

Documents support de la synthèse culturelle :

1. Nathanaël Jarrassé, *La robotique et le mythe de "l'Homme augmenté"*, entretien recueilli par Franck Damour et Nathalie Sarthou-Lajus, publié le 2 février 2018 dans revue études, extrait.
2. Laurent Alexandre et Jean-Michel Besnier, *Les robots font-ils l'amour, le transhumanisme en 12 questions*, publié en octobre 2016, chez Dunod, extrait.
3. François Pellegrini, *Liberté à l'ère numérique*, publié en Juillet 2016, Bordeaux, extrait : p163-167
4. Perrin Margaux, *Coadaptation cerveau machine pour une interaction optimale : application au P300-Speller*, publié en 2012, université Claude Bernard - Lyon I, extrait : Chapitre 15, section 2 : Interfaces homme machine et questions éthiques. p 231-234.

Document 1 : Nathanaël Jarrassé, *La robotique et le mythe de "l'Homme augmenté"*.

Extrait 1 (p31-32) réponse à la question : Pouvez-vous nous dresser un état des lieux de la recherche en robotique ?

De plus en plus de dispositifs technologiques se rapprochent du corps et deviennent accessibles ; cela suscite beaucoup d'attentes et stimule l'imaginaire. Trois catégories d'objets correspondent à ce qu'on imagine de ces technologies : les exosquelettes, les prothèses et, de manière plus générale, les interfaces cerveau-machine qui devraient permettre entre autres de les contrôler. L'exosquelette est un concept assez ancien, datant des années 1950 et né pendant la conquête spatiale. À l'heure actuelle, des exosquelettes sont enfin disponibles sur le marché. Mais il faut bien comprendre qu'il y a des exosquelettes pour différents types d'application, que, pour chaque besoin, il y a un exosquelette particulier. Il en va de même pour les prothèses. Donc, les dispositifs se multiplient, mais tout ceci reste très fragmenté : il existe très peu de systèmes polyvalents.

Extrait 2 (p35-36) réponse à la question : Où en est-on pour les déficiences un peu plus courantes dues au vieillissement ?

Les prétendus hommes bioniques sont en fait des athlètes, des experts qui se sont entraînés des heures ; ils donnent l'illusion d'une bonne réparation, alors qu'ils ont dû développer en amont une expertise comparable à celle d'un artiste ou d'un sportif de haut niveau pour donner l'impression de la facilité. Là réside la difficulté majeure pour les exosquelettes et prothèses évoqués précédemment : la coordination entre l'homme et le système mécatronique. Pour tous ces dispositifs d'assistance au corps, en interaction assez intime avec celui-ci, hormis peut-être certains dispositifs de régulation végétative déjà pris en charge dans une routine clinique, on en est encore aux balbutiements. Construire une machine qui laisse la personne se mouvoir quand il le faut et intervienne quand cela est nécessaire, cela échappe encore à nos compétences. Il faudrait comprendre comment l'humain se meut, comment le contrôle moteur agit, comment le cerveau gère notre corps et nos muscles (et notamment leur redondance), or, nous en sommes encore très éloignés. Croire qu'il suffirait de mettre un casque ou de planter des électrodes dans le cerveau pour arriver à décoder les pensées et la volonté est un fantasme. Cela reviendrait à essayer de comprendre ce qui se passe dans un ordinateur au moyen d'une antenne en supposant qu'il existe une corrélation entre le nombre de parasites et le nombre d'opérations mathématiques effectuées par la machine : on en est à peu près là ! À l'heure actuelle, les dispositifs contrôlés par des interfaces cerveau machine reposent sur la production et la reconnaissance d'un nombre limité d'états cérébraux distincts. On peut entraîner une personne à exhiber des états cérébraux (elle se concentre par exemple sur quelque chose de particulier, ou elle ne pense à rien), et entraîner un algorithme à discriminer le signal et le bruit produits par ces états-là. Mais il faut un entraînement (qui peut durer des mois, voire des années) pour pouvoir exhiber ces états, et un ordinateur apte à reconnaître ces états-là. Et rien d'autre ! Le dialogue entre l'homme et la machine, par le biais de ces états cérébraux, est extrêmement simplifié, unilatéral ; c'est un langage de peu de mots, tels "avant - arrière", " droite - gauche ". Cela peut donner des démonstrations impressionnantes, mais cela suppose beaucoup de technologie derrière, un sujet très entraîné et toute une équipe. Le risque des promesses de progrès en robotique est de gommer toutes ces difficultés. Or, entre un dispositif de laboratoire et un produit grand public, il y a une étape de transfert, onéreuse, assez peu glorifiée, et peu glorifiante du point de vue scientifique, alors que rendre une technologie de laboratoire simple d'utilisation et accessible dans un cadre domestique est en soi une vraie prouesse.

Extrait 3 (p36-37) réponse à la question : La difficulté du transfert est-elle liée au moindre intérêt des financeurs, ou est-ce le fait des scientifiques eux-mêmes ?

Vous avez identifié deux des raisons principales. Les scientifiques n'y sont pas naturellement portés parce que la recherche est un métier qui consiste à améliorer les connaissances (de la compréhension du cerveau, de l'humain, etc.) et à développer de nouveaux « concepts ». Tandis que le transfert consiste à fabriquer un produit, à créer une marque et un réseau de distribution, à assurer le service après-vente bref, à adapter une innovation issue de la recherche en un vrai produit utilisable par quelqu'un qui n'est pas un technicien ; cela relève du travail de l'industriel. Même si on est de plus en plus une nation start-up ! Les institutions nous poussent à monter des entreprises, à faire de l'innovation, à déposer des brevets, surtout dans un domaine aussi appliqué que la robotique. [...] Les financeurs sont eux motivés par la rentabilité. Les utilisateurs réels de ces dispositifs-là représentent des populations de très petite taille. Par exemple, je travaille sur l'amputation du membre supérieur. En France, cela concerne quatre mille personnes, avec une centaine de nouveaux cas par an : c'est de l'ordre de la maladie rare. Aucun industriel n'a envie d'investir des centaines de milliers d'euros dans la transformation d'un incroyable prototype de laboratoire en un produit commercialisable pour une population de quatre mille personnes dont la moitié n'est pas appareillée, et dont l'autre moitié est financée à travers la Sécurité sociale...

Extrait 4 (p37-39) réponse à la question : Quelle est votre réflexion sur "l'Homme augmenté" ?

Je suis un chercheur, un ingénieur, qui développe des dispositifs technologiques pour assister des personnes qui

souffrent, pour rendre leur autonomie à des personnes qui ont des handicaps et des capacités d'action réduites ; or, c'est rarement sur ce terrain du service à la personne en situation de handicap que je suis interrogé, mais bien plus souvent sur les possibilités de détournement, d'augmentation, et toutes les questions afférentes, les risques, les enjeux, les peurs, les fantasmes qui y sont associés... Il y a un décalage surprenant entre l'imaginaire et la réalité. Une sorte de combat idéologique, qui dépasse le cadre de la recherche et de l'application réelle, prend le dessus. Il nourrit des débats trop souvent réducteurs, avec des oppositions artificielles entre technophiles et technophobes, entre nature et technique. On voit d'ailleurs des hommes politiques intervenir sur ces thématiques du transhumanisme ou des risques de la technologie : c'est devenu une question de société. Dans nos laboratoires, nous ne pouvons plus faire comme si nous y étions indifférents. En effet, le chercheur, surtout dans un domaine comme celui des technosciences ou de la robotique, est très proche des attentes sociétales ; ses lignes directrices, ses financeurs sont eux-mêmes influencés par ces visions grand public. À un moment ou à un autre, la production de science-fiction influence l'utilisateur final du dispositif ; un patient amputé est très conscient de cette mythologie du cyborg. Certains en souffriront parce qu'ils savent très bien le décalage qu'il y a entre l'imaginaire social et l'état réel de la technologie. D'autres en tireront avantage : ils vont se servir de cet imaginaire du cyborg pour essayer de sortir de l'étiquette du handicap, détourner l'imaginaire technologique, arborer des prothèses noires ostentatoires, pour interpeller la société et les gens sur l'imaginaire du cyborg plutôt que sur l'image du handicapé, de l'estropié. Quand on regarde certaines mises en scène faites par ce qu'on appelle des patients ambassadeurs, des patients sponsorisés par des marques, on a presque l'impression qu'en somme, c'est "cool " d'être amputé ! Certes, cela peut tout de même avoir l'effet bénéfique de dépasser le stigmate du handicapé. Il y a une ambivalence de cet enchantement prothétique... Si je me suis mis à faire de la vulgarisation et à essayer de déstigmatiser, de démystifier la science et la technologie, de dépasser les fantasmes qu'elles suscitent, c'est parce que je vois bien que toute personne démunie de bagage ou de culture technique se tourne vers des schémas passionnés, vers des mythes à l'opposé de la connaissance. On fantasme sur l'objet, on en fait une boîte noire qu'on vénère de manière simpliste. Parce qu'on ignore son fonctionnement, on donne trop de poids à la machine aux dépens de l'humain. Au lieu de s'ébaubir d'une interface cerveau-machine, c'est l'humain qui est derrière qu'il faudrait admirer. À l'inverse, cela peut susciter aussi le rejet, la peur de la technologie, alors que la technique est une part centrale de l'humain, dont on ne saurait le décorréler. Mon but est d'essayer de donner des clés pour apprécier la technique, la critiquer en connaissance de cause, et surtout retrouver la part d'humain qu'elle comprend, ni la fantasmer, ni la rejeter d'emblée. L'augmentation reste, à mes yeux, une construction idéologique et mythologique, liée soit à des groupes pro-technologie, soit à des bioconservateurs. À l'heure actuelle, quand il y a augmentation, elle reste extrêmement locale et se fait au détriment de la polyvalence. Oscar Pistorius courait un peu plus vite qu'une partie de l'Humanité avec ses lames de carbone, mais celles-ci ne lui permettaient que de courir. S'il s'arrêtait, il tombait. Pour pouvoir rester en équilibre, il lui faut une autre prothèse. Des prothèses de mains serrent plus fort qu'une main humaine (il y a donc augmentation), mais on ne peut pas jouer du piano avec, ni tenir une aiguille. Ce que vous gagnez sur un terrain, vous le perdez sur un autre. Finalement, ces prothèses s'assimilent beaucoup plus à un outil qu'à un vrai dispositif d'augmentation. On ne dirait pas d'une pince coupante qu'elle vous augmente. Quant aux implants, il faut parler de survie : en fait, ils vous évitent seulement d'être diminué. On est très loin de l'homme augmenté. C'est un mythe très souvent utilisé à des fins particulières ou idéologiques, dangereux parce qu'il devient le prisme à travers lequel les gens analysent n'importe quelle avancée technique. Il est regrettable que l'idéologie de l'homme augmenté ne soit combattue qu'à un niveau purement éthique, sociétal ou politique, et non sur le plan technique ; il y aurait alors énormément à redire. Bien sûr, le débat est moral, mais la parole de l'expert technique est essentielle. Quant à ce dernier, il doit se souvenir du danger qu'il y a à être - sciemment ou non - mal interprété.

Extrait 5 (p40) réponse à la question : Quel est le rôle des éthiciens dans ces domaines-là ? Est ce que vous travaillez avec eux ? Est-ce qu'ils freinent la recherche ?

Toute expérimentation technologique sur l'humain, comme n'importe quelle recherche biomédicale, est soumise à l'avis éthique d'un comité de protection de la personne (CPP). La recherche est assez encadrée, mais parfois de façon peu adaptée. Les comités d'éthique, à l'heure actuelle, ne sont pas forcément formés à évaluer tous ces nouveaux dispositifs numériques ; ils n'ont pas forcément les clés techniques et technologiques pour pouvoir apprécier la recherche qu'on entreprend, alors que les risques ne sont pas les mêmes pour une prothèse et pour un vaccin. En dehors du cas de l'expérimentation sur l'homme, un certain nombre d'entités de réflexion se sont créées sur l'éthique de la recherche à suivre dans ces domaines des technologies du numérique, comme la Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique d'Allistene (Cerna). En 2014, la Cerna a édité un Guide de l'éthique de la recherche en robotique, dans lequel elle instituait certains principes de précaution et principes éthiques que le chercheur en numérique se devait de respecter. Le chercheur n'est pas isolé face à ces nouveaux objets : il doit respecter des principes existants (juridiques et éthiques) d'équité, de non-

marchandisation du corps, de minimisation des risques, etc. Tous les principes qui servent à l'heure actuelle au respect de la personne s'appliquent parfaitement au dispositif technologique, comme la Convention sur les droits de l'Homme et la biomédecine, la Déclaration universelle sur le génome humain, la Déclaration de principes du Sommet mondial sur la société de l'information. Ils posent des principes comme la dignité, l'inviolabilité, l'intégrité physique, la protection de la vie privée et des données, les principes de précaution, la spécification de la finalité. Ce dernier point est très important dans notre domaine. Il faut essayer d'envisager, sinon d'éviter, les détournements possibles. Le rapport de la Cerna a ajouté un certain nombre de recommandations : maintenir l'autonomie et l'intégrité de l'individu, la réversibilité de l'augmentation, une sorte de rempart au non-respect du principe d'équité, la notion d'accessibilité à l'augmentation.

Document 2 : Laurent Alexandre et Jean-Michel Besnier, *Les robots font-ils l'amour, le transhumanisme en 12 questions*

Homme augmenté, biologie synthétique, prothèses bioniques, intelligence artificielle... Les avancées de la technologie s'enchaînent à une vitesse stupéfiante. Des thèmes qui étaient, il y a une décennie encore, du domaine de la science-fiction font aujourd'hui l'objet de recherches actives dans les laboratoires. Les machines fondées sur l'intelligence artificielle révèlent leur extraordinaire puissance. Après les défaites de Gary Kasparov aux échecs face à Deep Blue, conçu par IBM (1997), et surtout de Lee Sedol au jeu de go face à AlphaGo, inventée par Google (2016), les domaines où l'intelligence humaine dépasse celle des machines se rétrécissent. Les transformations économiques à en attendre sont considérables. Il est impossible, tant elle est longue, de dresser la liste des métiers qui seront bouleversés par la nouvelle vague d'automatisation. Contrairement aux machines à vapeur qui avaient envahi l'industrie au XIX^{ème} siècle, puis aux robots qui en avaient fait de même dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle, ces nouvelles machines ne remplacent pas la force humaine, mais ce que l'on pensait jusque-là faire partie du propre de l'homme : la connaissance, le jugement, l'analyse et même le raisonnement. Cette prodigieuse accélération technologique est permise par la convergence de quatre disciplines qui évoluaient jusque-là séparément : les nanotechnologies, qui manipulent la matière à l'échelle de l'atome ; les biotechnologies, qui modèlent le vivant ; l'informatique, en particulier dans ses aspects les plus fondamentaux ; et enfin les sciences cognitives, qui se penchent sur le fonctionnement du cerveau humain. C'est l'explosion de ces NBIC (Nanotechnologies, Biotechnologies, Informatique et Cognitive) qui permet d'envisager le projet inédit, prométhéen, sans précédent, dont il est question dans ce livre : modifier l'homme, l'améliorer, l'augmenter. Le dépasser. Pour les transhumanistes, très influents dans la Silicon Valley au coeur de la révolution des NBIC, cette amélioration de l'espèce humaine par la technique est la seule chance, pour Homo sapiens, de ne pas être dépassé par les machines qu'il a lui-même inventées. Ces hybridations entre hommes et machines ont, de fait, déjà commencé : songeons au coeur artificiel développé par la société Carmat, greffé à plusieurs patients atteints d'insuffisance cardiaque. Mais ce n'est là qu'un prélude par rapport à tout ce qui va devenir possible d'ici quelques décennies : intervention dans l'ADN humain pour en supprimer les séquences responsables de maladies génétiques, fabrication par des imprimantes 3D d'organes, stimulation magnétique du cerveau, couplage de son fonctionnement à des dispositifs d'intelligence artificielle, amplification des facultés perceptives comme des forces physiques. Et même, pour certains, perspective d'une extension indéfinie de l'espérance de vie, au point d'envisager l'euthanasie de la mort. Si ces perspectives enthousiasment les transhumanistes, elles inquiètent d'autres courants de pensée. Que restera-t-il du libre arbitre d'un humain indissociablement couplé à ses machines ? Est-il vraiment souhaitable de vivre mille ans ? Comment cohabiteront les humains augmentés et les autres ? Ne faut-il pas craindre une sorte de biototalitarisme, à la manière du Meilleur des mondes d'Aldous Huxley, qui relevait en son temps (1932) de la pure science-fiction mais qui procède aujourd'hui d'une anticipation réaliste de nos futurs possibles ? Sur ces questions, nous sommes en désaccord. Nous avons eu l'occasion d'en débattre en public à maintes reprises, de croiser le fer, d'échanger nos arguments. Rien n'y fait : notre désaccord reste fondamental. Mais nous avons aussi pu constater, lors de ces débats, que nos positions convergeaient sur deux points, peut-être plus fondamentaux encore : l'importance de la discussion rationnelle, argumentée, respectueuse d'autrui ; et la conviction que la technique n'est pas, en soi, bonne ou mauvaise et que tout dépend de l'usage que l'homme choisit d'en faire. C'est ce constat qui nous a donné envie d'écrire ce livre à la manière d'un dialogue. Que le lecteur ne s'attende pas y trouver une réconciliation finale, un soudain consensus oecuménique. Non, ce livre est une querelle, un débat ferme, une dispute agonistique, de celles que pratiquaient les Grecs antiques pour le plus grand bien de leur démocratie. Et notre plus grand espoir est que notre échange profite, lui aussi, à la vitalité du débat démocratique sur les gigantesques enjeux que les NBIC lancent à notre humanité.

1 Faut-il améliorer l'espèce humaine ?

L'homme devient un contremaître de la création, un inventeur de phénomènes ; et l'on ne saurait, sous ce rapport, assigner de limites à la puissance qu'il peut acquérir sur la nature, par les progrès futurs des sciences expérimentales.

Claude Bernard, 1865.

Une révolution technologique est en cours : celle de la convergence des nanotechnologies, des biotechnologies et de l'intelligence artificielle. Elle rend envisageable d'améliorer les performances du corps et du cerveau. La technologie peut créer un homme augmenté, et le pourra de plus en plus. Mais le doit-elle ? Laurent Alexandre : Le rôle de la technologie est d'assurer le bien vivre, d'améliorer les conditions de vie humaine. Personne ne s'oppose aux progrès de la médecine, qui ont permis une augmentation continue de l'espérance de vie. Et cette augmentation va se

poursuivre. Il y a de nombreuses raisons pour accepter de corriger nos faiblesses biologiques quand la technologie le permettra. Prenons l'exemple des maladies de la rétine. Un Français sur trois sera touché par la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA). Cette affection, qui conduit à la cécité par destruction du centre de la rétine, touche déjà plus d'un million de Français, et ce nombre va exploser avec le vieillissement de la population. À côté de la DMLA, plusieurs types d'atteintes rétinienne conduisent elles aussi inexorablement à la cécité sans aucun traitement convaincant. Or, on saura de mieux en mieux soigner, par les progrès de l'électronique comme des biotechnologies, ce grave handicap. Pourquoi se priver de ces techniques ?

Promesses techniques contre la cécité

Deux familles de technologies permettent d'envisager de soigner la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA). La première est la pose d'implants électroniques dans la rétine, ou directement dans le cortex cérébral avec un branchement sur une microcaméra. C'est la suite logique du traitement des surdités par implants cochléaires. Cet œil bionique ne donne aujourd'hui au patient qu'une vision médiocre mais les progrès constants des microprocesseurs et des capteurs électroniques permettent d'espérer que des implants de quelques dizaines de milliers de pixels, apportant un réel confort visuel, puissent être mis au point avant 2025. La seconde regroupe les technologies biologiques : cellules souches et thérapies géniques. En avril 2011, une équipe japonaise annonçait dans *Nature* la fabrication en éprouvette de rétines de souris à partir de cellules souches embryonnaires. L'application des cellules souches aux maladies de la rétine humaine devrait être opérationnelle vers 2025. De son côté, la thérapie génique offre des espoirs chez les patients jeunes atteints de rétinopathie héréditaire. Les premières thérapies géniques sur la rétinopathie pigmentaire du chien ont entraîné une normalisation de la fonction rétinienne au-delà de toute attente. Le passage à l'homme a débuté. Une thérapie génétique expérimentale, publiée début 2012, a permis de restaurer partiellement la vision de trois patients atteints d'une forme d'amaurose congénitale de Leber. Cette maladie orpheline est une dégénérescence incurable des récepteurs de la rétine qui entraîne une cécité complète avant 30 ans.

Jean-Michel Besnier : En effet, il ne s'agit pas de se priver de ces techniques. Est-ce que pour autant il faut tout accepter dans ce que nous sommes capables de faire ? "Tout ce qui est techniquement réalisable mérite d'être réalisé, quoi qu'il en coûte éthiquement" disait le physicien Dennis Gabor, l'inventeur de l'holographie qui lui a valu le prix Nobel de physique en 1971. On a beau s'émouvoir du cynisme impliqué par cet axiome, il a hélas force de loi chez les adulateurs du marché tout-puissant, convaincus que la sélection des objets techniques obéit au même mécanisme que celle des espèces naturelles. Bien sûr, nous essayons aujourd'hui de faire droit à l'éthique, avec des comités qui examinent l'acceptabilité des réalisations techniques, mais la partie est rude car l'incitation à l'innovation à tout prix est devenue un véritable dogme chez les décideurs politiques ou industriels. Laurent : Je ne te suis pas du tout sur ce point, parce que je soutiens la culture de l'innovation. Nous irons plus loin parce que nous le pourrons. À terme, il n'y aura plus de limites nettes entre l'homme réparé et l'homme augmenté. En 2080, va-t-on mettre en prison les aveugles qui voudraient se faire implanter une rétine artificielle qui donne une vision supérieure à la normale ? La réponse est non bien sûr ! Nous passerons en quelques décennies d'une médecine de réparation à une médecine d'augmentation. N'oublions pas que l'homme vacciné est déjà un homme augmenté !

Document 3 : François Pellegrini, *Liberté à l'ère numérique*

2 Régulation des traitements algorithmiques

L'accroissement des capacités de traitement de masses de données de plus en plus considérables a fait émerger dans le débat public la notion d'algorithmes, terme souvent nimbé de magie. Cette apparition d'un terme supposé nouveau, ou tout du moins appliqué à une situation nouvelle, a pu faire s'interroger une partie de la communauté juridique sur la nécessité de réguler les algorithmes pour préserver les libertés des personnes. La réponse est double : elle consiste, d'une part, à refuser le mésusage de ce terme et, d'autre part, à étendre ce questionnement à l'ensemble des cas d'usage des traitements algorithmiques.

2.1 Statut juridique des traitements algorithmiques

Débattre du statut des algorithmes nécessite de préciser de quoi il est effectivement question. Les algorithmes (sans guillemets) sont la description d'une suite d'étapes permettant d'obtenir un résultat à partir d'éléments fournis en entrée. Ce sont des constructions mathématiques purement abstraites, conçues pour répondre à un problème scientifique ou technique. De par leur nature mathématique, ils appartiennent au fonds commun des idées et ne sont donc en droit susceptibles d'aucune monopolisation d'usage, conformément au principe que les idées sont de libre parcours. Pour autant, du fait des bénéfices économiques inhérents à la création d'innovations algorithmiques, il existe une forte pression d'acteurs privés pour créer des monopoles dans ce domaine. C'est ainsi que de nombreux brevets de brevets prônent (et agissent parfois également de façon illégale) pour faire autoriser par le législateur l'existence de brevets sur les méthodes algorithmiques, improprement appelés brevets logiciels, qui correspondent en fait à la possibilité de monopoliser un savoir mathématique. Les brevets de ce type sont contestés, y compris aux États-Unis, non seulement du fait de leur toxicité macro-économique sur l'innovation, mais aussi parce qu'ils portent atteinte de façon disproportionnée à la liberté d'expression. Les algorithmes sont consubstantiels de l'apparition de la pensée humaine, mais il a fallu l'invention des ordinateurs pour permettre leur application mécanisée à de grandes masses de données. Pour cela, il est nécessaire d'exprimer les algorithmes que l'on souhaite mettre en oeuvre, sous la forme d'un programme d'ordinateur ou logiciel. Cette création de forme est protégée par le droit d'auteur adapté, qui diffère du droit d'auteur classique par un certain nombre d'amodiations découlant de la double nature, à la fois artisanale et utilitaire, de ces biens. Un logiciel n'est que du code mort. Pour qu'il prenne vie, il faut qu'il soit mis en oeuvre au sein d'un environnement informatique, constitué d'un ordinateur connecté à des périphériques d'entrée (pour l'acquisition des informations provenant du monde extérieur) et de sortie (pour restituer les résultats des traitements opérés et éventuellement agir directement sur l'environnement). Le processus qui s'exécute effectivement peut être soumis à des aléas et erreurs transitoires issues de l'environnement. L'objet juridique correspondant est le traitement de données, déjà défini dans la loi, tant en ce qui concerne les données personnelles (c'est le coeur de la loi Informatique et Libertés du 6 janvier 1978) que les données non personnelles (comme avec la loi Godfrain sur les STAD). Les responsables de traitement sont, in fine, responsables de la bonne mise en oeuvre dudit traitement et du respect des droits des personnes concernées, sur les plans contractuel et légal. L'encadrement juridique du monde des algorithmes est donc déjà largement établi. Les questions débattues actuellement portent en fait majoritairement sur l'encadrement des relations économiques entre les responsables de traitement et les usagers de ceux-ci.

2.2 Loyauté des traitements

Tel est le cas de la loyauté, qui ne concerne absolument pas les algorithmes en tant que constructions mathématiques. Il s'agit en l'espèce de définir les règles applicables aux responsables de traitements qui, en fonction de leur mise en oeuvre logicielle et de leurs relations économiques avec des tiers, pourraient choisir de rendre un service déloyal ou inéquitable à leurs usagers (comme par exemple de calculer un itinéraire passant devant le plus de panneaux publicitaires possible). Tel est également celui de la transparence. Il semble naturel d'informer les usagers sur la nature du traitement opéré sur leur données, et des tiers avec lesquels le responsable de traitement est en relation commerciale dans le cadre dudit traitement. Cependant, dans le cas des algorithmes auto-apprenants, la connaissance des principes algorithmiques mis en oeuvre importe moins que la nature du jeu de données qui a servi à entraîner cet algorithme dans le contexte spécifique du traitement en question. C'est du choix de ce jeu de données

que découlera l'existence potentielle de biais qui, en pénalisant silencieusement certaines catégories de personnes, détruiraient l'équité supposée du traitement.

2.3 Responsabilité des systèmes autonomes

L'accroissement des puissances de traitement et l'avancée des méthodes informatiques (traitements auto-apprenants, réseaux de neurones multi-niveaux, etc.) permettent de confier des fonctions de contrôle de plus en plus élaborées à des automatismes. Ces avancées rendent possibles des applications qui relevaient jusqu'il y a peu du domaine de la science-fiction, telles que les voitures ou les robots de combat autonomes. Dans chacun de ces cas, l'autonomie recherchée de ces équipements fait que les personnes qui les mettent en oeuvre n'ont qu'un contrôle partiel sur leur fonctionnement. Cela conduit à s'interroger sur la question de la responsabilité juridique en cas d'accident ou de bavure, entre celle du concepteur qui fournit un produit pouvant être jugé comme défectueux et le responsable de la mise en oeuvre de l'objet, susceptible d'être accusé d'usage non conforme. Au delà, se pose plus largement la question de la liberté des usagers. Tout logiciel est un objet socio-économique, dont la conception et l'usage dépendent fortement de leur contexte culturel et économique. Un logiciel code donc par nature de la norme sociale. Le fait qu'un formulaire ne puisse proposer comme choix que M. / Mme manifeste le consensus social que seules ces deux réponses sont admissibles. De même, dans le cas du véhicule autonome, lorsqu'un piéton traverse devant le véhicule, celui-ci doit-il écraser le piéton et préserver la vie du conducteur, ou bien détourner le véhicule vers un mur qui risquerait de tuer son occupant ? Ces choix éthiques, expérimentés par Philippa FOOT et popularisés sous le terme générique de dilemme du tramway, sont à l'heure actuelle laissés sous l'entier contrôle du concepteur du logiciel de conduite du véhicule, l'occupant renonçant alors à la liberté de choix qu'il aurait en tant que conducteur manuel. La préservation de la liberté des personnes implique-t-elle la capacité de pouvoir paramétrer ces logiciels d'une façon spécifique au type d'occupant ? Plus généralement, est-il possible de modifier ces logiciels, au même titre que les autres logiciels embarqués ?

3 Régulation des données

La maîtrise de son patrimoine informationnel peut se définir comme la liberté de gérer les données dont on est le responsable. Dans le monde numérique, cette gestion est déléguée à des intermédiaires techniques (fabricants d'ordinateurs et de réseaux, éditeurs de logiciels, responsables de traitements), ce qui pose ici encore la question de la liberté effective des personnes face à ces tiers, ainsi que face à la puissance publique susceptible de leur imposer en sus ses propres règles.

3.1 Statut des données à caractère personnel

Le périmètre des données concernées s'est sans cesse élargi, à mesure que la numérisation de la société et les progrès de la science informatique ont permis d'extraire des informations identifiantes de données qui jusqu'alors n'étaient pas considérées comme telles. Alors que la loi ne concernait initialement que les informations nominatives, directement associées aux individus, la généralisation des identifiants numériques tels que numéros de téléphone ou de plaques d'immatriculation a conduit à étendre son champ aux informations indirectement nominatives, permettant de retrouver une personne par simple consultation d'un index. Cependant, le nom n'est que l'une des caractéristiques d'une personne. C'est pourquoi, à n de prendre en compte l'intégralité des informations pouvant caractériser une personne, le périmètre de la loi a été étendu aux données à caractère personnel, terme souvent abrégé en données personnelles. Sont ainsi couvertes toutes les catégories de données pouvant être rattachées directement ou indirectement aux personnes physiques, telles que la biométrie, les traces comportementales, les méta-données de connexions électroniques, les courbes de consommation électrique, etc. À ce titre, la collecte massive de données biométriques par les États, en dehors de tout cadre juridique et au mépris des conventions internationales visant à protéger les personnes contre l'immixtion dans leur vie privée, est extrêmement préoccupante. Cette guerre de la biométrie menée par les États contre les populations est symptomatique d'un basculement des sociétés qui, au prétexte d'une sécurité illusoire, placent l'ensemble des citoyens en situation de suspects à même de s'élever contre l'ordre établi. Les risques liés à l'usage des outils numériques ont conduit à l'émergence de deux approches complémentaires visant à élever le niveau de protection des personnes. La première consiste à intégrer la prise en compte de la protection des données personnelles dès la phase de conception des systèmes informatiques (privacy by design). Elle repose sur un ensemble de méthodologies telles que la minimisation des données, c'est-à-dire le fait de ne produire que

les données strictement nécessaires au traitement projeté, et la mise en oeuvre de principes architecturaux visant à réduire techniquement le risque de mésusage des données par des tiers en l'absence d'action positive des personnes. Il s'agira par exemple de conserver les données à la main de l'utilisateur et de distribuer les traitements auprès des personnes plutôt que de centraliser leurs données en vue d'un traitement global. La deuxième vise pour sa part à ce qu'un système informatique soit toujours initialement paramétré de façon à être le moins intrusif possible (*privacy by default*). Ces deux approches, élaborées dans la sphère nord-américaine, ont été consacrées en Europe par le Règlement général sur la protection des données personnelles.

4 Conclusion

La révolution numérique ne doit pas conduire à l'affaiblissement des droits fondamentaux existants, sous prétexte que cela est techniquement possible. Elle doit au contraire inciter à en étendre la préservation, d'une part, par la transposition au monde numérique des droits déjà garantis dans le monde physique et, d'autre part, par la sacralisation de nouveaux droits spécifiques à ce nouvel espace. Si la préservation des droits fondamentaux prend sa source dans l'univers juridique, les considérations techniques n'en sont pas absentes. En particulier, l'architecture des systèmes d'information in ue de façon déterminante sur leur robustesse et leur capacité à ne pas être détournés. Ces éléments plaident en faveur de la nécessaire collaboration entre juristes et informaticiens pour maintenir le périmètre des libertés fondamentales.

Document 4 : Perrin Margaux, *Coadaptation cerveau machine pour une interaction optimale : application au P300-Speller.*

2 ICM et questions éthiques

Le monde des interfaces cerveau-machine est un domaine de recherche très jeune mais dont les perspectives d'applications soulèvent déjà de nombreuses questions éthiques. À titre d'exemple, le recueil du consentement chez des patients qui sont dans l'impossibilité de communiquer, l'analyse du rapport bénéfice sur risque ou encore l'attribution de la responsabilité en cas d'accident lié à l'utilisation d'une neuroprothèse représentent des questions éthiques qu'il semble important de se poser dès aujourd'hui. D'autre part, les recherches actuelles ouvrent la voie vers des applications innovantes dont il nous faut imaginer dès maintenant les contours et les éventuels risques. En 2010, une enquête a été réalisée auprès de 145 personnes (pour la grande majorité des étudiants en thèse et des chercheurs, ainsi que quelques médecins, psychologues, utilisateurs, etc.), afin de recueillir leur opinion sur certaines de ces questions (Nijboer et al., 2011). Les principaux résultats de cette étude sont rapportés ci-après, dans les trois premiers points de cette section.

2.1 Recueil de consentement pour des patients non-communicants

Alors que les patients souffrant de syndrome d'enfermement ou au stade LIS de la SLA peuvent généralement communiquer des décisions binaires à l'aide de mouvements oculaires, il n'en est pas de même pour les patients au stade CLIS de la SLA, pour lesquels toute activité musculaire a disparu. Généralement, la loi prévoit que le représentant légal du patient prenne les décisions à la place de celui-ci. C'est également le cas pour des patients dans le coma, mais il peut sembler délicat d'agir de la même manière avec des patients totalement conscients de leur état, en l'absence ou presque de déficit cognitif. Environ 70% des personnes interrogées par Nijboer et al. (2011) sont d'accord pour suivre la décision du représentant légal, que celle-ci soit positive ou négative vis-à-vis d'une utilisation des ICM. Toutefois, certaines personnes interrogées ont commenté leur décision en précisant qu'elle dépendait du caractère invasif ou non de l'ICM utilisée. D'autres proposent de faire remplir un testament de vie aux patients souffrant de SLA, avant que le stade CLIS de non-communication ne soit atteint. En effet, la plupart des patients ne donnent pas de consigne, même concernant des questions aussi basiques que l'utilisation de la trachéotomie en cas d'insuffisance respiratoire. La mise en place d'une telle procédure semble essentielle. D'autres enfin sont farouchement opposés au fait de ne pas essayer d'utiliser une ICM systématiquement : d'après eux, il ne serait pas éthique de ne pas tenter d'aider ces patients. Si le P300-Speller fonctionnait chez ces patients, il pourrait être envisagé d'utiliser cette technologie afin de restaurer une forme de communication permettant d'évaluer l'opinion du patient sur l'utilisation des ICM. Veut-il continuer à utiliser cette ICM ? Veut-il - le cas échéant - subir une opération chirurgicale lui permettant d'utiliser une ICM invasive ? Ces questions devraient bien entendu être posées à plusieurs reprises pour s'assurer de la compréhension de la question et de la fiabilité de la réponse, et être précédées par une explication claire, complète et objective de l'intérêt et des risques liés à la décision à prendre. Il en va de même lors du recueil de consentement chez des patients communiquant par la voie d'une activité musculaire résiduelle : il est essentiel et requis par la loi que le patient soit pleinement informé des enjeux de la décision qu'il pourrait prendre.

2.2 Évaluation du rapport bénéfice sur risque

La déclaration d'Helsinki, élaborée par l'association médicale mondiale, est une déclaration de principes éthiques fournissant des recommandations aux médecins et autres participants à la recherche médicale sur des êtres vivants. Cette déclaration stipule qu'une étude médicale ne doit être mise en place que si les bénéfices escomptés dépassent les risques. Cette déclaration peut s'appliquer au cas des ICM. Reste encore à évaluer correctement les risques et les bénéfices liés à l'utilisation d'une ICM. La grande majorité des personnes interrogées par Nijboer et al. (2011) estiment que les bénéfices dépassent les risques lors de l'utilisation d'ICM non invasives chez des patients dans un état d'enfermement. La plupart estiment qu'une ICM peut assister le patient et aider la famille. Une ICM peut contribuer à améliorer la qualité de vie de certains patients et ainsi conduire ceux-ci à réviser leur éventuel refus d'une assistance respiratoire ou cardiaque. En revanche, seules 25% des personnes interrogées estiment qu'il en va de même pour les ICM invasives, dont les risques semblent encore trop importants ou trop difficiles à évaluer. À titre personnel, je partage l'avis de la majorité des personnes interrogées : s'il me semble éthiquement acceptable d'utiliser

des ICM non invasives chez les patients, et même chez les sujets sains, dans le cas de jeu vidéo par exemple, je suis beaucoup plus réticente vis-à-vis de l'utilisation d'ICM invasives qui nécessitent une opération chirurgicale, avec les dangers que cela implique. Toutefois, le cas de la SLA au stade CLIS est si handicapant qu'il aurait tendance à remettre en cause cette méfiance naturelle vis-à-vis de l'implantation d'électrodes. Dans le cas où le patient - informé sur le sujet - serait favorable à ce type de procédure, je n'y verrais pas d'objection.

2.3 Attribution de la responsabilité en cas d'accident

Imaginons une neuroprothèse ou un fauteuil roulant contrôlé par une ICM. En cas d'accident causé par l'ICM, qui serait responsable? La majorité des personnes interrogées dans l'étude de Nijboer et al. (2011), de même que certains auteurs de papiers publiés précédemment (Clausen, 2009; Tamburrini, 2009) estiment que l'utilisateur est responsable des actions exécutées et des messages transmis par l'ICM. Toutefois, d'après certaines personnes interrogées, cette responsabilité peut être modulée en fonction de plusieurs paramètres : la précision de l'ICM, la connaissance qu'a l'utilisateur de cette précision, l'état de fonctionnement de l'ICM et l'état psychologique de l'utilisateur au moment de l'accident, ainsi que la compétence de l'utilisateur. En effet, il semble normal qu'un individu soit responsable de ses actions, qu'elles passent par la voie classique définie par les nerfs et les muscles où qu'elles soient transmises directement à une machine via une ICM, si celle-ci est suffisamment précise. Reste à définir le terme "suffisamment". Mais comme l'explique Clausen (2009), les êtres humains sont régulièrement amenés à commander des outils dangereux et plus ou moins imprédictibles tels que des armes à feu ou même des voitures. Les ICM ne seraient alors qu'un cas particulier d'utilisation d'un outil très sophistiqué.

2.4 Utilisation des ICM par des sujets sains

[...] Ces dernières années, des équipes de recherche ont essayé de mettre au point des détecteurs de mensonges exploitant l'activité cérébrale (Al-Sagban et al., 2008), ainsi que des détecteurs d'états de Vigilance (Ji et al., 2011). Bien que ces systèmes ne soient pas systématiquement considérés comme des ICM par la communauté scientifique (Nijboer et al., 2011) (Figure 1, p.16), ils méritent d'être cités dans cette partie car ils soulèvent des questions éthiques. Dans quelle condition de tels systèmes seraient-ils utilisés? Est-ce qu'un jour prochain, la justice française utilisera des informations recueillies via une ICM pour décider de la culpabilité ou de l'innocence d'un suspect? Peut-on faire confiance aux ICM pour ce type d'enjeux? Est-ce pire de faire confiance à une ICM, alors que la justice fait déjà confiance à des tests génétiques qui s'avèrent pourtant parfois très peu fiables? Est-ce que les patrons pourront un jour surveiller l'état de vigilance de leurs employés grâce aux ICM? Et surtout, est-ce que nous voulons d'une telle société? L'EEG est déjà utilisée comme "détecteur de mensonges" dans le domaine judiciaire de manière régulière en Inde. Pour avoir travaillé pendant trois ans sur des données acquises en EEG et avoir appréhendé la variabilité des réponses électrophysiologiques intra et interindividuelle, ainsi que la difficulté d'interpréter les réponses moyennes au niveau individuel, j'avoue être assez inquiète quant à l'utilisation de l'EEG dans le domaine de la justice. D'autant qu'il semble que la détection de mensonges s'appuyant sur des données neurophysiologiques influence beaucoup plus un jury qu'une détection de mensonges utilisant d'autres types de marqueurs (McCabe et al., 2011). En 2010, un magistrat de l'état du Tennessee (USA) a refusé d'utiliser une telle technologie comme élément de preuve lors d'un procès (Miller, 2010). Après une étude approfondie impliquant des témoignages de divers scientifiques, le juge a conclu que cette technologie ne répondait pas aux critères nécessaires pour une utilisation dans le domaine juridique, à savoir un taux d'erreurs faible et une forte acceptation par la communauté scientifique. Toutefois, cette décision n'implique pas que cette technologie ne sera jamais utilisée aux USA, mais seulement que des progrès restent à faire en termes de précision. [...] Le cas des neuroprothèses implique une procédure invasive qui repose la question du rapport bénéfices sur risques. Quel est le bénéfice de l'utilisation d'une neuroprothèse pour un sujet sain? La communauté scientifique n'est pas unanime sur la question (Clausen, 2008). Certains estiment que la vie est un cadeau, et qu'il faut l'apprécier telle quelle, tandis que d'autres considèrent qu'il est de notre devoir d'être créatif dans l'utilisation des nouvelles technologies afin d'augmenter les capacités humaines. Même dans le domaine des applications cliniques, l'utilisation des neuroprothèses ne fait pas l'unanimité. La communauté sourde notamment voit d'un très mauvais oeil les implants cochléaires (Clausen, 2009). Ces personnes ne considèrent pas la surdité comme un handicap qui doit être corrigé, mais comme une partie de leur vie qu'ils acceptent très bien. Vouloir corriger à tout prix cette particularité est parfois décrit comme une « tyrannie de la normalité » qui consiste à modifier les personnes sourdes pour qu'elles soient adaptées à un monde créé par des personnes entendantes, et est interprété comme l'affirmation que les personnes sourdes sont inférieures aux autres. En 2002, Kevin Warwick, un chercheur britannique, s'est fait implanter une puce électronique dans l'avant-bras dans le but de devenir un cyborg

(Warwick, 2004). Directement connectée à son système nerveux, cette puce constituée de 100 microélectrodes lui permet de contrôler un bras robotisé et un fauteuil roulant électrique. Connectées également aux nerfs sensitifs, certaines électrodes peuvent envoyer des informations sensorielles au cerveau, créant ainsi des sensations virtuelles. Quelques temps plus tard, son épouse Irena Warwick s'est également fait implanter une puce moins complexe, connectée par ondes radios à celle de Kevin Warwick. Ainsi, les mouvements de la main d'Irena Warwick étaient ressentis de manière artificielle par Kevin Warwick. Cette expérience est le premier pas vers une transformation de l'humanité en cyborg, qui pose la question de la limite entre l'être humain et le robot, et de l'identité humaine. Une application à large échelle de ce type de technologies chez l'homme sain est encore très futuriste, mais à l'heure où la réalité rattrape la fiction, il est temps de se poser les bonnes questions afin de décider si l'on souhaite augmenter l'être humain, et jusqu'à quel point.