

Approches éthiques des néotechnologies d'augmentation de l'humain

Ethical approach in neotechnology of human enhancement

Bernard Claverie¹, Hervé Le Guyader²

¹ École Nationale Supérieure de Cognitique - UMR 5218 IMS CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP - Talence, France, bernard.claverie@ensc.fr

² École Nationale Supérieure de Cognitique - Bordeaux INP - Talence, France, herve.leguyader@ensc.fr

RÉSUMÉ. Les technologies convergentes, ou néotechnologies NBIC, font l'objet de tous les espoirs, de toutes les craintes et de nombre résistances qui s'étayent sur des positions morales développées et promues par les citoyens confrontés au développement exponentiel de ces technologies. Ces positions peuvent être schématiquement distinguées en quatre grandes tendances, elles-mêmes modifiées par la valeur éthique que les individus accordent aux enjeux d'application des technologies.

ABSTRACT. Converging technologies, or NBIC neotechnologies, are the subject of all the hopes, fears and resistances that support the moral positions developed and promoted by citizens facing the exponential development of these technologies. These positions can be schematically distinguished into four main trends, which are themselves modified by the ethical value that individuals place on issues of application of technologies.

MOTS-CLÉS. NBIC, néotechnologies, convergence, éthique, morale, technologies numériques.

KEYWORDS. NBIC, neotechnologies, convergence, ethics, morale, numerical technologies.

Alors que le débat sur l'éthique des technologies substitutives commence à émerger dans la littérature scientifique, et c'est par exemple le cas à propos de la voiture autonome [GOO 18] ou des systèmes d'armes autonomes [WAR 17], et que le monde politique se saisit d'une réflexion sur l'éthique de l'intelligence artificielle (IA) [VIL 18], ouvrant un champ de réflexion émergeant de la confrontation de normes sociales établies à des usages nouveaux de technologies de plus en plus autonomes, le problème des futures technologies de prolongement, augmentation ou autres outils transhumanistes reste étrangement hors du débat. Le futur est là, qui présente désormais, avec un fort impact émotionnel, les projets, les espoirs et les craintes d'utilisation de technologies substitutives dans la vie de tous les jours, avec des conséquences et des interrogations d'ordre moral qui ne relèvent plus des simples questionnements théoriques. Jusqu'ici cantonnées à quelques sachants, bien des questions deviennent directement compréhensibles par le vulgum pecus qui s'identifie à l'utilisateur potentiel, au propriétaire, à l'utilisateur, voire l'hybride avec des technologies dont il se voit le maître ou la potentielle victime.

Au niveau juridique, la chaîne causale en matière de responsabilité est encore aujourd'hui loin d'être établie. On assiste ainsi à ce même type de réflexion chez les juristes et les assureurs à propos de la responsabilité partagée, de la conception à la commercialisation et à l'usage des systèmes d'IA ou à celui de la protection, de la publicité et des utilisations des données personnelles. Mais peu de travaux abordent déjà le cas que devra régler le juge ayant à traiter celui d'un cycliste augmenté par des systèmes artificiels renversé par une voiture sans conducteur, voire sans personne à bord qui puisse prendre conscience de l'accident, celui d'un ouvrier prisonnier de son exosquelette et atteint par un robot collaborateur, ou celui d'un manifestant malmené par un dispositif autonome de maintien de l'ordre ou encore d'un voleur blessé par un robot de sécurité publique ou privé. Le citoyen devra également se prononcer sur son souhait de contrôle d'une pédagogie standardisée confiée à des systèmes non humains ou hybridés, de l'acceptation du risque de l'apprenant mal instruit ou de l'handicapé dont la prothèse autonome échapperait au projet sensoriel ou moteur de son porteur.

Sur le plan économique, la course toujours renouvelée à la meilleure performance, au gain de temps, à celui des marges bénéficiaires, fait faire plus avec moins, qu'il s'agisse de moyens matériels ou de personnels. Si la problématique est et sera toujours d'actualité, avec un emploi d'autant préservé qu'il est peu rémunéré et que l'agent est moins autonome, l'homme augmenté est alors un projet rentable. Plus performant, plus robuste, plus sain et, pour peu qu'il soit plus soumis, il correspond à un futur certain qui s'inscrit déjà dans le plan de développement des quelques entreprises qui survivront aux grandes évolutions socio-économiques que l'on attend.

Enfin, au registre personnel, on connaît déjà le refus, la crainte ou le souhait de certains de se transformer, de bénéficier d'augmentations artificielles, et selon qu'elles soient substitutives, thérapeutiques, de confort ou de performance. Si la collaboration, voire parfois la fusion fonctionnelle homme machine est déjà là, elle trouve ses pourfendeurs comme ses partisans, ses adeptes et ses promoteurs économiques ou idéologiques. Les lois bioéthiques sont obsolètes dès le départ de l'avion vers le pays plus ouvert, et l'eugénisme est en route pour la sélection de sa descendance par modification du génome, la maîtrise instrumentée de sa santé et de sa vie, ou le recul de la mort.

Certains prétendent qu'il s'agit d'un hypothétique futur, d'autres pensent que les technologies sont déjà là et que leur généralisation ne dépend que d'éléments culturels. La position qui est ici défendue est différente. Elle repose sur deux constats. D'une part le retard de la pensée morale et de l'éthique sur les technologies du « human enhancement » est considérable, et celui de leur convergence avec des développements encore ségrégués en silos disciplinaires ou partiellement pluridisciplinaires handicape d'autant ce retard. D'autre part, on ne peut que regretter une approche objective de ce champ d'interrogation, et l'absence d'outil d'analyse est un problème instrumental majeur. Ces technologies sont en effet particulières en ce sens qu'elles n'existent aujourd'hui qu'à l'état de projets, voire de prototypes pour les plus avancées d'entre elles. Les positions éthiques relèvent donc d'une forme de confusion entre un raisonnement, souvent spontané, à partir du réel, de l'actuel, et du fantasmé, et l'absence d'inventaire des possibles permettant d'anticiper selon les grands domaines applicatifs plutôt que sur les objets spécifiques eux-mêmes.

1. L'augmentation technologique de l'humain et l'homme augmenté

Le « human enhancement » ou « augmentation des performances humaines » correspond dans sa version moderne à un domaine scientifique et technologique qui s'est développé dans le début des années 2000 avec la publication, à la demande de la NSF¹ et du DOC² américains, du rapport NBIC [ROC 03]. Ce document qui traite des technologies permettant d'améliorer les performances humaines, est en fait un appel à une prise de conscience scientifique de la nécessité d'une démarche interdisciplinaire, intégrative et synergique, associant quatre grands domaines émergents des technologies pour unifier une science « convergente » au service de la performance humaine, qu'elle soit physique ou mentale, de la santé, de la qualité de vie et de la sécurité. L'approche de tels objectifs est à la fois scientifique, économique et stratégique. L'Europe a quant à elle mobilisé à ce propos un groupe d'experts de haut niveau et la Commission européenne a soutenu la rédaction du rapport CTEKS [NOR 04], qui remet au goût du jour le terme de « nouvelles technologies ». Il s'intéresse au développement et aux demandes et besoins sociétaux des citoyens européens et aux réponses qui peuvent leur être apportées de manière scientifique et technologique.

Une des caractéristiques majeures de ces technologies dites « convergentes », désignées parfois sous le terme de « néotechnologies », est leur vitesse de développement. Celui-là doit être conçu à la fois en

¹ National Science Foundation - Agence gouvernementale des Etats-Unis qui supporte le développement de la recherche fondamentale et de la formation dans tous les champs scientifiques et de l'ingénierie autres que médicaux.

² Department of Commerce - Department ministériel du gouvernement des Etats-Unis en charge de la promotion générale de la croissance économique, et notamment du développement de l'emploi et de l'amélioration du niveau de vie de tous les Américains en créant les conditions de la compétitivité technologique et du développement durable.

termes de progrès scientifique et technique, mais également au regard de leur déploiement et de leur usage. C'est de ces deux dimensions que naît une forme de décalage entre la complexité de leur maîtrise, voire de leur compréhension, et les capacités cognitives individuelles ou collectives que les humains peuvent mobiliser pour les utiliser, les comprendre, les maîtriser.

Ces néotechnologies, ne vont pas sans soulever à la fois ambitions, craintes, voire peurs et résistances [CLA10b]. Les positions éthiques des citoyens confrontés de plus en plus à des réalités technologiques et leur omniprésence dans un monde de contraintes, posent le problème de l'acceptabilité sociale comme individuelle, dans un monde de plus en plus, notamment grâce à elles, globalisé et globalisant.

Le but de cet article est de permettre d'inventorier et de présenter différentes positions éthiques mobilisées face aux néotechnologies.

2. Les technologies convergentes et les nouvelles voies de l'interdisciplinarité

Les nouvelles technologies de la convergence, technologies NBIC ou néotechnologies, sont issues des domaines d'application d'originellement quatre, et aujourd'hui de cinq secteurs scientifiques eux-mêmes pluridisciplinaires. Chacun étaye son champ d'expertise sur des secteurs de compétence disjoints dont on sollicite et espère une collaboration interdisciplinaire [CLA 10a]. Ces grands secteurs sont désignés par l'acronyme NBICE. Les nanotechnologies [N] sont des technologies de la manipulation du monde physique à une échelle nanométrique, et s'organisent en deux champs : les nanos ascendantes sont du domaine de la physique ou de la chimie et ambitionnent l'utilisation de nanotubes ou microfluides, la production de nouveaux matériaux nanostructurés ou nanocomposés ; les nanos descendantes tendent à une miniaturisation ultime des composants électroniques pour des systèmes micromécaniques de plus en plus petits. Les biotechnologies [B] s'attachent à modifier le vivant, avec des nouvelles molécules bio-actives à effet ciblé, ou en s'attaquant directement à la synthèse moléculaire ADN par modification du génome par exemple grâce à des techniques de type CRISPR (Cas9, Cas13) [ABU 17].

Ces biotechnologies trouvent différents domaines d'application avec différentes appellations variant d'un auteur à l'autre : biotechs rouges à visée médicale ou de santé humaine ou vétérinaire, biotechs verts pour l'agriculture et l'environnement, et biotechs blanches pour l'industrie et l'énergie. Les technologies de l'information [I] correspondent aux champs de l'informatique et de l'électronique, notamment avec des développements tels que respectivement le big data et l'électronique souple. On pourra ainsi globalement distinguer deux domaines avec celui du soft et celui des supports, matériaux et réseaux. Les technologies de la cognition [C], ou technologies cognitives [CLA 05], sont celles qui s'attachent à la performance cognitive, à son amélioration, notamment dans des problématiques d'interface et de communication homme machine [UX], de partage de connaissance entre humains [KX] ou d'augmentation de la performance ou de la fiabilité de la perception, de la cognition, de la décision ou de l'action [HX]. Enfin, et nous avons pu le constater dans divers pays, ces quatre domaines se sont parfois appropriés un cinquième thème convergent qui concerne le durable, l'environnement et l'avenir de l'humanité : « sustainable and economical development » [E]. Ce dernier point reste néanmoins très inspiré de mouvements de pensées technologistes, y compris exploitant des environnements non traditionnels (marins ou spatiaux, voire pour certains hybrides hommes-systèmes).

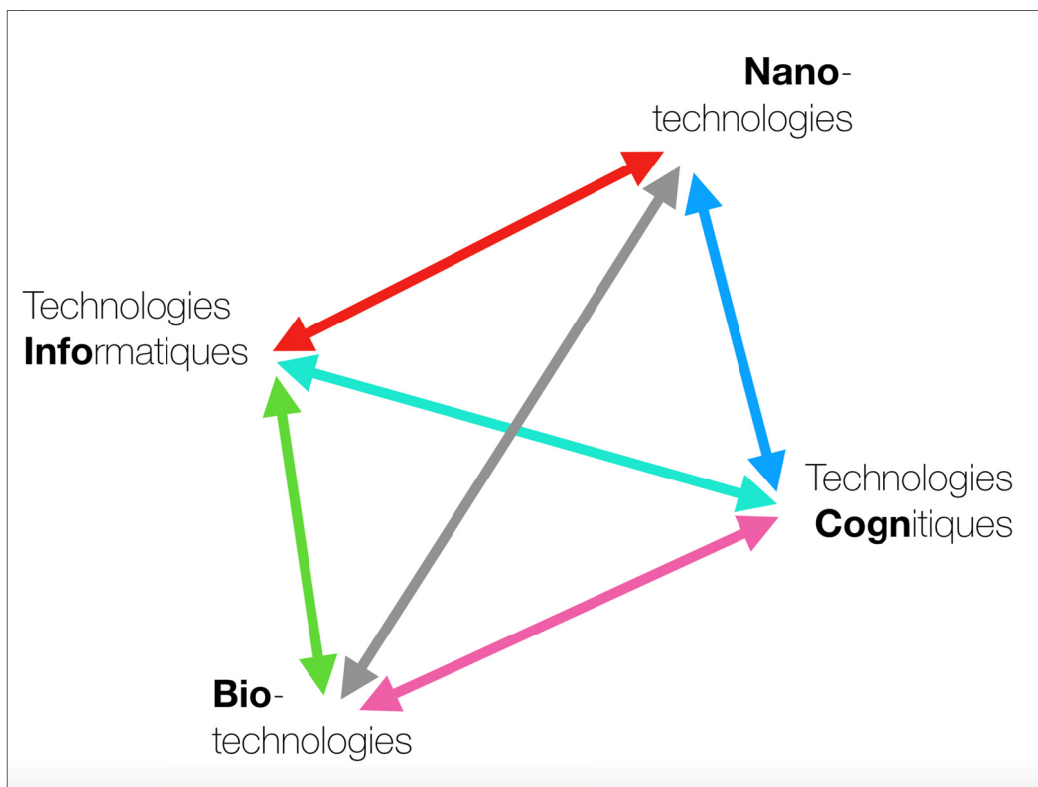


Figure 2.1. *Quadrilatère des convergences NBIC*

C'est ici qu'il faut distinguer (i) ces champs technologiques étudiés ou développés à un excellent niveau dans les pays de l'OCDE, de (ii) leur convergence autour de projets, démonstrateurs ou produits concrets. La convergence néotechnologique a pour ambition l'augmentation de la performance humaine, mais reste pour l'instant souvent cantonnée à une pluridisciplinarité ou une interdisciplinarité deux à deux (2x2). On peut ainsi rencontrer des productions bio-informatiques [B+I], des technologies d'apprentissage ou de soin en réalité virtuelle [I+C], des prothèses bio-inspirées et à commandes implantées [B+C], des capteurs profonds IoT [N+B], des displays de grande dimension permettant des représentations partagées [I+C], etc. Néanmoins, il s'agit plus d'une spécialité qui s'ouvre à des usages dans une autre, que de réelles convergences telles que celles de nanovecteurs pharmacologiques, de nanomatériaux bio-implantables de nanorobots ou de poussières informationnelles, de stimulateurs neuronaux, de compagnons robotiques industriels ou domestiques, de Cas9 pour la santé ou l'augmentation, de la production d'hybrides pour l'agriculture et autres organismes génétiquement modifiés végétaux ou animaux pour l'alimentation ou la lutte contre les insectes, vecteurs de maladies, etc. La convergence 2x2 est cependant encore rare, la convergence 3x3 est exceptionnelle, quant à la convergence globale 4x4 (ou même 5x5) appelée de leurs vœux par certains, elle est encore, quinze ans après le rapport NBIC, de l'ordre de l'hypothèse.

C'est dans cette convergence que résident beaucoup de craintes. Alors que les secteurs disciplinaires sont déjà l'occasion de fantasmes et de méfiance de la part de citoyens de plus en plus critiques face à la science, dans une époque de diffusions de contrevérités et de remise en cause des évidences et des théories établies, les apports émergents souffrent plus encore des coups de boutoirs des néoludistes, décroissants et mêmes fanatiques religieux ou idéologues des théories du complot. Pour ce qui est de la convergence NBIC, la situation est d'autant critique qu'on ne sait à quoi s'en tenir d'un futur difficilement prévisible. On ne sait que mal à quoi s'attendre puisqu'il s'agit de phénomènes nouveaux, émergents, issus d'une convergence des technologies qui n'a pas été faite jusqu'ici. On peut déjà remarquer de nouvelles émergences, mais que seront-elles lorsqu'on aura atteint une convergence plus globale ?

3. L'augmentation de l'humain et les triples craintes du dépassement

À propos de convergence NBIC [CLA 10b], c'est le domaine de l'augmentation humaine et de l'homme augmenté qui est l'un des plus critiqués, pourvoyeurs de tous les fantasmes. Il est à examiner selon plusieurs axes disruptifs. Ces craintes sont en fait multiples, multiformes, composites ; elles présentent, selon les personnes des caractéristiques propres à chacune, tout en s'inscrivant dans des grands courants qu'il convient d'éclairer.

Le mot disruptif pose déjà en lui-même un problème. Est disruptif ce qui rompt la prévision, ce qui par essence n'est pas prévisible, tout en s'inscrivant dans une idée de progrès ou de changement de paradigme. La crainte porte donc sur « ce qui pourrait advenir » ; la certitude y est ici étrangère, renvoyant parfois à l'irrationalité, et parfois aux bonnes surprises de la sérendipité ou du détournement d'usage. C'est notamment le cas des technologies duales, développées dans et pour un secteur applicatif conjoint à certaines interrogations morales, et qui se retrouvent après quelque temps comme techniques de pointe d'un domaine disjoint à la fois au plan des utilités et de l'éthique.

Plusieurs exemples peuvent être donnés. C'est le cas des usages des ultrasons découverts en biologie par le physiologiste anglais Galton à la fin du dix-neuvième siècle, développés dans un domaine de défense pour assurer la chasse aux sous-marins allemands pendant le blocus des côtes anglaises lors de la première guerre mondiale par le physicien français Langevin, puis développés pour le nettoyage industriel avant de rencontrer le succès qu'on leur connaît en médecine, en échographie Doppler, en lithotripsie ou en rééducation fonctionnelle musculaire ou articulaire, dans la chasse aux oiseaux sur les aérodromes ou pour contrôler la vitesse des chauffards sur les routes. Chacune de ces applications ouvre un champ de questions morales allant des positions antimilitaristes à celles d'une sélection humaine par détection d'anomalies fœtales ou de choix d'avortement en fonction du sexe de la descendance, en passant par la perturbation de la vie des cétacés ou de l'atteinte spécifique des jeunes adolescents plus sensibles aux ultrasons que les personnes plus âgées qui souhaitent les éloigner pour diminuer le bruit de l'agitation nocturne.

Dans le domaine NBIC, on peut citer plusieurs exemples de ce type. L'exosquelette rêvé par les militaires a permis des progrès fantastiques dans la mobilisation rééducation des atteintes orthopédiques et bientôt dans la mobilité des paraplégiques ou l'équilibre des personnes âgées chuteuses. L'immersion 3D développée pour les jeux vidéo permet de soulager les grands brûlés, d'enseigner le corps humain aux médecins et de concevoir collectivement et à distance dans l'industrie 4.0. Les drones servent à la fois la sécurité et les opérations aériennes, la surveillance des forêts et celle des frontières, mais également le terrorisme. Le Crisp-Cas 9 ouvre des applications au traitement des cancers comme à l'eugénisme, et les nanotechnologies laissent entrevoir des futurs succès médicaux comme des atteintes majeures aux libertés individuelles.

La dualité s'accompagne donc d'une multiplicité des conceptions morales. Et toute technologie est duale, au sens où elle peut servir à « faire le bien » comme à « faire le mal », et ces définitions sont hautement culturelles. D'où la nécessité, au-delà de classer les technologies et les risques, de déterminer les différentes craintes, limites ou avantages pour les uns, qui n'en sont pas pour les autres, et vice versa.

Les technologies d'augmentation humaine sont par définitions duales. Mais cette complexité se combine avec celle des différentes dimensions concernant de manière générale l'augmentation. On peut en distinguer au moins trois : la dimension d'augmentation dans l'exposition ou l'usage individuel des technologies, celle qui concerne le partage et les échanges interindividuels et collectifs, et celle propre à l'augmentation concrète du corps et des aptitudes biologiques de l'homme ou de sa cognition.

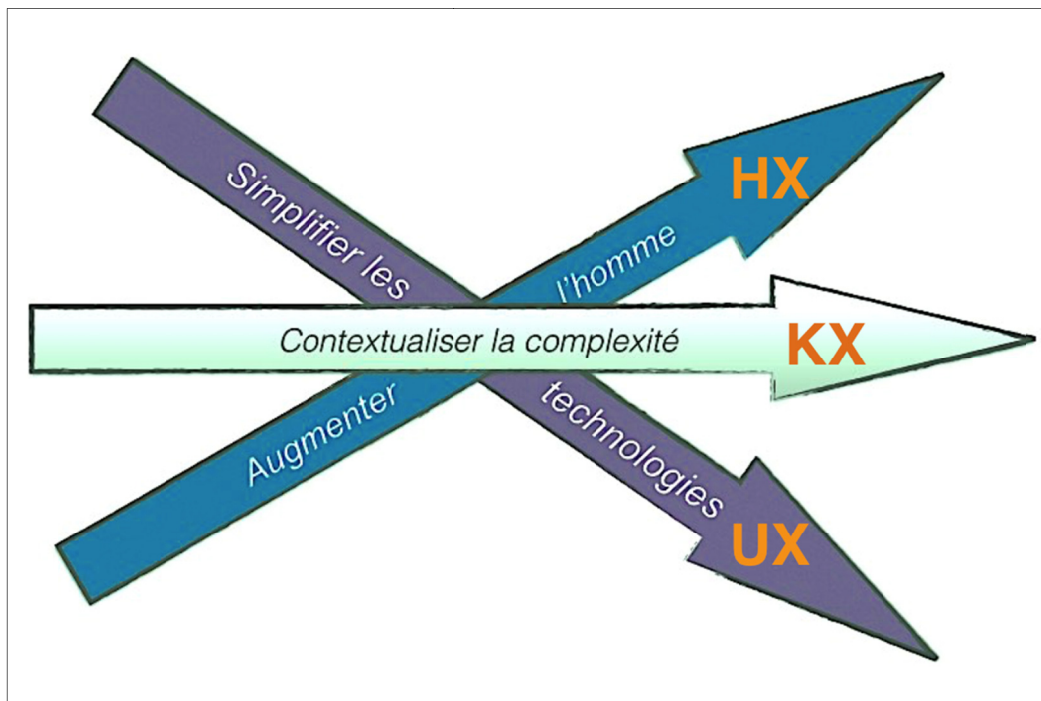


Figure 3.1. Les 3 axes de l'augmentation

La dimension UX (User eXperience) est par exemple celle de l'augmentation du combattant ou du spécialiste dans son environnement opérationnel, telle que s'appliquant au fantassin du futur, au pilote dans son cockpit, au contrôleur avec ses écrans, à l'opérateur avec son cobot, mais aussi à la personne handicapée avec son système d'aide ou de substitution, et du radiologue ou du chirurgien dont le diagnostic ou l'action sont aidés, guidés ou assurés par les technologies, etc. La dimension KX (Knowledge eXchange) est relative à l'augmentation des systèmes collaboratifs, command and control du futur, partage de représentations, web portal, réalité augmentée, partages holographiques de connaissances et outils de représentation commune... [DUN10]. La Dimension HX (Hybridity for human eXpansion) aborde le champ des implants, celui de la pervasion et de la connectique cerveau-machine ou BCI, celui de l'anthropotechnique fusionnelle, du génie génomique, du trans-humanisme..., mais également l'augmentation par les artefacts électroniques externes tels que réalité virtuelle, vision nocturne, convergence multisensorielle multicanaux, etc. On parle plus aujourd'hui de « man-machine teaming » [HAW 10], et même de « man-machine pairing » [KAR 96] voire de « human-machine symbiosis » [HAN 09], pour de nouvelles perspectives de collaboration [DAU 18].

On distingue également, pour ces technologies, trois horizons temporels, ou trois constantes de temps pour la mise en œuvre de l'augmentation [CLA 10a]. À très court terme, instantanéité de la réponse à donner (procédures cognitives telles que mises en œuvre par le pilote d'aéronef, le conducteur d'engin, pour décision de tir en protection aérienne, la maîtrise de crise épileptique chez le patient implanté, etc.). À court terme, la réponse peut faire l'objet d'une simulation d'ajustement par consultation de bases de données embarquées ou radio accessibles (identification, lever de doute, analyse de risque, partie de jeu de stratégie, etc.). On est plus dans le domaine du monitoring de la décision et du comportement ainsi augmentés. À long terme, concernant des niveaux d'acquisition, d'apprentissage ou de culture, la gestion des connaissances (livres de connaissances, etc.) et la planification de l'action.

Enfin, trois niveaux fonctionnels sont concernés [CLA 10a]. L'augmentation des entrées du système humain : rétine artificielle, jumelles de vision nocturne, détection radar, réalité augmentée sur HUD, hologrammes, etc. L'augmentation des sorties : mouvement d'exosquelette, cobotique, tir, etc. L'augmentation cognitive et/ou décisionnelle : intelligence augmentée, aide décisionnelle, contrôle de l'erreur stratégique, ou coupage des trois niveaux ou de deux d'entre eux : boucle cybernétique de contrôle.

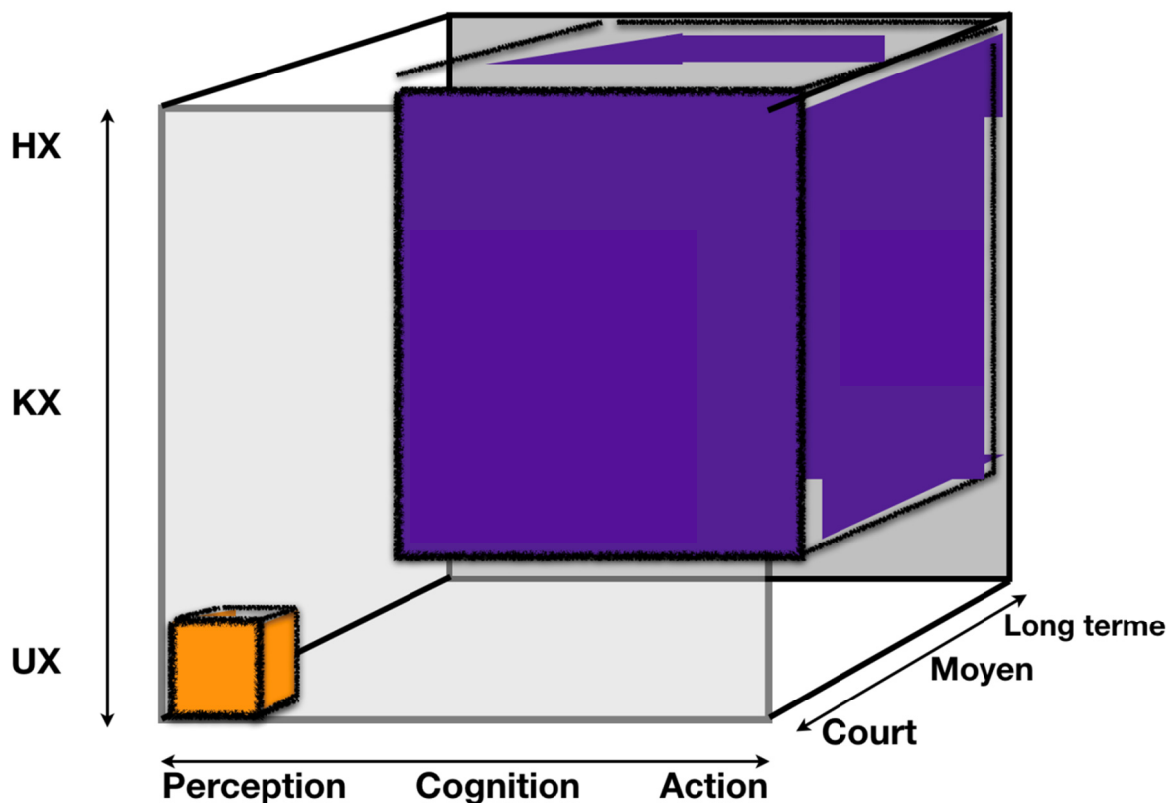


Figure 3.2. Les 3 axes de l'augmentation et l'évolution des dimensions du risque

La recherche n'est pas au même niveau : le point commun est qu'elle est aujourd'hui guidée par le « consumer » (à la fois « utilisateur » et « consommateur ») et par la « satisfaction » technologique. Elle est donc forcément sujette à des investissements fantasques de la part du public. Étant caractérisés par une soumission à des logiques de l'exponentiel, les progrès s'accélèrent et dépassent le temps de l'analyse rationnelle, dans une espèce de tsunami technologique qui avance et semble balayer toute logique humaine. Le dépassement est alors vécu selon ces trois axes eux-mêmes structurés en trois dimensions.

Ainsi, le premier axe de dépassement expose-t-il, entre autres, l'UX à être confronté à une crainte de voir ce que l'on ne voyait pas, de faire ce que l'on ne pouvait imaginer faire jusqu'ici. Les relations homme-machine, les relations ambiguës aux robots, etc. en sont autant d'exemples. Le KX mobilise une crainte de comprendre ce qui était caché ou même tu, inaccessible à la compréhension, invisible. Le Big data et les algorithmes d'extraction des informations sous jacentes en sont d'autres exemples sur lesquels reposent les peurs de manipulation, de perte ou d'altération de la protection des données. Le HX est quant à lui directement confronté à la résistance morale au dépassement des limites naturelles de l'humain, avec un homme augmenté asservi, un hybride anthropotechnique, un man-machine ayant perdu son statut ou l'ayant dépassé pour un meilleur, inaccessible au tout-venant. Cet axe se combine avec celui de la vitesse du chargement et celui du niveau d'implication, perception, cognition, action.

En perspective, l'objectif n'est plus seulement d'exploiter les technologies par le biais d'outils, vêtements, gants ou casques, lunettes ou appareils perceptifs, mais de les disposer en continuité directe, voire les intégrer à terme au corps humain, pour une réponse qui n'est plus à court terme mais évoluant vers une forme de chronicité de l'augmentation. Ce type d'évolution est retrouvé sur les trois axes des dimensions du changement, et alors qu'on privilégiait jusqu'ici les dimensions éthiques des relations d'usage, principalement perceptif à dominance visuelle ou auditive, à effet immédiat, on leur voit s'y substituer de nouvelles interrogations. Elles portent à la fois sur les augmentations de la performance motrice et de la cognition, pour des problèmes de fonctions collectives et de partage ou répartition, voire d'augmentation biologique, et cela avec des prévisions de l'ordre de quelques dizaines d'années.

4. L'émergence de nouvelles craintes

L'accélération des avancées technologiques dans tous ces domaines NBIC donne potentiellement accès, par manque de suivi de ces émergences trop rapides, à des applications ou usages non contrôlés.

On peut citer, entre autres, les exemples qui suivent.

Les mini-drones civils, utilisant des casques de Réalité Augmentée, sont accessibles dans le commerce pour des sommes allant de 100 à moins de 1000€ et qui se sont révélés comme de potentielles menaces pour la vie privée, la sécurité aérienne ou même la sécurité nationale, et restent une problématique majeure des services de Police et de sécurité aérienne. Au titre du conflit en Irak et en Syrie, des blessés ont été victimes de drones civils transformés pour larguer des grenades. En l'absence de contre-mesure efficace contre les drones, les militaires seront confrontés à la difficulté éthique et psychologique de la neutralisation d'enfants pilotes de drone recrutés par Daech.

Les smartphones avec géolocalisation, qui enregistrent les mouvements et les conversations, ou les enceintes connectées de Google ou Amazon, posent des problèmes de confidentialité et d'atteinte à la vie privée, avec des problématiques de marchandisation des données personnelles ou de contrôle des travailleurs par leurs employeurs. Les DMI, DMIa sont envisagés dans des procédures d'identification, de surveillance, de droit d'accès et de sécurité dans certaines entreprises d'Europe du Nord, notamment de Suède où le puçage est maintenant passé dans les mœurs³, mais également comme moyen de paiement dans certaines discothèques européennes. Des « implants parties » sont d'ailleurs organisées dans des grandes villes européennes, et aujourd'hui françaises, et permettent à tout un chacun de s'auto-implanter une puce RFID ou de se la faire poser par un « piercer » comme un vulgaire piercing⁴. Ces puces peuvent être facilement programmées depuis un smartphone et mise en communication avec des dispositifs électroniques externes, ou pourquoi pas bientôt internes.

Les kits tels que « DIY Bacterial Gene Engineering CRISPR » sont en vente à moins de 130€⁵. Des « Genetic Engineering Home Lab Kit » complets à quelque 1500€, prix auquel il faut ajouter celui d'une centrifugeuse et quelques produits et matériels facilement accessibles dans un lycée ou un laboratoire d'analyse médicale du coin de la rue [WOH 11]. Ils peuvent permettre à certains « biohackers »⁶ de modifier l'ADN d'une souris ou autre, y compris le sien propre selon des méthodes simples, dont les guides complets, illustrés des dernières publications scientifiques, sont également en ligne sur Internet. Certaines mouvances considèrent, sur les réseaux sociaux, que l'avenir est de permettre à tout un chacun de transformer son propre ADN selon le principe de « libre disposition de son corps », et qui engage celui de sa descendance. La manipulation du génome maîtrisée par les organisations terroristes pourrait alors représenter un danger majeur pour les pays qu'elles combattent,

³ La compagnie de chemins de fer SJ Railways a mis en œuvre le programme « chip-ticket » (« billet-puce ») : <http://www.bbc.com/news/av/technology-41178142/rail-company-accepts-tickets-on-a-microchip-in-your-hand>

⁴ <https://www.biohaxsweden.com>

⁵ <http://www.the-odin.com/diy-crispr-kit>

⁶ <http://www.nature.com/news/crispr-gene-editing-is-just-the-beginning-1.19510#/hacking>

voire pour une grande part de l'humanité. Cette modification CRISPR est reconnue par les scientifiques à la fois comme potentiellement exponentielle [LED 16] et potentiellement utile⁷. Le rapport 2016 du directeur du renseignement des USA, sur les menaces mondiales⁸, a classé les manipulations génétiques dans la liste des « armes de destruction massive », juste après le danger nucléaire et les armes chimiques, et certains des arguments ont été repris par les conseillers pour la science et la technologie du président Obama⁹. À l'encontre, des scientifiques promeuvent une vision positive des méthodes génétiques comme moteur de l'ingénierie humaine, avec des conférences internationales telles celle consacrée aux « Genome Editing & Engineering »¹⁰ qui s'est tenue en février 2018 à San Diego en Californie.

Face à de tels défis sociotechnique et aux différences des représentations des décideurs, politiques mais également de praticiens, certains mouvements sont en train de naître dans une espèce de confusion entre notions mal définies telles que « peur des technologies », « résistance au changement », « menaces cataclysmiques », « transhumanisme », « morale de santé », etc. Le retour d'un néoluddisme engage certains à des actions allant aujourd'hui jusqu'à l'invasion des amphithéâtres, l'empêchement de parole et potentiellement la destruction des laboratoires, ce qui n'est probablement qu'une étape avant de s'attaquer aux personnes. Parallèlement, on observe une grande demande de protection, dans des débats publics souvent contradictoires. Ce type de préoccupation est d'ailleurs marqué en France par la création en 2015 d'un Conseil national consultatif pour la biosécurité (CNCB) ayant pour mission de réfléchir aux « détournements possibles des technologies du vivant »¹¹, et la récente rencontre du président du Comité consultatif national d'éthique (CCNE), le 5 octobre 2017, avec la ministre de la santé afin d'aborder la révision des lois de bioéthique en 2018, notamment en ce qui concerne la médecine personnalisée, l'utilisation du génome et l'utilisation des nanotechnologies, « avec les risques de suivi et contrôle via des implants des faits et gestes d'un citoyen »¹².

Certains autres acteurs appellent à des réglementations et moratoires internationaux pour la maîtrise et la régulation des technologies d'augmentation. Certains projets concernent l'interdiction des robots tueurs ou les drones autonomes armés qui sont autant de prolongements de l'action de l'homme, et sont donc des sous catégories de son augmentation. Enfin, des spécialistes engagent une réflexion pour un partage entre homme et machine et certains vont jusqu'à faire des propositions afin que les algorithmes et l'IA restent maîtrisables, afin que l'homme ne perde la main, comme vient de le proposer la Commission nationale Informatique et Liberté (CNIL) [CNI 17]. On doit noter une forme d'interrogation et d'intérêt récents des milieux de la Défense française, avec des projets d'étude du CHEAr (IHEDN) proposés par les auditeurs en 2015 (première soutenance en 2016), ainsi que des conférences récentes aux écoles militaires Saint Cyr et Salon de Provence.

Il convient de ne pas omettre que l'augmentation de l'Humain doit être considérée comme un continuum allant de l'assistance médicale jusqu'à la compensation de limites ou faiblesses humaines « naturelles » avant d'atteindre des performances transhumaines, pour des combattants, des employés d'entreprises compétitives, des sportifs ou des personnes tout-venant.

Un volet particulier peut être signalé, celui des « systèmes d'armes létaux autonomes » (SALA) [TRI 17] dont un récent mandat d'étude vient d'être confié au « Collège des inspecteurs généraux » par la ministre des armées. L'objectif est notamment de dégager les principes juridiques et éthiques qui devront encadrer ces nouvelles capacités, et donc de réfléchir à la conception et l'intégration des interfaces hommes-systèmes, et aux conséquences de l'emploi des techniques de l'intelligence

⁷ <https://www.nature.com/articles/d41586-017-08807-z>

⁸ https://www.dni.gov/files/documents/SASC_Unclassified_2016_ATA_SFR_FINAL.pdf

⁹ <https://www.scribd.com/document/337602380/Lettre-des-conseillers-scientifiques-de-Barack-Obama-sur-CRISPR-Cas9>

¹⁰ <http://www.mnmconferences.com/Genome-Editing-Engineering-Conference>

¹¹ http://www.academie-sciences.fr/pdf/communiqu/cncb_261115.pdf

¹² <http://www.vie-publique.fr/actualite/faq-citoyens/bioethique/>

artificielle, et autres domaines de convergence. Une mention spécifique concernant l'hybridité et l'augmentation du combattant pourrait utilement être inscrite à l'étude des SALA.

Des actions restrictives peuvent être envisagées dans des domaines tels que la prolifération nucléaire, qui nécessitent une haute technologie, dont l'exploitation est visible et la mise en œuvre réservée à des états puissants. On voit déjà cependant la difficulté que pose cette problématique avec des pays qui souhaitent se doter de l'arme atomique. Le défi est également compliqué pour les armes chimiques et biologiques dont l'utilisation est internationalement interdite (CIAC ou CIAB), alors que certains états ou terroristes les utilisent. On doit constater que nombre de technologies convergentes échappent à tout contrôle, et on assiste de plus en plus à une démocratisation des méthodes avec une facilité d'accès des outils, de moins en moins onéreux et de plus en plus facilement accessibles, notamment avec l'avènement des imprimantes 3D, y compris en ce qui concerne le vivant. Dans un délai relativement court, tout le monde va pouvoir aller chercher son cobot au magasin de bricolage, se faire insérer des puces dans une « implant party » et se modifier avec des kits de « biotechs de garage » ou autres technologies, maîtrisées par des GAFAs dont la puissance médiatique et sur l'opinion publique ainsi que les budgets sont sans commune mesure avec ceux de certains états [FAI 16].

5. Les quatre morales de Agar

Nicholas Agar est un auteur d'un ouvrage clef pour l'analyse des positions éthiques face aux développements actuels et potentiels d'un espace convergent, issu d'au moins deux des champs néotechnologiques NBIC : la manipulation génomique [AGA 04]. Son ouvrage « Liberal eugenics : In defence of human enhancement » ouvre les portes aux deux questions de l'augmentation humaine et de la liberté de reproduction. Il propose d'évaluer de façon rationnelle et réfutable les différentes postures morales suscitées par la confrontation à des questionnements nouveaux d'une telle ampleur. Il théorise une sorte d'échelle allant du conservateur, adepte du « c'est parce que c'est comme ça » au post-humaniste, qui ne voit pas pourquoi s'arrêter à un simple transhumanisme, et promeut un futur via une hybridation homme-machine qui s'affranchisse de cette ultime et ridicule contrainte qu'est la mort. Le raisonnement de l'auteur est ouvertement libéral et il ne voit pas de différence de fond entre le Crispr-Cas9 et une boîte de Meccano, notamment s'il s'agit d'étudier les différents outils et produits disponibles pour l'amélioration physiologique ou cognitive, Le cas est d'autant plus sensible s'il s'agit de soi-même et de sa propre survie, ou de son enfant.

Ce libéralisme est avant tout libertarien, car l'auteur promeut l'idée qu'aucune autorité, et notamment celle de l'État, ne doit entraver la liberté de l'individu à effectuer un choix portant sur son propre avenir, son corps, son esprit et leur persistance ou leur évolution vers un meilleur futur. Cette position l'amène à poser la question d'un « eugénisme libéral », d'un eugénisme qui ne serait ni autoritaire (top down) comme ceux dont on connaît les pires turpitudes, ni « prescriptif » en cela qu'il consacrerait une forme culturelle unique d'un modèle idéal à atteindre, mais qui accueillerait résolument une vision plurielle de « l'excellence ».

L'auteur étudie dès lors la façon dont la position morale de l'individu va se façonner une fois confronté à la question, nouvelle et potentiellement dérangeante, de l'eugénisme tel qu'il est envisageable grâce aux NBIC. Il rejette tout d'abord toute idée selon laquelle l'homme aurait un devoir moral à procurer, ou même à utiliser une technologie améliorative, mais il propose de comparer de telles pratiques à d'autres, familières et raisonnablement proches, qui auraient déjà été jugées comme acceptables, ou comme devant être rejetées, d'un point de vue moral. Selon lui, le fait d'effectuer une comparaison entre une question familière, pour laquelle l'individu s'est forgé une position morale stable, et une question « nouvelle, mais connexe », va susciter l'émergence d'« images morales » qui vont permettre d'évaluer, sans recourir à une quelconque théorie éthique, la posture à adopter entre interdire, tolérer, ou encourager telle ou telle technologie.

L'ouvrage de Nicholas Agar cherche sans doute à convaincre ses lecteurs, via la génération d'images suscitées par la juxtaposition de la question d'une technologie améliorative à des questions familières, que les technologies d'augmentation sont, au fond, plus proches de ce qu'il conviendrait d'accepter que de ce qu'il faudrait interdire ou, a contrario, rendre obligatoire. Il propose en cela une théorisation des champs.

À partir de certains des écarts référentiels des individus décrits par l'auteur, on peut imaginer une classification quaternaire, inspirée de la designer progeny [AGA 04] sans toutefois en retenir les engagements idéologiques. Une première approche, « morale pour la santé », la plus fréquente, tend à promouvoir les démarches d'augmentation pour la santé et le bien-être des individus malades ou, en termes de risques et de prévention, susceptibles de développer des pathologies. Cette démarche inclut évidemment le souci perpétuel de repousser les frontières de la mort, voire de la supprimer. Une seconde démarche, « morale pour la nature », tend de manière distincte de la première à valoriser les initiatives pour la sauvegarde de la nature, des écosystèmes et de la planète, mais également de l'espace, conçus comme biens communs de l'humanité. Une troisième position, « morale humaniste », consiste à privilégier l'avenir de l'humanité et le bonheur culturel des populations futures par l'acquis et l'enrichissement des personnes et collectivités. Une dernière position, que l'on peut désigner comme « morale libertarienne », s'attache à promouvoir la liberté individuelle de disposer soi-même de son propre avenir.

Cette classification inspirée de Adam doit être discutée à la fois dans son volet de liberté, dans celui de son incitation et évidemment de son empêchement par certains qui s'attachent à légiférer, réglementer, limiter, contrôler, et souvent interdire ou au contraire promouvoir.

6. Une classification quaternaire des positions éthiques

La recherche sur les néotechnologies d'augmentation humaine est globalement confrontée à des problèmes de morale. Et l'on sait la difficulté de définition de cette notion, ainsi que la grande variabilité de ce qu'elle recouvre en fonction de la culture, des pays et des politiques en place, mais également des âges et des différences de personnalité.

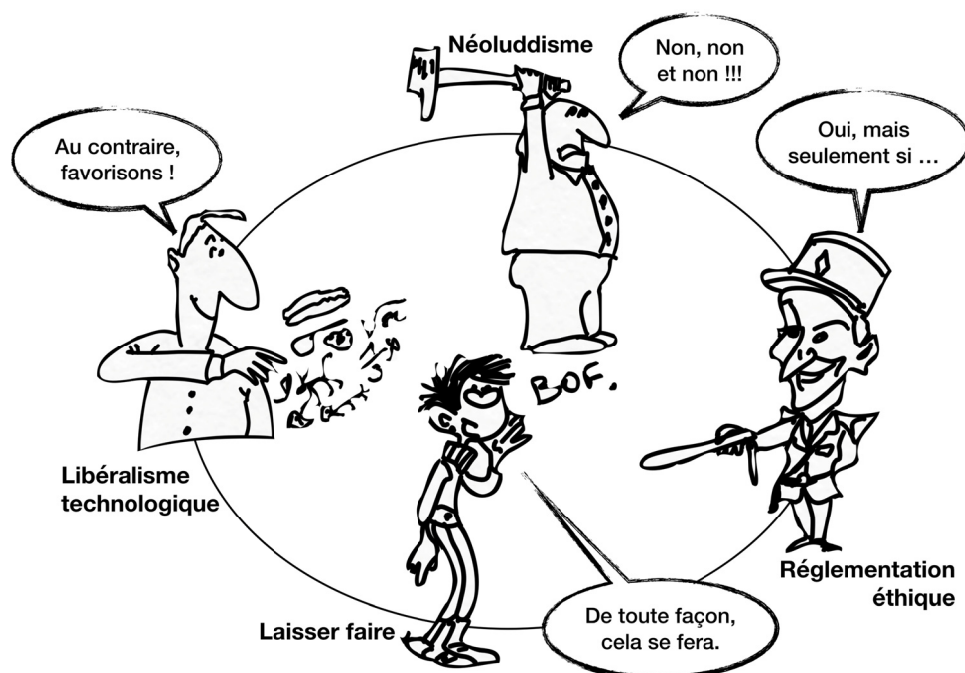


Figure 6.1. Cercle des positions morales

Une première position, inspirée de la culture contre technologique, correspond au néoluddisme [JON 16]. Celui-là tend à refuser le progrès et il s'agit, pour ses adeptes, d'organiser la résistance à ce dernier conçu comme menace. Ils promeuvent des réflexions, voire des actions contre le développement technologique. On trouve évidemment ici les mouvements « technocritiques » et les « ennemis de la machine » [JAR 14]. La position commune à ces mouvements est celle de la peur du risque encouru, de la perturbation des choses établies et de la remise en cause des acquis personnels ou sociétaux, ou de l'organisation actuelle de la vie biologique, cognitive, culturelle, etc. Le progrès est conçu comme aliénant et il doit être interrompu pour promouvoir des modes de vie alternatifs, le plus souvent inspirés de la sagesse du passé.

Plus en nuance, les adeptes de la réglementation limitative (état 2) admettent le progrès technologique, mais dans des mesures limitatives. Si cette position peut s'inscrire partiellement dans la position de résistance à la technologie tout en admettant quelques dépassements ciblés, elle considère qu'ils doivent être circonscrits à des champs d'application précis pour lequel l'exception est reconnue morale, dans des limites strictement convenues.

Une position différente est celle du « laisser faire », sorte de désintérêt ou de négation du problème, et de la délégation à d'autres des choix à prendre en la matière. Elle peut trouver sa motivation dans une absence d'intérêt pour la chose technologique ou pour son futur, ou dans une conscience du dépassement cognitif ou culturel, confinant la personne dans une sorte de mélancolie ou de neutralité pouvant être, d'ailleurs, un choix motivé ou même une position idéologique à part entière (état 3).

Un autre axe permet de différencier les tenants d'un libéralisme incitatif, orienté vers la production de valeur (état 4) ou directement partisans d'une évolution transhumaniste. Les systèmes et pratiques neotechnologiques sont alors conçus comme capables de s'autoréguler dans une forme de compétition mondialisée (bottom up) ou d'organisation stratégique économique ou politique (top down). Cette compétition peut d'ailleurs être considérée entre états, entre entreprises (de type GAFA, ou autres groupes industriels, y compris petites et moyennes entreprises entre elles), et même entre états et entreprises. Il est amusant de noter un bouclage du cercle des états moraux avec une tendance prononcée à vouloir empêcher toute méthode concurrentielle ou que l'on ne maîtrise pas pour son propre bénéfice.

On peut alors, dans ces quatre cas, et en s'inspirant de la classification d'Agar, proposer une précision de chacun selon les quatre champs moraux proposés, ceux-là pouvant eux-mêmes faire l'objet de précisions : pour la santé, pour la nature, pour les acquis et la culture, globaux et libertariens.

Morales → Positions ↓	Santé	Nature	Culture	Liberal
Néoluddisme	Refus total, partiel ou spécifique à un champ moral			
Réglementation éthique	Bioéthique	Protection de l'environnement et de l'espace	Éducation et générations futures	Économie et production de valeur
Laisser faire	Désintérêt global ou partiel dans un ou plusieurs champs			
Incitatif	Économie de la santé	Croissance verte, agriculture et espace	Production de culture et de services	Production de valeur

Tableau 6.1. Exemples de tendances éthiques dans une classification inspirée des morales de Agar pour les quatre positions (voir le texte).

Dans la perspective d'étude de tels enjeux éthiques, préférences ou tolérances des individus ou des groupes, il nous semble pertinent de disposer d'un outil d'évaluation descriptive. Ce plan factoriel

(figure 6.1) permet ainsi de proposer une description « clinique » de chacune des positions éthiques des personnes selon la taxonomie que nous avons proposée et celle inspirée d'Agar. Deux axes de description indépendants permettent de positionner chacun selon ses convictions, allant du refus neoluddite à l'incitation à faire, en passant par le régulé réglementaire ou le désintéret et le laisser faire, pour chacun des domaines d'application spécifique : pour la santé, pour la protection de la nature, pour la promotion de l'humanité et des circonstances de son évolution culturelle, ou pour la production de valeur. Une telle analyse fournit un outil descriptif simple des positions éthiques adoptées par les individus et des groupes, ainsi que permettant d'analyser les transitions temporelles d'une position à une autre. Il permet de positionner les opinions et convictions des individus, et d'en éclairer les variétés. En effet, se posent évidemment des problèmes culturels mais également de choix personnels qui peuvent parfois paraître incompatibles entre eux. C'est par exemple le cas des progrès pour la santé afin de permettre au malade de recouvrer un confort ou un statut sain (bioéthique versus automédication), ceux de la prévention et de l'accès à l'allongement de la vie pour tous (incitatif nature versus culture), mais aussi de l'augmentation du travailleur (libéral, incitatif réglementé versus laisser-faire), de la performance sportive ou militaire, au service d'objectifs stratégiques, marchands, de défense ou guerriers (luddisme versus incitatif), ceux des progrès utilisés dans le cadre d'un projet purement économique ou ouvertement transhumaniste (ludisme versus libéral).

Les colonnes du tableau permettent d'aborder des positions spécifiques d'intégrité humaine, du point de vue des individus, comme de l'ensemble socio-écologique, ou référés à l'avenir de l'humanité. Ce sont celles relatives aux problèmes de protection de l'intégrité de la nature humaine ou environnementale, notamment dans la maîtrise des atteintes virales et bactériennes, ceux des moyens de la lutte contre les insectes ou autres animaux vecteurs de maladies humaines ou vétérinaires, ou ceux du développement de l'agriculture et de la pêche. Les lignes s'attachent plus à déterminer des problèmes conséquents liés à la surpopulation, à l'égalité devant l'accès aux ressources et moyens technologiques, aux enjeux des techniques de dépollution, de filtrage ou production d'eau potable, de maîtrise des pandémies, etc. Elles renvoient également aux questions de la dérégulation, de la cyber menace et des nouvelles délinquances ou au terrorisme.

Enfin, chaque case peut recevoir les différents indices descriptifs des augmentations (UX, KX, HX) portant sur l'aptitude augmentée (perceptive, cognitive ou effective), selon des constances de temps relatives aux latences de mise en oeuvre.

La temporalité est un point critique de l'analyse. En effet, les conséquences personnelles, sociales ou culturelles des évolutions par augmentation technologique sont par essence émergentes, donc inattendues, convergentes et probablement spécifiques à chaque domaine d'augmentation. Un exemple très étudié est celui du véhicule autonome, qui a donné lieu à nombre réflexions de philosophie expérimentale [BER 17]. Issu de travaux industriels (engins de transport et soulèvement de charges), de sécurité ou militaires (robots automobiles terrestres), puis de systèmes autonomes sur voies ferrées ou domaines de circulation propre, l'automobile autonome se démocratise pour le grand public. Son développement rencontre alors la problématique du partage d'autorité entre machine et usager dans des flottes de machines, avec des travaux d'intelligence artificielle et de cognition partagée grâce aux senseurs, systèmes de décision, et actionneurs intelligents. Au-delà de la dimension de transport individuel de personnes, de tels dispositifs présentent aujourd'hui des enjeux de santé publique, notamment pour les personnes âgées qui pourraient rester autonomes plus longtemps. Les études épidémiologiques sur le vieillissement montrent en effet que le fait de ne plus pouvoir faire ses courses est un point de départ significatif de l'entrée dans l'isolement et la dépendance. L'assistance intelligente automatique à la conduite en zones de circulation complexe (tant rurales qu'urbaines) est une solution pour prolonger la capacité des personnes âgées à se déplacer plus longtemps en autonomie, en confiance et en sécurité pour elles et pour les autres. De même en situation d'apprentissage, les conducteurs novices verraient progressivement le véhicule leur laisser de plus en plus de contrôle, et reprendraient la main dans les situations les plus accidentogènes. La réflexion porte aujourd'hui sur des enjeux de sécurité routière, de diminution des accidents corporels, ainsi que sur une

modification des transports de marchandises par trains de camions autonomes, dont des conducteurs locaux prendraient les commandes pour les « derniers kilomètres ». Parallèlement, des dispositifs de détection de somnolence, de malaise ou autres vont permettre d'arrêter et garer en sécurité un véhicule, mais probablement aussi de réguler les embouteillages urbains ou les flux de véhicules sur routes ou autoroutes, tout en facilitant la sécurité et la protection environnementale.

Ces convergences entre techniques et méthodes existantes, pour la constitution de projets émergents, posent alors les deux problèmes de la crainte générale de l'inconnu et celle, individuelle, que mobilise chacun de nous en fonction de ses positions éthiques et de sa morale personnelle dans tel ou tel champ, pour tel ou tel enjeu, dans des perspectives d'immédiateté comme pouvant concerner l'avenir des générations futures ou, plus largement encore, celui d'une humanité en évolution.

7. Conclusion

Au-delà de la mesure et de l'attente, poser les limites des technologies de l'augmentation humaine ouvre plusieurs champs de problèmes qui échappent à une simple description telle que celle proposée dans cet article. Va-t-on, par exemple, se retrouver avec des technologies accessibles au tout-venant, et qu'on interdirait à certaines personnes pourtant volontaires ? Quelle position adopter pour les personnes en situation de faiblesse et sous tutelle ? Quelle attitude pour des personnes qui seraient déjà modifiées : va-t-on leur interdire certains métiers, certains statuts ou certains établissements, dans une forme d'apartheid, avec une partition du monde entre transhumanisme et néoluddisme, mais également entre ceux qui ont accès à la technologie et ceux qui, par exemple pour des raisons financières, réglementaires, ou culturelles ne l'ont pas, entre ceux qui se l'autorisent et ceux qui la refusent ? Peut-on envisager d'imposer des transformations pour des causes de santé publique, de sécurité ou de performance culturelle, professionnelle ou militaire ?

Une autre catégorie de problèmes, et non des moindres, est celle concernant la résilience à l'obsolescence, les atteintes de sécurité des composants numériques, les parasitages et autres altérations dues aux impulsions électromagnétiques, celle de la protection des réseaux et de l'accès aux sources d'énergie, et celle de l'atteinte des programmes nécessaires au fonctionnement des éléments, des ensembles et des systèmes entiers. L'atteinte volontaire ou accidentelle par moyens externes ou internes, par exemple par rayonnement, du fonctionnement des composants implantés peut-elle s'apparenter à une atteinte à la personne, à une voie de faits, entraînant un handicap alors qu'elle ne supprimerait qu'une fonction nouvelle ou la rendrait à nouveau naturelle ?

Il nous semble pourtant difficile de se permettre d'être en trop grand retard par rapport à certains pays qui, déjà, développent des technologies convergentes d'augmentation. Quelle attitude face aux USA, à la Chine et autres pays asiatiques, à certaines entreprises ou certains groupes à vocation terroriste, etc.? L'Europe qui a mis, pour des raisons éthiques, dans la confusion des différentes dimensions décrites plus haut, vingt ans à prendre le train du « cyber », qui a raté celui de la robotique pour les mêmes raisons d'absence de clarté quant aux enjeux, risque également de ne pas monter à bord à la station IA.

Il ne faudrait surtout pas qu'elle laisse passer le train, plus stratégique encore, de la « convergence pour l'augmentation », dont l'incomparable énergie provient des quatre réacteurs qui le propulsent, les NBIC. Il en va d'un impératif vital si l'on veut au niveau européen, au moins maîtriser, sinon agir et contrôler, et créer de la valeur. Pour cela, il faudra également s'interroger spécifiquement sur chaque vecteur des résistances, des espoirs et des interdits, et en déduire des trajectoires d'action, dans un espace mondialisé où chaque culture peut développer ses spécificités tout en restant au-devant de la compétitivité technologique.

Bibliographie

- [ABU 17] ABUDAYYEH O.O., « RNA targeting with CRISPR–Cas13 », *Nature* n°550, p. 280–284, 2017.
- [AGA 04] AGAR, N. *Liberal Eugenics: In Defence of Human Enhancement*. Wiley-Blackwell, Hoboken (NJ, USA), 2004.
- [BER 17] Bersini H., « Big Brother is driving you », Académie Royale de Belgique, Bruxelles (Belgique), 2017.
- [CLA 05] CLAVERIE B. *Cognitique : Science et pratique des relations à la machine à penser*, L'Harmattan, Paris (France), 2005.
- [CLA 10a] CLAVERIE B. « Pluri-, Inter-, Transdisciplinarité, ou le réel décomposé en réseaux de savoir », *Revue Internationale de Projectique*, n°4, 1, p. 5-28, 2010.
- [CLA 10b] CLAVERIE B. *L'Homme Augmenté : Néotechnologies pour un Dépassement du Corps et de la Pensée*, L'Harmattan, Paris (France), 2010.
- [CNI 17] CNIL. *Comment permettre à l'homme de garder la main ? Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle : Mission de réflexion éthique confiée par le Loi pour une république numérique*. France : édition Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, Paris (France), 2017.
- [DAU 18] DAUGHERTY R., WILSON J. *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*, Harvard Business Review Press, Cambridge (MA, USA), 2018.
- [DUN 10] DUNKELS E., FRANBERG G.-M., HALLGREN C. (Eds.), *Interactive Media Use and Youth: Learning, Knowledge Exchange and Behavior*, IGI Global, Hershey, (PA, USA), 2010.
- [FAI 16] FAILLET C., « L'art de la guerre digitale : Survivre et dominer à l'ère du numérique ». Dunod, Paris (France), 2016.
- [GOO 18] GOODALL N.J., « Can You Program Ethics Into a Self-Driving Car? When self-driving cars kill, it's the code (and the) that will be put on trial ». *IEEE Spectrum*, May 2016.
- [GUA 15] GUARNOTTA V., *Rapport sur les Dispositifs Médicaux Implantables*, proceedings of the E-Diversification Santé. Toulouse : Aerospace Valley - DIRECCTE Midi-Pyrénées, Toulouse (France), 2015.
- [HAN 09] Hancock P.A., « Mind, Machine and Morality : Toward a Philosophy of Human-Technology Symbiosis », London (UK), CRC Press, 2009.
- [HAW 05] HAWKINS J., BLASKESLEE, S., *On Intelligence: How a New Understanding of the Brain Will Lead to the Creation of Truly Intelligent Machines*. St. Martin's Griffin (Macmillan Publisher), New-York (USA), 2005.
- [JAR 14] JARRIGE F., *Technocritiques, Du refus des machines à la contestation des technosciences*, La Découverte, Paris (France), 2016.
- [JON 06] JONES S.E., *Against Technology: From the Luddites to Neo-luddism*, Routledge, Oxford (UK), 2006.
- [KAR 96] KARAMJIT S. (Ed.), *Human Machine Symbiosis : Foundation of Human Centred Systems Design*, Springer Verlag, Berlin (Allemagne), 1996.
- [LED 16] Ledford H. « CRISPR : gene editing is just the beginning : The real power of the biological tool lies in exploring how genomes work ». *Nature*, n° 531, p. 56–159, 2016.
- [NOR 04] NORDMANN A. (ed.) and the HIGH LEVEL EXPERT GROUP FORESIGHTING THE NEW TECHNOLOGY WAVE. *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*. European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, Bruxelles (Belgique), 2004.
- [ROC 03] ROCO M.C., BAINBRIDGE W.C. (eds.), *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information technology and Cognitive science. National Science Foundation / Department Of Commerce sponsored report*. Kluwer Academic Publishers (Springer), Dordrecht (The Netherlands), 2003.
- [TRI 17] TRIBOT DE LA SPIERE L., COTHIER P., « La défense écartelée », Paris (France), Editions Le Manuscrit, 2017.
- [VIL 18] VILLANI, C (ed.), *Donner un sens à l'intelligence artificielle, pour une stratégie nationale et européenne / Rapport au premier ministre*. Paris (France) : aiforhumanity / imprimerie nationale / direction de l'information légale et administrative, (2018)
- [WAR 17] WARREN A., HILLAS A. « Lethal Autonomous Weapons Systems, Adapting to the Future of Unmanned Warfare and Unaccountable Robots ». *Journal of International Affairs*, Vol. 12, p. 71-85, 2017.

[WOH 11] Wohlsen M., « Biopunk: Solving Biotech's Biggest Problems in Kitchens and Garages », Penguin, New-York (USA), 2011.