer à ce type

⁴⁸ Commission de l'éthique de la science et de la technologie. (2006) Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir p.10 [En ligne : http://www.ethique.gouv.qc.ca/index.php?option=com_docman&Itemid=70 (consulté le 01 novembre 2010)]

de courbe pour comprendre qu'il faut mettre des efforts afin d'obtenir la performance voulue. Si l'on voulait résumer la courbe en « s » par rapport aux nouvelles technologies, il faudrait dire que c'est un processus lent, qui requiert des années d'incubation. Souvent, les nouvelles technologies apparaissent comme une solution pour régler un problème, mais elles créent de nouveaux problèmes à leur tour. Ces nouveaux problèmes sont de l'ordre du possible en science, car selon la troisième loi de Newton⁴⁹, pour chaque action il y a une réaction égale et opposée, alors il se peut que les solutions qui seront trouvées grâce à ces nouvelles technologies nous apportent d'autres problèmes. Les connaissances de base ainsi que les outils produits par ces nouveaux développements doivent être mis en place progressivement pour surmonter les problèmes qui se présenteront. Mais éventuellement, des limites seront atteintes. Pour chaque produit en développement, une courbe en « s » peut être réalisée pour le démontrer. Dans l'avenue où les nanotechnologies ont une portée presque infinie sur les produits à venir, on peut imaginer une multitude de ces courbes sur un même graphique. Mais, comme le dit Lynn E. Foster, chaque technologie est limitée⁵⁰.

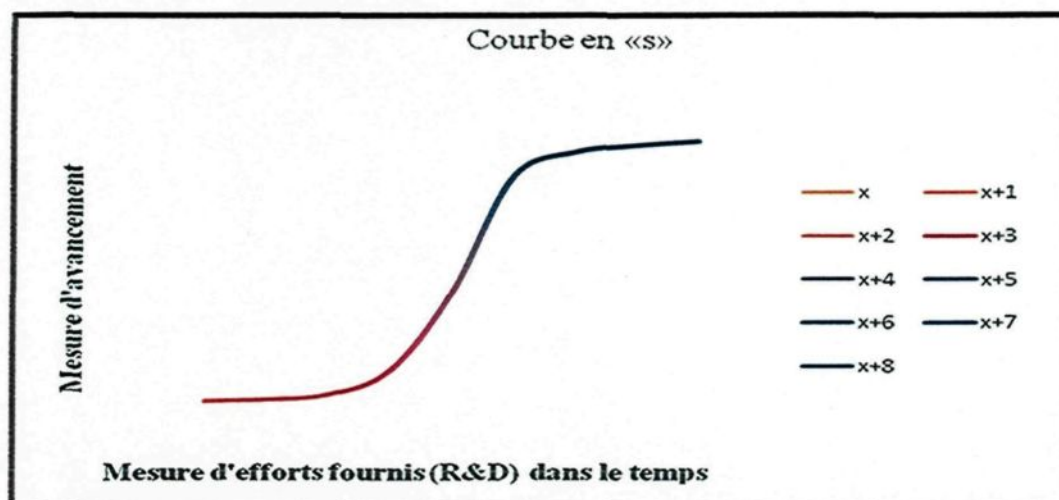
Gringrich dans Roco and all. 2002 décrit cette courbe en « s », illustrée dans la figure 2 ci-dessous, qui évolue selon le niveau d'avancement par rapport aux efforts mis en œuvre⁵¹.

⁴⁹ La troisième loi de Newton [En ligne :http://fr.wikipedia.org/wiki/Lois_du_mouvement_de_Newton (consulté le 22 novembre 2010)]

⁵⁰ Foster E. Lynn (2006) *Nanotechnology Science, Innovation and opportunity*. Prentice Hall US. Massachusetts p. 8.

⁵¹ Gringrich N. dans M. Roco et William Sims Bainbridge, (2002), *Converging Technologies for Improving Human Performance* Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science NSF/DOC-sponsored report National Science Foundation June 2002 Arlington, Virginia. p. 36.

Figure 2
L'illustration d'une courbe en « s » normale



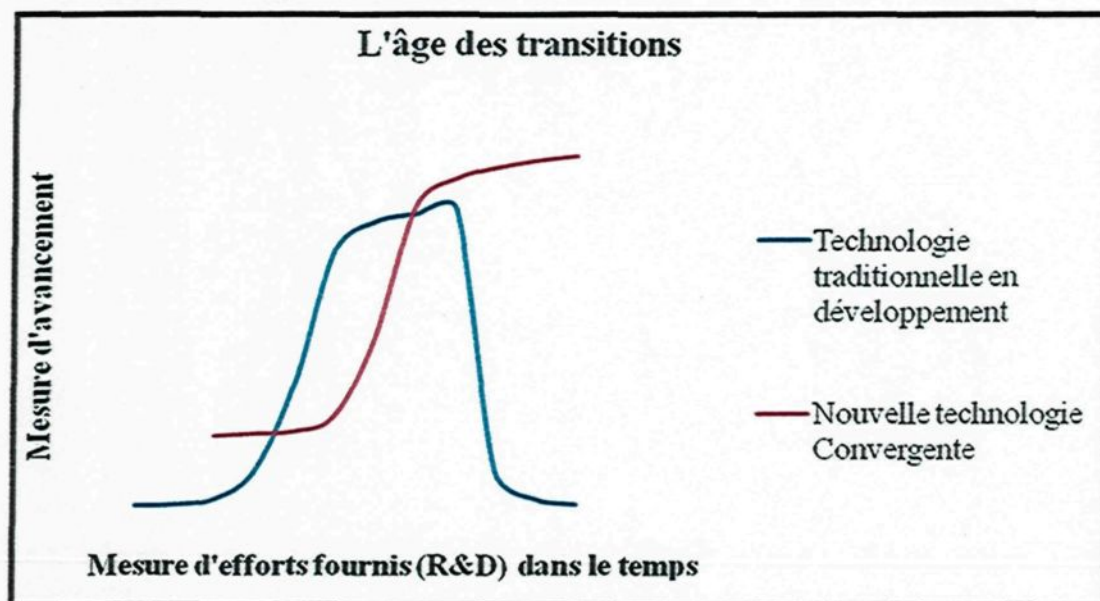
La courbe en « s » normale s'amorce par un développement lent de la nouvelle technologie qui est représenté ci-dessus par la première partie de la courbe qui est une droite horizontale. Par la suite, elle passe à une phase d'expansion rapide du développement qui est figuré par la partie qui se courbe pour devenir quasiment verticale. À ce moment, l'effort fourni aboutit à une formidable augmentation de l'avancement. Enfin, la courbe se stabilise et s'aplanit. À ce stade, lorsque la technologie a atteint sa maturité, les efforts fournis produisent considérablement moins d'avancement.

Aussi, pour décrire la révolution des nanotechnologies, il utilise le même type de courbe, plusieurs fois pour les adapter à la situation. Il l'a nommé l'âge des transitions⁵², qui est représenté ci-dessous.

⁵² Ibid., p. 37.

Figure 3

Exemple de plusieurs courbes en « s » montrant l'âge des transitions

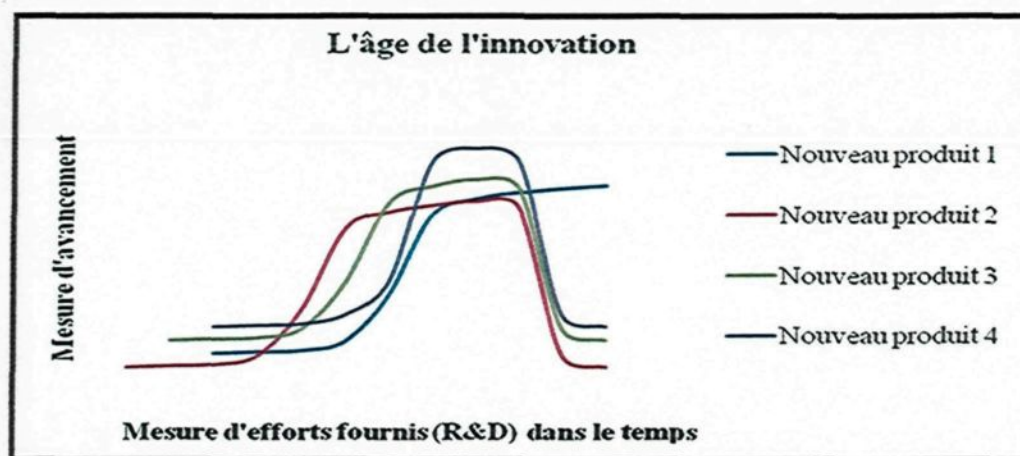


Dans ce graphique, on peut observer que les technologies en développement suivent une courbe en « s » normale tandis que les nouvelles technologies convergentes suivent une courbe où l'avancement est plus en avant que la technologie développée normalement. Les technologies convergentes commencent leur développement plus tard que les technologies traditionnelles, croisent la courbe de ces technologies pour les dépasser sans pour autant demander plus d'efforts et parviennent finalement à un plus grand avancement technologique. Par la suite, les produits créés à partir des nouvelles technologies devraient avoir une meilleure qualité/prix que ceux créés par les technologies traditionnelles. Ces derniers ne pourront pas concurrencer les produits des nouvelles technologies convergentes même s'ils fournissent une même mesure d'effort, voire même un plus grand effort. L'illustration ci-dessous démontre bien que les nouvelles technologies convergentes arriveront à un point où les efforts fournis produiront une mesure d'avancement plus grande que les technologies traditionnelles en développement qui finiront par ne plus pouvoir les concurrencer et deviendront désuètes.

Par cette possibilité de développement des technologies plus rapides, les NBIC sont favorisés dans tous les secteurs, étant donné qu'une grande partie des technologies convergent vers les nanotechnologies. Les NBIC touchent donc différents niveaux d'amélioration qui donnent lieu au développement de plusieurs produits qui sont décrits dans la courbe suivante ([Roco dans Roco et Bainbridge, 2002]). Cette courbe de l'âge de l'innovation⁵³ montre plusieurs produits qui sont créés approximativement en même temps grâce à l'innovation et à la convergence des NBIC.

Figure 4

L'illustration de plusieurs courbes en « S » représentant l'âge de l'innovation



Selon cet exemple, les scientifiques favorisent réellement les avancées des NBIC et semblent aider à augmenter la cadence de leur évolution. Dans ces circonstances de l'âge de l'innovation où une multitude de produits sont développés simultanément, il est difficile de voir les obstacles qui pourraient limiter un tel développement.

Comment savoir clairement si les scientifiques seront en mesure de favoriser cette convergence des NBIC? Cette question renvoie à plusieurs difficultés selon les niveaux

⁵³ Roco M. dans Roco M. et Bainbridge, W. (2002), *Converging Technologies for Improving Human Performance* Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science NSF/DOC-sponsored report National Science Foundation June 2002 Arlington, Virginia. P. 79.

d'amélioration humaine qu'il faudrait être en mesure de mieux comprendre pour lui apporter une réponse claire.

2.2.5.1 Les différents niveaux d'amélioration par les NBIC

Les niveaux d'amélioration des NBIC sont difficiles à définir, car ils peuvent être classés de diverses façons. Chacune des technologies dans le développement des NBIC peut être décortiquée seule et entremêlée pour donner une multitude de niveaux d'amélioration distincts. Pour comprendre ces niveaux d'amélioration des NBIC, il faut partir des différents niveaux de convergence de la science. Le tableau 1 ci-dessous présente ces différents niveaux.

Tableau 1

La science : Nano-bio-cogno-socio-techno convergence : différents niveaux d'amélioration⁵⁴

	Système	Encodage	Processus	Réplication
Nano-technologie	Matière (nature)	Atome et molécules	L'univers de l'atome	Galaxie, soleil, système de planètes
Biologie	Vie (nature)	ADN	Des cellules aux écosystèmes	Évolution
Science cognitive	Penser (humain/nature)	Cerveau	Réseaux de neurones	Évolution — Culture
Sociologie	Culture (humain)	Gens	Organisation	Évolution — Culture
Technologie de l'information	Technologie (humain)	« Bites » et objets (fabrications)	Ordinateurs	Conception — Fabriques

⁵⁴ Spohrer J. (2003) *Nano-bio-cogno-socio-techno convergence for enhancing human performance : Perspectives on the great unsolved problems of learning* AECT Workshop, Book of problems. Anahem, CA. [En ligne : <http://www.learndev.org/ppt/BOP-AECT2003-Spohrer.pdf> (consulté le 03 novembre 2010)]

Si, comme nous l'avons signifié au début de ce chapitre, les limites constituent des obstacles au savoir qui empêchent d'atteindre le but visé qu'est l'amélioration humaine, ce tableau aide à comprendre que les NBIC ont comme but commun un nombre incalculable d'innovations et d'améliorations à différents niveaux. C'est pourquoi il est difficile d'en signifier la limite. Il est donc important de se concentrer sur un seul type d'amélioration pour pouvoir en signifier la limite. Par exemple, quelle est la limite de la convergence des NBIC qui poursuit le but d'allonger la vie? Dans ce cas, il faut laisser de côté les améliorations qui sont dites externes (en dehors du corps humain) qui semblent moins limitées au point de vue scientifique, pour s'intéresser aux améliorations dites internes.

Or, dans la section des améliorations internes, il y a deux différentes classes, celle des améliorations internes temporaires comme les nouveaux médicaments ou les aliments et celle des améliorations internes permanentes comme les nouveaux organes, les nouveaux senseurs ou encore les nouveaux gènes. Quels sont alors les obstacles (limites) spécifiques qu'on doit vaincre? Ne sont-ils pas multiples quand les NBIC doivent vaincre toutes les maladies qui provoquent la mort?

2.2.5.1.1 La question de la faisabilité?

Cette question choisie dans le cadre de cette recherche suscite beaucoup de controverse dans le milieu scientifique. Depuis qu'Eric Drexler (1990)⁵⁵ a parlé de nanorobots, dans le but de réparer les blessures internes du corps humain et ainsi allonger l'espérance de vie humaine, ce projet visionnaire hante l'imaginaire collectif ainsi que celui des scientifiques. Si le but est de créer des nanorobots, quelles sont les lois, les règles obligatoires qui empêchent la science d'y aboutir? C'est donc dans cette perspective de la recherche d'une réponse à cette question qu'il nous est possible de suivre les traces des limites scientifiques du développement des NBIC.

⁵⁵ Drexler, E. (1990) *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology* US : Anchor books (Traduction libre). P.115.

Les écrits scientifiques portant sur les limites du développement des NBIC pour l'amélioration humaine et notamment sur la faisabilité des nanorobots font le plus souvent partie d'un programme scientifique impliquant des chercheurs de différentes disciplines. Ce type de recherche en nanotechnologie est encore aujourd'hui considéré comme futuriste et ses limites font partie de l'inconnu. Pourtant en 2004, la revue britannique *New Scientist*, dans son numéro du 28 février, a annoncé que le chercheur américain Carlos Montemagno et ses collègues de l'Université de Californie (Los Angeles) ont mis au point un nanorobot animé à partir d'un muscle cardiaque de rat. Cette « machine » constituée d'un fil de silicium en arc de voûte au-dessous duquel sont attachées les fibres cardiaques n'est pas plus épaisse qu'un cheveu humain (Ananthaswamy, 2004)⁵⁶. Depuis, plusieurs « nanomachines » ont été créées.

Par contre, les nanorobots que l'on pense utiliser pour l'amélioration de la vie humaine restent de l'ordre du fantasme, car ils doivent posséder des caractéristiques beaucoup plus complexes que le nanorobot décrit ci-dessus. En effet, comme le décrit Ray Kurzweil dans son livre *The singularity is Near*⁵⁷, ces nanorobots doivent être composés de deux éléments distincts : le nanoordinateur qui contient un programme complexe comprenant une communication sans fil et le nanoassembleur qui a la possibilité de construire des structures avec ce qu'il trouve dans son environnement. Pour définir ces nanorobots, Kurzweil s'est basé sur la vision que décrit Drexler dans sa thèse de doctorat au MIT, qui fit ses classes en tant que disciple de Richard Feynman. Drexler pensait que ces nanorobots pourraient réparer le corps humain :

Perhaps the most exciting goal is the molecular repair of the human body.
Medical nanorobots are envisioned that could destroy viruses and cancer

⁵⁶ Ananthaswamy, Anil. (2004) *First robot moved by muscle power*, New Scientist, (traduction libre) [En ligne : <http://www.newscientist.com/article/dn4714-first-robot-moved-by-muscle-power.html> (consulté le 10 janvier 2011)]

⁵⁷ Kurzweil, Ray. (2005), *The Singularity Is Near*. London: Penguin books Ltd. P. 23.

cells, repair damaged structures, remove accumulated wastes from the brain and bring the body back to a state of youthful health.⁵⁸

Kurzweil soutient que les progrès de l'informatique à l'échelle nanotechnologique rendront bientôt possible la fabrication de ce nanorobot. Mais celui-ci ne constitue-t-il qu'une étape dans le développement des NBIC? Quelles règles obligatoires à respecter empêchent présentement la science d'y aboutir afin d'allonger la vie humaine? Kurzweil (2005) décrit la *version 2.0* du corps humain comme plus durable et capable grâce aux nanorobots:

Billions of nanobots will travel through the bloodstream in our bodies and brains. In our bodies, they will destroy pathogens, correct DNA errors, eliminate toxins, and perform many other tasks to enhance our physical well-being. As a result, we will be able to live indefinitely without aging.

In our brains, the massively distributed nanobots will interact with our biological neurons. This will provide full-immersion virtual reality incorporating all of the senses, as well as neuronal correlates of our emotions, from within the nervous system. More important, this intimate connection between our biological thinking and the non biological intelligence we are creating will profoundly expand human intelligence.⁵⁹

Par contre, Richard Smalley dans un article paru dans *Scientific American* en 2001 intitulé, *Of Chemistry, Love and Nanobots* qualifie ces nanorobots d'œuvres de science-fiction.

Une importante distinction est abordée actuellement dans le traitement de la question. En un sens, les nanorobots peuvent être vus comme des petites machines qui sont introduites dans le corps et qui sont faciles à retirer parce qu'elles ne sont pas directement intégrées au corps de l'individu. Dans ce sens, on pourrait les classer dans les améliorations humaines internes et temporaires, mais il faut considérer que leur but serait de prolonger la

⁵⁸ Drexler K. Eric in Roukes L. M. and, Fritz, S. (2002) *Understanding nanotechnology*, Scientific American inc. and Byron Preiss visual Publication, Warner books. p. 105.

⁵⁹ Kurzweil, Ray. (2005), *The Singularity Is Near*. London: Penguin books Ltd. p. 300.

vie en réparant les imperfections et les blessures de leur hôte. Si l'on tient pour acquis que ces nanorobots peuvent faire leur travail uniquement s'ils restent indéfiniment à l'intérieur du corps, il faut alors les considérer comme des améliorations humaines internes et permanentes. Il est impératif de les considérer comme tels, car lorsque les nanorobots circuleront dans notre corps pour détruire les agents pathogènes, corriger les erreurs de notre ADN ou encore éliminer les toxines comme le décrit Kurzweil (2005), il y aura aussi des nanorobots défailants ou intrus qui auront des conséquences négatives qui pourraient être aussi importantes que les bénéfices escomptés. De plus, le corps humain risque de cesser de produire les anticorps ou encore les hormones utiles à notre santé de la même façon que les glandes sécrétrices de testostérone chez l'homme régressent lorsque d'importantes doses de cette hormone sont introduites dans le corps sur une longue période. Si le corps humain s'habitue à l'aide des nanorobots, il sera impossible de les retirer en cas de problème sans mettre en danger l'équilibre de celui-ci.

De plus, pour la question de la faisabilité, il faut prendre en compte que les promesses qui sont parfois faites au sujet des nanotechnologies peuvent être irréalistes. La CEST explique :

Il existe une similitude entre les promesses qui accompagnent le développement des biotechnologies et celles qui marquent les progrès de la génétique, similitude qui se caractérise par une certaine exagération des retombées attendues (en anglais, le « *hype* »). Dans le premier cas, notamment en ce qui concerne les organismes génétiquement modifiés, il pourrait être possible de régler des problèmes comme celui de la faim dans le monde, de l'alimentation en eau potable des pays les plus défavorisés à cet égard, de produire des aliments comportant toutes les vitamines nécessaires, de l'avènement d'un mode de production agricole à la fois plus écologique et plus performant, etc. Dans le deuxième cas, il pourrait être possible d'éradiquer les gènes de la maladie ou d'intervenir directement sur eux pour contrer la maladie ou, encore, de pouvoir associer des gènes à différents types de comportements afin d'intervenir pour les modifier. Or, les promesses sont encore plus nombreuses lorsqu'il est question des nanotechnologies en raison de la diversité des domaines dans lesquels l'innovation nanotechnologique peut prendre place, qu'il s'agisse de la santé,

de l'énergie, de l'environnement, de l'agriculture et de bien d'autres encore, dans les pays développés comme dans les pays en développement.

Des promesses irréalistes pourraient nuire aux nanotechnologies plutôt que les aider à s'implanter sur le marché. [...] À cet égard, il convient donc de mesurer les avantages et les bénéfices par rapport à d'autres moyens techniques, qui pourraient parfois s'avérer un choix plus judicieux pour une foule de raisons, comme des coûts de développement et d'exploitation moindres pour des bénéfices tout aussi grands.⁶⁰

Toutes ces questions à propos de la faisabilité constituent une limite au développement scientifique des NBIC pour l'amélioration de l'homme. Mais, qu'en est-il lorsque les nanorobots qui seront développés grâce à cette technologie sont présentés comme une simple étape dans une approche plus complexe.

2.2.5.1.2 Le nanorobot présenté comme une simple étape dans une approche plus complexe.

Le nanorobot produit par les NBIC pour l'amélioration humaine n'est certes encore qu'une étape incertaine dans les règles méthodologiques de ce développement des NBIC pour allonger la vie. Car lorsque Patricia Connolly de l'University of Strathclyde parle de la nanotechnologie et de l'extension de la vie, elle fait allusion aux NBIC, à leur habilité d'améliorer les performances humaines et à la question de savoir comment les nanotechnologies vont rallonger la vie⁶¹. Elle définit brièvement les obstacles majeurs qui peuvent ressortir comme des règles interdisciplinaires difficiles à suivre du développement de cette convergence. Ces règles apparaissent comme des obstacles difficiles à surmonter par rapport aux connaissances présentes en biosciences et en médecine. Dans leur développement encore incertain, les technologies convergentes requièrent une approche

⁶⁰ Commission de l'éthique de la science et de la technologie du Québec (2006), dans son Avis - *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*. p. 21. [En ligne : http://www.ethique.gouv.qc.ca/index.php?option=com_docman&Itemid=70 (consulté le 11 juillet 2011)]

⁶¹ Connolly dans Roco M.C. et William Sims Bainbridge, eds *Converging Technologies for Improving Human Performance* Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science NSF/DOC-sponsored report National Science Foundation. June 2002 Arlington, Virginia. p. 164.

holistique qui considère toutes les avenues en passant de l'humain, par l'organe, la cellule et la molécule qui seront touchés par la cascade complexe de cette nanotechnologie. Il est important de voir ce besoin d'envisager cette approche holistique par la complexité du projet qui demeure la première règle méthodologique à ne pas ignorer. Pour arriver à créer cette approche, il sera nécessaire de comprendre que l'interface cellule-molécule ou en d'autres termes, les interactions micro-nanoéchelles seront un facteur dans la demande continue en nanobiotechnologie. L'approche holistique réussie demandera la création d'équipes interdisciplinaires et de l'échange d'informations. Il est possible d'imaginer les niveaux possibles d'intervention et certaines solutions émergentes où les nanobiotechnologies auront un rôle dans la réparation ou le remplacement d'éléments endommagés. Par exemple, sur l'être humain, on peut facilement imaginer des thérapies ciblées contre le cancer ou encore des appareils d'assistance cognitive. Pour remplacer les organes malades, on pourra créer des organes artificiels, une libération de drogue localisée ou une stimulation neurale. Pour les cellules, on pourra concevoir des matériaux cellulaires améliorés. Pour les molécules, on pourra fabriquer des appareils de thérapie génique ou inventer des techniques de diagnostic plus rapide.

Toutes ces possibilités peuvent facilement mener les scientifiques dans une impasse au sens où lorsqu'ils travaillent à l'échelle la plus petite, ils devront prendre en compte toutes les possibilités de risque technologique (risque engendré par la défaillance d'un système potentiellement dangereux), chaque fois que l'échelle augmente : de la particule à la molécule, en passant par la cellule et l'organe, jusqu'à l'individu touché par le changement. Dans une approche aussi complexe, il faut arriver à distinguer le fantasme de la réalité. Par exemple, il y a déjà des risques élevés à faire des interventions sur le corps humain, par exemple, « In cardiovascular surgery, for example, reaction to physical intervention and surgical materials can lead to Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS), and in a small percentage of cases, this will in turn lead to multiple organ failure and death. »⁶²

⁶² Khan, Spychal, and Pooni (1997) dans Connolly dans Roco M.C. et Bainbridge, W. (2002) *Converging*

Kahn, par cet exemple montre que les risques dans les interventions ne sont pas limités aux endroits qui sont touchés par celles-ci; les conséquences négatives peuvent se faire sentir dans les organes et même sur tout le corps.

3. Quelles sont les distinctions entre les fantasmes et la réalité des domaines scientifiques et techniques?

Les nanotechnologies convergentes sont souvent divisées en deux grandes catégories; les nanotechnologies normales et les nanotechnologies futuristes. Les nanotechnologies normales couvrent les sujets dans lesquels les scientifiques, les ingénieurs et le monde des affaires sont les plus engagés autour du monde⁶³. Tous les produits provenant des nanotechnologies qui sont mis en marché ou qui le seront bientôt, font partie de cette catégorie. C'est aussi dans cette catégorie que le gouvernement investit considérablement pour rebâtir son économie. Les six champs prioritaires dans le contexte de l'amélioration de la santé et les capacités physiques humaines par le développement des NBIC sont : 1) les nanobiprocresseurs, 2) les nano implants d'auto-surveillance de bien-être physiologique et de dysfonction, 3) les recherches nanomédicales et les interventions de surveillance et de robotiques, 4) les multimodalités contre les détériorations visuelles et auditives, 5) les interfaces cerveau à cerveau et cerveau à machine et 6) les environnements virtuels⁶⁴.

Les nanotechnologies futuristes sont très différentes. Bien qu'elles soient construites sur les bases des nanotechnologies normales, elles focalisent sur la construction de produits atome par atome en utilisant une fabrication moléculaire. Ce type de nanotechnologie ne sera pas sur le marché avant un long moment. Les nanorobots font partie de cette catégorie.

Technologies for Improving Human Performance Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science NSF/DOC-sponsored report National Science Foundation June. Arlington, Virginia. p. 164.

⁶³ O'Mathuna, D. (2009), *Nanoethics: Big Ethical Issues with Small Technology*, Continuum. P.IX.

⁶⁴ Bonadio et al., dans Roco M.C. et Bainbridge, W. (2002) *Converging Technologies for Improving Human Performance Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science NSF/DOC-sponsored report National Science Foundation June. Arlington, Virginia. p. 159.*

Par exemple, pour évaluer si le nanorobot pour allonger la vie est le fruit d'un développement nanotechnologique de l'ordre du possible, faudrait-il trouver quelles sont les mesures d'écart entre ce qui est financé (concret ou possible) et ce qui ne l'est pas (prédictions), puis évaluer si les procédés utilisés sont de l'ordre du possible? Allhoff *et al.*, (2010) annonce très bien le problème qui indique la difficulté de traiter cette question de la limite scientifique du développement des NBIC :

The problem, as Hall explains it, is not that the futurist predict changes that are too fantastical. The problem is that futurists tend to underpredict technological changes. To be sure, futurists may have predicted robotic servants in our homes, but they did not predict near-universal cellular phones, personal MP3 players, and devices ubiquitously connecting individuals to worldwide network without wires.⁶⁵

Alors, entre ces projets les plus financés et ceux qui ne le sont pas, comment savoir clairement si la nature biologique de l'humain permettra aux scientifiques d'intégrer des nanorobots fabriqués grâce à la convergence des NBIC? Cette question renvoie à plusieurs difficultés chaque fois que l'échelle de complexité dans l'humain augmente. Il faudrait être en mesure de mieux comprendre l'intégration des nanorobots à chaque niveau de complexité pour lui apporter une réponse claire.

4. Présenter l'état actuel de la question : « La nature biologique de l'humain constitue-t-elle une limite? »

4.1 La nature biologique de l'humain face au vieillissement

Comme nous l'avons vu précédemment, depuis qu'Eric Drexler (1990)⁶⁶ a parlé de nanorobots, dans le but de réparer les blessures internes du corps humain et ainsi allonger

⁶⁵ Allhoff, F., Lin, P. and Moore D. (2010) *What Is Nanotechnology and Why Does It Matter? From Science to Ethics* WILEY-BLACKWELL. pp. 67-68.

⁶⁶ Drexler, E. (1990) *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology* Anchor books. (Traduction

l'espérance de vie humaine, ce projet visionnaire fait partie des projets de développement des scientifiques. Pour que les nanorobots arrivent à un tel résultat, il faut qu'ils soient en mesure d'enrayer les sept causes de vieillissement selon Aubrey de Grey illustré ci-dessous.

Tableau 2

Les catégories de dommage qui cause le déclin et la maladie liée à l'âge⁶⁷

Dommages causés par l'âge	Solutions techniques potentielles
1) Les mutations nucléaires et épigénétiques	Délétion des gènes Télomérase/ALT (coupler avec une repopulation de la réserve des cellules souches)
2) Les mutations mitochondriales	L'expression <i>allotopique</i> des gènes mitochondriaux
3) Les déchets intracellulaires	Des approches biocorrectives avec des enzymes microbiennes
4) L'accumulation de déchets extracellulaires	L'immunisation contre l'agrégation de protéines et contre la phagocytose qui en résulte
5) La perte de cellules ou l'atrophie	La thérapie cellulaire
6) La <i>sénescence</i> cellulaire	Gènes de suicide ; stimulation immunitaire.
7) <i>Glycations</i> des liens entre les protéines extracellulaires	Produire des Enzymes et des composés chimiques antiâges

Source : sens.org

- 1) Les mutations nucléaires et *épigénétiques* cancérigènes qui se développent au cours de la vie, en tant que mutations intervenant au niveau de l'ADN nucléaire contenant l'information génétique humaine, ainsi qu'au niveau des protéines qui relient cet

libre) p. 115.

⁶⁷ Bains, B. (2008), *Steam engine time: a review of « Ending Ageing » by Aubrey de Grey* Bioscience Hypotheses Volume 1(6). p. 285. [En ligne : <http://www.sens.org/sens-research/research-themes> ou <http://www.biosciencehypotheses.co.uk/bihy/editorials/steam%20engine%20time.pdf> (consulté le 07 février 2011)]

ADN. Certaines de ces mutations peuvent déclencher des cancers et, selon Aubrey de Grey⁶⁸, seulement les mutations cancérigènes doivent donc être combattues ;

- 2) Les mutations mitochondriales qui sont des mutations de l'ADN des mitochondries qui sont des *organites cellulaires* qui jouent un rôle important dans la production d'énergie et qui contiennent également leur propre ADN, dit ADN mitochondrial. Ces mutations peuvent remettre en jeu le fonctionnement d'une cellule. Selon de Grey, ces mutations sont une des causes du vieillissement ;
- 3) Les déchets intracellulaires qui sont produits du fonctionnement des cellules, ce qui implique la fabrication et la consommation de protéines et d'autres molécules qui peuvent devenir inutiles, voire dangereuses. Les molécules qui ne peuvent pas être éliminées deviennent des déchets qui s'accumulent dans les cellules. L'athérosclérose et des maladies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer pourraient provenir de ce phénomène ;
- 4) Les déchets extracellulaires qui sont les déchets de protéines qui s'accumulent entre les cellules. La plaque amyloïde observée au niveau du cerveau chez les patients atteints d'Alzheimer pourrait être le résultat d'une accumulation de ce type de déchets ;
- 5) La perte de cellules, car certaines cellules ne se remplacent pas, ou se remplacent très lentement, trop lentement pour compenser les pertes. Cette décroissance progressive du nombre de cellules rend le cœur fragile et cause également des maladies comme la maladie de Parkinson et fragilise le système immunitaire ;

⁶⁸ Grey, de, Aubrey et Michael Rael (2007) *Ending Aging: The Rejuvenation Breakthroughs that Could Reverse Human Aging in Our Lifetime*. St Martin's Press, publication date September 4, p. 400.

- 6) La sénescence cellulaire qui désigne les cellules qui ne se divisent plus, mais qui ne meurent pas pour laisser d'autres cellules les remplacer. Elles pourraient également connaître des dysfonctionnements, par exemple en sécrétant des substances dangereuses. Le diabète de type 2 serait issu de problèmes de sénescence cellulaire ;
- 7) Les glycations des connecteurs extracellulaires qui sont des protéines de liaison qui retiennent les cellules entre elles, produisent une perte de son élasticité et serait à l'origine de problèmes comme la presbytie.

4.2 Comprendre les impacts des systèmes nanométriques « internes » sur la biologie humaine

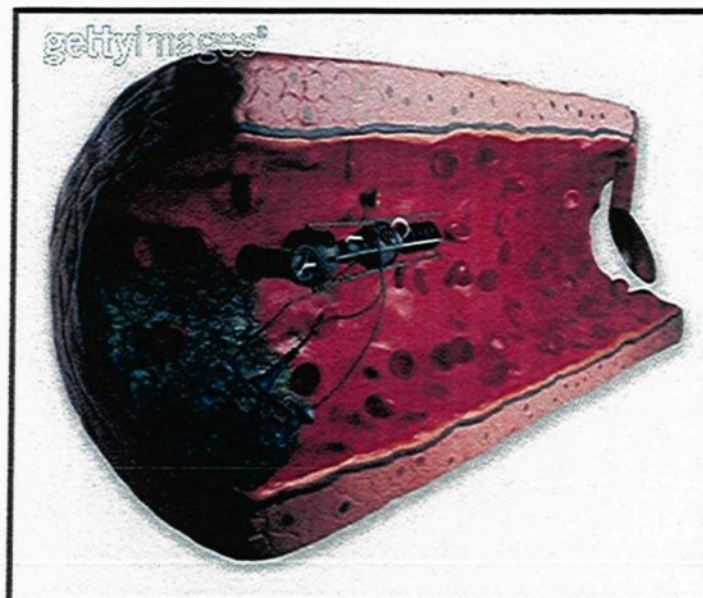
Pour comprendre les impacts des nanosystèmes « interne » sur la biologie humaine, il faut faire l'hypothèse que les nanorobots analysés seront estimés être le plus volumineux possible tout en pouvant exécuter de multiples tâches.

4.2.1 À l'intérieur de l'homme

On peut imaginer des nanomachines qui auraient approximativement la grosseur des globules sanguins et qui emprunteraient le même chemin que ceux-ci en débarrassant son hôte des déchets ou encore réparer les cellules endommagées qui sont dans leur voisinage immédiat.

Figure 5

L'illustration de nanorobots évoluant à l'intérieur d'un vaisseau sanguin



Source : Gettyimages⁶⁹

Dans cette hypothèse, les nanorobots seraient encore trop gros pour intervenir directement dans l'environnement intracellulaire des cellules. Dans ce cas, ce type de nanorobot pourrait difficilement influencer sur les différents types de mutations des cellules qui composent l'hôte humain et il pourrait difficilement contrôler les déchets intracellulaires. Malgré cela, ces nanorobots pourraient s'occuper des déchets extracellulaires et influencer positivement sur la perte et la sénescence des cellules ainsi que réguler le nombre de connecteurs des cellules environnantes.

Les nanobots se promèneraient dans notre système sanguin, et détecteraient les régions contenant un problème quelconque et les répareraient. Ils pourraient éliminer le cholestérol en trop et de ce fait, nous sauver d'une crise cardiaque. Ils voyageraient dans nos artères et en faisant une microchirurgie que nous ne sentirions probablement pas, déboucheraient les artères bouchées et encore une fois ce qui nous sauverait la vie. En somme,

⁶⁹ Image d'un nanorobot [En ligne : [http://www.gettyimages.ca/detail/90117200/Dorling-Kindersley?](http://www.gettyimages.ca/detail/90117200/Dorling-Kindersley?Language=en-US) Language=en-US (consulté le 07 février 2011)]

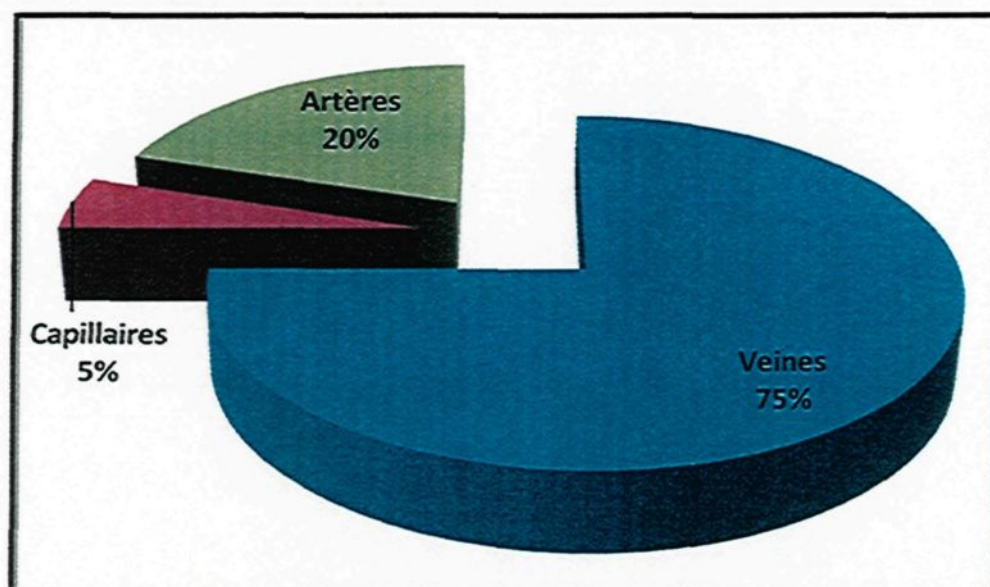
ces robots microscopiques pourraient être la découverte qui changerait l'humanité. La mort sera alors encore plus loin que nous l'avons imaginé.⁷⁰

4.2.1.1 L'ordre de grandeur du nanorobot à l'intérieur de l'homme

À l'intérieur de l'homme moyen, le diamètre des vaisseaux sanguins varie d'un diamètre supérieur à 1 centimètre à environ 5 microns. Les veines de dimension moyenne et les veinules sont les vaisseaux sanguins qui se retrouvent en plus grande quantité dans la physiologie animale. Ce sont des veines de diamètre inférieur ou égal à 1 cm à un diamètre entre 0,2 et 1 mm. Les capillaires mesurent entre 5 et 30 micromètres de diamètre.

Figure 6

L'illustration de l'approvisionnement en sang dans le corps



Parker (2007)⁷¹ indique que les capillaires sont responsables de l'approvisionnement d'environ 5 % du corps en sang. Les artères fournissent approximativement 20 % de

⁷⁰ How Nanobots Can Repair Damaged Tissue [En ligne : <http://www.come4news.com/les-nanobots-839232>
<http://www.nanogloss.com/nanobots/how-nanobots-can-repair-damaged-tissue/> (consulté le 07 février 2011)]

⁷¹ Parker, Steeve (2007) *The Human Body Book*. Dorling Kindersley. p. 117.

l'approvisionnement sanguin total de l'organisme. En moyenne, 75 % de l'approvisionnement du sang est réalisé par les veines.

Dans cette hypothèse, il est acceptable de laisser de côté les capillaires qui s'occupent seulement de 5 % de l'approvisionnement en sang dans le corps. Cette éventualité révèle que les nanorobots pourraient rester dans les vaisseaux sanguins d'assez grand diamètre et donc posséder un diamètre à peine inférieur à 1 mm et ainsi avoir une certaine efficacité sur le corps de son hôte.

4.2.2 À l'intérieur de l'organe

Afin de travailler à l'intérieur d'un organe de son hôte humain, le nanorobot doit avoir la possibilité de traverser la ou les membranes le recouvrant et le composant⁷². Ces membranes, aussi appelé tissus sont souvent semi-perméables. Certaines ne poseraient pas de problème étant donné qu'elles sont riches en vaisseaux sanguins comme les membranes celluluses. D'autres comme les membranes fibreuses seront plus difficiles à traverser⁷³. Par exemple, il sera très difficile de pouvoir passer toutes les couches de perméabilité différente des reins. Si la science y arrive, y aura-t-il des impacts négatifs?

4.2.2.1 L'ordre de grandeur du nanorobot à l'intérieur de l'organe

Pour être productif à l'intérieur d'un organe, le nanorobot devra être de taille assez réduite pour passer par les capillaires qui se distribuent en fines ramifications dans l'ensemble des tissus et des organes. Il devra donc mesurer à peine quelques micromètres de diamètre.

⁷² Schäffler A. and Menche N. (2004), *Anatomie physiologie biologie* 2^{ième} édition Paris France : Maloine. p. 66.

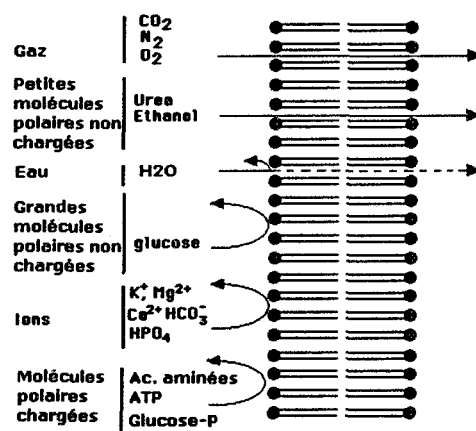
⁷³ Définition de membrane [En ligne : <http://www.cosmovisions.com/membranes.htm> (consulté le 07 février 2011)]

4.2.3 À l'intérieur de la cellule

Pour agir librement à l'intérieur d'une cellule en particulier, le nanorobot a besoin de pouvoir traverser librement sa membrane plasmique. La première difficulté rencontrée est : « la membrane plasmique [qui] est pratiquement imperméable aux substances dont le poids moléculaire est supérieur à 1000⁷⁴ ». De plus : « la double couche lipidique de la membrane plasmique est extrêmement imperméable aux molécules chargées (caractère hydrophile). Ainsi une molécule déterminée peut exister en deux formes: une forme ionisée et une autre non ionisée. Laquelle diffusera plus vite dans une membrane biologique⁷⁵ ». Par contre, en plus de leurs caractéristiques complexes, les nanorobots ne devront pas avoir de charge électrique ou ils devront certainement posséder un mécanisme de *transport actif*. Toutes ces contraintes pousseront les scientifiques à dépasser encore et encore les limites de la science, car les nanorobots n'auront pas uniquement besoin d'une petite taille s'ils veulent pénétrer les cellules pour effectuer différentes tâches.

Figure 7

L'illustration de différentes molécules essayant de traverser la membrane plasmique



Source : <http://membres.multimania.fr/agroveto/page/permea/permabilite.htm>

⁷⁴ Définition de perméabilité [En ligne : <http://membres.multimania.fr/agroveto/page/permea/permabilite.htm> (consulté le 07 février 2011)]

⁷⁵ Schäffler A. and Menche N. (2004), *Anatomie physiologie biologie* 2^{ème} édition Paris France : Maloine. pp. 35-45.

Cette image d'une membrane plasmique illustre la difficulté que pourrait avoir un nanorobot à pénétrer une cellule si une simple molécule de glucose ou un ion positif de composés uniquement d'une molécule de calcium ne peut pas traverser facilement.

4.2.3.1 L'ordre de grandeur du nanorobot à l'intérieur de la cellule

Les membranes plasmiques des cellules sont formées principalement de la bicouche lipidique (phospholipides) sur laquelle sont fixées les protéines. La membrane plasmique est pratiquement imperméable aux substances dont le poids moléculaire est supérieur à 1000. Donc, le nanorobot qui voudra franchir cette membrane devra soit être extrêmement petit, soit posséder un mécanisme qui lui permet le transport de l'extérieur de la cellule vers l'intérieur.

4.2.4 Sur la molécule

Tous ces changements à l'intérieur du corps de l'hôte humain au niveau nanométrique peuvent altérer la structure de certaines protéines ou encore de certaines molécules. On peut même imaginer qu'il pourrait se produire des complications qui mèneraient aux mêmes phénomènes qui occasionnent les sept causes de vieillissement selon Aubrey de Grey⁷⁶.

CONCLUSION DU CHAPITRE 1

Notre analyse de la littérature sur la question de la limite scientifique du développement des NBIC (les nanotechnologies [N], les biotechnologies [B], les technologies de l'information [I] et les sciences cognitives [C]) pour l'amélioration

⁷⁶ SENS Foundation advancing rejuvenation biotechnologies *Research themes* [En ligne : <http://www.sens.org/sens-research/research-themes> (consulté le 07 février 2011)]

humaine démontre qu'il n'y a aucune limite qui s'impose d'une façon certaine pour les raisons suivantes :

La définition d'une limite dans le contexte de l'amélioration de l'homme est très objective et logique. Elle est donc contrainte par la nature plus physique de la science, comme la limite de la gravité par exemple. C'est-à-dire qu'elle ne laisse pas de place à la facette humaine du scientifique qui fait avancer la science. L'individu qui fait de la science est donc écarté de la question des limites scientifiques.

La ligne droite de la « loi de Moore » se transforme en une courbe décroissante exponentielle lorsqu'elle est appliquée aux dimensions nanométriques minimales pour le développement des nouvelles technologies. Ce fait démontre que le développement de ces technologies progresse beaucoup plus rapidement que les technologies dites courantes. Par contre, plus la courbe décroissante exponentielle s'approche du zéro, moins l'atteinte d'une nouvelle dimension nanométrique minimale est rapide.

L'intérieur du portrait ponctuel de ce qui est faisable grâce à l'ensemble du développement de ces disciplines qui constitue la convergence des NBIC pour l'amélioration humaine montre que la dimension nanométrique minimale que proposent les nanotechnologies diminue année après année de façon exponentielle et risque d'atteindre un plateau. Cette révélation se trouve être une limite de l'évolution des nanotechnologies dans l'espace, mais cette taille minimale réelle est assez réduite pour créer des technologies pouvant fonctionner à l'intérieur des cellules du monde du vivant. Donc, même si la taille se révèle avoir une limite, elle ne semble pas limiter la nanotechnologie d'aujourd'hui et du futur.

Les nouvelles propriétés de la matière qui ont été observées sur les nanoparticules les plus petites soulèvent la question du risque toxicologique (à cause de la loi de la mécanique du carré et du cube) pour le corps humain quand il est question d'incorporation de ces

technologies. Mais cette menace constitue-t-elle vraiment une limite au développement des NBIC pour l'amélioration humaine à long terme? La seule limite évidente à court terme dans le contexte de la manipulation de la matière nanométrique semble être celle des techniques utilisées pour cet usage. Malgré cela, elles évoluent à un bon rythme.

La multidisciplinarité peut conduire à une déresponsabilisation du développement des NBIC. Si cette déresponsabilisation mène la société civile à perdre confiance en la science, il pourrait en résulter un moratoire qui limite le développement des nanotechnologies. Mais un moratoire semble peu réaliste⁷⁷.

Les nanorobots utilisés pour les thérapies et l'amélioration de la vie humaine restent de l'ordre du fantasme, car ils doivent posséder des caractéristiques beaucoup plus complexes du développement des NBIC que celui du nanorobot (par exemple, le nanorobot animé à partir d'un muscle cardiaque de rat) que les scientifiques peuvent fabriquer aujourd'hui.

La nature biologique de l'humain en elle-même ne semble pas constituer une limite au développement et à l'application des nanorobots résultants des NBIC. La plupart des vaisseaux sanguins du corps humain ainsi que les organes laissent une vaste possibilité de déplacement des nanorobots qui ont un ordre de grandeur élevé tout en restant le produit des NBIC. Par contre, les cellules qui constituent un niveau de complexité supérieur aux vaisseaux sanguins que certaines d'entre elles forment, laisseront uniquement traverser leur membrane, par les nanorobots les plus réduits et par ceux ayant un moyen de traverser la membrane grâce à un mécanisme impliquant la participation de la cellule par un apport d'énergie métabolique et permet ainsi le transport contre le gradient de concentration.

⁷⁷ Grey, de, Aubrey et Michael Rael (2007) *Ending Aging: The Rejuvenation Breakthroughs that Could Reverse Human Aging in Our Lifetime*. St Martin's Press, publication date September 4. [En ligne : <http://www.sens.org/sens-research/research-themes> (consulté le 07 février 2011)]

Même si la complexité des cellules chez l'homme semble poser quelques difficultés à la possibilité de leur intégrer des nanorobots, il ne semble pas y avoir de limites scientifiques indiscutables au développement envisagé des NBIC pour l'amélioration de l'humain, voire pour allonger sa vie. Toutes ces possibilités de développement peuvent facilement jeter les scientifiques dans une impasse au sens où lorsqu'ils travaillent à l'échelle la plus petite, ils devront prendre en compte toutes les possibilités de risque technologique (le risque engendré par la défaillance accidentelle d'un système potentiellement dangereux) à chaque fois que l'échelle de complexité augmente : de la particule à la molécule, en passant par la cellule et l'organe, jusqu'à l'individu touché par le changement en cyborg. Dans une approche aussi complexe du développement des NBIC, les scientifiques arriveront-ils réellement à créer une incorporation technologique sans risque pour l'humain? Bien qu'il existe plusieurs variantes du risque technologique pour l'humain dans la complexité de ce développement, celui-ci ne peut pas être limité par la peur de l'incertitude scientifique. Comment concilier développement et risque? Ce risque n'est donc pas une limite indépassable d'un point de vue scientifique. Il pourra lui-même être objet de science, à l'âge des neurones augmentés par les NBIC, au cours duquel le danger devient un objet de rationalisation⁷⁸.

Pour l'instant, développer une telle culture du risque technologique pour l'humain, ce n'est pas se limiter à maîtriser le calcul des probabilités. Cela signifie accepter qu'il n'existe aucun risque technologique certain que l'on puisse qualifier de « limite objective » du développement des NBIC et adapter cette situation à la question complémentaire de la limite éthique.

⁷⁸ Kurzweil, Ray. (2005) *The Singularity Is Near*. London: Penguin books Ltd. p.416-426.

CHAPITRE 2

PROBLÉMATIQUE DE LA LIMITE ÉTHIQUE

La phrase célèbre « Our machines will become much more like us, and we will become much more like our machines⁷⁹ » écrite par le professeur et directeur du laboratoire des sciences informatiques et d'intelligence artificielle du MIT, Rodney Brooks, indique qu'il n'y a pas de limite scientifique au développement de la convergence NBIC pour l'amélioration de l'homme. Mais y a-t-il une limite éthique? D'un point de vue éthique, si cette idée d'une fusion de l'homme et de la machine (l'idée du cyborg) se voit vérifiée un jour, elle risque d'être lourde de conséquences et de faire émerger un grand nombre de questions au sujet de la représentation de l'être humain comme fin et non comme moyen. D'un côté, les transhumanistes comme Kurzweil, ne voient aucun problème à donner vie à cette idée du cyborg, ils la voient plutôt comme la suite logique de notre évolution naturelle (Kurzweil 2005; Naam 2005; Allhoff 2010). Mais d'un autre côté, cette question éthique est grandement problématique, car les humanistes comme Habermas et Fukuyama, dans la ligne kantienne, veulent préserver l'homme dans son essence biologique en tant que fin et veulent limiter les avancées scientifiques qui touchent à l'homme en tant que moyen (Kass 2003; Harris 2008). Ils se posent alors des questions à l'instar de Jonas au sujet de la limite à l'expérimentation sur les humains qui relève de la morale humaniste :

Nous nous trouvons actuellement confrontés à l'improviste à une possibilité qui peut avoir d'énormes conséquences. Et il est plus judicieux – c'est en tout cas un commandement moral – que nous nous posions la question :

⁷⁹ Brooks, Rodney A. (2002) *Flesh and Machines: How Robots Will Change Us*. Pantheon Books. P. 6.

qu'avons-nous le droit de faire ou de ne pas faire, jusqu'où devons-nous aller, ou bien où devons-nous arrêter?⁸⁰

Il n'y a pas de réponse définitive à cette question. Pouvons-nous être certains que nous resterons humains en subissant les changements que requiert l'amélioration humaine par les NBIC? Cette question indique que la représentation que nous nous faisons de l'être humain constitue un critère important pour déterminer une limite ou non. Si ceux qu'on appelle les transhumanistes acceptent et consentent à recevoir ces changements, qui seront alors les vrais hommes et aurons-nous réellement créé une nouvelle espèce? Seront-ils classés dans une nouvelle cime, cette fois plus haute que la cime de l'arbre représentant « L'évolution de l'homme⁸¹ » par Haeckel par exemple, figuré en annexe 1? Face à cet arbre, la première question d'ordre éthique que soulève l'idée de la transformation de l'homme en ayant pour finalité le cyborg est de se demander si ces changements sont réellement souhaitables, voire nécessaires. Cette question nous ramène à la notion de la limite ultime.

Dans ce qui suit, nous étudierons la difficulté que représente cette question complexe de la limite éthique. L'étude de cette question passera préalablement par une définition de la limite éthique qui change à travers le temps. Nous pourrions ainsi concevoir qu'une telle limite, même si elle pouvait notamment s'établir dans le passé par le principe moral de la distinction humaniste traditionnelle entre la thérapie comme fin et l'amélioration comme fin, n'est pas fixe, car elle évolue aujourd'hui dans le contexte du débat inauguré par la volonté d'autonomie des transhumanistes qui avancent leurs arguments en faveur de l'amélioration technologique de l'être humain dans le futur. Ce contexte du débat éthique sur la volonté d'autonomie des transhumanistes vient troubler la question de la limite éthique à établir par un principe moral et traditionnel qui freine l'amélioration humaine pour protéger la nature et à la dignité de l'être humain. Comment est-il possible de se soumettre à

⁸⁰ Jonas, H. (2000), *Une éthique pour la nature*. Éditions Desclée de Brouwer. Paris : Collection Midrash. p.93.

⁸¹ Arbre figurant dans le livre d'Haeckel "L'évolution de l'Homme" (1879) Voir l'annexe 1.

une telle limite établie en principe dans le passé quand il y a une divergence dans le débat actuel entre les transhumanistes et les humanistes sur la question des impacts acceptables ou non sur l'être humain? Nous pouvons faire l'hypothèse que dans ce débat, les impacts et les critères du jugement (arguments moraux ou valeurs) qui fondent la promotion (acceptabilité) ou l'interdiction (limitation) du processus d'incorporation des NBIC pour l'amélioration humaine sont au cœur de l'opposition pour ou contre. Selon cette hypothèse, d'un côté, les humanistes radicaux craignent surtout les impacts négatifs de l'amélioration humaine par l'incorporation des NBIC (par exemple, la perte de l'identité du corps biologique de l'homme) qu'ils évaluent comme étant un risque inacceptable sur la base des valeurs telles que la nature et la dignité de l'être humain comme finalité et non comme moyen, ce qui incite à vouloir poser des limites (interdictions) éthiques pour protéger l'intégrité de la personne humaine en toute responsabilité, solidarité, justice et équité⁸². Mais, de l'autre côté, les transhumanistes tendent au contraire à voir la perte de l'existence biologique humaine comme un impact positif acceptable pour l'humain sur la base des mêmes valeurs (nature et dignité de l'être humain) interprétées différemment pour fonder la promotion de ce processus d'incorporation des NBIC; ils évaluent en même temps que les risques engendrés par la possibilité toute théorique d'une perte de contrôle de ces technologies (par exemple, perte de contrôle des nanorobots) pèsent moins lourd dans la balance que les impacts positifs parce qu'ils pourront être surmontés par l'évolution rapide de ces mêmes technologies (Kurzweil 2005; McKibben 2004)⁸³. Grâce à cette hypothèse, peut-être réussirons-nous à mieux faire réfléchir sur la question de la difficulté actuelle d'établir une limite morale à l'amélioration de l'être humain par l'incorporation des NBIC.

⁸² Commission de l'éthique de la science et de la technologie du Québec (2006), dans son Avis - *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*. p. 58. [En ligne : http://www.ethique.gouv.qc.ca/index.php?option=com_docman&Itemid=70 (consulté le 01 novembre 2010)]

⁸³ Kurzweil, R. (2005), *The Singularity Is Near*. London : Penguin books Ltd. p.416 / McKibben B. (2004), *Enough Staying human in an Engineered age* NY NY: Owl books. p. 91.

Pour réfléchir sur la complexité de cette question, nous utiliserons une grille d'analyse d'impacts et d'acceptabilité (voir l'annexe 2), qui est un outil d'analyse de texte dont le but est d'aider à répertorier systématiquement le contenu des textes touchant la promotion ou l'interdiction de l'amélioration humaine. L'analyse des discours qui constituent le contexte du débat entre le transhumanisme et l'humanisme sur la question des impacts positifs et des risques (impacts négatifs) de l'amélioration humaine par l'incorporation des NBIC se fera en trois temps: 1) l'identification divergente des impacts positifs (bienfaits) et négatifs (risques), 2) l'impossibilité de comparer la mesure de probabilité des impacts positifs avec la mesure de probabilité des risques, 3) l'évaluation divergente des impacts positifs et négatifs à partir de critères d'acceptabilité (conceptions morales, valeurs, pondération). Ces trois grands points de l'analyse constitueront les assises d'une réflexion sur la difficulté d'établir à l'aide du débat social entre l'humanisme et le transhumanisme une limite morale ou éthique qui serait acceptable pour tous.

Dans le but de bien amorcer notre analyse, il est important de commencer par établir ce qu'est une limite éthique telle qu'elle se trouve remise en question dans ce débat éthique entre le transhumanisme et l'humanisme au sujet des NBIC pour l'amélioration humaine.

1. Qu'est-ce qu'une limite dans la situation du débat éthique entre le transhumanisme et l'humanisme?

Une limite dans la situation de ce débat éthique entre le transhumanisme et l'humanisme peut se définir comme un argument ou un principe spécifiant une valeur qui fonde l'interdiction du développement des NBIC pour l'amélioration humaine. Quels sont ces principes ou ces valeurs humanistes qui servent à établir des limites à ce développement? Ces mêmes principes éthiques ne sont-ils pas remis en question par les transhumanistes pour fonder au contraire la promotion de ce développement des NBIC (implants de remplacement)? Comme l'indique le rapport *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions & Answers* (2009), nous sommes sur le point d'incorporer des implants

nanotechnologiques dans le corps humain et cela implique des questions au sujet des impacts positifs (bienfaits) et négatifs (risques) sur les valeurs traditionnelles (nature et dignité de l'être humain, liberté et autonomie, justice et équité) qui constituent aussi des enjeux éthiques servant à évaluer ce qui est acceptable ou non.⁸⁴

Ainsi, dans la situation du débat éthique entre l'humanisme et le transhumanisme, les principes comme les limites éthiques ne peuvent-ils pas changer? Ces limites sont plus ou moins acceptables ou inacceptables selon qu'on peut distinguer celles qui ont déjà été et qui ont été dépassées, celles qui sont d'actualité présentement et même celles qu'on anticipe, mais qui font partie d'un futur envisageable.

1.1 Les limites passées

Autant les humanistes que les transhumanistes pourraient imaginer le type de limites de la période appelé « l'âge de pierre », lorsque nos ancêtres ont développé des techniques leur permettant de créer des outils (technologiques) de pierre et d'os. Qui sait si l'homme d'aujourd'hui aurait pu autant se développer sans l'invention des outils qu'on dit aujourd'hui primitifs, ceux qui ont permis à nos ancêtres de mieux chasser, de mieux se nourrir et ainsi poursuivre l'évolution. À ce moment, nos ancêtres étaient limités non par la morale, mais par le côté rudimentaire des outils qu'ils utilisaient.

Les âges [...] de bronze et de fer sont dénommés là encore directement en fonction de l'avancée technique et technologique; chaque nouvelle technologie étant déterminante dans l'évolution des sociétés et civilisation. D'ailleurs, le degré d'évolution d'une civilisation peut se mesurer directement à son développement technologique. [...] Si l'on considère qu'une civilisation évoluée est une civilisation relativement en avance dans les domaines des sciences, des arts, de la culture et de l'enseignement, alors on

⁸⁴ Allhoff, F., Lin, P., Moor, J. and Weckert, J. (2009), *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions & Answers*. Version 1.0.0 US, National Science Foundation. p. 6.

retrouve immanquablement en amont un important développement technologique. Cela est également applicable aujourd'hui.⁸⁵

Lorsque la technologie se réduisait à un rôle d'outil extérieur à l'humain, les limites morales ou éthiques se posaient uniquement sur le but de leur utilisation. Mais dès l'instant où le rapport NSF ouvre la perspective du débat éthique sur l'incorporation des outils technologiques NBIC, la question de la limite se pose différemment.

1.2 Les limites actuelles

Lors d'une entrevue avec le transhumaniste Gregory Stock qui est titulaire d'un diplôme en biophysique de l'Université John Hopkins et d'un MBA de l'Université Harvard, on lui a demandé ce qu'il pense de la limite morale actuelle (qui prend la forme d'une législation) qui interdit le processus d'incorporation de certaines biotechnologies émergentes parce qu'elles ne constituent pas des interventions thérapeutiques qui ont des impacts jugés acceptables sur la nature humaine (l'évaluation de ces impacts se retrouvera plus loin): que pensez-vous de ces législations des gouvernements qui interdisent l'introduction des technologies dans la nature reproductive humaine (clonage reproductif et thérapie génique germinale)? Et il a répondu :

Il est inutile d'interdire, car les biotechnologies émigreront de toute façon dans des régions qui les autorisent ou elles se développeront de manière clandestine. Elles sont inévitables, car elles ne représentent qu'une extension de la médecine. À mesure que nous progressons, il n'y a plus vraiment de limites claires entre la thérapie et l'amélioration, entre la prévention et le traitement, entre le naturel et l'artificiel. Les critiques de ce phénomène, comme Fukuyama, refusent de reconnaître l'évidence : les gens veulent toujours repousser la limite d'âge, ne pas être malades, se doter des meilleurs atouts pour la vie. On ne peut rien contre cela. Ainsi, quand l'Allemagne interdit le screening génétique des embryons, les couples vont le pratiquer à Bruxelles ou à Londres. Le clonage reproductif est interdit aux États-Unis ou

⁸⁵ Technoptimism Future is great *Technologie* [En ligne : <http://www.technoptimism.org/contenu/notions/technologie> (consulté le 28 février 2011)]

en Europe, mais les chercheurs le pratiqueront à Singapour, en Chine ou ailleurs.

La voie de la sagesse est celle de la science : il faut autoriser le plus d'expérimentations possible, quitte à faire des erreurs pour les corriger ensuite. Ce processus d'essai-erreur guide depuis toujours le progrès des connaissances et des techniques. De longues périodes d'exploration vont être nécessaires, car les opinions publiques sont parfois conservatrices et les interventions sur le vivant sont complexes. De plus, il n'y aura jamais de consensus sur la question, car personne n'a la même définition de ce qui fait la liberté et la dignité de l'homme. Ceux qui utiliseront ces nouvelles technologies auront un profil psychologique différent de ceux qui les refuseront. À cet égard, la vraie ligne de démarcation de l'avenir ne sera pas forcément entre riches et pauvres, mais plutôt entre l'approche scientifique et la conviction religieuse. Pour ma part, il me semble que l'expression propre de l'humanité consiste à toujours repousser les limites et à rendre possible ce dont ont rêvé les générations antérieures.⁸⁶

D'ailleurs, Kevin Kelly, dans sa présentation intitulée : *How technology evolves*⁸⁷ et présentée à la conférence TED (*Technology Entertainment Design*) en 2005, explique que la technologie ne peut qu'être ralentie ou retardée. On ne peut pas tuer l'évolution technologique en l'interdisant. Il mentionne comme exemple des outils qu'il a choisis dans une page du catalogue de Montgomery Ward de 1895 qu'il a préféré parce qu'il croyait qu'il était difficile de les retrouver de nos jours (des égreneuses de maïs, des charrues, des moulins à vent, etc.) En les recherchant, il a découvert que tous ces objets, qui ont été créés il y a de cela des dizaines d'années et qui ne servent à peu près plus et dont on peut s'attendre qu'ils ne soient plus produits, se trouvent encore et même encore complètement neufs à vendre ; tous sont encore produits. Donc, d'une certaine façon, les technologies ne meurent pas. Elles continuent toujours d'exister. Même si on interdit les technologies, elles reviennent toujours. Autre exemple, les Chinois qui ont essayé un jour d'interdire les armes à feu les utilisent toujours aujourd'hui. Il a découvert que la durée de ce type d'interdiction tend à diminuer avec le temps et que l'interdiction est toujours levée après un temps. C'est

⁸⁶ Entretien avec le Pr Gregory Stock, *Le choix germinal est inéluctable!* [En ligne : <http://www.lesmutants.com/stock.htm> (consulté le 28 février 2011)]

⁸⁷ Vidéo de la conférence TED *Kevin Kelly on how technology evolves*. [En ligne : http://www.ted.com/talks/kevin_kelly_on_how_technology_evolves.html (consulté le 28 février 2011)]

grâce à cette démonstration qu'il prouve que la technologie peut être ralentie, mais ne peut pas être arrêté, car lors d'un arrêt (moratoire), il y a une accumulation d'idées qui ne disparaissent pas et qui resurgissent avec la levée de l'interdiction.

Même s'il ne l'accepte pas, Fukuyama (2002) explique qu'il y a une idée courante dans la société selon laquelle même si une organisation désire stopper le progrès technologique, il lui serait impossible de le faire :

One of the biggest problems in making the case for regulating human biotechnology is the common view that even if it were desirable to stop technological advance, it is impossible to do so. If the United States or any other single country tries to ban human cloning or germ-line genetic engineering or any other procedure, people who wanted to do these things would simply move to a more favourable jurisdiction where they are permitted. Globalization and international competition in biomedical research ensure that countries that hobble themselves by putting ethical constraints on their scientific communities or biotechnology industries will be punished.⁸⁸

Bien que les technologies d'autrefois sont passées du simple outil externe et utile, à une technologie actuelle où les outils peuvent être intégrés au corps humain. Ce changement apporte une nouvelle gamme de questions sur les limites éthiques qui n'ont jamais été pensées par le passé. Il est donc important de comprendre que ce n'est pas en elles-mêmes que les manipulations technologiques portent leurs limites. Les limites éthiques des technologies actuelles doivent être trouvées ailleurs que dans le processus d'essai-erreur. Ne serait-il pas le temps de repenser ce processus d'essai-erreur qui guide depuis toujours le progrès des connaissances et des techniques en mettant en avant les plus grands risques encourus pour l'humanité avant de devoir se consacrer aussi à établir des limites aux technologies futures?

⁸⁸ Fukuyama F. (2002), *Our post human future Consequences of the biotechnology revolution* New York : Edition Farrar, Straus and Giroux. p. 11.

La question des limites actuelles, lorsqu'on se représente les impacts négatifs (la perte de l'identité biologique humaine, par exemple) causés par le processus de l'incorporation des technologies actuelles (nos vaccinations, nos greffes, nos prothèses de hanche, nos implants cochléaires, nos lunettes) pour l'amélioration de la vie humaine, revient pour les humanistes à demander de continuer à faire une distinction entre la thérapie et l'amélioration humaine pour déterminer la frontière entre ce qui est acceptable ou non. Mais, pour des transhumanistes, il est de plus en plus difficile de maintenir une telle distinction pour établir une limite morale entre ce qui est acceptable ou non, comme l'explique Allhoff *et al.* en 2009 :

For instance, how should we think about vaccinations: are they a form of therapy, or are they an enhancement of our immune system (Daniels, 2000; Harris, 2007; Bostrom and Roache, 2008)? On one hand, a vaccination seems to be an enhancement in that there is no existing pathology it is attempting to cure, merely a possible or likely pathology we wish to avoid; but we are drawn to declare it as some form of therapy—perhaps preventative therapy—given its close association with medicine? And if enhancements in general are ultimately found to be socially or ethically problematic, then counting vaccinations as enhancement opens the possibility that it should be regulated or restricted, which would create a serious public health disaster as well as a counter-example to the claim that enhancements are problematic. Thus, even critics of human enhancement may be loathe to put vaccinations in the enhancement bucket, though there does not seem to be an obviously superior reason to think otherwise.⁸⁹

Aujourd'hui, à partir de l'exemple de la vaccination, on remet justement en question la tentative d'établir une limite morale, cette distinction entre la thérapie et l'amélioration. Pour les transhumanistes, nous avons certainement le choix de poser nos propres limites en décidant pour nous-mêmes de recevoir ou non ces vaccins, mais la pression sociale est fortement pour la vaccination. Qu'en sera-t-il pour les applications futures des technologies de l'incorporation qui poseront le même type de dilemme? Par exemple, l'incorporation des

⁸⁹ Allhoff, F., Lin, P., Moor, J. and Weckert, J. (2009), *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions & Answers*. Version 1.0.0 US, National Science Foundation. p. 11.

nanorobots pour l'amélioration de l'homme posera certainement ce type de dilemme et ouvrira, par le fait même, la question de la limite acceptable ou non en raison des risques possibles à assumer ou à éviter.

1.3 Les limites pour le futur

Pour réfléchir sur cette question de la limite acceptable ou non dans le futur, peut-on commencer par imaginer où commence cette distinction entre la thérapie et l'amélioration? Quelle frontière serait partagée par nos sociétés d'aujourd'hui et de demain si les nanorobots, en tant que produits finis des NBIC pour l'amélioration humaine, étaient suffisamment développés pour permettre une utilisation efficace dans le but de fournir une longévité et une santé illimitée à l'ensemble des humains sur la planète? On peut aisément anticiper les bouleversements considérables qui accompagneront ces changements. Aujourd'hui, nous sommes dépendants des moyens limités pour nous garder en santé et nous n'avons que peu de moyens pour repousser le vieillissement; mais demain, si ces changements technologiques s'opèrent, des limites claires entre la thérapie et l'amélioration humaine s'imposeront-elles pour promouvoir seulement les interventions thérapeutiques en interdisant l'amélioration? La question qu'il est important de se poser maintenant pourrait être formulée de la façon suivante: est-il vraiment possible de savoir à ce moment où devront être posées les limites entre la santé et l'amélioration humaine pour éviter les impacts négatifs ou les risques de l'amélioration humaine sur la santé humaine? Dans le débat entre le transhumanisme et l'humanisme sur la question des impacts acceptables ou non de l'amélioration humaine par l'incorporation des implants nanotechnologiques dans le corps humain, les philosophes Allhoff *et al.* ne voient pas actuellement l'utilité de cette distinction morale entre la thérapie et l'amélioration humaine pour signifier que c'est la thérapie qui a un impact éthiquement acceptable dans le futur. Ils se rendent compte que cette distinction est difficile à définir pour établir une réelle limite (interdiction) morale et qu'il restera toujours des situations problématiques qui devront être jugées selon le contexte :

The above cases notwithstanding, we would agree that there are difficulties in precisely defining “human enhancement” (as there is with making clear definitions of nearly any other concept), but maintaining the enhancement-therapy distinction, at least until it can be more fully explored, is nonetheless important for several reasons :

[...]

Therefore, at least for the time being and for the purposes of this report, we will assume that a therapy-enhancement distinction is defensible and illuminative, at least where it aligns with our intuitions. Even if it is not, again, this does not mean the end of the human enhancement debate: it could still be that some enhancements (and therapies) are morally problematic in certain applications or areas of life, *i.e.*, contexts may matter.⁹⁰

Pour les transhumanistes, ce principe d'une distinction entre la thérapie et l'amélioration n'établit donc pas une limite morale en soi acceptable. On demande plutôt de passer du principe moral (la morale de principe) au contexte (situation du débat) dialogique et éthique de l'amélioration humaine pour déterminer s'il devra y avoir une limite à établir ou non. La question de l'acceptabilité des limites éthiques futures revient-elle alors seulement à l'idée d'une autonomie où chacun se fait des limites qui sont nécessaires pour délimiter les avancées qui permettent d'avoir un avenir sain et sécuritaire? Non. Il nous faut aussi commencer à réfléchir et à débattre ensemble la question des risques possibles du processus de l'incorporation pour l'humain. Quels sont alors ces risques et impacts positifs acceptables du processus de l'amélioration humaine? Cette question interpelle la réflexion et le débat sur de tels risques et impacts acceptables (plutôt que la simple soumission au principe d'une distinction *a priori* entre la thérapie et l'amélioration pour faire interdire l'amélioration humaine parce qu'il ne s'agit pas d'une thérapie dans le futur). La question proprement éthique au cœur du débat est vraisemblablement de déterminer quels sont les risques prospectifs acceptables du processus imprévisible de l'incorporation des NBIC.

⁹⁰ Allhoff, F., Lin, P., Moor, J. and Weckert, J. (2009), *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions & Answers*. Version 1.0.0 US, National Science Foundation. pp. 11-14.

Quels peuvent être dans le contexte de la réflexion et du débat entre le transhumanisme et l'humanisme les effets positifs à maximiser et les risques à éviter pour évoluer? Quelles en sont la portée et la probabilité?

1.3.1 Quelle devrait être la limite acceptable pour les humanistes?

Tout le questionnement qui précède nous conduit à réfléchir sur la difficulté de la question de la limite moralement acceptable du développement des NBIC. Cette difficulté soulevée par les transhumanistes se pose pour la réflexion et le débat parce que, comme nous le verrons plus loin dans ce chapitre, pour les humanistes, l'amélioration humaine (ayant le cyborg comme finalité) n'est pas un impact positif qui est acceptable, mais un risque inacceptable qui incite à interdire les NBIC. Dans ce contexte du débat, quelle devrait être la limite acceptable? Les humanistes ne demandent-ils pas de faire interdire tout le processus de l'amélioration humaine?

Les humanistes comme Fukuyama sont conscients que, comme la science moderne, le développement des NBIC, par sa nature même, est indifférent à toute considération morale qui impose une limite à la liberté scientifique. C'est pourquoi, pour Fukuyama, la seule limite morale valable pour freiner la liberté de transformation de l'humain comme moyen technologique relève de la conception morale issue de Kant qui fonde l'interdiction de faire de l'humain un tel moyen technologique. Fukuyama fonde cette morale kantienne sur la crainte de la perte de l'existence biologique de l'humain par sa transformation en cyborg. Il n'accepte ainsi que l'argument de la dignité chez Kant. Cet argument (principe moral) est la limite acceptable qui fonde cette interdiction afin de faire respecter l'humain comme fin et de le défendre contre la nécessité toute naturelle de la science de faire de l'être humain un moyen technologique en vue d'une fin autre que lui-même (le cyborg). Cette limite est comme l'impératif catégorique qui impose *a priori* sans discussion le devoir de respecter la dignité de l'être humain comme fin en interdisant l'amélioration: « Agis de telle sorte que tu traites l'humanité aussi bien dans ta personne que dans toute

autre personne toujours en même temps comme une fin, et jamais simplement comme un moyen ». Il semble que cet impératif catégorique relève de l'universalisme de la raison logique chez Kant.

Comment un humaniste kantien pourrait-il remettre en question cet impératif qui limite le processus scientifique? Il semble qu'il soit impossible pour un tel humaniste de le remettre en question. Car ce devoir du respect de l'être humain comme fin découle de l'application de l'universalisme de Kant qui rejoint l'utilitarisme de Hume dans le sens où il nous oblige à adopter un point de vue impartial lorsqu'il s'agit d'accorder la même importance aux plaisirs qu'à la souffrance, quel que soit l'individu qu'ils affectent : « Le bien-être de chacun a le même poids dans le calcul du bien-être général. Ce principe est compatible avec la possibilité de sacrifice : ce principe affirme seulement que tous les individus valent autant dans le calcul. Il y a ni privilégié, ni lésé *a priori* [...]. L'aspect universaliste consiste en ce que l'évaluation du bien-être vaut indépendamment des cultures et des particularismes régionaux. »⁹¹ C'est Kant qui a établi une telle ligne de partage entre ce qui est accessible à la raison humaine et ce qui la dépasse, permettant ainsi de distinguer la science d'une part, et ce qui relève de la croyance (c'est-à-dire la spéculation) d'autre part.

De plus, Kant soutient que la source première de l'impératif moral qui devient une loi universelle est la logique : « tous les *concepts moraux* possèdent leurs sièges et leur origine entière *a priori* dans la raison⁹² ». La raison c'est « ce qui est pratiquement *bon* [...] non pas à partir de causes subjectives, mais de manière objective, c'est-à-dire selon des principes qui valent pour tout être raisonnable comme tel. Le bien pratique est différent de l'agréable, conçu comme ce qui exerce une influence sur la volonté uniquement par l'intermédiaire de la sensation, en vertu de causes simplement subjectives ne valant que pour la sensibilité de tel ou tel, et non pas en tant que principe de la raison valant pour tout

⁹¹ Définition de utilitarisme [En ligne : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Utilitarisme> (consulté le 26 janvier 2011)]

⁹² Kant, E., présenté par Droit, R.-P., (2008), *Kant, Le monde de la philosophie* Paris : Flammarion. p. 77.

homme⁹³ ». Ici, le bien pratique peut être interprété comme un bien nécessaire et le bien agréable comme accessoire.

Enfin, selon cet absolutisme de l'impératif catégorique chez Kant, « une époque ne peut se liguer et jurer de mettre la suivante dans un état où il lui sera nécessairement impossible d'étendre ses connaissances (surtout celles qui lui importent au plus haut point), d'en éliminer les erreurs, et en général de progresser vers les Lumières. »⁹⁴ Dans cet ordre d'idée, on peut imaginer que Kant imposerait un moratoire absolu sur le développement des nanotechnologies (nanorobots, implants de remplacement) à incorporer dans l'humain pour améliorer son esprit corporel et ses connaissances. Pour lui, le cyborg comme une fin naturelle contredirait l'appel au respect de la nature humaine qui prend la forme de l'impératif catégorique de la dignité de l'homme moral qui commande d'agir en traitant de l'être humain comme fin et non comme moyen.

L'idée, de Kant qui dit que l'on ne doit pas traiter les personnes uniquement comme des moyens, porte aussi à réfléchir sur l'autonomie et la liberté qui va dans le sens de la soumission à cet impératif catégorique. L'impératif kantien oblige à penser en effet que la liberté consiste à respecter la nature raisonnable de l'être humain comme fin et non comme moyen. Il force aussi à juger que les humains ne sont pas nécessairement libres. Pour Kant, la paresse et la lâcheté « sont les causes qui font qu'un si grand nombre d'hommes, après que la nature les ait affranchis depuis longtemps d'une conduite étrangère (*naturaliter maiorennnes*), restent cependant volontiers toute leur vie dans un état de tutelle; et qui font qu'il est si facile à d'autre de se poser comme leurs tuteurs ».⁹⁵ En ce sens, n'est-il pas si commode pour un grand nombre d'humains d'être sous la tutelle du désir transhumaniste de devenir extrêmement intelligent comme une machine cybernétique, un cyborg? Les humanistes, à l'instar de Kant, croient plus probable qu'un groupe public puisse faire

⁹³ Ibid., p. 82.

⁹⁴ Ibid., p. 12.

⁹⁵ Ibid., p. 12.

l'effort de respecter l'impératif kantien, car dans un groupe, il y a toujours quelques personnes qui pensent et qui propagent ensuite autour d'eux l'esprit d'une appréciation raisonnable de la propre valeur et de la vocation de tout homme à penser par soi-même selon la nature de l'être humain comme fin. Dans ce sens kantien, les humanistes estiment que l'homme qui a la capacité réelle de penser est libre seulement lorsqu'il croit que « *la nature raisonnable [d'être homme] existe comme fin en soi.* »⁹⁶

Tous les hommes se pensent libres dans leur volonté. De là, procèdent tous les jugements portés sur des actions telles qu'elles auraient *dû être*, bien qu'elles *n'aient pas été* telles. Pourtant, cette liberté n'est pas un concept de l'expérience et elle ne peut pas l'être, parce que le concept en subsiste toujours quand bien même l'expérience montre le contraire des exigences qui, dans la supposition de la liberté, sont représentées comme nécessaires. De l'autre côté, il est également nécessaire que tout ce qui arrive soit déterminé inévitablement selon des lois de la nature, et cette nécessité naturelle n'est pas non plus un concept de l'expérience, précisément parce qu'il s'agit là d'un concept qui véhicule avec lui celui de la nécessité, par conséquent celui de la connaissance *a priori*. Mais ce concept d'une nature est confirmé par l'expérience et doit même être indispensablement supposé si une expérience, c'est-à-dire une connaissance cohérente des objets des sens selon des lois universelles, doit être possible. De là vient que la liberté est seulement une *Idée* de la raison dont la réalité objective est en soi douteuse, alors que la nature est un *concept de l'entendement* qui démontre et doit nécessairement démontrer sa réalité à travers des exemples de l'expérience.⁹⁷

Cette conception kantienne incite donc les humanistes à se soumettre à l'obligation morale du respect de la dignité de l'être humain. Cette limite obligatoire est fondamentalement morale et met un frein au désir de l'amélioration de la nature humaine qui est comme la nécessité en science. C'est la science qui fait ressortir la nécessité du désir de transcender la nature biologique humaine et non, la morale qui oblige notre liberté à reposer avant tout sur l'impératif de la raison.

⁹⁶ Ibid., p. 112.

⁹⁷ Ibid., p. 163-164.

L'image de l'homme moral pour Kant est donc celle d'un être complet en lui-même comme fin ultime de la nature. Elle ne peut donc être remise en question. Par exemple, Guillaud (2008) cite Kant décrivant cet homme moral comme la fin ultime de la nature :

Il serait absurde de dire que la lune est le moyen, pour la mer, de se mouvoir par marées; au contraire, les courants qui lui apportent de quoi se nourrir deviennent pour la moule des moyens. C'est parce qu'il y a des vivants dans la nature qu'il y a une finalité dans le système de la nature : parce que certaines productions de la nature sont des fins pour elles-mêmes, d'autres peuvent apparaître comme des moyens en vue de ces mêmes fins.

Toutes les fins de la nature sont conditionnelles : un vivant ne vit pas simplement pour vivre, mais en vue d'autres fins. La seule fin qui ne soit pas conditionnée à une fin supérieure, c'est le devoir, que seul l'homme est en mesure d'accomplir. La fin suprême de la nature, celle à laquelle toutes les autres sont subordonnées, celle qui seule donne un sens à la Création, c'est l'homme moral. La nature ne nous paraît donc exister qu'en vue de la réalisation de la liberté humaine au travers de l'accomplissement du devoir.⁹⁸

Telle est donc la limite acceptable pour les humanistes comme Fukuyama. Si les humanistes appliquent ces idées de Kant au processus scientifique de l'incorporation des nanorobots dans l'humain pour en faire un cyborg super intelligent en tant que finalité suprême du monde chez les transhumanistes (ce à quoi ceux-ci peuvent prétendre étant donné que ces nanorobots ont pour but ultime d'améliorer la durée de vie de l'homme en perfectionnant ses performances physiques et mentales jusqu'au paradis de l'immortalité de l'intelligence artificielle), il faut imposer une limite morale par l'impératif catégorique du respect de la dignité de l'homme moral en tant que finalité de la nature. Pour les humanistes, cette possibilité d'amélioration pour transcender la condition humaine de finitude de l'homme moral n'est certainement pas nécessaire étant donné que les malheurs des hommes tiennent dans le fait qu'ils ignorent (selon la sagesse kantienne) qu'ils ont besoin de bien peu pour être heureux et qu'ils entretiennent des besoins imaginaires et des

⁹⁸ Guillaud F. (2008) *philosophie, Séquence BAC*. Paris France : Bréal. p. 165.

désirs illimités de transcender leur état déjà atteint de finitude. La suite logique de cette idée est que la liberté de changer l'homme revient tout simplement à le dénaturer.

Mais, même si cette idée humaniste fonde une limite morale nécessaire qui interdit l'amélioration humaine par le développement des NBIC, pourra-t-elle s'imposer aujourd'hui comme un impératif catégorique universel? Il semble que non, puisque ce principe se heurte à la critique complètement opposée et tout aussi radicale de l'éthique de l'amélioration humaine chez les transhumanistes. Cette éthique transhumaniste ne remet-elle pas en question toute limite morale à l'amélioration humaine?

1.3.2 Quelle devrait être la limite acceptable pour les transhumanistes?

Selon les transhumanistes, il n'y aurait aucune interdiction humaniste acceptable qui limite cette évolution des technologies convergentes (NBIC). Le désir des transhumanistes va plutôt dans le sens du développement illimité des nouvelles technologies; et, dans ce sens, ils remettent leurs espoirs entre les mains des scientifiques et de leurs percées technologiques pour vaincre les limites biologiques humaines. L'idée de limite morale souhaitable ou nécessaire pour les transhumanistes n'existe pas réellement; ils parlent plutôt d'une nature évolutive qui justifie le développement illimité des NBIC pour fins thérapeutiques et pour l'amélioration humaine. Stock (2002) fonde son idée transhumaniste de l'absence de limite morale en se référant à Dieu comme finalité de la nature: « God and nature first made us what we are, and then out of our own created genius we make ourselves what we want to be ... Let the sky and God be our limit and Eternity our measurement. »⁹⁹ C'est dire qu'il n'y a pas de limite morale acceptable.

Cette idée que l'humain créé à l'image de Dieu en tant qu'être illimité, immortel, indique en effet pour les transhumanistes qu'il n'y a pas d'excès du processus de

⁹⁹ Stock, G. (2002) *Redesigning Humans. Our Inevitable Genetic Future*. USA. p. 1.

l'amélioration humaine qui dépasse la mesure. L'atteinte de cette idée par le processus technologique de l'amélioration humaine vers le cyborg immortel qui transcende les limites de la biologie humaine pourra donc être perçue comme un impact positif acceptable. Tandis que pour les humanistes kantiens l'atteinte de cette idée transhumaniste est l'excès qui dépasse la limite morale. Les textes humanistes dans le contexte du débat présentent au contraire le cyborg immortel comme le risque inacceptable de perdre la nature de l'humanité biologique. Comment comprendre cette divergence sur la question de la limite morale? À l'aide de notre grille d'analyse d'impacts et d'acceptabilité, nous pourrions continuer à mieux entrer dans la complexité de cette question en montrant les divergences entre les transhumanistes et les humanistes, à savoir : 1) l'identification divergente des impacts positifs et des risques (impacts négatifs) du processus d'incorporation des nanotechnologies pour l'humain dans sa nature propre, 2) l'impossibilité de comparer la mesure des impacts positifs avec la mesure des risques de ce processus, 3) l'évaluation divergente des impacts des nanotechnologies à partir de critère d'acceptabilité (conceptions morales, valeurs, pondération). Commençons par montrer l'identification divergente des impacts positifs et des risques des nanotechnologies.

2. Identification divergente des impacts positifs et des risques de l'amélioration humaine dans le débat entre humanistes et transhumanistes

Pour parvenir à mieux réfléchir sur cette question difficile de la limite morale, il nous importe maintenant de montrer l'identification divergente des impacts (impacts positifs et risque) qui crée le débat entre les transhumanistes et les humanistes. Pour orienter notre analyse, il est nécessaire de distinguer d'abord les concepts d'impact et de risque puisque les humanistes font surtout une analyse des risques de l'incorporation des NBIC; tandis que les transhumanistes tendent à en faire une analyse des impacts positifs. Nous procéderons par la suite à une identification des risques chez les humanistes et à une identification des impacts positifs et des risques chez les transhumanistes.

2.1 Définition des concepts d'impact positif et de risque

Pour orienter nos analyses, nous partirons des distinctions et des définitions suivantes. D'abord, qu'est-ce qui distingue un impact positif d'un risque déraisonnable ou d'un danger moralement inacceptable dans le contexte de ce débat sur l'amélioration humaine par le développement des connaissances par les NBIC? Un impact peut se définir comme : « l'effet produit par quelque chose; contrecoup, influence ».¹⁰⁰ Il est réaliste de penser que chaque action, à une influence (impact). Mais cet impact peut être positif ou négatif sur l'être humain. La notion de risque correspond normalement à une notion de probabilité d'un événement qui a des conséquences négatives pour l'humain : le risque est, en effet, la probabilité de survenue d'un événement, associée à ses conséquences négatives ([Ahl *et al.*, 1993])¹⁰¹. En ce sens, le risque potentiel, qui concerne le processus d'incorporation des NBIC (nanorobots, implants) pour l'amélioration de l'homme est une hypothèse de risque; « *un risque de risque* ». Par extrapolation, on peut décrire le risque potentiel comme des craintes dont les fondements théoriques existent. Étant fondé sur une telle hypothèse dans la pensée, il n'est ni visible, ni palpable.

L'important est de garder en tête que d'un côté, les humanistes utilisent l'analyse de risque que nous pourrions définir comme une analyse d'événements imprévisibles, incertains, qui impliquent des conséquences négatives sur des enjeux (par exemple, la nature et la dignité de l'être humain) qui sont, dans la logique humaniste, susceptible de subir des dommages, ce qui implique pour eux la nécessité de créer des limites (interdictions) morales comme des règles strictes qui peuvent commander un moratoire pour bloquer le développement des NBIC. De l'autre côté, les transhumanistes font habituellement une analyse d'impact positif que nous pourrions définir aussi comme une

¹⁰⁰ Définition de impact [En ligne : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/impact/41780> (consulté le 06 janvier 2011)]

¹⁰¹ Ahl A.S., Acree J.A., Gipson P.S., McDowell R.M., Miller L. and McElvaine M.D. (1993), *Standardization of nomenclature for animal health risk analysis*. Revue science and technology Off. Int. Epiz., no 12. pp. 1045-1053.

analyse d'événements imprévisibles, incertains, mais qui impliquent des conséquences positives sur des enjeux, ce qui les mènent à délaisser la possibilité de poser des limites morales, des règles.

L'événement incertain du développement des connaissances des nouvelles technologies NBIC pour l'amélioration de l'humain peut alors se définir comme le processus de l'incorporation des nanorobots ou des implants qui pourraient entraîner des impacts positifs ou négatifs possibles sur des enjeux comme la nature et la dignité de l'être humain, car le risque de perdre la nature biologique de l'être humain pour un humaniste n'est-il pas un impact positif pour un transhumaniste? D'après Tapin (2009), ces nanotechnologies dans leur développement sont susceptibles de bouleverser nos vies dans un avenir proche. Les risques potentiels du développement de ces nouvelles technologies sur l'existence de l'humanité (comme l'enjeu fondamental de l'éthique) sont très grands, mais incertains.¹⁰² Ne sont-ils pas incertains parce que ce que les humanistes considèrent comme des risques probables, de perdre les limites de l'humanité biologique, sont perçus comme des impacts positifs chez les transhumanistes?

2.2 Identification des risques chez les humanistes

Nous montrerons ici que les humanistes font surtout une analyse des risques de l'amélioration humaine; tandis que nous montrerons par la suite que les transhumanistes en font une analyse d'impacts positifs.

Chez les humanistes, l'identification des risques suppose une analyse des conséquences négatives sur l'humain comme enjeu fondamental. Par exemple, la création éventuelle des nanorobots à incorporer pour l'amélioration humaine implique des risques existentiels de perdre l'humanité purement biologique qui sont toujours vus comme négatifs par les

¹⁰² Tapin, Danielle dans Béland, Jean-Pierre et Johane Patenaude (2009) *Les nanotechnologies Développement, enjeux et défis éthiques*. Les presses de l'Université Laval. p. 66.

humanistes. On peut alors tenir pour acquis que les humanistes font surtout une analyse des conséquences négatives du développement de ces nanorobots même si ceux-ci pourront servir à augmenter la durée de la vie et de la santé humaine. Plus précisément, l'identification de tels risques chez les humanistes tend à montrer seulement la probabilité des conséquences négatives sur des enjeux comme l'identité (nature) humaine, la justice, etc. On peut prendre comme exemple Harris (2007)¹⁰³, qui explique sa perception des risques de l'extension de la vie sur de tels enjeux :

- 1) L'extension de la vie serait sans valeur ou encore funeste parce que l'identité de la personne ne pourrait pas survivre à cette longue période d'existence. Par exemple, je peux vouloir devenir immortelle, mais à la fin, si ce n'est pas moi, donc le projet échoue;
- 2) L'extension de la vie mènerait au surpeuplement et peut-être à la fin de la reproduction;
- 3) Finalement, on prétend que l'extension de la vie aurait des coûts exagérément élevés en matière de services médicaux accrus.

D'ailleurs, même si l'humaniste Kass (2003) a identifié la sécurité (technologies sécuritaires) comme une conséquence positive, il considère que la sécurité ne fait pas partie des enjeux majeurs du développement des nanotechnologies pour l'amélioration humaine : « Big issues have nothing to do with safety »¹⁰⁴. Autrement dit, pour lui, il y a surtout un risque de perdre la sécurité quand il est question du développement de la technologie ou au traitement thérapeutique pour l'amélioration de l'homme. Par exemple, Carl Marc explique que :

¹⁰³ Harris, J. (2007), *Enhancing evolution The ethical case for making better people*. Princeton and Oxford : Princeton University press. p. 61.

¹⁰⁴ Kass, L. (2003), *Therapy : Biotechnology and the Pursuit of Human Improvement* in The united States President's Council on bioethics in January 2003 p.12 / [En ligne : <http://bioethics.georgetown.edu/pcbe/background/kasspaper.html> (consulté le 22 février 2011)]

L'étape suivante consistera donc probablement à associer des outils vivants et des outils électroniques, dotés d'une intelligence artificielle autodéveloppable, et connectables à des réseaux pouvant commander et utiliser des sources d'énergie et des moyens mécaniques de grande puissance. Avec là, le risque d'en perdre le contrôle, et de voir nos créations artificielles se retourner un jour contre nous, et largement contre l'équilibre naturel de notre biotope. Ce risque étant inacceptable, il faut encadrer strictement les recherches et les techniques développées dans ce domaine.¹⁰⁵

De toutes les conséquences qui ressortent du développement des nanotechnologies pour l'amélioration humaine, c'est la possibilité de perdre le corps humain biologique (l'homme qui devient une machine, un cyborg) qui est le plus souvent identifié chez les humanistes radicaux, comme un risque des plus inacceptables :

Cette insertion de la technique dans le corps transforme l'homofaber en homotechno : l'autonomie de l'humanité devient toute relative par la délégation technique à une machine ou à un programme qui accomplit la tâche en lieu et fonction de l'homme. L'intégration de l'intelligence dans la machine paraît désincarner le sujet, mais l'anthropotechnie humanise la technique et technicise l'homme. L'indépendance de la technique se retournant contre l'homme est un accident prédictible selon Virilio, Tchernobyl suffirait à le prouver, par la perte de contrôle dans l'interaction homme-machine. L'erreur humaine est l'effet d'une déshumanisation de la technique qui n'est plus considérée que comme un objet et non plus comme un partenaire.¹⁰⁶

Ces différents risques évoqués par les humanistes remettent en question l'avenir des nanorobots et des implants envisagés par le développement des NBIC pour l'amélioration humaine. Mais cela contredit les impacts positifs qui sont identifiés par les transhumanistes.

¹⁰⁵ Marc Carl (2010) *Le grand projet humain*. L'édition alternative internationale. p. 212. [En ligne : http://www.marc-carl.net/download/Deh&pe_eBook.pdf (consulté le 11 juillet 2011)]

¹⁰⁶ Andrieu Bernard (2010) *Se trans-corporer. Vers une auto-transformation de l'humain ?* France [En ligne : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/56/33/32/PDF/HumainBA.pdf> (consulté le 11 juillet 2011)]

2.3 Identification des impacts positifs et des risques chez les transhumanistes

Les transhumanistes (Kurzweil 2005; Naam 2005) ont tendance à voir la perte de l'humanité biologique comme un impact positif. La singularité augmenterait les capacités du cerveau humain, la longévité de la vie, l'apprentissage dans le travail, etc. Par exemple, ils voient ainsi la création éventuelle des nanorobots pour dépasser les limites biologiques comme des impacts positifs qui constituent une solution aux maladies et aux injustices, et ce, même en terme de coûts. Ils envisagent qu'une vie pleine de possibilités et en santé puisse être éventuellement heureuse et non pas monotone et ennuyeuse. Ils croient que l'identité d'une personne est évolutive sous l'impact positif de l'amélioration du corps et de l'esprit. Ils imaginent déjà que ces technologies pourront régler d'éventuels problèmes de surpeuplement et/ou de reproduction. Kurzweil explique la singularité comme suit :

The singularity will allow us to transcend these limitations of our biological bodies and brains. We will gain power over our fates. Our mortality will be in our own hands. We will be able to live as long as we want (a subtly different statement from saying we will live forever). We will fully understand human thinking and will vastly extend and expand its reach. By the end of this century, the nonbiological portion of our intelligence will be trillions of trillions of times more powerful than unaided human intelligence. [...]

The singularity will represent the culmination of the merger of our biological thinking and existence with our technology, resulting in a world that is still human but that transcends our biological roots. There will be no distinction, post-Singularity, between human and machine or between physical and virtual reality. If you wonder what will remain unequivocally human in such a world, it's simply this quality: ours is the species that inherently seeks to extend its physical and mental reach beyond current limitations.¹⁰⁷

Les transhumanistes conçoivent aussi que de tels impacts éthiques possibles sont liés à l'enjeu économique du développement scientifique des NBIC pour l'amélioration humaine. C'est pourquoi ils s'intéressent à quelques sujets de recherches où il y a beaucoup

¹⁰⁷ Kurzweil, Ray. (2005) *The Singularity Is Near*. London : Penguin books Ltd. p. 9.

et fréquemment d'argent injecté. Le seul risque (impact négatif) pressenti des NBIC par les transhumanistes s'identifie à une perte de contrôle du processus d'incorporation des nanorobots (Kurzweil 2005)¹⁰⁸, qui peut par exemple menacer la vie privée (Weckert in Allhoff et al. 2007; O'Mathuna 2009).

3. Impossibilité de comparer la mesure de probabilité des impacts chez les transhumanistes avec la mesure de probabilité des risques chez les humanistes

L'impossibilité de comparer la mesure de probabilité des impacts positifs qui prévalent chez les transhumanistes et la mesure de probabilité des risques qui prévalent chez les humanistes vient du fait que le premier est une hypothèse de bénéfice immédiat (impact positif), tandis que l'autre est un risque futur théorique.¹⁰⁹ Essayer de faire une telle mesure du risque théorique nécessite d'inclure le fait que nous n'avons aucune connaissance scientifique qui permet de conclure à la probabilité que l'événement imprévisible (processus d'incorporation) produisant l'impact ou le risque se produise ainsi dans le même sens, nous ne pouvons pas conclure à l'inexistence de la relation qui produirait l'impact ou le risque. De plus, nous n'avons aucune connaissance de l'occurrence de l'impact ou du risque. Mais, en fait, même si ces risques ne sont ainsi que théoriques, ils demeurent rationnels, puisqu'ils reposent sur l'idée que nous n'avons pas la preuve qu'ils sont impossibles. Alors on peut conclure qu'ils sont réalistes sans connaître la probabilité que l'événement se produise. Autrement dit, puisqu'on ne peut pas montrer l'impossibilité que de tels risques se produiront dans l'avenir, ils sont possibles! Ce problème est soumis à l'incertitude, à l'ignorance, au déchirement, à l'affrontement entre l'attitude optimiste des transhumanistes et l'attitude catastrophiste des humanistes.

¹⁰⁸ Kurzweil, Ray. (2005) *The Singularity Is Near*. London : Penguin books Ltd. pp. 299-367.

¹⁰⁹ Spira, A. (2004) *La prévention en France : éléments de réflexion* M/S : médecine sciences, Volume 20, numéro 10, octobre 2004, <http://id.erudit.org/iderudit/009341ar> . p. 926.

3.1 Attitude optimiste dans la mesure de la probabilité de l'impact positif et du risque chez les transhumanistes

Les transhumanistes tendent à ne voir que l'impact positif du processus de l'amélioration humain parce qu'ils considèrent que la probabilité d'une perte de contrôle des nanorobots est quasi nulle (autrement dit qu'elle ne peut jamais se produire), parce qu'elle sera facilement surmontable. Il y aura déjà eu comme impact positif l'amélioration de l'intelligence de l'humain transformé en cyborg qui saura contrer ce risque. Autrement dit, même si le développement des NBIC implique pour les humanistes le risque probable de destruction de l'humanité par la perte de contrôle des nanorobots, les transhumanistes voient au contraire ce risque comme étant peu probable, car il sera surmonté par le développement d'une intelligence artificielle forte.

Des transhumanistes comme Kurzweil reconnaissent, certes, qu'il y a eu un aveuglement de la part de bien des scientifiques sur les risques existentiels engendrés par un tel développement des NBIC; mais ils pensent que les avancées scientifiques ne doivent pas se faire en prenant des mesures strictes de précaution contre les conséquences négatives ou les risques théoriques et probables que craignent les humanistes, puisque chaque nouveauté doit être bien documentée et bien étudiée pour éviter le plus possible de tels risques graves (risques existentiels) pour l'humanité présente et future. Dans cette perspective transhumaniste, les risques seront surmontés d'une façon responsable par le développement des technologies défensives sur la base d'une intelligence artificielle forte.

Kurzweil (2005) rationalise ainsi les dangers et les risques possibles en se fondant sur l'espoir de trouver une solution (issue) scientifique au fur et à mesure du développement des NBIC. Dans ce cas, le fait d'imposer des limites morales deviendrait plus dangereux ou risqué pour la santé et la vie de l'humanité que de n'imposer aucune limite. Il pense plutôt que la solution aux problèmes des risques (les risques du mauvais usage des nanorobots par exemple), qui se manifesteront lors de l'approfondissement des connaissances sur les nanorobots grâce au développement des NBIC, proviendra de ce même développement :

The reality is that the sophistication and power of our defensive knowledge and technologies will grow along with dangers. A phenomenon like gray goo (unrestrained nanobot replication) will be countered with “blue goo” (“police” nanobot that combat the “bad” robots). Obviously we cannot say with assurance that we will successfully avert all misuse. But the surest way to prevent development of effective defensive technologies would be to relinquish the pursuit of knowledge in a number of broad areas.¹¹⁰

De même, Allhoff (2010)¹¹¹, dans le contexte de son évaluation critique du principe de précaution, parle des conditions de la connaissance en expliquant que le risque nul (en parlant de toutes les possibilités du risque existentiel présentées par les scénarios catastrophes) est impossible à atteindre, et ce, en toutes circonstances :

The first criticism is of knowledge condition, particularly its (extremely) weak modal operator: possibly. On the catastrophe principle, mere possibility of some catastrophe is enough to procure a ban against some activity. It is possible, in at least some sense, that nanotechnology could destroy the world. Surely that is catastrophic; ergo, no nanotechnology. But what is the sense of “possibility” that matters? It has to be something stronger than mere logical possibility: it is (logically) possible, for example, that our nanotechnology could lead, tomorrow, to some other galaxy. But surely this is not physically possible, if for no other reason than it could not get there fast enough. Rather, what we need is some sort of physical possibility or, even better, empirical possibility: things may be physically possible that are nevertheless not likely to happen (e.g., decreased entropy in some complex system). This sort of possibility at least forestalls straw man objections against the catastrophe principle.

Still, though, empirical possibility is extremely weak: a *lot* of things are empirically possible. For example, consider the notion that self-replicating nanobots will somehow cause human extinction. Is that empirically possible? In some sense, yes: these nanobots could replicate to extent that they take over whatever environments humans would otherwise occupy. Is this likely? No. Does any reasonable scientific evidence suggest that it

¹¹⁰ Kurzweil, Ray. (2005) *The Singularity Is Near*. London : Penguin books Ltd. p. 416.

¹¹¹ Allhof, F., Lin, P., and Moore, D. (2010), *What Is Nanotechnology and Why Does It Matter? From Science to Ethics* Hoboken, NJ, US: WILEY-BLACKWELL. p. 89-90.

would happen? No. But is it (empirically) *possible*? Yes. So, on the catastrophe principle, it would seem that we cannot have whatever technology might give rise the nanobots. This seems like the wrong answer, though, particularly given the (extreme) unlikelihood that these negative consequences would be realized.

En décidant ainsi d'occulter ou d'amoindrir au minimum la possibilité de poser une limite nécessaire par le principe de précaution, les transhumanistes aspirent à ce que l'homme du futur soit plus avancé et intelligent que nous le sommes pour éliminer les risques possibles pour l'humanité. Dans cette optique optimiste, ils portent un regard extérieur et critique négatif contre tout délai moral qui empêche le développement des NBIC pour augmenter les capacités physiques et vaincre les maladies et le vieillissement de l'homme d'aujourd'hui. C'est dans ce sens qu'ils espèrent « améliorer » l'homme, en augmentant ses capacités à l'infini.

3.2 Attitude pessimiste dans la mesure de la probabilité du risque chez les humanistes

Par contre, les humanistes comme Fukuyama considèrent que la crainte de la probabilité du risque de perte de contrôle est une raison suffisante, qui dépasse (outré) toute mesure d'impact positif des technologies de l'amélioration. Cette attitude pessimiste consiste à ne mesurer qu'en termes de ravages les effets de l'allongement de la vie humaine sur les hiérarchies existantes;

We have already seen the deleterious consequences of prolonged generational succession in authoritarian regimes that have no constitutional requirements limiting tenure on office. As long as dictators like Francisco Franco, Kim Il Sung, and Fidel Castro physically survive, their societies have no way of replacing them, and all political and social change is effectively on hold until they die.²⁰ In the future, with technologically enhanced life spans, such societies may find themselves locked in a ludicrous deathwatch not for years but for decades.¹¹²

¹¹² Fukuyama F. (2002), *Our post human future Consequences of the biotechnology revolution* New York :Edition Farrar,Straus and Giroux. p. 65.

Pour Fukuyama, l'allongement de la vie humaine pose déjà de graves problèmes sociaux pondérables qui continueront de s'étendre avec le prolongement de la durée de vie moyenne de l'homme.

Enfin, les humanistes radicaux croient fermement que des nanorobots qui pourraient détruire l'humanité sur terre, n'est pas l'expression d'une crainte farfelue, parce qu'il y a un risque que cette éventualité se produise bien avant que l'homme n'ait la capacité de le surmonter.

4. Évaluation divergente des risques et des impacts

Selon le graphique d'analyse d'impacts et d'acceptabilité mis en annexe 3, l'évaluation peut se faire de deux manières distinctes. D'un côté, les humanistes ont tendance à évaluer les risques comme étant inacceptables à partir des standards (critères) moraux basés sur des conceptions morales (nature et dignité de l'être humain comme enjeu fondamental de l'éthique). De l'autre côté, les transhumanistes ont tendance à évaluer les impacts positifs comme étant acceptables à partir d'une interprétation différente des mêmes critères du souhaitable (nature et dignité de l'être humain), ou encore à partir d'une pondération des conséquences positives et négatives qui est fondée sur la foi en la capacité de la science de surmonter les risques.

4.1 Risques jugés inacceptables chez les humanistes

Plusieurs auteurs humanistes contemporains, notamment Leon Kass et Jürgen Habermas se sont fortement opposés à l'amélioration de l'être humain. Pour évaluer inacceptable le risque de la perte de l'identité biologique humaine dans l'amélioration humaine par les NBIC, ces humanistes se fient à leurs valeurs (standards moraux basés sur

des conceptions morales). C'est ainsi qu'ils veulent justifier l'imposition d'une limite morale.

Habermas¹¹³ considère ce risque de la perte de l'humanité biologique comme étant inacceptable parce qu'il croit en l'importance des valeurs telles que la liberté et l'égalité qui sont enracinées dans la conception traditionnelle de la nature humaine considérée comme fixe. Il croit ainsi fermement que la définition moderne de la nature humaine évolutive chez les transhumanistes nous mènera vers un eugénisme libéral. Il soupçonne que des actions malintentionnées basées sur cette nature évolutive pourraient aller jusqu'à contrôler ou anticiper les décisions des générations futures. Dans ce sens, il est plausible de penser que les nanorobots pour l'amélioration humaine produiront des risques d'une perte de la nature humaine, et ainsi il juge ce risque inacceptable du point de vue des valeurs connexes de la démocratie et de la justice.

Kass évalue aussi, en ce sens, la perte de la liberté par la coercition (contrainte) nanotechnologique comme un autre risque inacceptable. Il n'accepte donc pas la définition moderne de la liberté. Il juge qu'il y a un danger mortel dans la notion de liberté dans le sens où une personne a tous les droits de transcender les limites de son corps biologique : « that a person has a right over his body, a right that allows him to do whatever he wants to do with it. »¹¹⁴ Il est ainsi troublé par la chirurgie cosmétique et bien d'autres changements qui peuvent être effectués sur le corps humain en lui faisant perdre sa nature purement biologique. On peut aussi facilement envisager que les nanorobots pour l'amélioration humaine constituent un risque inacceptable puisqu'ils auront une influence négative sur la liberté, car les changements estimés de ces nouvelles technologies pour transcender les limites biologiques sont énormément éloignés de la thérapie médicale d'où proviennent les

¹¹³ Harris, J. (2007), *Enhancing evolution The ethical case for making better people*. Princeton and Oxford : Princeton University press. p. 137-142.

¹¹⁴ Wikipedia. *Leon Kass* [En ligne : http://en.wikipedia.org/wiki/Leon_Kass (consulté le 31 janvier 2011)]

normes de pratique régulière aujourd'hui et en conformité avec cette nature humaine d'aujourd'hui :

[...] attempts to alter our nature through biotechnology are different from both medicine and education and child-rearing. For I believe that we can more-or-less distinguish the pursuit of bodily and psychic perfection from the regular practice of medicine. To do so, we need to see that is not true, as some allege, that medicine itself is a form of mastery of nature. At least when it functions to restore from deviation or deficiency some natural wholeness of the patient, medicine acts as servant and aid to nature's own powers of self-healing. It is also questionable to conflate child-rearing and education of the young with the attitude that seeks wilful control of our own nature. Parents do indeed shape their children, but usually with some at least tacit idea – most often informed by cultural teachings that have stood the test of time – of what it takes to grow up to live a decent, civilized, and independent life.¹¹⁵

Pour Kass (2003)¹¹⁶, selon ses notions d'équité et de justice distributive qui sont des valeurs en jeu dans l'amélioration de l'homme, juge inacceptable le risque d'une mauvaise distribution des avantages technologiques. On peut facilement concevoir que les nanorobots pour l'amélioration humaine produiront un effet sur l'équité et la justice distributive. Pour lui, le point central de la question n'est pas l'égalité d'accès, mais le caractère bon ou mauvais de celui qui l'offrira. C'est à partir de ce point qu'il serait important de qualifier le degré d'acceptabilité de risque des produits qui seront offerts. Par exemple, si une entreprise offrait le nanorobot pour améliorer l'homme uniquement dans le but de faire des produits, le risque en serait encore plus grand. Dans cette considération de Kass, on peut entrevoir un certain degré de risque, quoique difficilement quantifiable, car on ne sait pas à quel point ces nanotechnologies contrôleront notre nature et nos idées qui font de nous des personnes indépendantes.

¹¹⁵ Kass, L. (2003), *Therapy : Biotechnology and the Pursuit of Human Improvement* in The united States President's Council on bioethics in January 2003 p. 18-19. [En ligne : <http://bioethics.georgetown.edu/pcbe/background/kasspaper.html> (consulté le 22 février 2011)]

¹¹⁶ Harris, J. (2007), *Enhancing evolution The ethical case for making better people*. Princeton and Oxford : Princeton University press. p. 124.

Ces risques qui affectent les valeurs humanistes sont inacceptables, même si ce sont des risques théoriques qui dépendent de l'imprévisibilité du processus d'incorporation de ces technologies qui seront mises en marché à l'avenir. C'est certainement pour cette raison qu'ils soulèvent toutes sortes d'interrogations sur l'analyse de l'acceptabilité de ces risques dont nous pourrions donner plusieurs exemples.

4.1.1 Exemples de risques jugés inacceptables chez les humanistes

Harris (2007)¹¹⁷ a évalué de façon qualitative les risques liés aux conséquences de l'extension de la vie en se basant sur des valeurs humanistes. Par exemple, sur la base de la valeur de l'équité d'accès, il explique que pour les personnes déjà existantes, l'amélioration humaine par l'extension de la vie demanderait probablement de multiples interventions dont le coût sera certainement substantiel. Étant donné que l'immortalité risque de faire augmenter le coût de la vie pour les personnes concernées [Drexler (1990) le confirme : « repair cells requires an investment in energy, materials, and repair machines. »¹¹⁸], il devient évident que cette éventualité sera possible uniquement pour une minorité de la population. Donc, le risque d'injustice est jugé comme un risque théorique inacceptable dans le sens où nous ne pouvons pas connaître le coût réel de l'extension de la vie par les nanorobots qui pourrait être trop dispendieuse pour une grande partie de la société.

Suite à l'apparition d'une telle technologie de l'amélioration, Harris (2007)¹¹⁹ envisage comme inacceptable le risque de l'apparition de populations parallèles où un fossé sera creusé entre les immortels ou les quasi-immortels et ceux qui seront contraints ainsi que ceux qui auront décidé de rester mortels. La création de telles populations parallèles

¹¹⁷ Ibid., p. 61.

¹¹⁸ Drexler, E. (1990) *Engines of Creation : The Coming Era of Nanotechnology* US: Anchor books. p. 119.

¹¹⁹ Harris, J. (2007), *Enhancing evolution The ethical case for making better people*. Princeton and Oxford : Princeton University press. p. 62.

apparaît indésirable et même injuste. L'immortalité ou l'espérance de vie indéfinie est considérée comme bien en soi. Par contre, il est éthiquement inacceptable de permettre cette « marchandise » uniquement à quelques personnes, comme un luxe. Et cette injustice n'est pas simplement due au simple fait du coût des thérapies d'amélioration, mais aussi à l'insuffisance des ressources qui constitue une véritable limite quantifiable (tout dépend des ressources).

Considérant que la sagesse humaniste d'ordinaire invite les gens à vivre heureux en assumant les limites biologiques ainsi que la crainte de leur mort, il est difficile pour un humaniste comme Harris de ne pas évaluer la longévité et l'immortalité comme un risque inacceptable de perdre le sens de la vie sur terre. Plusieurs humanistes (Harris, par exemple)¹²⁰ jugent que la vie indéfinie risque de devenir interminablement ennuyeuse, ou encore qu'au cours des longues périodes de vie, l'identité de la personne ne pourrait pas être maintenue et que la survie d'un individu en particulier deviendrait illusoire. Ce risque de s'ennuyer au point de vouloir mettre fin à sa vie est inacceptable.

Harris (2007)¹²¹ soulève un autre risque jugé inacceptable qui pourrait limiter l'application de la technologie telle que le nanorobot pour l'amélioration humaine. Sur la base du respect de l'identité humaine, il évalue que les améliorateurs cognitifs comme les nanorobots qui changeront la chimie de l'homme, impliqueront des risques inacceptables à cause des changements dramatiques dans la personnalité des personnes les utilisant. Par exemple, certaines propriétés d'amélioration pourraient ressembler à des effets secondaires parce que les améliorations seront si marquées qu'une personne disposant de telles améliorations de la mémoire, de l'intelligence, ou de la concentration, vivrait vraisemblablement sa vie d'une manière très différente, ce qui risquerait de contredire l'identité de son ancien moi. Dans cette situation, la question suivante: « cette personne améliorée restera-t-elle véritablement elle-même? », peut servir d'argument pour évaluer

¹²⁰ Ibid., p.64.

¹²¹ Ibid., p.65-66.

comme inacceptable le risque de perdre l'identité de la personne améliorée et elle devient une limite à l'application des NBIC parce qu'ils changeront la chimie et la cognition de l'homme.

Certains humanistes, à l'instar de Kass (2001)¹²², croient que l'essence même de l'être humain biologique est d'être éphémère. L'immortalité veut nécessairement dire être et vivre autrement donc, posséder une identité différente de l'homme mortel. Ces humanistes en viennent à la conclusion que l'immortalité comporte le risque inacceptable de devenir inhumain :

For to argue that human life would be better without death is, I submit, to argue that human life would be better being something other than human... The new immortals, in the decisive sense, would not be like us at all. If this true, a human choice for bodily immortality would suffer from the deep confusion of choosing to have some great good only on condition of turning into someone else.¹²³

Cette problématique du risque inacceptable de perdre de l'essence de l'homme remet en question l'amélioration humaine qui est identifiée comme un impact positif chez les transhumanistes. L'humaniste juge que l'amélioration humaine par les NBIC est un risque de détruire la nature de l'être humain qui est inacceptable.

De plus, l'extension de la vie est inacceptable parce qu'il y a des risques d'entraîner une surpopulation (Harris, 2003).¹²⁴ Même si ce risque de la prolongation de la vie de la population est théorique et abstrait, il pourrait mener à la fin de la reproduction de l'homme tel que nous la connaissons. En cas de surpopulation, la reproduction devient un

¹²² Ibid., p.67.

¹²³ Kass, L. (2001), *L'Chaim and its limits: why not immortality?* En ligne le 01 Mars 2011 p. 5-6. [En ligne : <http://www.utpa.edu/faculty/jmmartinez/General/GenBioCloning.pdf> (consulté le 22 février 2011)]

¹²⁴ Harris, J., (2007), *Enhancing evolution The ethical case for making better people*. Princeton and Oxford : Princeton University press. p. 69.

désavantage et la qualité de vie risque de diminuer. Cette facette de la problématique de la surpopulation permet de juger ce risque comme étant inacceptable sur la base du critère de la qualité de vivre à chaque génération et d'essayer de faire en sorte que le plus grand nombre possible puisse mener une vie saine en acceptant la mort. Parvenir à cet impact acceptable de vivre sainement sa mort en limitant le risque de la surpopulation par des limites volontaires ou éthiques à l'amélioration humaine semble être une piste de solution défendable par les humanistes.

Ces exemples de risques jugés inacceptables par les humanistes divergent grandement des exemples d'impacts et de risques jugés acceptables par les transhumanistes. Voyons cela d'un peu plus près.

4.2 Impacts jugés acceptables chez les transhumanistes

Pour évaluer l'amélioration humaine par l'incorporation des NBIC comme un impact positif acceptable qu'il faudrait promouvoir (plutôt que de limiter ou d'interdire), les transhumanistes se fondent sur le bilan final de la pondération des conséquences positives et négatives. Dans ce sens, ils ont tendance à anticiper tous les changements positifs, en les évaluant comme étant acceptables selon leur propre interprétation de la nature humaine qui est considérée comme une valeur fondamentale incitant à transcender ses propres limites humaines. Même s'il est vrai de dire ainsi que les transhumanistes partagent de nombreuses valeurs avec l'humanisme, il diffère de l'humanisme:

Le transhumanisme partage de nombreuses valeurs avec l'humanisme parmi lesquelles un respect de la raison et de la science, un attachement au progrès et une grande considération pour l'existence humaine (ou transhumaine) dans cette vie. [...] Le transhumanisme diffère de l'humanisme en ce qu'il

reconnait et anticipe les changements radicaux de la nature et des possibilités de nos vies provoqués par diverses sciences et techniques [...].¹²⁵

En d'autres termes, les transhumanistes présument autant que les humanistes que les améliorations apportées par les NBIC pour l'amélioration humaine changeront la nature biologique de l'homme. Par contre, les transhumanistes ont une définition de la nature humaine qui est très différente de celle des humanistes. Pour eux, l'« homme [...] reste un homme, mais se transcende lui-même en déployant de nouvelles possibilités de et pour sa nature humaine. »¹²⁶

Les transhumanistes prônent la transcendance de l'homme sur la base de cette conception évolutive de la nature humaine qui consiste à dépasser les limites biologiques. C'est ce qui les mène ainsi à évaluer favorablement l'amélioration de l'homme par les NBIC convergentes ayant comme finalité naturelle les cyborgs. Pour eux, c'est une excellente possibilité d'impact positif et acceptable. Étant donné que leurs valeurs sont en accord avec les impacts qu'occasionneraient ces changements, la perte des limites biologiques humaines n'est donc pas évaluée comme étant inacceptable. Il s'agit plutôt d'un impact positif acceptable puisqu'il est en accord avec la nature humaine qui fonde la promotion transhumaniste contre l'interdiction humaniste.

En ce qui concerne les nanotechnologies convergentes avec les autres technologies émergentes (NBIC), les risques théoriques et imprévisibles de perte de contrôle par erreur sont basés sur le fait qu'on reconnaît qu'il est impossible de prédire le comportement des systèmes complexes qui sont au-delà d'un certain niveau de complexité. Par exemple, quels seront les risques de perte de contrôle de l'intégration des nanorobots à l'intérieur du corps dans le but d'améliorer ses performances et sa durée de vie? Ces risques seront surmontés.

¹²⁵ More, M. (1990), *Transhumanism : a futurist philosophy*, [En ligne: <http://www.maxmore.com/transhum.htm> (consulté le 28 février 2011)]

¹²⁶ Huxley, J. (1957), *Transhumanism*, dans [périodique], 1957, [En ligne : <http://www.transhumanism.org/index.php/UTA/more/huxley/> (consulté le 28 février 2011)]

Alors, comment juger comme étant moralement acceptables ces risques des NBIC pour l'amélioration humaine? Voyons cela d'un peu plus près.

4.2.1 Exemples d'impacts positifs et de risques jugés acceptables chez les transhumanistes

Les transhumanistes comme Kurzweil considèrent les mêmes risques de perte de contrôle des NBIC pour l'amélioration humaine que craignent les humanistes; mais ils les évaluent à partir d'une pondération complètement différente, parce qu'ils croient fermement que ce type de risque sera facilement réglé grâce à l'explosion de l'intelligence artificielle forte à la base de cette même technologie et que tout délai moral voue l'être humain à sa finitude biologique et à la mort. Kurzweil croit ainsi que des technologies défensives seront développées en parallèle pour permettre de contrer les impacts négatifs (risques de perte de contrôle par erreur ou terrorisme) issus de ces nouvelles technologies (tel que les nouveaux virus informatiques pouvant toucher l'homme cyborg) :

We have been able to largely control harmful software-virus replication because the requisite knowledge is widely available to responsible practitioners. Attempts to restrict such knowledge would have given rise to far less stable situation. Responses to new challenges would have been far slower, and it is likely that the balance would have shifted toward more destructive applications (such as self-modifying software viruses).¹²⁷

Aussi, Kurzweil (2005) a une tout autre vision de l'augmentation du coût de la vie et du fossé entre les riches et les pauvres qu'implique le développement imprévisible des NBIC :

It's likely that through these technologies the rich may obtain certain opportunities that the rest of humankind does not have access to. This, of course, would be nothing new, but I would point out that because of the

¹²⁷ Ibid., p.416.

ongoing exponential growth of price-performance, all of these technologies quickly become so inexpensive as to become almost free.¹²⁸

Pour évaluer ces impacts négatifs soulevés par ces technologies comme étant acceptables, les transhumanistes pondèrent grâce aux conséquences positives en utilisant l'analyse du coût-bénéfice, parce que ce principe constitue un outil de référence structuré. Toutefois, il n'y a pas de procédure générale pour détecter les dangers théoriques possibles qui sont encore aussi inconnus que les conséquences négatives elles-mêmes sur l'humain. Dans cette perspective, la probabilité de l'existence de ces conséquences est inconnue et ceux-ci seront probablement reconnaissables uniquement lorsqu'elles apparaîtront.

En somme, l'idéologie transhumaniste alimente de plus en plus le débat autour de l'acceptabilité sociale des impacts positifs et des risques de ces nouvelles technologies qui seraient selon la nature humaine. Par exemple, dans une déclaration transhumaniste, l'Institut Extropy de Max More proclame : « We go beyond many humanists in proposed fundamental alterations in human nature in pursuit of these improvements ».¹²⁹ Pour eux, la nature humaine serait mobile. Elle changerait et pourrait même évoluer. Les transhumanistes expliquent que la faculté que possède l'homme d'utiliser et de concevoir des outils techniques afin de pallier ses manques naturels et d'adapter son milieu à ses désirs lui permet de prendre technologiquement son destin en main. Ce qui signifie par extrapolation pour les transhumanistes, que l'homme ne doit pas attendre l'œuvre de la sélection naturelle mise en évidence par Darwin pour évoluer, mais que « Humanity must not stagnate : [...] Humanity is a temporary stage along the evolutionary pathway. We are not the zenith of nature's development ».¹³⁰ Par conséquent, les transhumanistes croient avoir raison de se tourner vers les nouvelles technologies comme les NBIC pour faire

¹²⁸ Kurzweil, R. (2005) *The Singularity Is Near*. London : Penguin books Ltd. p.430.

¹²⁹ More, M. (1998), *The extropian principles, version 3.0, Atranshumanist Declaration*, [En ligne: <http://www.maxmore.com/extprn3.htm> (consulté le 05 avril 2011)]

¹³⁰ More, M. (1994), *On becoming posthuman*, [En ligne: <http://www.maxmore.com/becoming.htm> (consulté le 05 avril 2011)]

évoluer l'homme.

Dans cet ordre d'idée transhumaniste, l'acceptabilité morale de la transformation de l'homme pour l'améliorer grâce aux nouvelles technologies ne doit pas être limitée par des principes moraux, ce qui serait totalement inacceptable selon leurs points de vue optimistes étant donné que l'homme d'aujourd'hui n'est qu'une étape parmi tant d'autres dans son évolution dont la prochaine étape sera le cyborg.

CONCLUSION DU CHAPITRE 2

Nous pouvons faire l'hypothèse que dans ce débat, les impacts et les critères du jugement (arguments moraux et valeurs) qui fondent la promotion (acceptabilité) ou interdiction (limitation) du processus d'incorporation des NBIC pour l'amélioration humaine sont au cœur de l'opposition (pour ou contre). Notre analyse de la littérature sur la question de la limite éthique du développement des NBIC (les nanotechnologies [N], les biotechnologies [B], les technologies de l'information [I] et les sciences cognitives [C]) pour l'amélioration humaine démontre qu'il est véritablement difficile de poser une limite acceptable qui ne soit pas divergente selon les partis, pour les raisons suivantes :

L'historique du débat sur la question des limites passées, présentes et futures démontre que les limites éthiques changent pour le futur selon les positions humanistes et transhumanistes. Ce débat indique qu'il n'y a pas de consensus universel entre les humanistes et les transhumanistes sur cette question des limites éthiques afin de freiner le développement des technologies émergentes pour l'amélioration humaine. Les décisions consensuelles établissant ces limites garantissant un avenir sain et sécuritaire seront difficiles, voire impossibles à prendre, en pensant qu'il y aura toujours des désaccords dans le débat.

Pour les humanistes comme Fukuyama, cette possibilité d'amélioration par le processus d'incorporation des NBIC ayant pour finalité les cyborgs n'est certainement pas nécessaire et doit être limitée, voire même interdite, étant donné que l'homme, dans sa nature propre, est limité et mortel. Ils en déduisent que changer la biologie de l'homme revient à le dénaturer, de sorte que des limites nécessaires s'imposent par des principes moraux (par exemple, le principe du respect de la dignité de l'humain fini et mortel) pour empêcher cette modification de l'homme.

Les transhumanistes ne voient pas la nécessité de poser de telles limites. Certains vont encore plus loin en essayant de démontrer que la nature de l'être humain créé à l'image de Dieu infini et libre est sans limites. Poser des limites morales pourrait donc causer des dommages sérieux pour l'être humain. Dans ce sens, ils souhaitent que l'homme du futur soit aussi avancé qu'un cyborg immortel. Leur but ultime est d'améliorer l'homme, en augmentant ses capacités à l'infini.

L'identification des impacts positifs et des risques (impacts négatifs) autant chez les humanistes que chez les transhumanistes ne se rejoignent pas. Pour les humanistes, l'amélioration future de l'homme par la technologie posera toujours des risques trop élevés en termes de perte de sa nature biologique et de sa dignité humaine. Tandis que les transhumanistes comprennent cette perte de l'humanité biologique comme un impact positif.

L'évaluation des risques chez les humanistes diverge de l'évaluation des impacts chez les transhumanistes. D'un côté, les humanistes ont tendance à voir les conséquences selon un degré d'intensité variable, mais toujours de façon pessimiste et négative. Il en résulte qu'ils évaluent les risques comme étant inacceptables en fonction de standards moraux basés sur leurs conceptions morales. Pour les humanistes, les valeurs en jeu sont difficilement quantifiables, quoiqu'extrêmement importantes, car on ne sait pas à quel point

ces nanotechnologies contrôleront notre nature et implicitement nos idées qui font de nous des personnes indépendantes. Ces conséquences négatives qui touchent les valeurs humanistes constituent des risques inacceptables qui sont purement théoriques, car ce sont des risques conditionnels à ce que ces technologies soient développées et mises en marché un jour. C'est certainement pour cette raison qu'ils soulèvent plusieurs interrogations et que l'évaluation de ces risques est primordiale. À l'opposé, les transhumanistes prônent la transcendance de l'homme selon sa nature. Ils évaluent donc les conséquences positives des implants comme étant acceptables. S'ils considèrent dans leur évaluation la possibilité que le cyborg soit un impact positif acceptable, ils espèrent donc minimiser le plus possible les limites morales qui impliquent le risque inacceptable de l'humain à sa finitude biologique qui implique la maladie et la mort.

Actuellement, les conflits entre les humanistes et les transhumanistes sont tellement prononcés qu'il règne un abîme entre eux, qui est créé par les écarts marqués qui existent entre l'évaluation des risques et des impacts selon chacun, ainsi qu'entre les jugements de valeur (acceptabilité sociale) mobilisés, sur la question des limites éthiques à l'amélioration humaine par les NBIC. Cette zone mal définie reste problématique pour un bon développement des ces technologies futuristes.

CHAPITRE 3

QUELLES RELATIONS POURRIONS-NOUS ÉTABLIR ENTRE LES LIMITES SCIENTIFIQUES ET LES LIMITES ÉTHIQUES AU SUJET DU DÉVELOPPEMENT DES NBIC POUR L'AMÉLIORATION HUMAINE?

Nous tenterons ici de faire une synthèse des deux questions traitées dans les chapitres précédents dans le but de démontrer les relations possibles entre les facettes scientifiques et éthiques de la limite de l'amélioration humaine par les NBIC. Nous retiendrons que les limites scientifiques sont rarement contradictoires sur chacun des points que nous avons développés précédemment parce qu'elles proviennent de jugements de faits démontrables, tandis que les limites éthiques, en raison des deux courants de pensée opposés (l'un transhumaniste et l'autre humaniste), se contredisent eux-mêmes sur la base de jugements de valeur discutables. Comment alors parviendrons-nous à signifier les relations qui peuvent réellement exister entre ces deux types de limites? D'abord, il sera important de définir le mot relation qui est lié à l'idée de jugement en philosophie. L'éclaircissement du sens historique et de la définition de ce mot servira ainsi de base méthodologique afin de pouvoir comprendre ensuite les relations possibles entre ces deux types de limites (les limites scientifiques et les limites éthiques des NBIC pour l'amélioration humaine) qui sont basées sur des jugements différents. Cet exercice, qui permettra de signifier clairement ces relations qui pourraient faire l'objet d'un dialogue interdisciplinaire se déroulera en trois temps. Nous retiendrons, dans un premier temps, les principaux points pouvant être mis en relation qui se dégagent de la question des limites scientifiques en jeu dans le premier chapitre. Nous retiendrons, dans un second temps, les principaux points pouvant être mis en relation qui se dégagent de la question des limites éthiques en jeu dans le deuxième

chapitre. Ces deux condensés constitueront, dans un troisième temps, les deux portraits des points les plus importants pouvant être mis en relation pour répondre en dialogue interdisciplinaire à la question complexe des relations entre les limites scientifiques et les limites éthiques de l'amélioration humaine par les NBIC.

1. Comment définir une relation?

L'histoire du mot « relation » et la définition qui s'ensuit en philosophie pourront-elles nous aider à définir une relation qui relie les deux aspects (l'aspect scientifique et l'aspect éthique) de la question des limites de l'amélioration de l'homme par les NBIC?

1.1 Histoire du mot « relation »

Au temps de Socrate, les « Mégariques » (les disciples de Socrate) ont tenté de travailler sur la définition de ce qu'est une relation, mais ils aboutirent à une impasse, qui constitua à nier la possibilité de bien définir ce terme:

Il n'y avait pour eux que des représentations ou des « idées » séparées : l'idée du bœuf étant donnée, ainsi que l'idée couleur noire, il n'y a pas de raison pour dire : le bœuf est noir. Tous les sujets sont des individus sans relation possible, ni entre eux ni avec les attributs ou prédicats virtuels, qui sont également isolés.¹³¹

Plus tard, c'est Platon qui reprend cette idée de définir « la relation » en entreprenant d'illustrer la vraisemblance de la relation : « S'appuyant sur des connaissances empiriques et géométriques et sur la méthode de Socrate, il arrache à la réflexion courante sur les « contrastes » et les « associations de pensées » les rudiments de la logique formelle. »¹³²

¹³¹ Legrand, Gérard. (1986) *Vocabulaire Bordas de la philosophie* Bordas p. 291.

¹³² Ibidem

De plus, il « mentionne déjà la relation d'inclusion et la relation d'exclusion ». ¹³³ Dans le même ordre d'idée, Platon anéantit l'attitude de pensée négative qui prévalait jusqu'alors avec les disciples de Socrate. Il explique que : « s'il n'y a pas de possibilité de jugement, il n'y a pas de possibilité de *dire* que cette possibilité n'existe pas ». ¹³⁴ Platon en viendra même « à poser le jugement comme un énoncé de plusieurs relations complexes », mais c'est Aristote qui codifiera cette perspective, en donnant le modèle de la relation et le considérant comme une catégorie de l'Être qui met deux notions en un rapport déterminé. « Pour Aristote, la relation est une des dix catégories de la pensée, celle selon laquelle nous jugeons d'une chose par rapport à une autre » ¹³⁵ :

« On appelle relatives ces choses dont tout l'être consiste en ce qu'elles sont dites dépendre d'autres choses, ou se rapporter à d'autres choses de quelque façon. » Les principales relations lui paraissent être celles du passif à l'actif, de la puissance à l'acte, ou les relations numériques. La pensée contemporaine, par son antisubstantialisme, mais aussi par la place accordée aux problèmes de la communication, enfin par sa considération des systèmes et des structures, souligne le primat des relations. ¹³⁶

D'ailleurs, dans l'optique d'Aristote, on peut définir l'ordre comme une relation intelligible et réglée entre une pluralité de termes.

À la fin du XVIII^e siècle, c'est Descartes qui trouve une solution à la définition du terme relation dans la philosophie de Kant, qui explique que : « les relations établies par la pensée entre les choses, sont constitutives pour les choses elles-mêmes en tant que phénomènes. Il dessine leur domaine à partir de trois types : substance-accident, causalité-effet et « communauté » (action-réaction). » ¹³⁷

¹³³ Ibidem

¹³⁴ Ibidem

¹³⁵ Mourral, Isabelle et Louis Millet (1993) *Petite encyclopédie philosophique* Éditions universitaires. p. 295.

¹³⁶ Stirn, François et Hervé Vautrelle (1998) *Philosophie Synthèse* Lexique de philosophie Armand Collin. p. 78-79.

¹³⁷ Legrand, Gérard. (1986) *Vocabulaire Bordas de la philosophie* Bordas. p. 291-292.

On souligne, par contre, que toutes les relations logiques ne sont pas réductibles au modèle aristotélicien, même transposé par Kant. La relation, selon Kant est la propriété qu'ont les jugements d'être *catégoriques*, *hypothétiques* ou *disjonctifs*. La possibilité de ces trois genres de jugement suppose les relations fondamentales de substance à qualité, de principe à conséquence, et d'action réciproque : substance [et l'accident], causalité [la cause et l'effet] et la communauté [ou action réciproque entre l'agent et le patient] sont les trois termes de la catégorie de relation.¹³⁸ Dans cette idée de la relation, on distingue le jugement de relation du jugement d'attribution (qui peut être expliqué par « est fils de ») ou d'inhérence (qui peut être expliqué par « est cause de »). Le jugement de relation est plus complexe, car les règles du syllogisme classique (par exemple, *tous les hommes sont mortels or, les Grecs sont des hommes, donc les Grecs sont mortels* est un syllogisme) ne peuvent pas s'appliquer aux jugements de relation.

1.2 Définition du mot « relation »

Sommairement, une relation est un lien, un « caractère [un] état de deux ou plusieurs choses entre lesquelles existe un rapport »¹³⁹. Elle est aussi définie comme une proposition qui lie un certain nombre d'éléments dans un ensemble. Une relation implique une interaction entre deux choses différentes qui peuvent autant être des objets, des moyens, des pratiques, des méthodes, des procédés, des systèmes, etc. C'est donc un « lien [de complémentarité], d'interdépendance, d'interaction, d'analogie, etc. »¹⁴⁰ qui s'opère dans une relation.

¹³⁸ Bibliothèque Nationale de France *Gallica Bibliothèque Numérique* [En ligne : <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k54820602/f452.image> (consulté le 07 juin 2011)]

¹³⁹ Dictionnaire Larousse Français [En ligne : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/relation/67844> (consulté le 07 juin 2011)]

¹⁴⁰ Dictionnaire Larousse Français [En ligne : <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/relation/67844> (consulté le 07 juin 2011)]

Plus précisément, une relation peut être définie comme étant un « caractère unissant une chose à une ou plusieurs autres (causalité, succession, différence), qui peut être un lien tel que toute modification de la première entraîne une modification de la ou des autres. »¹⁴¹

Donc, en nous servant de cette définition d'une relation, comment pouvons-nous y adapter notre question de départ qui est : « Y a-t-il une limite scientifique et éthique du développement des NBIC pour l'amélioration humaine? » Sous ce nouveau regard, notre question pourrait être formulée de la façon suivante : Y a-t-il une relation entre les limites scientifiques et les limites éthiques du développement des NBIC pour l'amélioration humaine? Plus exactement encore, la question devient : Y a-t-il un caractère unissant la ou les limites scientifiques à une ou plusieurs limites éthiques? Cette question doit être entendue dans le contexte du développement des NBIC pour l'amélioration humaine, où un lien tel que toute modification de la limite scientifique entraîne une modification de la ou des limites éthiques et de la même manière, toute modification de la limite éthique entraîne une modification de la ou des limites scientifiques.

C'est avant tout ce ou ces liens qui produiront des incidences sur les éléments de la relation, qui justifie la pertinence et l'intérêt de se demander s'il y a une relation entre les limites scientifiques (qui constituent un jugement de fait) et les limites éthiques (qui constituent un jugement de valeur) dans le développement des NBIC pour l'amélioration humaine. L'objectif qui est de faire des relations consiste surtout à identifier les points de convergence et de divergence entre les jugements scientifiques et les jugements éthiques en vue de favoriser le dialogue interdisciplinaire sur les NBIC.

En effet, le dialogue interdisciplinaire ne peut être favorisé qu'en mettant « à plat » les convergences et les divergences entre les parti pris, les valeurs et les croyances des partis en présence. En vue de contribuer à cette « mise-à-plat », la section suivante vise surtout à

¹⁴¹ Durozoi, Gérard. et André Roussel (1990) *Dictionnaire de la philosophie* Nathan. p.284.

faire état des principaux lieux de convergence/divergence en vue de favoriser un échange rationnel (plutôt qu'émotif ou spontané) sur ces enjeux de société qui, on le sait, repose sur un dialogue (coconstruction de sens) pour un « mieux-vivre ensemble ». Cette coconstruction de sens, au cœur de tout dialogue, justifie le travail de synthèse (convergence/divergence) de la section qui suit.

2. Synthèse des limites scientifiques et des limites éthiques

Pour synthétiser les différentes limites scientifiques et éthiques des deux premiers chapitres, nous avons construit le tableau ci-dessous (Tableau 3 *Synthèse des limites scientifiques et éthiques*). Dans un premier temps, nous nous sommes posé les deux questions suivantes : 1) En quoi est-ce une limite scientifique? ; 2) En quoi cela limite-t-il l'avancement de la science? Ces questions ont permis de construire un portrait des limites scientifiques, en tant que jugements de faits développés au premier chapitre. Partant de ces deux questions, nous avons pu réunir toutes les limites scientifiques analysées en cinq grands thèmes qui se retrouvent au chapitre 1. Dans un deuxième temps, nous nous sommes posé les deux questions suivantes : 1) En quoi est-ce une limite éthique? ; 2) En quoi cela limite-t-il l'avancement de la science? Ces questions ont permis de construire un portrait des limites éthiques, en tant que jugements de valeur développés au deuxième chapitre. Partant de ces deux questions, nous avons pu réunir les limites éthiques analysées, divisés en trois grands thèmes qui regroupent les points les plus importants du chapitre 2.

Tableau 3

Synthèse des limites scientifiques et éthiques

Éléments bilan du chapitre 1 <u>Qu'est-ce qu'une</u>	<u>1. Les limites de l'avancement des connaissances scientifiques</u> A) La science est confrontée à la frontière des méthodes et des instruments qui ont des faiblesses et qui demande d'être perfectionnées. (Par exemple, l'impossibilité d'obtenir des
--------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

limite dans
la
perspective
scientifique?

(Jugement
de faits)

résultats fiables, justifiables et reproductibles pour l'étude des plus petites découvertes nanométriques).

- B) La science est confrontée à plusieurs lois universelles (par exemple, les lois de l'optique et de la diffraction de la lumière qui faussent les données obtenues par les méthodes scientifiques).
- C) La convergence des sciences qui est confrontée aux limites des connaissances de la réalité. (Les lois qui semblent universelles dans l'espace et le temps [l'espace et le temps vécu par l'homme] ne sont pas les mêmes que l'espace et le temps d'un trou noir, à l'intérieur du soleil ou au début du Big Bang, par exemple.)

2. Les limites de l'échelle nanométrique

- A) La courbe de la dimension nanométrique minimale obtenue par l'homme (par exemple, dans ses projets de miniaturisation des composés informatiques) ralentit et se stabilise.
- B) La toxicité des composés de l'ordre nanométrique (par exemple, des nanocomposés qui ont des effets cancérigènes sur des travailleurs les manipulant). (Murphy et Donherty 2007)
- C) La possibilité d'accumulation des particules de cette échelle dans le vivant. L'accumulation des particules à cette échelle dans le vivant. (Même sans toxicité à faible dose, on ne peut pas connaître l'effet s'il y a une accumulation d'un ou plusieurs nanocomposés dans les organismes vivants.)
- D) La différence de l'état des plus petites particules affecte ou empêche une bonne manipulation.

3. Les limites de la multidisciplinarité de la convergence des NBIC

- A) La difficulté de nommer les réalités de chaque domaine scientifique

	<p>en convergence mène à une mauvaise compréhension par les pairs des implications scientifiques des découvertes dans les domaines multidisciplinaires.</p> <p>B) Les nouvelles technologies apparaissent comme une solution pour régler un problème, mais elles créent de nouveaux problèmes à leur tour. (Limite créée par la loi de Newton qui dit qu'à chaque action, il y a une réaction égale et opposée.)</p> <p>C) Les niveaux d'amélioration des NBIC sont difficiles à définir et à classer (multiples niveaux distincts, car les développements sont multidisciplinaires).</p> <p><u>4. La limite de la faisabilité nanobiotechnologique</u></p> <p>A) L'augmentation du risque technologique à chaque fois que l'échelle biologique augmente.</p> <p><u>5. Les limites de la nature biologique de l'homme</u></p> <p>A) La complexité des solutions techniques potentielles face aux dommages causés par l'âge.</p>
<p>Éléments bilan du chapitre 2</p> <p><u>Qu'est-ce qu'une limite dans la perspective éthique?</u></p> <p><u>(Jugement de valeur)</u></p>	<p><u>1. Les limites éthiques causées par la difficulté à parvenir à un consensus entre transhumanistes et humanistes</u></p> <p>A) L'évolution des limites posées par la société. (Les frontières que l'homme s'était posées autrefois ont changé jusqu'à devenir celles d'aujourd'hui et que celles de demain ne seront pas celles que nous jugeons acceptables aujourd'hui) (par exemple, il n'y a pas si longtemps, intégrer des dispositifs dans notre corps semblait inacceptable, mais aujourd'hui, plusieurs se font implanter des pacemakers ou des prothèses auditives sans avoir de problèmes de</p>

conscience.)

- B) Le manque de foi des humanistes en la capacité de la science de surmonter les problèmes. (Les limites éthiques reculent selon la foi en la capacité de la science de surmonter les problèmes (risques existentiels) quand il s'agit de vaincre les maladies.)
- C) L'opinion publique est parfois conservatrice par rapport aux nouvelles interventions sur le vivant comme le proposent les NBIC.
- D) Selon les transhumanistes, la distinction entre la thérapie et l'amélioration est trop ambiguë pour l'utiliser comme une frontière de l'acceptabilité tandis que les humanistes trouvent cette distinction adéquate. (La distinction thérapie-amélioration ne permet plus tellement de poser une limite pour empêcher la convergence NBIC de faire éclater la frontière entre le vivant et le non-vivant.)
- E) Pour les humanistes, l'autonomie de la personne est une valeur insuffisante pour permettre à la science de développer des technologies sans penser à la sécurité et à l'avenir de l'humanité.
- F) La divergence d'idées au sujet d'un avenir nanotechnologique acceptable de dépasser les limites biologiques dans la transformation de l'humain.

2. Les limites éthiques relatives à l'analyse divergente des risques et des impacts de la convergence NBIC sur l'humain

- A) Il y a une trop grande différence entre l'interprétation de la définition d'un risque proposé par les humanistes et celle d'un impact proposé par les transhumanistes pour arriver à un jugement d'acceptabilité convenant aux deux partis.

- B) Les probabilités de perte de contrôle des NBIC sont considérées différemment. L'analyse des risques des humanistes (qui est réalisée de façon à faire ressortir les conséquences plus ou moins négatives) ne rejoint pas l'analyse des impacts des transhumanistes (qui est réalisée de façon à faire ressortir les conséquences plus ou moins positives), ce qui les empêche d'arriver à un consensus sur le jugement des NBIC pour l'amélioration humaine.
- C) La perception et l'identification des risques des humanistes ne sont pas acceptées par les transhumanistes.
- D) La perception et l'identification des impacts des transhumanistes ne sont pas acceptées par les humanistes.
- E) Les transhumanistes croient en une identité de la personne (de la nature humaine) qui est évolutive contrairement aux humanistes qui la considèrent statique.

3. Les limites éthiques relatives au manque de mesures de probabilité ainsi qu'une évaluation divergente des risques et des impacts sur l'humain

- A) Il n'y a aucune connaissance scientifique qui permet de conclure à la probabilité qu'un événement imprévisible censé produire un risque ou un impact théorique se produise réellement.
- B) Les probabilités de perte de contrôle des NBIC sont considérées différemment, car les transhumanistes croient que le développement et les connaissances apportées par ces nouvelles technologies permettront de toujours les maîtriser.
- C) Les probabilités de perte de contrôle des NBIC sont considérées différemment, car les humanistes croient qu'il sera impossible de

reprendre le contrôle des nouvelles technologies si elles deviennent hors contrôle.

D) L'allongement de la durée de la vie pose déjà de graves problèmes sociaux selon les humanistes qui trouvent inacceptable d'accroître ces problèmes.

E) Le risque nul est considéré par les transhumanistes, impossible à atteindre, et défend plutôt le risque nécessaire tandis que pour les humanistes le risque nul, serait le but à atteindre avant le développement des NBIC pour l'amélioration de l'homme.

F) La différence d'attitude entre les humanistes (attitude pessimiste) et les transhumanistes (attitude optimiste) engendre un sentiment d'incertitude, d'ignorance, de déchirement et d'affrontement.

Grâce à ces deux synthèses, celle des limites scientifiques et celles des limites éthiques possibles, il sera possible d'établir des relations entre différents éléments.

3. Relations possibles entre les limites scientifiques et les limites éthiques

À la lumière des deux synthèses ci-dessus (synthèses des limites scientifiques et synthèses des limites éthiques), quelles sont les relations possibles entre les limites scientifiques et les limites éthiques au sujet du développement des NBIC pour l'amélioration humaine? Comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, selon Kant, « les relations établies par la pensée entre les choses sont constitutives pour les choses elles-mêmes en tant que phénomènes. Nous pourrions dessiner leur domaine à partir de trois types : substance-accident, causalité-effet et « communauté » (action-réaction). Quelles relations pourrions-nous donc établir à partir de ces trois types? Quel jugement de relation causalité-effet comme un jugement d'attribution (qui peut être expliqué par « est cause

de ») pourrions-nous établir à la lumière de la synthèse des limites scientifiques et de la synthèse des limites éthiques? Quelles limites scientifiques peuvent être la cause de limites éthiques? Et quelles limites éthiques peuvent être la source de limites scientifiques? Ces deux questions qui constituent le domaine de relation causalité-effet ne sont pas simples en considérant que la pensée contemporaine, par son antisubstantialisme, mais aussi par la place accordée aux problèmes de la communication, fait surtout place à l'idée de consensus de la communauté pour établir les relations possibles entre les limites scientifiques et les limites éthiques.

Pour répondre à cette question de la relation causalité-effet, nous suivrons le questionnement suivant. D'abord, à la lumière de notre première synthèse des limites scientifiques, quelles limites scientifiques peuvent devenir la source de limites éthiques pour rendre le développement technologique des NBIC sans risques de toxicité ou de perte de contrôle par erreur? Ensuite, à la lumière de notre seconde synthèse sur les limites éthiques, quels risques et impacts théoriques pour l'humain qui est causé par le développement des NBIC pour l'amélioration humaine peuvent devenir la source de jugement de valeur pour freiner ou faire interdire ce développement? Enfin, à la lumière des réponses à ces deux premières questions, nous tenterons de répondre à la question de la relation communautaire: quelles sont ces limites scientifiques et éthiques qui peuvent faire l'objet d'une relation consensuelle dans le débat entre les transhumanistes et les humanistes? Seules les relations entre les limites scientifiques et les limites éthiques qui font l'objet d'un consensus entre les transhumanistes et les humanistes pourraient constituer des limites scientifiques et éthiques qui sont acceptées par la communauté.

3.1 Quelles limites scientifiques peuvent devenir des limites éthiques?

Partant de l'idée de la relation d'attribution causalité-effet, les limites scientifiques du développement des NBIC dans notre première synthèse peuvent-elles être jugées comme la source (cause) de limites éthiques comme effet? Quelles sont alors ces limites scientifiques

qui peuvent devenir la source de limites éthiques? Est-ce seulement celles qui impliquent des risques de toxicité pour les travailleurs qui peuvent ainsi devenir des limites scientifiques et éthiques? Les différentes relations trouvées en utilisant ces questions sont résumées dans le tableau ci-dessous (Tableau 4 : *Résumé des relations trouvées grâce à la question : Quelles sont les limites scientifiques qui peuvent devenir la source de limites éthiques?*)

Tableau 4

Résumé des relations trouvées grâce à la question : Quelles sont les limites scientifiques qui peuvent devenir la source de limites éthiques?

	Élément provenant des limites scientifiques (Chapitre 1)	Élément provenant des limites éthiques (Chapitre 2)	Nature de la relation (Chapitre 3)	Relation intuitive trouvée entre les deux éléments (Chapitre 3)
Élément de référence 1	La complexité des solutions techniques potentielles face aux dommages causés par l'âge à cause de la nature biologique (sensible et mortel) de l'humain.	Les transhumanistes croient en une identité de la personne (de la nature humaine) qui est évolutive contrairement aux humanistes qui la considèrent statique.	Convergente	La nécessité de développer des nouvelles technologies grâce à l'avancement des connaissances scientifiques.
		Selon les humanistes, l'autonomie de la personne est une valeur insuffisante pour permettre à la science de développer des technologies sans penser à la sécurité et à l'avenir de la société.	Divergente	

<p>Élément de référence 2</p>	<p>L'augmentation du risque technologique à chaque fois que l'échelle sur la biologie augmente limite la faisabilité de la convergence.</p> <p>La complexification des effets de l'intervention à mesure qu'on entre dans la complexité biologique pour vaincre les maladies.</p>	<p>L'opinion publique est parfois conservatrice par rapport aux nouvelles interventions sur le vivant comme le proposent les NBIC.</p>	<p>Divergente</p>	<p>Le contrôle du processus d'avancement des connaissances scientifiques dans le but de l'amélioration humaine.</p>
<p>Élément de référence 3</p>	<p>La science est confrontée à la frontière des méthodologies qu'elle utilise.</p>	<p>Les probabilités de perte de contrôle des NBIC (mesure d'impact) sont considérées différemment, car les transhumanistes croient que le développement et les connaissances apportées par ces nouvelles technologies permettront de toujours les maîtriser.</p>	<p>Convergente</p>	<p>La capacité d'obtenir des résultats fiables.</p>

		Les probabilités de perte de contrôle des NBIC (mesure du risque) sont considérées différemment, car les humanistes croient qu'il sera impossible de reprendre le contrôle des nouvelles technologies si elles deviennent hors contrôle.	Divergence	
Élément de référence 4	La convergence des sciences est confrontée aux limites des connaissances de la réalité, donc de ce qui est faisable. (Difficulté d'établir des frontières entre le vivant et le non-vivant par exemple).	La distinction entre la thérapie et l'amélioration est trop ambiguë pour déterminer la frontière de l'acceptabilité. (La distinction thérapie-amélioration permet aux humanistes de souhaiter imposer une limite pour empêcher la convergence NBIC.)	Convergente	Dans le contexte réaliste de la convergence pour l'avancement de l'homme, la difficulté est de définir les frontières scientifiques et éthiques afin de limiter les développements qui comportent de trop grands risques. (faisabilité)

La première relation qui est ressortie de notre analyse est la nécessité de développer de nouvelles technologies grâce à l'avancement des connaissances scientifiques dans le but d'éliminer les risques pour la santé humaine, puisque de tels risques sont d'ordinaire en éthique de la recherche, limités par des principes (par exemple le principe du respect de la

dignité humaine) qui incitent à interdire de tels développements possibles des NBIC (implants ou prothèses) qui impliquent de tels risques. Pour arriver au constat de cette relation de convergence, nous avons comparé des limites scientifiques relatives à la nature biologique (sensible et mortelle) de l'humain, celles qui touchent à la complexité des solutions techniques potentielles face aux dommages causés par l'âge, avec les limites éthiques que nous rappellerons ci-dessous. Au chapitre 1, nous avons vu que la science voit la nécessité du développement des nouvelles technologies de l'amélioration de l'homme pour résoudre les problèmes biologiques liés à l'âge. D'ailleurs, Aubrey de Grey donne comme exemple, les mutations nucléaires et *épigénétiques* cancérigènes qui se développent au cours de la vie, en tant que mutations intervenant au niveau de l'ADN nucléaire contenant l'information génétique humaine, ainsi qu'au niveau des protéines qui relient cet ADN. Certaines de ces mutations peuvent déclencher des cancers et seulement les mutations cancérigènes doivent donc être combattues. À cause de la complexité de ces problèmes, il est difficile de désigner avec certitude quelles sont les mutations qui doivent être combattues et lesquelles ne doivent pas l'être.

Cette limite scientifique partage une relation de convergence avec l'élément provenant des limites éthiques, relatif aux positions contradictoires au sujet des risques et des impacts dans la situation du débat entre les transhumanistes et les humanistes pour l'amélioration humaine. Mais il est difficile d'établir une telle limite étant donné que les transhumanistes croient en une identité de la personne (de la nature humaine) qui est évolutive (contrairement aux humanistes qui la considèrent statique). Où peut-on établir une telle limite si les transhumanistes pensent que les avancées technologiques par les NBIC sont nécessaires pour faire évoluer l'humain? L'idée de limite morale souhaitable ou nécessaire pour les transhumanistes n'existe pas réellement; ils parlent plutôt d'une nature évolutive qui justifie le développement illimité des NBIC pour fins thérapeutiques et pour l'amélioration humaine. Stock (2002) fonde son idée transhumaniste de l'absence de limite morale en se référant à Dieu comme finalité de la nature: « God and nature first made us what we are, and then out of our own created genius we make ourselves what we want to be

... Let the sky and God be our limit and Eternity our measurement. » C'est dire qu'il n'y a pas de limites morales acceptables.

Par la suite, nous avons trouvé une relation de divergence entre cette tendance à ne pas imposer de limite scientifique relative à la complexité des mutations liées à l'âge et des limites éthiques, relatives à la suspension de prise de décision dans la situation du débat sur l'autonomie de la personne, qui est considérée par les humanistes comme une valeur insuffisante pour permettre à la science de développer des technologies sans penser à la sécurité et à l'avenir de la société. Ils ne croient pas en la nécessité de la recherche et ils ne pensent pas que l'autonomie de la personne à elle seule est un argument assez fort pour permettre de développer toute sorte de nouvelles technologies pour répondre à la demande de ceux qui voudront les utiliser. Par exemple, pour Kant, la paresse et la lâcheté « sont les causes qui font qu'un si grand nombre d'hommes, après que la nature les ait affranchis depuis longtemps d'une conduite étrangère (*naturaliter maiorennnes*), restent cependant volontiers toute leur vie dans un état de tutelle; et qui font qu'il est si facile à d'autre de se poser comme leurs tuteurs ». En ce sens, il ne semble pas si commode pour un grand nombre d'humains d'être sous la tutelle du désir transhumaniste de devenir extrêmement intelligent comme une machine cybernétique, un cyborg.

En synthétisant, on peut déduire que si les limites de la science doivent être dépassées, elles impliquent une nécessité de développer de nouvelles technologies de l'amélioration de l'homme pour résoudre les problèmes biologiques liés à l'âge, même si ceux-ci sont extrêmement complexes; tandis que la limite morale souhaitable pour les transhumanistes n'existe pas réellement. Ils parlent plutôt d'une nature évolutive qui justifie le développement illimité des NBIC pour fins thérapeutiques et pour l'amélioration humaine. Ces deux points de vue sur les limites – la limite scientifique qui est toujours à dépasser et l'infini comme limite éthique chez les transhumanistes – partagent donc une relation de convergence. Par contre, cette limite scientifique qui est toujours à dépasser se heurte aussi à une véritable limite éthique selon les humanistes, car ceux-ci jugent que l'autonomie de la

personne est une valeur insuffisante pour permettre à la science de développer des technologies sans penser à la sécurité et à l'avenir de la société. Il y a ainsi une relation de divergence entre les limites scientifiques et éthiques vues par les transhumanistes et les limites scientifiques qui sont freinées par les limites éthiques vues par les humanistes.

La deuxième relation entre les limites scientifiques et les limites éthiques, qui est ressortie de notre analyse réfère au bon contrôle du processus d'avancement des connaissances scientifiques dans le but de l'amélioration humaine, qui se veut sans risque pour la santé humaine selon les limites (règles) éthiques traditionnelles en éthique de la recherche avec des êtres humains. Pour arriver à ce jugement d'attribution de la relation de divergence entre les limites scientifiques et les limites éthiques, nous avons comparé la limite de la faisabilité de la convergence des NBIC pour l'amélioration de l'homme (limite scientifique) avec les limites éthiques actuelles par rapport à l'augmentation du risque technologique, chaque fois que l'échelle sur la biologie augmente. La limite scientifique colle à la complexification des effets de l'intervention à mesure qu'on entre dans la complexité biologique pour vaincre les maladies. Les scientifiques cherchent un moyen pour contrôler les limites du processus à chaque fois que l'échelle augmente pour trouver des solutions aux problèmes d'aujourd'hui. Par exemple, « In cardiovascular surgery, [...] reaction to physical intervention and surgical materials can lead to Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS), and in a small percentage of cases, this will in turn lead to multiple organ failure and death. »¹⁴² Cette limite scientifique entraîne la nécessité d'une limite éthique à l'instar de l'humaniste Kahn qui montre que les risques dans les interventions ne sont pas restreints aux endroits qui sont touchés par celles-ci: les conséquences négatives peuvent se faire sentir dans les organes et même sur tout le corps.

¹⁴² Khan, Spychal, and Pooni (1997) dans Connolly dans Roco M.C. et Bainbridge, W. (2002) *Converging Technologies for Improving Human Performance* Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science NSF/DOC-sponsored report National Science Foundation June. Arlington, Virginia. p. 164.

Mais cette limite scientifique qui est toujours à dépasser du point de vue de la nécessité de la recherche scientifique chez les transhumanistes implique une relation de divergence avec les humanistes qui veulent imposer des limites éthiques pour éviter toutes les conséquences négatives possibles sur les organes et le corps. Il peut en ressortir une opinion publique qui est conservatrice par rapport aux nouvelles interventions sur le vivant. Cela s'explique par le fait que dans le chapitre 2, nous avons vu que les transhumanistes laissent entendre que la voie de la sagesse est celle de la science : il faut autoriser le plus d'expérimentations possible, quitte à faire des erreurs pour les corriger ensuite. Le processus d'essai-erreur guide depuis toujours le progrès des connaissances et des techniques. Mais de longues périodes d'exploration vont être nécessaires, car les opinions publiques sont parfois conservatrices et les interventions sur le vivant sont complexes. De plus, il n'y aura jamais eu de consensus sur la question, car les transhumanistes et les humanistes dans le débat n'ont pas la même définition de ce qui fait la liberté et la dignité de l'homme. Les transhumanistes qui utiliseront ces nouvelles technologies auront un profil psychologique différent de ceux qui les refuseront.¹⁴³

En résumé, on peut déduire que, pour les scientifiques, les limites de la science impliquent pour le moins de surmonter les problèmes liés à la difficulté de restreindre les risques des interventions sur l'homme aux endroits qui sont touchés par celles-ci, car pour les nanotechnologies, il faut penser que le risque augmente chaque fois que l'échelle dans le corps augmente (par exemple, de la molécule à la cellule, de la cellule à l'organe, etc.). Tandis que le débat sur les limites de l'éthique implique de surmonter les problèmes d'une opinion publique qui est parfois conservatrice par rapport aux nouvelles interventions sur le vivant comme le propose le discours sur les NBIC. Ces deux limites – les limites liées au bon contrôle du développement des NBIC et l'opinion conservatrice en raison des effets néfastes – partagent donc une relation de divergence.

¹⁴³ Entretien avec le Pr Gregory Stock, *Le choix germinal est inéluctable!* [En ligne : <http://www.lesmutants.com/stock.htm> (consulté le 28 février 2011)]

La troisième relation qui est ressortie de notre analyse se rapporte à la capacité d'obtenir des résultats fiables. Il y a une relation de convergence entre les limites de l'avancement de la connaissance scientifique à cause de l'insuffisance des méthodes scientifiques existantes, à savoir que la science est confrontée à la limite des méthodologies qu'elle utilise, et la limite éthique liée à l'impossibilité de comparer les mesures de probabilité (de risque et d'impact). Au chapitre 1, nous avons dit que la science voit une limite dans sa capacité d'obtenir des résultats fiables. Les méthodes qui sont utilisées en science, pour les recherches dans des domaines aussi poussés que ceux des nanotechnologies, ne sont pas encore suffisamment développées. Pour le moment, ces méthodes sont désuètes et limitent la possibilité de convergence des technologies de pointe (NBIC). Cet exemple démontre bien la difficulté de travailler au niveau du nanomètre :

Les limites physiques imposées aux dimensions des éléments proviennent des lois élémentaires de l'optique et de la mécanique quantique. En effet, pour mettre au point des structures de dimensions nanométriques, la précision des manipulations nécessite de bonnes conditions d'éclairage. C'est pourquoi on utilise des instruments d'optique très précis (pour concentrer la lumière en un point précis) tels que les lentilles, les diaphragmes, etc. La lumière est composée d'ondes électromagnétiques. Or ces ondes subissent un phénomène appelé diffraction lorsqu'elles traversent des instruments d'optique tels que les fentes. Dans les cas favorables, on obtient alors des taches lumineuses de dimensions comparables à la longueur d'onde du rayonnement, c'est-à-dire entre 0,4 et 0,8 micromètre. Ainsi, on peut difficilement manipuler des structures de dimensions inférieures à 0,5 micromètre par cette méthode. Il faut donc utiliser des rayonnements ultraviolets, ce qui pose d'autres problèmes techniques.¹⁴⁴

Cette limite scientifique partage d'un côté, une relation de convergence avec celle des méthodes d'analyse de risque et d'impact en éthique en raison de l'impossibilité de comparer les mesures de probabilité que proposent des humanistes (mesure de probabilité du risque) avec celles que proposent des transhumanistes (mesure de probabilité d'impact).

¹⁴⁴ La révolution des nanotechnologies [En ligne : <http://yankee.sierra77.free.fr/nanotechs/> (consulté le 01 novembre 2010)]

Les probabilités de perte de contrôle des NBIC sont considérées différemment. Au chapitre 2, nous avons vu que les transhumanistes sont optimistes face au développement des NBIC et leurs valeurs (autonomie, nature et dignité) sont en accord avec les impacts qu'occasionneraient ces changements (par exemple, améliorer l'homme en le transformant en cyborg pour le rendre plus apte à combattre les maladies et pour le rendre plus intelligent ou encore le rendre immortel en transposant le cerveau humain dans un ordinateur correspond à de telles valeurs). La perte des limites biologiques humaines n'est donc pas évaluée comme étant inacceptable selon la valeur de la nature humaine. Pour les transhumanistes, « l'homme [...] reste un homme, mais se transcende lui-même en déployant de nouvelles possibilités de et pour sa nature humaine. »¹⁴⁵ Il s'agit plutôt d'un impact positif acceptable, pour les transhumanistes, puisqu'il est en accord avec la nature évolutive de l'homme qui fonde la promotion transhumaniste contre l'interdiction humaniste. Pour eux, la fiabilité des résultats n'est pas une réelle limite, car ils sont en accord avec tous les changements qu'exigera un tel développement. Ils ne s'inquiètent aucunement de l'insuffisance des méthodes utilisées aujourd'hui, car ils sont certains que la science arrivera à améliorer ses méthodologies pour obtenir des résultats fiables.

Par contre, nous avons aussi trouvé une relation de divergence entre cette même limite scientifique (la limite de la faisabilité des NBIC) et cette limite éthique que pose la nature humaine chez les humanistes. Ils évaluent selon leur méthode d'analyse des risques que les améliorateurs cognitifs comme les nanorobots qui changeront la chimie de l'homme, impliqueront des risques inacceptables sur la nature humaine à cause des changements dramatiques dans la personnalité des personnes les utilisant. Par exemple, certaines propriétés d'amélioration pourraient ressembler à des effets secondaires qui ne peuvent pas être appréhendés et évités. Pour les humanistes, la fiabilité des résultats est une réelle limite, car ils ne sont pas en accord avec les changements (sur la nature humaine par

¹⁴⁵ Huxley, J. (1957), *Transhumanism*, dans [périodique], 1957, [En ligne : <http://www.transhumanism.org/index.php/MTA/more/huxley/> (consulté le 28 février 2011)]

exemple) qu'exigera un tel développement. Ils s'inquiètent grandement de l'insuffisance des méthodes utilisées aujourd'hui et croient que le développement des méthodes en science mènera à des effets secondaires néfastes inacceptables parce qu'ils seront possiblement irréversibles avant d'obtenir des résultats fiables, qui ne changeront pas la nature humaine.

Plus précisément, on peut déduire que chez les transhumanistes, les limites de la science des NBIC impliquent d'améliorer les méthodologies de recherche afin d'obtenir des résultats fiables, tandis que chez les humanistes, les limites que pose l'éthique du respect de la nature humaine fixe impliquent l'interdiction d'améliorer le développement des NBIC. Il y a ainsi une relation de divergence entre les transhumanistes et les humanistes au sujet de la fiabilité ou non du développement de la convergence NBIC.

Une autre relation de divergence qui touche à la difficulté de définir des frontières est confrontée à la question de la lisière entre le vivant et le non-vivant, comme dit Donald Fitzmaurice :

This grand convergence of biotechnology and nanotechnology is going to blur the distinction between the animate and inanimate worlds, which could cause problems because the way we organize our society is based on a well-defined distinction between living and non-living.¹⁴⁶

L'idée de la convergence des nanotechnologies et des biotechnologies en science implique un tel problème de frontière (limite) à surmonter entre le vivant et le non-vivant. Car pour les nanotechnologies, les frontières sont plus complexes à définir qu'à des échelles plus grandes, ce qui limite la science pour un certain temps. Cette difficulté de poser une limite scientifique entre le vivant et le non-vivant dans la situation de débat entre les transhumanistes et les humanistes se complexifie pour autant qu'elle soit liée à l'autre

¹⁴⁶ Fitzmaurice, D. University College Dublin dans ETC group (2008) *Downsizing Development: An Introduction to Nano-scale Technologies and the Implications for the Global South*, United Nations, New York and Geneva. p. 56.

question de la frontière (limite) entre la thérapie et l'amélioration. Certes, chez les transhumanistes, l'idée de distinguer la thérapie et l'amélioration est trop ambiguë pour déterminer la frontière de l'acceptabilité. Au chapitre 2, nous avons vu que les transhumanistes défendent le développement des NBIC lorsqu'ils disent qu'il est de plus en plus difficile de maintenir une distinction entre la thérapie et l'amélioration pour établir une limite morale sur ce qui est acceptable ou non. À partir de l'exemple de la vaccination, ils remettent justement en question la tentative d'établir une limite morale grâce à cette distinction affirmée par les humanistes. Allhoff et al. l'expliquent ainsi :

For instance, how should we think about vaccinations: are they a form of therapy, or are they an enhancement of our immune system (Daniels, 2000; Harris, 2007; Bostrom and Roache, 2008)? On one hand, a vaccination seems to be an enhancement in that there is no existing pathology it is attempting to cure, merely a possible or likely pathology we wish to avoid; but we are drawn to declare it as some form of therapy—perhaps preventative therapy—given its close association with medicine? And if enhancements in general are ultimately found to be socially or ethically problematic, then counting vaccinations as enhancement opens the possibility that it should be regulated or restricted, which would create a serious public health disaster as well as a counter-example to the claim that enhancements are problematic. Thus, even critics of human enhancement may be loathe to put vaccinations in the enhancement bucket, though there does not seem to be an obviously superior reason to think otherwise.¹⁴⁷

En somme, on peut déduire que, pour les transhumanistes et la plupart des scientifiques, les limites de la faisabilité des NBIC sont toujours à surmonter parce que les limites éthiques telles qu'établies par les distinctions humanistes traditionnelles, la distinction entre le vivant et le non-vivant et la distinction entre la thérapie et l'amélioration sont considérées comme étant floues. Ces deux limites partagent donc une relation de convergence chez humanistes qui souhaitent que la limite actuelle de la faisabilité scientifique des NBIC demeure.

¹⁴⁷ Allhoff, F., Lin, P., Moor, J. and Weckert, J. (2009), *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions & Answers*. Version 1.0.0 US, National Science Foundation. p. 11.

3.2 Quelles limites éthiques peuvent devenir la source de limites scientifiques?

À la lumière de notre deuxième synthèse sur les limites éthiques, quels principes ou valeurs éthiques pourraient devenir la source de limites scientifiques qui freinent le développement des NBIC? La relation trouvée est résumée dans le tableau ci-dessous (Tableau 5 : *Résumé de la relation trouvée grâce à la question : Quelles limites éthiques peuvent devenir la source de limites scientifiques?*).

Tableau 5

Résumé de la relation trouvée grâce à la question : Quelles limites éthiques peuvent devenir la source de limites scientifiques?

	Élément provenant des limites scientifiques (Chapitre 1)	Élément provenant des limites éthiques (Chapitre 2)	Nature de la relation (Chapitre 3)	Relation intuitive trouvée entre les deux éléments (Chapitre 3)
Élément de référence 1	Les nouvelles technologies apparaissent comme une solution pour régler un problème, mais elles créent de nouveaux problèmes à leurs tours. (Limite créée par la loi de Newton qui dit qu'à chaque action il y a une réaction égale et	L'évolution de limites posées par la société. (Les frontières que l'homme s'était posées autrefois ont changé pour devenir celles d'aujourd'hui. Les limites de demain ne seront pas celles que nous jugeons acceptables aujourd'hui.)	Convergente	La nécessité de faire avancer l'application des connaissances scientifiques.

	opposée.)	La divergence d'idées au sujet d'un avenir nanotechnologique acceptable de dépasser les limites biologiques dans la transformation de l'humain.	Divergente	
--	-----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------	--

La limite éthique qu'est le principe conséquentialiste peut être utilisée autant pour favoriser le développement scientifique des NBIC que pour le faire interdire: il y a une relation de divergence entre les transhumanistes et les humanistes à ce sujet. Au chapitre 2, nous avons vu que pour les transhumanistes, le fait d'imposer des limites morales en raison des risques de perdre l'essence biologique humaine deviendrait plus dangereux ou risqué pour la santé et la vie de l'humanité que de n'imposer aucune limite. Ils pensent donc qu'il faut plutôt chercher une solution aux problèmes des risques de perte de contrôle (les risques du mauvais usage des nanorobots, par exemple), qui pourraient se manifester lors de l'approfondissement des connaissances sur les nanorobots grâce au développement des NBIC. Les transhumanistes croient que les conséquences possibles du développement de ces nouvelles technologies seront réprimées par ces mêmes technologies. Par exemple, Kurzweil explique :

The reality is that the sophistication and power of our defensive knowledge and technologies will grow along with dangers. A phenomenon like gray goo (unrestrained nanobot replication) will be countered with "blue goo" ("police" nanobot that combat the "bad" robots). Obviously we cannot say with assurance that we will successfully avert all misuse. But the surest way to prevent development of effective defensive technologies would be to relinquish the pursuit of knowledge in a number of broad areas.¹⁴⁸

Pour les transhumanistes, le principe conséquentialiste ne constitue donc pas une limite éthique. Il s'applique dans le but de montrer que si ces nouvelles technologies de

¹⁴⁸ Kurzweil, Ray. (2005) *The Singularity Is Near*. London : Penguin books Ltd. p. 416.

l'amélioration de l'homme ne sont pas développées sans limites, l'humanité court le risque de subir de plus graves conséquences négatives que si elles sont développées sans limites.

Par contre, si le principe conséquentialiste permet de signifier qu'il y a un risque de destruction possible de la nature humaine, il constitue pour les humanistes une limite au développement des NBIC. Cette limite éthique pourrait donc devenir une limite scientifique. Elle constitue, autrement dit, un argument divergent à propos du dépassement des barrières biologiques dans la transformation de l'humain. Par exemple, les humanistes envisagent facilement que les nanorobots qui seront utilisés pour l'amélioration humaine constituent un risque inacceptable pour la nature humaine. L'humaniste Kass propose en ce sens de distinguer la thérapie et l'amélioration humaine en vue d'établir une limite éthique à l'altération de notre nature qui semble sans limites scientifiques :

[...] attempts to alter our nature through biotechnology are different from both medicine and education and child-rearing. For I believe that we can more-or-less distinguish the pursuit of bodily and psychic perfection from the regular practice of medicine. To do so, we need to see that is not true, as some allege that medicine itself is a form of mastery of nature. At least when it functions to restore from deviation or deficiency some natural wholeness of the patient, medicine acts as servant and aid to nature's own powers of self-healing. It is also questionable to conflate child-rearing and education of the young with the attitude that seeks wilful control of our own nature. Parents do indeed shape their children, but usually with some at least tacit idea – most often informed by cultural teachings that have stood the test of time – of what it takes to grow up to live a decent, civilized, and independent life.¹⁴⁹

Ces deux limites éthiques (le principe conséquentialiste et le principe d'une distinction entre la thérapie et l'amélioration) peuvent ainsi devenir la source de la même limite scientifique étant donné que, comme nous l'avons vu dans le chapitre 1, la loi de Newton signifie qu'à chaque action il y a une réaction égale et opposée. Autrement dit, la science

¹⁴⁹ Kass, L. (2003), *Therapy : Biotechnology and the Pursuit of Human Improvement* in The united States President's Council on bioethics in January 2003 p.18-19 / [En ligne : <http://bioethics.georgetown.edu/pcbe/background/kasspaper.html> (consulté le 22 février 2011)]

implique autant de risques que de solutions. Cependant, ces limites éthiques (ci-dessus) ne peuvent devenir des limites scientifiques pour les transhumanistes, pour autant que ceux-ci croient surtout que le développement des NBIC devient une solution pour dépasser toutes les limites biologiques humaines (souffrance, maladie, mort) et tous les risques technologiques possibles (risque de toxicité, risque de perte de contrôle par erreur, etc.). L'exemple qui suit montre bien que l'avancée technologique pour les transhumanistes est nécessaire pour régler les problèmes actuels qui n'existaient pas à une période moins avancée de notre société :

If NBIC is to blend into the fifth harmonic envisioned by Newt Gingrich, some national priorities are needed to complement unplanned, revolutionary discoveries. For instance, urinary incontinence a major health problem for today's patients. If the nation had a science and engineering capacity focused on urinary incontinence, this very personal problem would be virtually eliminated. As Mr. Gingrich stated, basic research can be associated with a specific goal.¹⁵⁰

Aussi, dans le chapitre 2, nous avons vu que pour les transhumanistes, les conséquences sont estimées en fonction des impacts plus ou moins positifs. Pour eux, la toxicité n'est qu'un impact moins positif qui ne diminue en rien les grandes possibilités d'impacts plus positifs des NBIC pour l'amélioration humaine. Par exemple Kurzweil (2005) décrit les impacts positifs de la singularité qui émergeront des avancées technologiques des NBIC dans les domaines de l'amélioration humaine :

The singularity will allow us to transcend these limitations of our biological bodies and brains. We will gain power over our fates. Our mortality will be in our own hands. We will be able to live as long as we want (a subtly different statement from saying we will live forever). We will fully understand human thinking and will vastly extend and expand its reach. By the end of this century, the nonbiological portion of our intelligence will

¹⁵⁰ Gringrich N. dans M. Roco et William Sims Bainbridge, (2002), *Converging Technologies for Improving Human Performance* Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science NSF/DOC-sponsored report National Science Foundation June 2002 Arlington, Virginia. p. 52.

be trillions of trillions of times more powerful than unaided human intelligence. [...]

The singularity will represent the culmination of the merger of our biological thinking and existence with our technology, resulting in a world that is still human but that transcends our biological roots. There will be no distinction, post-Singularity, between human and machine or between physical and virtual reality. If you wonder what will remain unequivocally human in such a world, it's simply this quality: ours is the species that inherently seeks to extend its physical and mental reach beyond current limitations.¹⁵¹

En somme, le principe conséquentialiste (limite éthique) chez les transhumanistes leur permet de mettre l'accent sur les impacts positifs des NBIC pour l'humanité (guérir les maladies, allonger la vie en dépassant les limites biologiques humaines) et il est ainsi en relation de convergence avec les limites scientifiques de la faisabilité des NBIC qui sont à surmonter pour y arriver. Mais ce principe conséquentialiste chez les humanistes leur permet au contraire de faire ressortir les risques pour l'humanité de sorte qu'il est en relation de divergence avec les limites scientifiques qui sont à dépasser en science des NBIC.

4. Quelles relations peuvent s'ouvrir sur un dialogue interdisciplinaire?

À la lumière de ce qui précède, quelles limites scientifiques et éthiques font l'objet d'une relation de convergence ou de divergence pouvant mener à un dialogue interdisciplinaire entre les transhumanistes et les humanistes afin d'établir que ces limites scientifiques et éthiques peuvent être acceptées par la communauté? Pour trouver une situation où le dialogue peut être de l'ordre du possible, nous allons revoir les relations de convergence ou de divergence en nous demandant s'il peut y avoir un terrain d'entente où les sciences, les transhumanistes et les humanistes peuvent se rejoindre.

Commençons d'abord par les relations où il a été question des limites scientifiques qui peuvent devenir la source de limites éthiques pour rendre le développement technologique

¹⁵¹ Kurzweil, Ray. (2005) *The Singularity Is Near*. London : Penguin books Ltd. p. 9.

des NBIC sans risque de toxicité ou sans perte de contrôle par erreur. Il y a une relation de convergence entre la science et l'éthique des transhumanistes au sens où les limites à dépasser selon le principe de la nécessité de la recherche pour surmonter ces risques possibles correspondent aux principes et aux valeurs (autonomie, nature, dignité) des transhumanistes. Par contre, les principes et les valeurs tels qu'interprétés par les humanistes (Fukuyama, Kass, Harris) rendent la possibilité d'une entente dialogique entre toutes les partis difficile à imaginer sur cette relation de convergence chez les transhumanistes, car ils croient fermement que l'homme est achevé (selon sa nature telle que fixée) et que par conséquent, le transformer par la technoscience est «contre nature». Cette entente est d'autant plus difficile à concevoir que les humanistes croient que l'autonomie de la personne est une valeur insuffisante pour permettre à la science de développer des technologies sans penser à la sécurité et à l'avenir de la société selon sa nature humaine. On peut donc conclure qu'un dialogue entre tous les partis sera laborieux en raison du désaccord actuel sur cette relation de convergence entre la limite scientifique à dépasser et les limites éthiques telles que les souhaitent les transhumanistes.

Les transhumanistes favorisent le principe de l'autonomie de l'homme, qu'ils définissent comme :

la possibilité et le droit des individus de prévoir et de choisir leurs propres vies ; pour autant, certains individus peuvent, bien entendu, et pour de nombreuses raisons, choisir de ne pas saisir l'opportunité d'user la technologie pour s'améliorer. Les transhumanistes cherchent à créer un monde dans lequel des individus autonomes peuvent choisir de s'améliorer ou non, un monde dans lequel ces choix seraient respectés.¹⁵²

Dans un contexte biomédical (pour l'intégration des NBIC dans l'homme par exemple), l'autonomie regroupe des enjeux éthiques touchant au droit de chacun de façonner librement sa destinée et à l'autorité de chacun sur sa propre personne, à

¹⁵² Association Française Transhumaniste : Technoprogr! [En ligne : <http://www.cnrs.fr/fr/fr/presentation/ethique/comets/index.htm>. (consulté le 27 aout 2011)

commencer par son propre corps. La conséquence la plus directe du principe d'autonomie est la règle du consentement libre et éclairé.¹⁵³

Par contre, les humanistes avancent que dans le contexte de l'amélioration de l'homme par l'intégration de la technologie dans le corps, l'autonomie devient relative au sens où le programme intégré, qui accomplit une tâche pour l'homme, n'a pas d'autonomie ou d'indépendance propre. La technique associée à l'homme ne fait pas partie du tout qu'est cet homme. Et si par malheur, cette technologie obtient sa propre autonomie, les risques de perte de contrôle sont à craindre. Dans ce sens, ils pensent que l'autonomie est une valeur qui devient relative dans le contexte de l'amélioration humaine par les NBIC. En somme, même si les transhumanistes ont l'utopie de croire qu'une telle décision (face à une évolution technologique) peut se prendre de façon autonome et les humanistes croient que ce choix pourrait mener à la perte de cette autonomie.

L'autre relation de convergence possible entre la limite de la science et celle de l'éthique se rapporte au contrôle du processus d'avancement des connaissances scientifiques dans le but de l'amélioration humaine comme impact positif tout en limitant les risques. La science et la société en général ne se rejoignent pas à ce sujet. Il y a plutôt une divergence qui s'observe actuellement et à laquelle le dialogue devra faire face parce que même si la science a pour but de développer les connaissances dans les domaines de l'amélioration humaine, l'opinion publique a tendance être conservatrice en favorisant une éthique traditionnelle de l'humain comme fin et non comme moyen (dignité selon Kant) face aux nouvelles interventions sur le vivant. Un dialogue sur la convergence de la limite scientifique à dépasser et l'opinion publique (limite éthique) moins conservatrice constitue un défi. Pour faire face à ce défi, le dialogue devra tout mettre en œuvre pour favoriser l'expression explicite des idées préconçues qui constituent trop souvent le fondement des discours, qu'ils soient conservateurs ou non. Ce faisant, ces discours pourraient mieux

¹⁵³ Autonomie (principe d') [En ligne : <http://www.unige.ch/medecine/ib/ethiqueBiomedicale/enseignement/glossaire/Autonomie.pdf> (consulté le 27 août 2011)]

dépasser les postures émotivistes qui les caractérisent généralement et diminuent d'autant les possibilités d'échanges rationnels en vue d'une réponse commune (coconstruite) à ces enjeux de société.

La troisième relation entre les limites scientifiques à dépasser et les limites éthiques est celle de la capacité d'obtenir des résultats fiables au sujet des impacts et des risques du développement des NBIC. La science voit une limite dans sa capacité d'obtenir des résultats fiables parce que ses méthodes d'analyses sont désuètes ou qu'elles ne sont pas encore au point même si elle vise toujours à dépasser ses propres limites. La science est optimiste dans le dépassement des limites de la technique et les transhumanistes sont favorables au développement des nouvelles technologies convergentes et leurs valeurs sont en accord avec les impacts positifs qu'occasionneraient ces changements. Par contre, les humanistes évaluent ces mêmes impacts positifs comme étant des risques négatifs : les nouvelles technologies issues des NBIC comme les nanorobots pour améliorer la santé changeront la chimie de l'homme et impliqueront des risques inacceptables à cause des changements dramatiques dans la personnalité des personnes les utilisant. Le conflit de valeurs entre les transhumanistes et les humanistes rend difficile un dialogue où les deux camps s'écoutent et se comprennent.

La mesure de probabilité que survienne des impacts positifs prévaut chez les transhumanistes, tandis que la mesure de probabilité des risques (négatifs) domine chez les humanistes. Les premiers mesurent les différents bénéfices hypothétiques immédiats (impact positif) que pourrait apporter le développement des technologies NBIC tel que le nanorobot, tandis que les deuxièmes mesurent les conséquences hypothétiques en tant que risque théorique pour le futur. En plus de ne pas utiliser la même échelle de mesure (les impacts pour les transhumanistes et les risques pour les humanistes), le « calendrier » des conséquences mesurées attendues n'est pas le même. Les transhumanistes se concentrent sur le présent ou sur un futur immédiat tandis que les humanistes focalisent sur un futur éloigné.

Par exemple, essayons d'appliquer ces deux méthodes de mesure à l'intégration des nanorobots dans le corps humain pour l'aider à combattre les agressions et les maladies. D'un côté, les transhumanistes mesureraient les conséquences possibles en tant qu'impacts plus ou moins positifs. Alors, nous retrouverions certainement comme impact très positif, l'amélioration de la santé physique, une plus grande résistance physique, une moins grande fatigue et bien d'autres. Mais nous retrouverions aussi des impacts moins positifs comme la possibilité de perte de contrôle. Tous ces impacts sont des prévisions mesurées généralement à court terme. De l'autre côté, les humanistes mesureraient les conséquences possibles en tant que risques plus ou moins négatifs. De ce point de vue, nous retrouverions certainement comme risques très négatif, la possibilité de perdre la nature de l'homme, la perte de sa dignité ainsi que la perte de son autonomie. Chez les humanistes, les risques touchent le plus souvent des valeurs qui sont toutes de la plus haute importance, ce qui rend les risques, le plus souvent fortement négatifs.

La quatrième relation entre les limites scientifiques à dépasser et les limites éthiques nous confronte à la difficulté de nommer ou de poser des frontières afin de limiter les développements qui comportent de trop grands risques, dans le contexte réaliste de la convergence NBIC pour l'avancement de l'homme. Nous avons vu que la science et les transhumanistes sont d'accord pour dire qu'il est difficile de poser des limites au développement des NBIC. Ils sont aux prises avec des difficultés de distinguer clairement le vivant et le non-vivant lorsque les recherches se font à l'échelle nanométrique; les transhumanistes ont aussi des difficultés à définir clairement ce qui retourne de la thérapie et ce qui retourne de l'amélioration de l'homme. Il est certain que les humanistes fondent des espoirs sur le fait que les nouvelles technologies pourraient uniquement servir à traiter des maladies en servant de thérapie; mais, comme dans le cas des vaccins qui sont déjà une sorte d'amélioration de l'homme, il est évident que la distinction est complexe et ambiguë. D'un autre côté les transhumanistes ne voient tout simplement aucune distinction, car ils espèrent qu'il n'y aura pas de limite au développement NBIC. Étant donné que la réalité sur les ambiguïtés des frontières est comprise d'une certaine façon par tous les partis et

constitue une relation de convergence, il est probable qu'il puisse émerger un dialogue interdisciplinaire fructueux à ce propos. Pour assurer la pérennité d'un dialogue, celui-ci devrait porter uniquement sur le fait de développer les NBIC, dans un but thérapeutique pour ne pas faire dévier celui-ci sur d'autres sujets où les valeurs et les principes divergent.

Poursuivons avec les relations où les limites éthiques (selon le principe conséquentialiste) qui se rapportent à la question des risques et des impacts théoriques du développement des NBIC pour l'humain. La première relation où les limites éthiques peuvent devenir la source de limites scientifiques dépend de la foi en la capacité de la science pour résoudre le problème des impacts et des risques. Les transhumanistes voient les limites éthiques causées par les risques existentiels possibles reculer selon la foi en la capacité de la science de surmonter de tels risques quand il s'agit de vaincre les maladies ou de trouver des solutions à des problèmes de santé qui inquiètent la société tout entière. Par contre, ils ne s'entendent pas avec les humanistes qui veulent imposer leurs limites éthiques (nature fixe, dignité de l'humain comme fin et non comme moyen) pour qu'elles deviennent des limites scientifiques. Par exemple, les humanistes (Habermas, Kass) envisagent facilement que les nanorobots constitueront un risque inacceptable puisqu'ils auront une influence négative sur plusieurs de leurs valeurs telles que la liberté et la dignité humaines. Le dialogue interdisciplinaire devra tenir compte de cette relation divergente entre les limites éthiques chez les humanistes et les limites scientifiques à dépasser pour les transhumanistes.

En somme, s'il y a plusieurs relations possibles de convergence et de divergence entre les limites scientifiques à dépasser les limites éthiques, il est beaucoup plus difficile, mais fort important traiter la complexité de cette question dans un dialogue interdisciplinaire.

CONCLUSION DU CHAPITRE 3

Dans ce chapitre, nous avons cherché à répondre à la question suivante: «Quelles relations pourrions-nous établir entre les limites scientifiques et les limites éthiques au sujet du développement des NBIC pour l'amélioration humaine?» Pour ce faire, nous avons construit trois tableaux (voir le tableau 3 à la page 101 et les tableaux 6 et 7 en annexes 4 et 5). Le premier tableau, intitulé *Synthèse des limites scientifiques et éthiques*, a servi à réunir les différentes limites qui se retrouvent dans les deux premiers chapitres. Le deuxième tableau, intitulé; *Première synthèse sur la question : Quelles limites scientifiques peuvent devenir des limites éthiques? Les différentes relations existantes entre les éléments provenant des limites scientifiques et ceux provenant des limites éthiques*, a permis de mettre en évidence les relations qui répondent à la question du titre du tableau. Le troisième tableau, intitulé; *Deuxième synthèse sur la question : Quelles limites éthiques peuvent devenir la source de limites scientifiques? Les différentes relations existantes entre les éléments provenant des limites éthiques et ceux provenant des limites scientifiques* a permis de mettre en évidence les relations qui répondent à cette autre question. Grâce à cet exercice, six relations entre ces limites ont émergé. Ces relations sont apparues à la fois de convergence ou de divergence à cause des écarts entre principes et valeurs tels que compris dans le contexte du débat entre les transhumanistes et les humanistes. Par la suite, nous avons essayé de mieux cibler les relations qui pourraient faire l'objet d'un dialogue interdisciplinaire sur cette question des limites scientifiques et éthiques à propos de l'amélioration humaine par les NBIC. Les relations qui laissent une place au dialogue sont les suivantes :

La première relation relative à la nécessité de la recherche se heurte aux principes et aux valeurs divergents entre les humanistes et les transhumanistes, ce qui rend le dialogue laborieux entre tous les partis.

La deuxième relation liée au processus d'avancement des connaissances ouvre la porte à un dialogue qui se heurte à l'opinion publique, celle qui tend à réaffirmer la limite éthique de la nature fixe et de l'humain comme fin (dignité) des humanistes. Mais cette opinion est en constante évolution: si tout est mis en œuvre pour favoriser l'expression explicite des préjugés qui sous-tendent trop souvent les discours, le dialogue pourrait dépasser les postures émotivistes et conduire à une réponse commune de tous les partis impliqués.

La troisième relation se rapporte à la difficulté d'obtenir des résultats fiables sur la question de l'analyse des impacts et des risques du développement des NBIC. Elle se heurte à la différence dans la mesure des probabilités des conséquences. La mesure de la probabilité des risques qui tend toujours à être plus ou moins négative chez les humanistes ne peut pas être comparée à la mesure de la probabilité des impacts qui tend toujours à être plus ou moins positif chez les transhumanistes. Le débat entre les transhumanistes et les humanistes sur cette question des risques et des impacts implique des relations de convergence et de divergence qui demeurent discutables.

La quatrième relation est relative à la difficulté de définir les frontières. En science, au niveau nanométrique, c'est la frontière entre le vivant et le non-vivant qui est difficile à déterminer; tandis qu'en éthique, c'est la distinction entre la thérapie et l'amélioration qui est difficilement délimitable. Cette convergence sur les difficultés d'établir de telles limites scientifiques et éthiques ouvre une voie à un dialogue. Par contre, si l'on veut faire progresser le dialogue à ce sujet, il faudra certainement proposer d'établir des limites claires.

Finalement, la cinquième relation, qui peut déboucher sur un dialogue, porte sur la question des limites éthiques (principes et valeurs à interpréter clairement) qui peuvent devenir des limites scientifiques. Quelles limites éthiques peuvent ainsi être clairement établies en dialogue pour freiner les effets secondaires négatifs (principe conséquentialiste) du développement des NBIC (risques pour la santé humaine, risque de destruction de

l'essence biologique humaine, risque d'autodestruction de l'humanité)? Actuellement, nos analyses révèlent qu'il n'y a pas d'accord entre les transhumanistes et les humanistes sur cette question étant donné que les transhumanistes reprochent aux humanistes de maintenir des distinctions (naturel-artificiel; amélioration-thérapie) et valeurs (nature et dignité humaines) floues et discutables.

En somme, nous pouvons dire que grâce à l'analyse de ces relations possibles de convergence et de divergence entre les limites scientifiques à dépasser et les limites éthiques dans le contexte du débat entre le transhumanisme et l'humanisme, nous avons remarqué que la science est liée de diverses façons à l'éthique. Mais il revient aux humains de dialoguer d'une façon interdisciplinaire sur ces relations possibles afin de construire ensemble les décisions les plus acceptables.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire avait pour principal objectif d'approfondir les différents niveaux de questionnements et d'analyses nécessaires propres à notre question de départ (Y a-t-il une limite scientifique et éthique du développement des NBIC) pour favoriser une réponse conjugquée, comprenant deux points de vue dont l'un est issu des sciences pures et appliquées et l'autre des sciences humaines. Pour ce faire, nous avons procédé en trois temps. Dans le premier chapitre, nous avons étudié le concept de la limite de la science dans le cadre du développement des NBIC pour l'amélioration humaine ainsi que la possibilité de dépasser les limites de la faisabilité. Dans le second chapitre, nous avons mis en lumière des limites éthiques proposées par les humanistes, mais critiquées par les transhumanistes dans le contexte du débat au sujet du développement des NBIC pour l'amélioration de l'homme. Dans le troisième et dernier chapitre, nous avons analysé la question de la relation de convergence ou de divergence entre des limites scientifiques des limites éthiques du développement des technologies de l'amélioration humaine qui pourrait faire l'objet d'un dialogue interdisciplinaire.

Le premier chapitre a servi à clarifier le sujet des NBIC pour l'amélioration de l'homme, pour étudier correctement la possibilité qu'il y ait des limites en science à ce sujet. La définition d'une limite dans le contexte de l'amélioration de l'homme qui a été donnée est très objective et logique, mais cette définition restreint les limites scientifiques à celle d'une contrainte de la nature plus physique qu'intellectuelle, comme la limite de la gravité par exemple. De cette façon, elle ne laisse pas de place à la portion psychique d'une limite où c'est l'homme lui-même, dans ce cas, le scientifique qui fait avancer la science, qui pose ses propres limites. Le scientifique est donc exclu en tant qu'individu de la science sur la question des limites scientifiques.

Il a ensuite été question de définir les NBIC pour trouver en quoi elles peuvent être limitées. Il a été démontré que la ligne droite de la « loi de Moore » se transforme en une courbe lorsqu'elle est appliquée aux dimensions nanométriques minimales pour le développement des nouvelles technologies. Nous avons été étonnés de découvrir que, dans le cas des DRAM (type de barrette de mémoire vive), le développement progresse beaucoup plus rapidement. Ce fait s'explique parce que la loi de Moore est simplement une loi empirique et une construction sociale. Dans le cas du développement des nouvelles technologies de l'amélioration, nous pouvons déjà conclure que l'homme a décidé de ne pas suivre ses propres règles.

À travers ce chapitre, nous avons décelé plusieurs limites scientifiques importantes au développement des NBIC pour l'amélioration de l'homme. La première est l'atteinte de la dimension nanométrique minimale concrète, car en diminuant toujours de taille, les dimensions tendent toujours plus vers le zéro qui représente l'absence de matière. On peut facilement déduire que s'il y a une absence de matière, on ne se retrouve plus à l'échelle nanométrique. La deuxième limite scientifique possible se lie au problème du risque toxicologique pour le corps humain quand il est question d'incorporation des technologies NBIC. À travers ce premier chapitre, il a été surprenant de découvrir qu'à une aussi petite échelle, le seul fait de changer la forme d'une particule peut augmenter son effet toxique sur l'homme.

Subséquemment, nous avons parlé de l'augmentation du degré de toxicité des particules en diminuant leurs tailles jusqu'à l'échelle nanométrique. Nous avons appris qu'à cause d'une loi de la mécanique du carré et du cube, les nanoparticules ont de grandes chances d'être beaucoup plus toxiques que les mêmes particules à une échelle plus grande. Même si cette loi est complexe, elle s'applique à tous les matériaux et toutes les substances dont on diminue l'échelle. Étant donné l'échelle tellement réduite de ces nanoparticules, il est difficile d'imaginer tous les risques inacceptables que celles-ci feront émerger et qui

constitueront une limite aux avancées scientifiques quand il est question d'incorporation pour l'amélioration humaine.

Une autre cause possible de limite au développement scientifique que nous avons survolée dans ce chapitre est la déresponsabilisation des acteurs face au risque de perte de contrôle du développement des NBIC. La déresponsabilisation des scientifiques qui agissent dans le développement des avancées technologiques pourrait mener à un moratoire si la société trouve cette même déresponsabilisation inacceptable ces agissements. Cette déresponsabilisation pourrait s'expliquer par le fait que, pour bien des scientifiques, la perte de contrôle des nanorobots qui ont été pensés par Drexler pour améliorer l'homme semble purement fictive étant donné que ces nanorobots sont encore beaucoup trop complexes pour être créés aujourd'hui. Ces possibilités de perte de contrôle des NBIC font partie du fantasme du développement scientifique. Il vaudrait mieux revenir à la réalité en parlant de la complexité biologique de l'homme à l'échelle des cellules qui limite la création des nanorobots à des fins thérapeutiques.

Dans ce chapitre, nous avons aussi discuté de la loi de Newton qui explique qu'à chaque action, il y a une réaction associée égale et opposée. Cette loi, si elle est appliquée aux nouvelles technologies de l'amélioration humaine, prédit que les solutions qui seront apportées sous forme de technologie par les sciences pour régler un problème seront inévitablement associées à de nouveaux problèmes. C'est de là que découle l'idée que le développement scientifique est nécessaire et le sera toujours. Mais cette loi montre que le développement des sciences est un cercle sans fin.

En outre, même si nos analyses ont fait ressortir plusieurs facteurs de limites scientifiques celles-ci ne semblent pas limiter complètement la science, mais simplement la freiner pour un certain temps. Si nous considérons que le principal but de la science est de surpasser ses propres frontières, nous pouvons ainsi expliquer que ses propres limites ne restent pas longtemps des limites réelles. La question des limites scientifiques revient donc

à la question du financement des projets de recherche pour savoir s'ils sont réalisables ou non.

Le deuxième chapitre abordait la question de la limite éthique du développement de NBIC qui est véritablement difficile à représenter à cause des principes et des représentations différentes de l'humain en tant que fin chez les humanistes (selon la dignité chez Kant) et moyen d'atteindre le bonheur d'être immortel chez les transhumanistes.

D'ailleurs, nous avons démontré que les limites éthiques, à savoir les limites (principes moraux, règles) que l'homme se prescrit lui-même, changent dans le temps en fonction des avancées technologiques qui sont acceptées et utilisées fréquemment à un moment ou une période assez longue. Même si les limites éthiques évoluent avec l'homme, c'est l'impossibilité d'arriver à un consensus ou compromis dans le débat entre les humanistes et les transhumanistes au sujet des principes et de l'interprétation des valeurs en jeu, qui bloque les prises de décisions au sujet d'un avenir sain et sécuritaire du développement des nanotechnologies.

D'un côté, les humanistes (les bio-conservateurs) ne voient pas la nécessité de tendre vers le cyborg comme finalité éthique, car leurs principes du respect de la dignité humaine sont en accord avec une nature statique de l'homme. Ils défendent, à partir du principe de la dignité humaine développé chez Kant, que l'homme en tant qu'être fini et mortel est la finalité (limite) qui doit être respectée. Dans cette optique, ils croient fermement que les développements scientifiques par les NBIC pour l'amélioration de l'homme devraient être grandement contrôlés et limités, voire interdits. Pour eux, changer la biologie humaine, c'est tout simplement dénaturer l'homme. En somme, ces humanistes voient l'homme comme une fin et non comme un moyen. Si, par contre, les transhumanistes souhaitent le cyborg immortel comme finalité éthique de l'amélioration de l'homme par les nouvelles technologies, les humanistes répliquent en voulant imposer l'humain fini et mortel comme finalité pour limiter (contrer) les risques de perdre la nature biologique et la dignité de

l'homme. Pour eux, l'homme dans sa nature biologique et sa condition d'être fini et mortel est déjà une fin et, dans ce sens, il n'a pas besoin d'être amélioré. Il peut seulement être traité médicalement dans le cas d'une perte due à un accident ou une maladie. Ainsi, pour les humanistes, tout le processus de l'amélioration humaine ayant le cyborg immortel comme finalité implique des risques inacceptables sur l'humain fragile et mortel comme finalité. Ces risques sont toujours conditionnels à ce que ces technologies existent réellement un jour. Il ne faut pas oublier que si ces technologies n'existent pas aujourd'hui, ça ne veut absolument pas dire qu'elles n'existeront jamais, certaines d'entre elles sont peut-être en développement en ce moment et seront sur le marché d'ici peu. C'est dans cette perspective que les humanistes évaluent que les risques de perdre l'humanité biologique et les risques de perte de contrôle des technologies de l'amélioration de l'homme sont inacceptables. Cette évaluation négative des risques incitent les humanistes à établir le principe du respect de la dignité de l'humain fragile et mortel comme une limite au développement des NBIC.

De l'autre côté, les transhumanistes défendent des principes éthiques qui sont en accord avec une nature humaine évolutive. Ils voient la prochaine étape de l'évolution à travers les technologies que la science développe pour la fabrication des cyborgs. De plus, cela se justifie par le fait qu'ils voient la mort comme une maladie qu'il faut arriver à guérir, sinon à traiter. Pour eux, l'autonomie de chaque personne est un principe moral des plus importants. Grâce à ce principe, les transhumanistes croient en un avenir où chacun a le droit de choisir s'il veut être amélioré ou non par les nouvelles technologies. Ils ne voient aucun problème à ce que les gens fassent des choix en fonction des influences et des modes du moment. Ainsi, pour arriver à évaluer comme acceptable ou non les conséquences des NBIC de l'amélioration de l'homme, les transhumanistes utilisent un degré d'intensité variable d'impact, qui est toujours plus ou moins positif. Les valeurs et les principes des transhumanistes prônent la transcendance de l'homme et l'évolution de sa nature comme des impacts positifs. Ils évaluent donc les conséquences positives des technologies de l'amélioration de l'homme comme étant toujours acceptables. S'ils considèrent dans leur

évaluation la possibilité que le cyborg soit un impact positif acceptable, ils espèrent donc éliminer le plus possible les limites morales qui vouent l'humain à sa finitude biologique, la maladie et la mort. Les transhumanistes vont jusqu'à penser que limiter les avancées de la science reviendrait à causer des dommages encore plus grands à l'homme, car dans ce cas, les problèmes qui émergeraient dans le futur, ne pourraient pas être combattus par les nouvelles découvertes scientifiques.

Du premier coup d'œil, il est étonnant d'observer que ces deux idéologies, humanistes et transhumanistes ne semblent se rejoindre sur aucun point. Ce problème montre la gravité de la situation qui semble sans dialogue possible entre les transhumanistes et les humanistes sur la question des limites éthiques du développement des nouvelles technologies de l'amélioration de l'homme.

C'est pourquoi le chapitre 3 a servi à discerner des relations qui pourraient exister entre les limites scientifiques et les limites éthiques du développement des technologies NBIC pour l'amélioration humaine. Ces relations que nous avons proposées nous ont conduits à trouver des points où le dialogue à ce sujet pourrait être possible. La définition du mot *relation* a permis d'orienter la recherche des relations dans le sens des causalités-effets, ce qui nous semblait être le bon type de relation dans ce cas précis. La relation de cause à effet peut être expliquée simplement par un phénomène (par exemple, une limite scientifique) qui cause un autre phénomène comme effet (par exemple, limite éthique). Dans ce type de relation, la deuxième limite éthique (l'effet) ne devrait pas exister si la cause scientifique n'existe pas.

Grâce à cet exercice, nous avons réussi à trouver plusieurs relations soit de convergence, soit de divergence entre les limites scientifiques et les limites éthiques. Mais le but de cette activité étant de trouver des relations où un dialogue pouvait émerger, nous avons pu faire ressortir seulement quelques relations qui nous semblaient les plus pertinentes. La première relation dialogique qui semble être favorable au dialogue est celle

du processus de l'avancement des connaissances scientifiques dans le but de l'amélioration humaine qui est difficile à distinguer de la thérapie. Il semble que la possibilité d'un tel dialogue émerge aussi du fait que l'opinion publique est en constante évolution et que par conséquent, avec de la patience et un dialogue approprié sur cette évolution, l'opinion pourrait devenir, moins conservatrice et plus confiante envers les nouvelles technologies de l'amélioration de l'homme. Mais cela suppose aussi un dialogue sur la convergence de la limite scientifique à dépasser. Jusqu'où voulons-nous évoluer? Cette question moins conservatrice constitue tout un défi. Pour y faire face, le dialogue devra tout mettre en œuvre pour favoriser l'expression explicite des enjeux éthiques (nature fixe ou évolutive, par exemple) impliquées dans le développement technoscientifique, qu'ils soient conservateurs ou non. Ce faisant, ces discours pourraient mieux dépasser les postures qui souvent caractérisent et diminuent les possibilités d'échanges rationnels en vue d'une réponse commune (coconstruite) à ces enjeux de société.

La deuxième relation d'où peut ressortir un dialogue peut porter sur la difficulté de définir des frontières, car les sciences ont du mal à déterminer les frontières entre le vivant et le non-vivant à cette échelle et les humanistes espèrent arriver à une meilleure distinction entre la thérapie et l'amélioration dans le développement des NBIC. Par contre, les transhumanistes ne veulent tout simplement pas faire de distinction entre tous ces éléments. Un dialogue où le sujet (transhumaniste ou humaniste) accepte qu'il ne sait pas s'il y a une réelle frontière entre l'amélioration et la thérapie dans le développement des NBIC pourrait être un bon point de départ dans un travail de coopération pour poser des limites scientifiques et éthiques utiles pour que le développement soit sécuritaire et en accord avec un futur meilleur qui saurait convenir à tous les partis. Nous croyons que le dialogue coopératif est possible entre ceux qui acceptent qu'ils ne possèdent pas la vérité sur notre question des limites scientifiques et éthiques.

Si le portrait présenté des relations dialogiques possibles dans cette recherche est très qualitatif, il ne faut pas oublier que d'étudier les limites scientifiques et éthiques des NBIC

pour l'amélioration humaine, est complexe et demande de se projeter dans un futur possible et probable. Il réfère notamment aux limites incertaines qui existent au moment de l'écriture de ce mémoire. En ayant comme objectif principal d'approfondir les différents niveaux de questionnement et d'analyses nécessaires propres à notre question (Y a-t-il une limite scientifique et éthique au développement des NBIC?) pour favoriser une réponse conjugée, comprenant deux points de vue dont l'un est issu des sciences pures et appliquées et l'autre des sciences humaines, cette recherche nous oblige à conclure que les limites ne sont jamais définitives et qu'elles sont constamment en évolution. Ce résultat final correspond à l'objectif de notre recherche pour autant qu'il montre que l'écart entre des scientifiques (la plupart sont des transhumanistes comme Kurzweil) et des humanistes (comme Fukuyama en sciences humaines) s'observe dans leur débat sur la question. Les limites découvertes sont ponctuelles et non statiques dans le temps, et c'est pourquoi elles sont si difficilement cernables. Cette étude pourra servir de guide pour montrer que cette question des limites des nanotechnologies autant du point de vue scientifique que du point de vue éthique n'est pas simple, mais incertaine dans sa complexité et donc toujours ouverte à une dialogue possible. Il sera toujours important de partir d'une telle incertitude afin de faire émerger un dialogue interdisciplinaire sur la question déjà posée. Ce dialogue est une éthique du pari. Il devra en permanence s'auto-régénérer contre les durcissements, scléroses, dégradations. L'esprit devra demeurer vigilant dans la lutte contre les simplifications. Notre étude prône un tel esprit philosophique en éthique.

BIBLIOGRAPHIE

AHL, A.S., Acree J.A., GIPSON P.S., MCDOWELL R.M., MILLER L. and MCELVAINE M.D. (1993) *Standardization of nomenclature for animal health risk analysis*. Revue science and technology Off. Int. Epiz., no 12, p.1045-1053.

ALLHOFF, Fritz., Patrick LIN, and Daniel MOORE. (2010) *What Is Nanotechnology and Why Does It Matter? From Science to Ethics* Hoboken, NJ, US: WILEY-BLACKWELL, 293 p.

ALLHOFF, Fritz, Patrick LIN, James MOOR and John WECKERT. (2009) *Ethics of Human Enhancement: 25 Questions & Answers*. Version 1.0.0 US, National Science Foundation, 50 p.

ALLHOFF, Fritz, Patrick LIN, James MOOR and John WECKERT. (2007) *Nanoéthics : The ethical and social implications of nanotechnology*. USA; John Wiley & sons, Inc., 385 p.

ANANTHASWAMY, Anil. (2004) *First robot moved by muscle power*, *New Scientist*, [En ligne: <http://www.newscientist.com/article/dn4714-first-robot-moved-by-musclepower.html> (consulté le 18 janvier 2011)]

BAINS, William. (2008) *Steam engine time : a review of « Ending Ageing » by Augrey de Grey* Bioscience Hypotheses Volume 1(6), 281-285 [En ligne : <http://www.biosciencehypotheses.co.uk/bihy/editorials/steam%20engine%20time.pdf> (consulté le 19 janvier 2011)]

- BÉLAND, Jean-Pierre et Johane PATENAUE. (2009) *Les nanotechnologies Développement, enjeux et défis éthiques*. Les presses de l'Université Laval, 124 p.
- BROOKS, Rodney A. (2002) *Flesh and Machines : How Robots Will Change Us*. NY, US : Pantheon Books, 260 p.
- BUDINGER, Thomas F. And Miriam D. BUDINGER. (2006) *Ethics of Emerging Technologies Scientific Facts and Moral Challenges*. Hoboken NJ : John Wiley & Sons, Inc., 496 p.
- BULL, Alan T., Geoffrey HOLT and Malcolm D. LILLY. (1982) *Biotechnology International trends and perspectives*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), [En ligne : <http://www.oecd.org/dataoecd/34/9/2097562.pdf> (consulté le 08 février 2011)]
- CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. (2006) *Avis - Enjeux éthiques des nanosciences et nanotechnologies*. [En ligne : http://www.cnrs.fr/fr/organisme/ethique/comets/docs/ethique_nanos_061013.pdf (consultée le 08 novembre 2010)]
- COMMISSION DE L'ÉTHIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. (2006) *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*. 121p. [En ligne : http://www.ethique.gouv.qc.ca/index.php?option=com_docman&Itemid=70 (consulté le 19 janvier 2011)]

- COMMUNICATION DE LA COMMISSION. (2004) *Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies*, COM. 338 final. [En ligne : http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nano_com_fr.pdf (consulté le 15 novembre 2010)]
- DEGREY, Aubrey. et Michael RAEL. (2007) *Ending Aging : The Rejuvenation Breakthroughs that Could Reverse Human Aging in Our Lifetime*. NY, US : St Martin's Press, 400 p.
- DENIS, Hélène. (1998) Comprendre et gérer les risques sociotechnologiques majeurs. Montréal, QC : Éditions de l'école Polytechnique de Montréal, 341 p.
- DREXLER, Eric. (1990) *Engines of Creation : The Coming Era of Nanotechnology* US : Anchor books, 298 p.
- DUROZOI, Gérard. et André ROUSSEL (1990) *Dictionnaire de la philosophie* Nathan, 367 p.
- EHRMAN, Sheryl. dans Lynn E. FOSTER. (2006) *Nanotechnology : Science, Innovation, and Opportunity*. «Chapitre 4» *Nanoscale Material*. US : Prentice Hall, p.142-148.
- FITZMAURICE, Donald. (2008) University College Dublin dans ETC group. *Downsizing Development : An Introduction to Nano-scale Technologies and the Implications for the Global South*, united nations, New York and Geneva, 98 p.
- FOSTER E. Lynn. (2006) *Nanotechnology Science, Innovation and opportunity*. US : Prentice Hall, 283 p.

FUKUYAMA Francis. (2002) *Our post human future Consequences of the biotechnology revolution* New York :Edition Farrar,Straus and Giroux, 256 p.

GODARD, Olivier. (1998) *Anticiper Le risque théorique ou le risque réel*. La recherche, [En ligne : <http://www.larecherche.fr/content/recherche/article?id=13291> (consulté le 22 février 2011)]

GODARD, Olivier. (2005) *Le principe de précaution et la proportionnalité face à l'incertitude scientifique*. Dans Conseil d'État, *Rapport public 2005 : responsabilité et socialisation du risque*, Conseil d'État, Paris : La Documentation française, p.377-392.

GUILLAUD, Frédéric. Et Maël LEMOINE (2008) *Philosophie, Séquence BAC*. Paris France : Bréal, 192 p.

HARRIS, John. (2007) *Enhancing evolution The ethical case for making better people*. Princeton and Oxford : Princeton University press, 242 p.

HUXLEY, Julian. (1957) *Transhumanism*. [En ligne : <http://www.transhumanism.org/index.php/WTa/more/huxley/> (consulté le 28 février 2011)]

JONAS, Hans. (2000) *Une éthique pour la nature*. Éditions Desclée de Brouwer. Paris : Collection Midrash, 159 p.

KAHN, Axel. (2007) *L'homme, ce Roseau pensant... Essai sur les racines de la nature humaine*. Paris, France : Nil éditions, 317 p.

KANT, Emmanuel dans Roger-Pol DROIT. (2008) *Kant ou les bornes de la raison, Le monde de la philosophie* Paris France : Flammarion, 454 p.

KASS, Leon. (2003) *Beyond Therapy: Biotechnology and the Pursuit of Human Improvement* in The united States President's Council on bioethics, January 2003 / [En ligne : <http://bioethics.georgetown.edu/pcbe/background/kasspaper.html> (consulté le 21 février 2011)]

KASS, Leon. (2001) *L'Chaim and its limits: why not immortality?*, 11 p. [En ligne : <http://www.utpa.edu/faculty/jmmartinez/General/GenBioCloning.pdf> (consulté le 01 mars 2011)]

KEMP, Peter. (1997) *L'irremplaçable Une éthique de la technologie* Paris : Cerf, 322 p.

KOURILSKY, Philippe. et Geneviève VINEY. (2000) *Le principe de précaution : rapport au premier ministre*. La documentation française, Paris. 189 p.

KURZWEIL, Ray. (2005) *The Singularity Is Near*. Londre Angleterre : Penguin books Ltd., 652 p.

LEGRAND, Gérard. (1986) *Vocabulaire Bordas de la philosophie* Bordas, 362 p.

NAAM, Ramez. (2005) *More than human*. NY NY; Broadway books, 276 p.

MOORE, Gordon. E. (1965; 1998) «*Cramming more Components onto Integrated Circuits*», *Electronics*, 38 (8) dans *Proc. IEEE*, 86, 82, numéro spécial sur les 50 ans du transistor; [En ligne : <http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm> (consulté le 21 janvier 2011)]

MORE, Max. (1990) *Transhumanism : a futurist philosophy*, [En ligne: <http://www.maxmore.com/transhum.htm> (consulté le 28 février 2011)]

MOURRAL, Isabelle et Louis Millet (1993) *Petite encyclopédie philosophique* Éditions universitaires, 395 p.

NEAL, Andre. L. (2008) *What can be inferred from bacterium-nanoparticle interactions about the potential consequences of environmental exposure to nanoparticles?* *Ecotoxicology*, 17(5), p.362–371.

NORDMANN, Alfred. (2004) « *Molecular Disjunctions : Staking claims at the nanoscale* » in Davis BAIRD and Joachim SCHUMMER (eds) *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam, Berlin : IOS Press, p.51-62.

OBADIA, Alain. (2008) Avis du conseil économique et social. *Les nanotechnologies*. République Française, France, 186 p.

O'MATHUNA, Donal. (2009) *Nanoethics : Big Ethical Issues with Small Technology*, Continuum, 235 p.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE. (2002) *Incertitude et précaution : incidences sur les échanges et l'environnement*, Groupe de travail conjoint sur les échanges et l'environnement, 5 septembre 14 p. [En ligne : [http://www.oilis.oecd.org/oilis/2000doc.nsf/4f7adc214b91a685c12569fa005d0ee7/98a7c482bccb43afc1256c2b003fe2ce/\\$FILE/JT00130908.PDF](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2000doc.nsf/4f7adc214b91a685c12569fa005d0ee7/98a7c482bccb43afc1256c2b003fe2ce/$FILE/JT00130908.PDF). (consulté le 08 mars 2011)]

PAPAU, Alain. et Dominique BOURG. (2008) *Des limites du principe de précaution : OGM, transhumanisme et détermination collective des fins* Dossier Symposium, Économie publique no 21, p.95-123.

PARKER, Steeve. (2007) *The Human Body Book*. Dorling Kindersley, 256 p.

ROCO, Mihail C. (2003) *Nanotechnology : convergence with modern biology and medicine* Current Opinion in biotechnology Elsevier Science Ltd. 14., p.337-346.

ROCO, Mihail C. et William Sims. BAINBRIDGE (dir.) (2002) *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. National Science Foundation, Arlington, Virginia, [En ligne : [http://www.wtec.org/Converging Technologies/Report/NBIC_report.pdf](http://www.wtec.org/Converging_Technologies/Report/NBIC_report.pdf). (consulté le 21 février 2011)]

ROCO, Mihail C. et William Sims. BAINBRIDGE and Paul ALIVASTOS. (2000) *Nanotechnology Research Directions. IWGN Interagency Working Group on Nanoscience Workshop Report*, Dordrecht, Boston, Kluwer, 272 p.

ROUKES L. Michael and Sandy FRITZ. (2002) *Understanding nanotechnology* Scientific American inc. and Byron Preiss visual Publication, Warner books, 149 p.

SCHÄFFLER, Arne. and Nicole MENCHE. (2004) *Anatomie physiologie biologie* 2^{ème} édition Paris France : Maloine, 454 p.

STIRN, François. Hervé VAUTRELLE (1998) *Philosophie Synthèse* Lexique de philosophie Armand Collin, 95 p.

TREICH, Nicolas. (2005) *L'Analyse Coût-Bénéfice de la Prévention des Risques* LERNA-INRA, Université de Toulouse, 52 p.

WAUTELET, M., BELJONNE, D., BRÉDAS, J.-L., CORNIL, J., LAZZARONI, R., LECLÈRE, P., ALEXANDRE, M., DUBOIS P., GILLIS P., GOSSUIN, Y., MULLER, R., OUAKSSIM A., ROCH, A., GOUTTEBARON, R., HECQ, M. et MONTEVERDE, F. et coll. (2002) *Les nanotechnologies*. Dunod, paris : UniverScience, 224 p.

WEISBUCH, Claude, et Michel BRILLOUËT. (2004) *Is there still plenty of room at the bottom? ou Où va la microélectronique?* [En ligne : [http://www.colidre-ft.asso.fr/html/weisbuch060704 .htm](http://www.colidre-ft.asso.fr/html/weisbuch060704.htm) (consulté le 01 novembre 2010)]

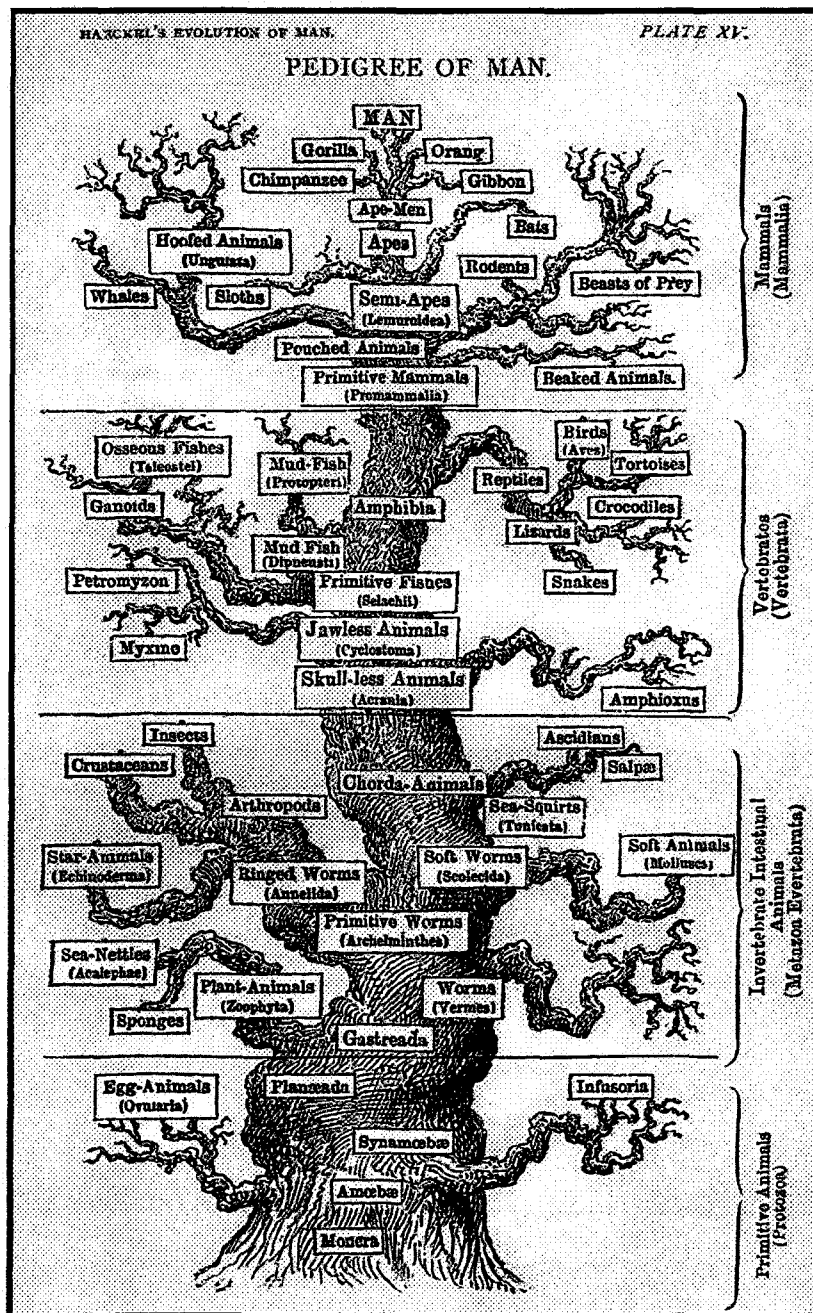
WULF, William A. (2004) *Keynote Adress* dans : *Emerging Technologies and Ethical Issues in Engineering*. Washington, DC : National Academies Press, p.1-6.

ZEYONS, Ophélie. (2008) *Étude consacrée à une compréhension approfondie des interactions physicochimiques et biologiques entre deux modèles cellulaires présents dans l'environnement*. Thèse de doctorat publié [En ligne : (tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/33/19/31/PDF/These_ophelie_zeyons.pdf) — Pierre et Marie Curie, École doctorale physique et chimie des matériaux Spécialité : Physicochimie, Paris 330 p. (consulté le 14 novembre 2010)]

ANNEXES

ANNEXE 1

Figure 8 : L'arbre figurant dans le livre d'Haeckel "L'évolution de l'Homme" (1879)

Source : accès.inrp.fr¹⁵⁴

¹⁵⁴ Arbre d'Haeckel [En ligne : <http://accès.inrp.fr/evolution/logiciels/phylogene/lechelle-des-etres-dhaeckel> (consulté le 01 novembre 2010)]

ANNEXE 2

Grille d'analyse du corpus 4 : Les impacts

Référence du texte :

Nom des auteurs :

Date d'édition :

(Si 2 publications même année)

Trois premières lettres des trois premiers mots du titre :

Numéro du corpus du texte analysé :

1. De quoi parle-t-on dans le texte lorsqu'on se réfère aux nanos :

1.1. Du produit ou particule :

1.1.1. Définition selon la grandeur.

1.1.2. Définition selon les caractéristiques nouvelles des particules

1.1.3. D'un produit fini incorporant des nanoparticules

1.1.4. Autre

1.2. Les nanotechnologies comme une partie du processus social complexe du développement technologique :

1.2.1. La technoscience

1.2.2. La convergence des NBIC (Convergence des nanotechnologies, des biotechnologies, des sciences de l'information et des sciences cognitives)

1.2.2.1 La réalité des applications

1.2.2.2 Définition visionnaire et téléologique

2. Quel jugement pose-t-on sur les nanos et comment le pose-t-on ?

2.1. Identification des impacts des nanos :

2.1.1. Sur la santé humaine

2.1.2. Sur l'environnement

2.1.3. Sur l'économie

2.1.4. Sur la société et les rapports avec les pays en voie de développement

2.1.5. Sur la culture et les représentations

2.2. Mesure des impacts des nanos :

2.2.1. Sur quelles données reposent la mesure d'impact?

2.2.2. Comment qualifie-t-on le risque que cet impact arrive?

Est-ce qu'on fait mention de la perception du risque? (Si oui, répertoriez ici les éléments sur la perception du risque)

2.3. Évaluation des impacts :

2.3.1. Quelle évaluation fait-on des impacts? (positifs ou négatifs)

2.3.2. Sur quoi repose l'évaluation de l'impact?

2.4. L'acceptabilité des nanos :

2.4.1. Acceptance (acceptabilité de fait par les individus)

2.4.2. Acceptabilité sociale (acceptance sociale — acceptabilité de fait par la société)

2.4.3. Acceptabilité sociale (éthique : choix que nous devons faire pour la société)

2.4.3.1. Quel jugement pose-t-on sur l'acceptabilité sociale des nanos?

2.4.3.2. Sur quoi repose ce jugement d'acceptabilité?

Est-ce qu'on mentionne le principe de précaution? (Si le principe de précaution est longuement traité, il faut voir la fiche spécifique du principe de précaution ou référer le texte à l'équipe qui en traite).

3. La gouvernance des nanos

3.1. Quelles lois ou quels règlements sont mentionnés dans le texte pour assurer la gouvernance des nanos?

3.1.1. Identifier les lois et règlements utilisés pour la gouvernance des nanos

3.1.2. Quelles sont les critiques positives ou négatives faites touchant ces lois et règlements?

3.1.3. Quelles sont les nouvelles lois ou nouveaux règlements proposés?

3.2. Quels sont les modes de gouvernance proposés ou critiqués?

3.2.1. Dispositifs d'évaluation, contrôle et surveillance

3.2.1.1. Nommer les dispositifs proposés ou critiqués

3.2.1.2. Résumer les critiques positives ou négatives de dispositifs

3.2.2. Dispositifs sociaux

3.2.2.1. Liberté de commerce et autorégulation par l'économie

3.2.2.2. Rôle des gouvernements face aux nanos

3.2.2.3. Rôle de la société civile

3.2.3. Communication, sensibilisation et formation

3.2.3.1. Identifier les approches de communication proposées ou critiquées pour l'ensemble de la société sur les nanos.

3.2.3.2. Identifier les approches de sensibilisation et formation proposées ou critiquées pour les différents acteurs sociaux.

Commentaires :

ANNEXE 4

Tableau 6

Première synthèse sur la question : Quelles limites scientifiques peuvent devenir des limites éthiques? Les différentes relations existantes entre les éléments provenant des limites scientifiques et ceux provenant des limites éthiques

Relation 1 - La nécessité de développer des nouvelles technologies grâce à l'avancement des connaissances scientifiques.		
	Convergente	Divergente
Élément provenant des limites scientifiques	Élément provenant des limites éthiques	
<p><u>1 5. La nature biologique (sensible et mortelle) de l'humain.</u></p> <p>A) La complexité des solutions techniques potentielles face aux dommages causés par l'âge.</p>	<p><u>2-2. Les positions divergentes à propos des risques et des impacts dans la situation du débat entre les transhumanistes et les humanistes pour l'amélioration humaine.</u></p> <p>E) Les transhumanistes croient en une identité de la personne (de la nature humaine) qui est évolutive contrairement aux humanistes qui la considèrent statique.</p>	<p><u>2-1. Les limites éthiques causées par la difficulté à arriver à un consensus entre les transhumanistes et les humanistes</u></p> <p>E) Selon les humanistes, l'autonomie de la personne est une valeur insuffisante pour permettre à la science de développer des technologies sans penser à la sécurité et à l'avenir de la société.</p>
Citations		
Par exemple, les mutations nucléaires et <i>épigénétiques</i> cancérigènes qui se développent au cours de la vie, en tant que mutations intervenant au niveau de l'ADN nucléaire contenant l'information génétique humaine, ainsi qu'au niveau des protéines qui	L'idée de limite morale souhaitable ou nécessaire pour les transhumanistes n'existe pas réellement; ils parlent plutôt d'une nature évolutive qui justifie le développement illimité des NBIC pour fins thérapeutiques et pour l'amélioration humaine.	Pour Kant, la paresse et la lâcheté « sont les causes qui font qu'un si grand nombre d'hommes, après que la nature les ait affranchis depuis longtemps d'une conduite étrangère (<i>naturaliter maiorennnes</i>), restent cependant volontiers toute leur vie dans un état de

relie cet ADN. Certaines de ces mutations peuvent déclencher des cancers et, selon Aubrey de Grey, seulement les mutations cancérogènes doivent donc être combattues.	Stock (2002) fonde son idée transhumaniste de l'absence de limite morale en se référant à Dieu comme finalité de la nature: « God and nature first made us what we are, and then out of our own created genius we make ourselves what we want to be ... Let the sky and God be our limit and Eternity our measurement. » C'est dire qu'il n'y a pas de limite morale acceptable.	tutelle; et qui font qu'il est si facile à d'autre de se poser comme leurs tuteurs ». En ce sens, il ne semble pas si commode pour un grand nombre d'humains d'être sous la tutelle du désir transhumaniste de devenir extrêmement intelligent comme une machine cybernétique, un cyborg.
Explications		
<p>Au chapitre 1, la science voit la nécessité du développement des nouvelles technologies de l'amélioration de l'homme pour solutionner les problèmes biologiques liés à l'âge.</p> <p>Au chapitre 2, les transhumanistes pensent que les avancées technologiques par les NBIC sont nécessaires pour faire évoluer l'humain tandis que les humanistes croient que l'homme est complet tel qu'il est et que la technologie ne peut pas le faire évoluer.</p> <p>Tandis que les humanistes ne croient pas en la nécessité de la recherche et ils ne pensent pas que l'autonomie de la personne à elle seule est un argument assez fort pour permettre de développer toute sorte de nouvelles technologies pour répondre à la demande de ceux qui voudront les utiliser.</p>		

Relation 2 - Le contrôle du processus d'avancement des connaissances scientifiques dans le but de l'amélioration humaine.	
Divergente	
Élément provenant des limites scientifiques	Élément provenant des limites éthiques
<p><u>1-4. La limite de la faisabilité de la convergence des NBIC pour l'amélioration de l'homme.</u></p> <p>A) L'augmentation du risque technologique à chaque fois que l'échelle sur la biologie augmente.</p> <p>(La complexification des effets de</p>	<p><u>2-1. Les limites éthiques causées par la difficulté à arriver à un consensus entre les transhumanistes et les humanistes</u></p> <p>C) L'opinion publique est parfois conservatrice par rapport aux nouvelles interventions sur le vivant comme le propose les NBIC.</p>

l'intervention à mesure qu'on entre dans la complexité biologique pour vaincre les maladies)	
Citations	
In cardiovascular surgery, for example, reaction to physical intervention and surgical materials can lead to Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS), and in a small percentage of cases, this will in turn lead to multiple organ failure and death (Khan, Spychal, and Pooni 1997 dans Connolly dans Rocco M.C. et Bainbridge, 2002, p.164).	La voie de la sagesse est celle de la science : il faut autoriser le plus d'expérimentations possible, quitte à faire des erreurs pour les corriger ensuite. Ce processus d'essai-erreur guide depuis toujours le progrès des connaissances et des techniques. De longues périodes d'exploration vont être nécessaires, car les opinions publiques sont parfois conservatrices et les interventions sur le vivant sont complexes. De plus, il n'y aura jamais de consensus sur la question, car personne n'a la même définition de ce qui fait la liberté et la dignité de l'homme. Ceux qui utiliseront ces nouvelles technologies auront un profil psychologique différent de ceux qui les refuseront. (Entretien avec le Pr Gregory Stock, <i>Le choix germinal est inéluctable!</i> http://www.lesmutants.com/stock.htm)
Explications	
Au chapitre 1, on cherche un moyen pour contrôler les limites du processus à chaque fois que l'échelle augmente pour trouver des solutions aux problèmes d'aujourd'hui, alors qu'au chapitre 2, on laisse plutôt entendre que ce contrôle du processus, selon l'opinion publique est plutôt vu sous un angle conservateur en ce qui a trait aux avancées technologiques sur le vivant.	

Relation 3 - La capacité d'obtenir des résultats fiables.		
	Convergente	Divergente
Élément provenant des limites scientifiques	Élément provenant des limites éthiques	
1-1. <u>La méthode scientifique limite l'avancement de la connaissance</u>	2-3. <u>L'impossibilité de comparer les mesures de probabilité ainsi qu'une évaluation divergente des</u>	2-3. <u>L'impossibilité de comparer les mesures de probabilité ainsi qu'une évaluation</u>

<u>scientifique.</u> A) La science est confrontée à la frontière des méthodologies qu'elle utilise.	<u>risques et des impacts des humanistes avec celles des transhumanistes.</u> B) Les probabilités de perte de contrôle des NBIC sont considérées différemment, car les transhumanistes croient que le développement et les connaissances apportées par ces nouvelles technologies permettront de toujours les maîtriser.	<u>divergente des risques et des impacts des humanistes avec celles des transhumanistes.</u> C) Les probabilités de perte de contrôle des NBIC sont considérées différemment, car les humanistes croient qu'il sera impossible de reprendre le contrôle des nouvelles technologies si elles deviennent hors contrôle.
Citations		
Les limites physiques imposées aux dimensions des éléments proviennent des lois élémentaires de l'optique et de la mécanique quantique. En effet, pour mettre au point des structures de dimensions nanométriques, la précision des manipulations nécessite de bonnes conditions d'éclairage. C'est pourquoi on utilise des instruments d'optique très précis (pour concentrer la lumière en un point précis) tels que les lentilles, les diaphragmes, etc. La lumière est composée d'ondes électromagnétiques. Or ces ondes subissent un phénomène appelé diffraction lorsqu'elles traversent des instruments	L'« homme [...] reste un homme, mais se transcende lui-même en déployant de nouvelles possibilités de et pour sa nature humaine. »	For to argue that human life would be better without death is, I submit, to argue that human life would be better being something other than human... The new immortals, in the decisive sense, would not be like us at all. If this true, a human choice for bodily immortality would suffer from the deep confusion of choosing to have some great good only on condition of turning into someone else.

d'optique tels que les fentes. Dans les cas favorables, on obtient alors des taches lumineuses de dimensions comparables à la longueur d'onde du rayonnement, c'est-à-dire entre 0,4 et 0,8 micromètre. Ainsi, on peut difficilement manipuler des structures de dimensions inférieures à 0,5 micromètre par cette méthode. Il faut donc utiliser des rayonnements ultraviolets, ce qui pose d'autres problèmes techniques.

Explications

Au chapitre 1, la science voit une limite dans sa capacité d'obtenir des résultats fiables. Les méthodes qui sont utilisés en science, pour les recherches dans des domaines aussi poussés que ceux des nanotechnologies, ne sont pas encore adapté à ceux-ci, ce que les scientifiques s'efforcent d'améliorer. Pour le moment, les méthodes désuètes limitent la possibilité de convergence des technologies de pointe (NBIC).

Au chapitre 2, les transhumanistes sont optimistes face au développement des nouvelles technologies convergentes et leurs valeurs sont en accord avec les impacts qu'occasionneraient ces changements (par exemple améliorer l'homme en le transformant en cyborg pour le rendre plus apte à combattre les maladies et pour le rendre plus intelligent ou encore le rendre immortel en transposant le cerveau humain dans un ordinateur), la perte des limites biologiques humaines n'est donc pas évaluée comme étant inacceptable. Il s'agit plutôt d'un impact positif acceptable, pour les transhumanistes, puisqu'il est en accord avec la nature humaine qui fonde la promotion transhumaniste contre l'interdiction humaniste.

Tandis que les humanistes évaluent que les améliorateurs cognitifs comme les nanorobots qui changeront la chimie de l'homme, impliqueront des risques inacceptables à cause des changements dramatiques dans la personnalité des personnes les utilisant. Par exemple, certaines propriétés d'amélioration pourraient ressembler à des effets secondaires (qui ne peuvent pas être appréhendés et évités).

Relation 4 - Dans le contexte réaliste de la convergence pour l'avancement de l'homme, la difficulté est de définir les frontières scientifiques et éthiques afin de limiter les développements qui comportent de trop grands risques.

Convergente	
Élément provenant des limites scientifiques	Élément provenant des limites éthiques
<p><u>1-1. La méthode scientifique limite l'avancement de la connaissance scientifique.</u></p> <p>C) La convergence des sciences est confrontée aux limites des connaissances de la réalité, donc de ce qui est faisable.</p>	<p><u>2-1. Les limites éthiques causées par la difficulté à arriver à un consensus entre les transhumanistes et les humanistes</u></p> <p>D) La distinction entre la thérapie et l'amélioration est trop ambiguë pour déterminer la frontière de l'acceptabilité.</p> <p>(La distinction thérapie-amélioration ne permet plus tellement de poser une limite pour empêcher la convergence NBIC de faire éclater la frontière entre le vivant et le non-vivant.)</p>
Citations	
<p>This grand convergence of biotechnology and nanotechnology is going to blur the distinction between the animate and inanimate worlds, which could cause problems because the way we organize our society is based on a well-defined distinction between living and non-living.</p>	<p>For instance, how should we think about vaccinations: are they a form of therapy, or are they an enhancement of our immune system (Daniels, 2000; Harris, 2007; Bostrom and Roache, 2008)? On one hand, a vaccination seems to be an enhancement in that there is no existing pathology it is attempting to cure, merely a possible or likely pathology we wish to avoid; but we are drawn to declare it as some form of therapy—perhaps preventative therapy—given its close association with medicine? And if enhancements in general are ultimately found to be socially or ethically problematic, then counting vaccinations as enhancement opens the possibility that it should be regulated or restricted, which would create a serious public health disaster as well as a counter-example to the claim that enhancements are problematic. Thus, even critics of human enhancement may be loathe to put vaccinations in the enhancement bucket, though there does not</p>

	seem to be an obviously superior reason to think otherwise.
--	-------------------------------------------------------------

Explications

<p>Au chapitre 1, comme dit Donald Fitzmaurice, l'idée de la convergence des nanotechnologies et des biotechnologies en science implique des problèmes à surmonter entre le vivant et le non-vivant. Car pour les nanotechnologies, les frontières sont plus complexes à définir qu'à des échelles plus grandes.</p>

<p>Au chapitre 2, les transhumanistes vont dans le même sens lorsqu'ils disent qu'il est de plus en plus difficile de maintenir une distinction entre la thérapie et l'amélioration pour établir une limite morale entre ce qui est acceptable ou non. À partir de l'exemple de la vaccination, ils remettent justement en question la tentative d'établir une limite morale grâce à cette distinction.</p>

ANNEXE 5

Tableau 7

Deuxième synthèse sur la question : Quelles limites éthiques peuvent devenir la source de limites scientifiques? Les différentes relations existantes entre les éléments provenant des limites éthiques et ceux provenant des limites scientifiques

Relation 1 - La nécessité de faire avancer l'application des connaissances scientifiques.		
	Convergente	Divergente
Élément provenant des limites scientifiques	Élément provenant des limites éthiques	
<p><u>1- 3. La limite de la multidisciplinarité de la convergence des NBIC.</u></p> <p>F) Les nouvelles technologies apparaissent comme une solution pour régler un problème, mais elles créent de nouveaux problèmes à leur tour.</p> <p>(Limite créé par la loi de Newton qui dit qu'à chaque action, il y a une réaction égale et opposée.)</p>	<p><u>2-1. Les limites éthiques causées par la difficulté à arriver à un consensus entre les transhumanistes et les humanistes</u></p> <p>A) L'évolution de limites posées par la société.</p> <p>(Les frontières que l'homme s'était posées autrefois ont changés pour devenir celles d'aujourd'hui. Les limites de demain ne seront pas celles que nous jugeons acceptables aujourd'hui.)</p>	<p><u>2-1. Les limites éthiques causées par la difficulté à arriver à un consensus entre les transhumanistes et les humanistes</u></p> <p>F) La divergence d'idées au sujet d'un avenir nanotechnologique acceptable de dépasser les limites biologiques dans la transformation de l'humain.</p>
Citations		
If NBIC is to blend into the fifth harmonic envisioned by Newt Gingrich, some national priorities are needed to complement unplanned, revolutionary discoveries. For instance, urinary incontinence a major health problem for today's patients. If the	The reality is that the sophistication and power of our defensive knowledge and technologies will grow along with dangers. A phenomenon like gray goo (unrestrained nanobot replication) will be countered with "blue goo" ("police" nanobot that	[...] attempts to alter our nature through biotechnology are different from both medicine and education and child-rearing. For I believe that we can more-or-less distinguish the pursuit of bodily and psychic perfection from the regular practice of medicine. To do so, we need

<p>nation had a science and engineering capacity focused on urinary incontinence, this very personal problem would be virtually eliminated. As Mr. Gingrich stated, basic research can be associated with a specific goal. (American Enterprise Institute, Gingrich dans Roco et Bainbridge 2002, p.52)</p>	<p>combat the “bad” robots). Obviously we cannot say with assurance that we will successfully avert all misuse. But the surest way to prevent development of effective defensive technologies would be to relinquish the pursuit of knowledge in a number of broad areas. (Kurzweil, 2005, p.416)</p> <p>The singularity will allow us to transcend these limitations of our biological bodies and brains. We will gain power over our fates. Our mortality will be in our own hands. We will be able to live as long as we want (a subtly different statement from saying we will live forever). We will fully understanding human thinking and will vastly extend and expand its reach. By the end of this century, the nonbiological portion of our intelligence will be trillions of trillions of times more powerful than unaided human intelligence. [...]</p> <p>The singularity will represent the culmination of the merger of our biological thinking and existence with our technology, resulting in a world that is still human but that transcends our biological roots. There will be no distinction, post-</p>	<p>to see that is not true, as some allege that medicine itself is a form of mastery of nature. At least when it functions to restore from deviation or deficiency some natural wholeness of the patient, medicine acts as servant and aid to nature's own powers of self-healing. It is also questionable to conflate child-rearing and education of the young with the attitude that seeks wilful control of our own nature. Parents do indeed shape their children, but usually with some at least tacit idea – most often informed by cultural teachings that have stood the test of time – of what it takes to grow up to live a decent, civilized, and independent life. (Kass, 2003. P.18-19)</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Singularity, between human and machine or between physical and virtual reality. If you wonder what will remain unequivocally human in such a world, it's simply this quality: ours is the species that inherently seeks to extend its physical and mental reach beyond current limitations.</p>	
<p align="center">Explications</p>		
<p>Au chapitre 1, on pense que les nouvelles technologies apparaissent comme une solution pour régler un problème, mais elles créent de nouveaux problèmes à leur tour, car il n'est pas à exclure que selon la troisième loi de Newton nous a appris que pour chaque action il y a une réaction égale et opposée, alors il n'est pas à exclure que les solutions qui seront trouvés grâce à technologies apporteront d'autres problèmes.</p> <p>Au chapitre 2, on voit que pour les transhumanistes, le fait d'imposer des limites morales deviendrait plus dangereux ou risqué pour la santé et la vie de l'humanité que de n'imposer aucune limite. Il pense plutôt que la solution aux problèmes des risques (les risques du mauvais usage des nanorobots par exemple), qui se manifesteront lors de l'approfondissement des connaissances sur les nanorobots grâce au développement des NBIC, proviendra de ce même développement.</p> <p>Tandis que les humanistes envisagent facilement que les nanorobots pour l'amélioration humaine constituent un risque inacceptable puisqu'ils auront une influence négative sur la liberté, car les changements estimés de ces nouvelles technologies pour transcender les limites biologiques sont énormément éloignés de la thérapie médicale d'où proviennent les normes de pratique régulière et en conformité avec cette nature humaine d'aujourd'hui.</p>		

GLOSSAIRE

Allotopique : S'exerçant en différents lieux (en référant à la biologie).

Concepts moraux : Les concepts moraux sont l'ensemble de principes de jugement, de règles de conduite relatives au bien et au mal, de devoirs, de valeurs, qu'une société se donne et qui s'imposent autant à la conscience individuelle qu'à la conscience collective.

Épigénétiques : Chaque cellule d'un même organisme possède un même patrimoine génétique — mis à part quelques rares mutations somatiques - leurs différences supposent une expression différentielle des gènes. Les phénomènes épigénétiques peuvent donc être définis dans un sens restreint comme les phénomènes de modification du patron d'expression des gènes sans modification de la séquence nucléotidique : par exemple méthylation des cytosines ou des protéines histones liées à l'ADN. Ces changements peuvent se produire spontanément, en réponse à l'environnement, ou du fait de la présence d'un allèle particulier. Elles ont la particularité d'être héréditaires d'une génération de cellule à l'autre au cours de la mitose voire sur plusieurs générations d'organismes au cours de la méiose, même si leur cause a disparu.

Glycation : Les glycations sont aussi appelées réactions de Maillard car ce mot définit plusieurs réactions chimiques que l'on peut observer lors de la cuisson d'un aliment.

Microscopie en champ proche : La microscopie en champ proche est une Technique de détection d'une grandeur physique, à l'échelle des atomes et des molécules, qui consiste à balayer, à l'aide d'une sonde, la surface d'un échantillon, à quelques nanomètres de celle-ci, afin d'en dresser, en utilisant l'ordinateur, une cartographie dans laquelle les informations apparaissent sous forme d'images numérisées. Ses différents synonymes sont : microscopie de champ proche, microscopie à champ proche, microscopie à sonde locale.

Organite cellulaire: Les organites cellulaires sont des éléments différenciés contenu dans les cellules et qui a des fonctions bien précises. (noyau, chloroplastes, mitochondries...).

Sénescence : La sénescence est un processus physiologique qui entraîne une lente dégradation des fonctions de l'organisme vieillissement.

Transport actif : Le transport actif aussi appelé perméabilité active implique la participation de la cellule par un apport d'énergie métabolique. Ce mécanisme permet le transport contre le gradient de concentration

Version 2.0 : Dans le monde de l'informatique, les versions 2.0 sont beaucoup plus avancées technologiquement que leurs prédécesseurs. Par exemple, le web 2.0 a passé d'un web statique à un web collaboratif, ce qui l'améliore énormément. Également, le USB 2.0 est 10 fois plus rapide que son prédécesseur le USB 1.0.