



HAL
open science

L'éthique des technologies quantiques : une formulation problématique

Thierry Ménissier

► **To cite this version:**

Thierry Ménissier. L'éthique des technologies quantiques : une formulation problématique. QuantAlps Days, Oct 2022, Grenoble, France. halshs-03796477v1

HAL Id: halshs-03796477

<https://shs.hal.science/halshs-03796477v1>

Submitted on 4 Oct 2022 (v1), last revised 6 Oct 2022 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'éthique des technologies quantiques : une formulation problématique

Thierry Ménissier

IPhiG, UGA / chaire éthique&IA MIA / projet TiQua, QuantAlps

Thierry.menissier@univ-grenoble-alpes.fr

Conférence pour les QuantAlps Days, Grenoble, CNRS

6 octobre 2022

Résumé :

Dans cette conférence, nous voulons proposer une première formulation des problèmes liés à l'éthique des technologies quantiques, dans le cadre d'une argumentation philosophique. Ces technologies sont encore peu développées. Elles relèvent encore de la logique de la recherche scientifique (et de l'éthique qui lui correspond). Mais, à écouter les médias, la révolution des technologies quantiques est en train de se produire, ou ne saurait tarder. Quelle va être l'éthique valable pour ces technologies lorsqu'elles en seront au stade d'innovations mises en marché ? Enfin, comment concevoir, avec l'hypothèse formulée par le courant des *sciences and technologies studies* de la mutuelle construction de la science et de la société, une éthique basée sur la diffusion de ces technologies et sur l'interaction entre les parties prenantes de leur mise en société ?

Mots-clés : quantique, technologie, éthique, innovation, utilitarisme

Le thème que je vais examiner est celui de l'éthique des ou pour les technologies quantiques. Ce thème constitue un des piliers du nouveau projet obtenu par la fédération quantique financé par l'Initiative d'Excellence (Idex) du site académique grenoblois, *Tools for Interdisciplinarity in QuantAlps* (TiQua, 2022-2025). Telle est la tâche n°1 du premier WP, dont je vais coordonner les travaux. Durant pour les trois années de ce nouveau projet, nous allons pouvoir approfondir la réflexion afin de définir et de caractériser cette éthique, en dialogue avec les collègues (physiciens, informaticiens et juristes) qui ont eux-mêmes commencé à aborder ce sujet [Grinbaum, 2017 ; Perrier, 2021 ; Kop, 2021].

Comme vous l'avez constaté, je n'emploie pas le terme d'« éthique quantique », mais celui d'« éthique des (ou pour) les technologies quantiques ». Vous notez également que j'ai intitulé mon intervention « le problème des technologies quantiques ». Je vais vous expliquer pourquoi.

D'abord, pour ma part, je n'emploie pas l'expression « éthique quantique » car elle inclut une confusion en laissant entendre que l'éthique peut par elle-même être (ou devenir) quantique, comme le sont la physique ou l'informatique, deux autres disciplines académiques. Pour la physique et l'informatique, on veut parler des parties de la physique et de l'informatique qui adopte les hypothèses quantiques relativement à la connaissance scientifique de la matière atomique. Entendue de manière restreinte, la physique et l'informatique quantiques désignent

génériquement les sciences des quantas. Mais entendue dans un sens plus large, physique et informatique sont donc bien *devenues* quantiques.

L'« éthique quantique », pareillement entendue de manière restreinte, devrait être l'éthique qui concerne le quantique. Mais comme, en tout cas pour moi, l'éthique concerne les personnes humaines et leurs relations avec elles-mêmes, avec les autres personnes et les autres êtres vivants et naturels dans le contexte des relations sociales, mon sujet n'est pas l'éthique quantique, mais l'éthique du quantique ou pour le quantique, l'éthique du domaine quantique à travers les technologies. La réflexion ne porte pas sur le quantique en général, mais sur les technologies quantiques. Le sujet étant celui de l'éthique *des* technologies quantiques ou *pour* les technologies quantiques, plusieurs points apparaissent sous la forme de problèmes.

Ensuite, le thème de l'éthique adaptée aux technologies quantiques pose en effet plusieurs sortes de *problèmes*. Ces problèmes constituent les défis que doit affronter la construction d'une éthique ou d'une position éthique valable pour ces nouvelles technologies. La philosophie (depuis l'épistémologie et l'ontologie jusqu'à la philosophie pratique, celle qui concerne justement l'éthique et la théorie politique) aime les problèmes : il est typique de la démarche philosophique, en tout cas d'une de ses plus importantes traditions rationalistes modernes (le criticisme), avant de parvenir à un résultat ou même d'espérer parvenir à un résultat, de construire rationnellement le problème qui correspond à ce qu'on examine. C'est dans l'approche problématique que l'on reconnaît la philosophie, discipline rationnelle qui envisage les limites de ce qu'elle examine [Kant, 1986]. Cet examen des limites fait qu'elle est à la fois analytique (elle analyse en détail et veut définir les concepts et les relations entre eux) et réflexive (elle entreprend non seulement de rendre les concepts efficaces pour décrire la réalité, mais également d'en comprendre les sens variés).

Activité rationnelle, la philosophie construit des problèmes et elle doit pour cela clarifier les termes qui les composent ainsi que les liens entretenus par ces termes. Construire les problèmes et clarifier les termes constitue une double tâche importante pour le but qu'elle se donne : « s'orienter dans la pensée », en reprenant une autre formulation célèbre de Kant [Kant, 1990]. Or, dans le cas qui nous intéresse aujourd'hui, ces termes doivent justement être clarifiés. Afin de définir la nature d'une éthique des technologies quantiques, il convient de réussir à « s'orienter dans la pensée ». Pour cela, je propose d'établir successivement trois constats qui méritent attention. En effet, selon que nous reconnaissons ou non ces constats (ou encore selon notre vision de ces constats, notre réflexion sur la nature de l'éthique des technologies quantiques, ainsi que sur la possibilité de son émergence) se trouvera orientée dans un sens ou

dans un autre sens. C'est ce que je ferai dans le dernier moment de mon intervention, lorsque je formulerai plusieurs versions du problème de l'éthique des technologies quantiques.

Mais avant cela, pour être le plus clair possible, il faut que je rappelle la signification philosophique du terme « éthique ».

Qu'est-ce que l'éthique ?

L'éthique, telle que la conçoit la philosophie, vise à formuler des jugements sur la valeur de décisions ou d'actions compte tenu de leur caractère considéré comme désirable ou souhaitable en fonction d'argumentations rationnelles [Canto-Sperber, 2004 ; Copp, 2007 ; Billier, 2010 ; Spinoza, 2011]. Ce qui signifie formuler des évaluations rationnelles en fonction de ce qui est humainement et socialement supérieur. L'éthique ainsi définie renvoie à l'ordre de contrainte imposé par des raisonnements effectués à partir de critères que sont le bon, le juste et le bien. Procéder à une évaluation éthique revient donc à se poser trois séries de questions.

D'abord, les questions qui concernent l'identification des valeurs : quelles sont les valeurs qui peuvent servir de critères pour définir ce qui est bon, juste et bien ? Comment se hiérarchisent-elles dans des systèmes de valeurs cohérents et satisfaisant pour les individus et les collectifs sociaux (les organisations et les institutions) ?

Ensuite, quelle forme de raisonnement adopter ? En effet, juger éthiquement, cela revient à pouvoir convoquer quatre formes possibles de raisonnement. Premièrement, le raisonnement de type utilitariste ou conséquentialiste, qui formule ce qui apparaît comme bon, juste et bien en fonction du rapport entre les moyens engagés et les finalités poursuivies. Deuxièmement, le raisonnement déontologique qui s'appuie sur l'expérience du devoir que font les personnes dans leur vie morale (pour ma part, je préfère employer l'adjectif déontique pour distinguer ce type de raisonnement éthique de la dimension sociale de la déontologie, qui est toute autre). Troisièmement, le raisonnement à partir de valeurs considérées comme supérieures à d'autres, ou éthique axiologique qui se fonde des valeurs suprêmes (qu'il s'agisse de valeurs religieuses, sociales, politiques ou métaphysiques). Enfin, quatrièmement l'éthique des vertus ou arétaïsme, qui consiste à évaluer ce qui est bon, bien et juste en relation avec les qualités et les défauts des caractères/tempéraments de celui qui doit juger éthiquement. Pour employer les termes du fondateur de cette famille d'éthique, il s'agit, pour la personne qui adopte un comportement éthique, de viser un optimum d'excellence possible [Aristote, 2004], ou, autrement dit selon une de ses désignations contemporaines, de s'adonner au « perfectionnisme moral » [Laugier, 2010].

Finalement, porter un jugement éthique revient toujours à réinterpréter ou réinventer le bien et le mal dans un jugement rationnellement argumenté et en fonction de circonstances précises. De ce fait, s'il faut désigner certaines technologies comme « bonnes », « justes » ou conformes à la valeur du bien (et d'autres comme « mauvaises », « injustes » ou affiliées au mal), alors il faudra nécessairement en retour préciser quels usages sociaux sont bons/mauvais, justes/injustes, bien/mal. En d'autres termes, qualifier éthiquement la technologie, c'est également établir le procès de la société. C'est une très noble et importante tâche, mais également très ambitieuse et difficile ! Tout cela, déjà du point de vue de l'éthique utilitariste (largement dominant dans les approches éthiques des sciences, des techniques et des innovations), mais encore plus du point de vue des autres formes de raisonnement éthique connues par la théorie morale et que je viens d'identifier.

Il faut, pour terminer, formuler les questions qui concernent la contrainte spécifiquement éthique : à quel niveau doit porter cette contrainte ? Dans les pratiques courantes de la vie ordinaire par l'intermédiaire du jugement individuel des personnes (ce qu'on appelle en français le « for intérieur »), ce qui permet de dire que l'éthique est une affaire privée ? Ou bien dans la vie sociale telle que les définissent les règles légales et les règlements des organisations (car il y a, en effet, une partie de la science juridique ou du Droit qui traite également de l'éthique) ? Ou enfin au niveau du débat public dans les sociétés démocratiques, qui sont des sociétés qui par l'intermédiaire de leurs institutions où siègent des représentants élus s'imposent des choix publiquement débattus sur ce qui apparaît collectivement bon, juste et bien ? Bien entendu, toutes les personnes peuvent avoir leur avis sur ces questions. Mais au stade où nous en sommes pour le sujet que j'examine, il faut laisser ces questions ouvertes pour mieux comprendre le problème de l'éthique des technologies quantiques, comme on le verra plus tard.

Maintenant que j'ai opéré ce rappel sur l'éthique, je vais dresser les trois constats préparatoires à la formulation du problème des technologies quantiques.

Les trois constats

Premier constat : au stade où elles en sont, et apparemment à de rares exceptions près, à l'heure actuelle les technologies quantiques ne sont pas encore complètement sorties des laboratoires de recherche. Leur état actuel correspond même à un stade difficile à qualifier : si la science quantique fait effectivement espérer une expression technologique de ses propres résultats, régulièrement des annonces sont faites par les grandes compagnies pour déclarer qu'elles ont déjà réalisé la grande percée qui permet le « passage à l'échelle » industrielle des

technologies quantiques. De fait, certaines start-up commencent à voir le jour, avec des financements importants et étroitement liées à des intérêts économiques et financiers industriels majeurs, voire à des intérêts nationaux stratégiques. En d'autres termes, il y a l'attente, et déjà aussi l'annonce fracassante, d'une nouvelle « révolution » industrielle (ce mot est régulièrement employé dans les médias spécialisés). En tout cas, les acteurs de l'industrie comme les nations se trouvent déjà en situation de concurrence et de compétition. Un des points qui apparaît caractéristique dans cette situation est que la qualification des technologies quantiques sur l'échelle TRL (*Technology Readiness Level*) du niveau de maturité technologique fait apparaître ces dernières comme avancées entre les niveaux 3 (qui caractérise le « premier stade de démonstration analytique ou expérimental de fonctions critiques et/ou de certaines caractéristiques ») et 5 (qui concerne la « validation en environnement représentatif de briques élémentaires et/ou de sous-systèmes ») [ANR 2014].

Deuxième constat : lorsqu'elles sortiront du laboratoire pour être produites par l'industrie, les technologies quantiques seront alors considérées non plus comme des découvertes scientifiques, mais comme des innovations. Ce n'est pas du tout la même chose, et ce changement de statut est très important, je me suis personnellement attaché à le souligner dans mes travaux [Ménissier 2021 & 2022]. Selon la logique décrite en premier lieu par l'économiste Joseph Aloïs Schumpeter, une innovation est une invention mise en marché, inscrite dans la dynamique de valorisation capitaliste, c'est-à-dire portée par des entrepreneurs qui investissent dans sa mise en marché et visent son acceptabilité sociale [Schumpeter, 1934 & 1994].

Le troisième constat porte sur un plan plus général car il concerne le statut de l'éthique des technologies. Si la recherche dans ce domaine existe en sciences humaines et sociales, l'éthique des technologies ne constitue pas vraiment un thème académiquement important. Son importance académique apparaît par exemple très inférieure à celle de l'immense production de la bioéthique ou éthique de la vie et de la santé. Et cela malgré le fait que la technologie soit massivement utilisée dans le monde social et par l'économie. Il ne constitue pas non plus dominant dans le monde industriel où, pourtant, beaucoup de technologies sont déployées à destination des activités de production, des services et finalement des usagers. L'éthique des technologies est pourtant à la fois légitime et réalisable. Elle existe même déjà à propos des technologies existantes ou émergentes, notamment grâce aux expériences dites d'évaluation participatives des technologies (*ethical technology assessment*, ou eTA) [Palm & Hansson, 2006].

Le dernier point que je veux relever à ce propos est le fait que ces approches se fondent sur une option bien précise et connue de la théorie de la démocratie délibérative, celle dite de « l'équilibre réfléchi » (*Reflective Equilibrium*) [Rawls 1971 ; Daniels 1996 & 2020]. Cette option consiste en un va-et-vient entre quatre niveaux distincts : (1) la prise en considération des jugements éthiques « dominants » sur des cas concrets, inspirés (de la part de ceux qui les portent) par leur culture et leur intuition ; (2) l'observation scrupuleuse des cas, amplifiée par leur description minutieuse ; (3) l'identification des principes éthiques généraux qui régissent les jugements ; (4) l'identification/réflexion des facteurs d'acceptation de ces principes (par exemple l'attente des bienfaits éthiques des technologies quantiques). Rapportée à une éthique des usages, la théorie dite de l'« équilibre réfléchi » présente le mérite d'être dynamique : elle fournit, du fait de son caractère itératif, un canon permettant sinon de forger, du moins de renforcer le jugement éthique, jamais totalement considéré comme définitif, lors de chacune des tentatives d'évaluation. Et non seulement cette manière de procéder fait reposer la question de l'évaluation éthique sur la démocratie délibérative, mais elle implique la participation de parties prenantes qui ne sont pas nécessairement d'accord (et ne le seront peut-être jamais) dans le processus d'établissement de ce qui est éthiquement et démocratiquement souhaitable : selon la belle expression de Grin et De Graaf, « *Technology assessment as learning* », cette manière de procéder fait évoluer la société, elle représente pour les divers acteurs du processus (scientifiques, ingénieurs, social scientist, entrepreneurs, financeurs, prescripteurs, usagers) une nouvelle manière d'apprendre les uns des autres [Grin & van de Graaf, 1996].

Je compléterai ce premier moment en soulignant le fait qu'il existe également un domaine en émergence, intitulé *sciences & technologies studies* (STS), pour lequel ce genre d'approche est d'autant plus important qu'une de ses hypothèses est que les technologies et les sociétés entretiennent des liens très profonds, indissociables. On pourrait dire que pour les STS, technologies et sociétés se constituent mutuellement [Oudshoorn & Pinch, 2003 ; Van House, 2004]. Il apparaît même possible d'évoquer le « façonnage social des technologies » (« *The social shaping of technology* » [Williams & Edge, 1996 ; Williams 1997]). Bien sûr, la science est neutre du point de vue de ses valeurs, ou en tout cas, selon l'effort constant de l'éthique de la recherche scientifique, elle tend toujours à être neutre. Mais pour l'approche STS, la technologie ne peut, quant à elle, être jamais certaine d'être neutre dans les valeurs sociales qui la sous-tendent.

Les défis scientifiques de l'éthique pour les technologies quantiques permettent une première formulation problématique de ce type d'éthique

Nous avons clarifié certains termes du problème de l'éthique pour les technologies quantiques. Nous pouvons à présent mieux formuler l'état actuel de ce problème. Je propose trois formulations du problème qui correspondent aux trois constats effectués plus haut. Ces trois formulations problématiques me paraissent en effet importante pour « s'orienter dans la pensée » en vue de mieux discerner l'éthique des technologies quantiques.

Première formulation : actuellement, alors que l'éthique des technologies quantiques n'est définie ni dans sa nature ni dans ses limites, le domaine quantique n'est pourtant pas sans connaître une approche éthique. En effet, il est concerné par l'éthique de la recherche. Aujourd'hui, étant donné le faible degré de maturité de technologies qui sont encore au sein des laboratoires, les scientifiques du quantique se trouvent dans une situation qui est celle de déterminer si l'éthique de la recherche est adaptée et suffisante pour cette émergence. Il me semble que ce point mérite une attention particulière.

Pour mieux le comprendre, il est possible de mobiliser des connaissances historiques, afin d'approfondir en se référant à quelques grands exemples du même genre. Que se passe-t-il lorsqu'un type de connaissance scientifique ou un domaine majeur de découvertes a connu des transferts en direction du domaine technologique et de l'industrie ? Ce qui se passe pour l'éthique de la recherche, c'est la perception de risques majeurs, qui se traduisent sur le plan éthique par des dilemmes moraux (pour employer la logique de l'éthique déontique). Par exemple c'est ce qui s'est passé avec la mise au point de l'électricité ou des ressources carbonées fossiles comme sources d'énergie, ou encore avec l'essor de la physique nucléaire. Pour ce dernier exemple, on se souvient à quel type de dilemmes moraux furent exposés les savants atomistes vers le milieu du siècle dernier.

Bien sûr, le domaine quantique ne semble pas recouvrir un potentiel d'inquiétude égal à celui dont a toujours été porteur le nucléaire, à travers son ambiguïté majeure, objet majeur d'interrogation éthique, hier en regard de l'émergence de la Bombe, aujourd'hui vis-à-vis de la production de déchets radioactifs et plus généralement des impacts sur l'environnement [Simondon, 2014 ; Friederich & Boudry, 2022]. Je poserai simplement cette question : les vicissitudes morales éprouvées par les acteurs du Projet Manhattan constituent-ils un exemple ou un contre-exemple de ce qui va se passer pour l'éthique adaptée aux technologies quantiques ? L'émergence d'une éthique des technologies quantiques peut-elle créer un

nouveau Manifeste Russel-Einstein [Russel & Einstein 1954] ? Qui seront les Joseph Rotblat (du nom du seul physicien ayant quitté le Projet Manhattan avec l'explosion de la bombe d'Hiroshima) du quantique, s'il y en a [Veys, 2013] ? Ces questions abruptes sont des formulations philosophiques de théorie morale. Elles peuvent tout à fait apparaître brutales : elles traduisent la nature de la contrainte éthique et expriment le type de pression qui peut peser sur les scientifiques au niveau qui est le leur. Mais elles ne doivent pas effrayer excessivement, puisque par ailleurs la communauté scientifique possède des outils et des moyens pour se poser ce genre de questions [voir par exemple à propos des sujets de l'énergie Audouze, 1997].

Deuxième formulation : puisque les technologies quantiques sont appelées à devenir des innovations, elles relèveront de l'éthique de l'innovation. Or, une telle chose n'existe pas, en tout cas pas encore ou pas vraiment. On entend par innovation non seulement l'émergence de la nouveauté du point de vue technique et organisationnel, mais un système économique cohérent visant la mise en marché de la nouveauté [Ménissier 2021 & 2022]. Dans ce système, les usagers jouent un rôle fondamental (ces usagers qui sont souvent des clients, même si c'est de manière parfois cachée, ce qui rend leur consentement à payer presque invisible). Et c'est au niveau de l'utilisateur qu'il y a quelque chose qui ressemble à l'éthique, qui valorise la forme de raisonnement utilitariste et qui se joue dans la dimension de l'acceptabilité des nouveautés. Les nouveautés technologiques et organisationnelles quand elles sont acceptées (parfois au terme d'un calcul des préférences basé sur le raisonnement conséquentialiste de l'utilitarisme), passent pour bonnes ; leur adoption passe pour une validation éthique ; une approche purement utilitariste de l'éthique pourrait même le valider ce point. Or, en toute rigueur (et surtout si l'on fait participer à la discussion les autres formes du raisonnement éthique, on peut aisément trouver cela discutable, voire critiquable, et cela pour deux séries de raisons.

D'une part, l'acceptation des nouveautés ne vaut pas pour une approche éthique. L'acceptabilité n'est pas un critère éthique. Et cela, parce que le système de l'innovation joue sur les séductions de la nouveauté, sur les intérêts matériels et le désir entretenu par le marketing. L'acceptabilité reproduit le monde qui fait émerger les innovations, et ce monde relève strictement de l'économie capitaliste. D'autre part, l'utilitarisme n'est pas la seule forme de raisonnement éthique, et on a même pu le critiquer sévèrement dans la mesure où il conduit parfois à adopter une attitude amoraliste sinon immoraliste (c'est la critique de son aspect « sacrificiel » [Rawls, 1971 ; Smart & Williams, 1973]. On a également critiqué la forme même de raisonnement sur lequel il s'appuie, le « conséquentialisme », au motif qu'en amoindissant la vigueur des questionnements éthiques elle viderait de son sens la démarche utilitariste

[Anscombe, 1958]. Telle est la deuxième caractérisation problématique de l'éthique des technologies quantiques, dont je donnerai ces deux formulations complémentaires : alors que ces technologies, lorsqu'on crée des start-up qui sortent des laboratoires, relèvent bien de la catégorie des innovations, l'éthique des technologies quantiques pourra-t-elle échapper à la catégorie (éthiquement appauvrie) de l'acceptabilité ? Et comment le domaine quantique, à la recherche de l'éthique des technologies qu'il va contribuer à produire, va-t-il organiser « le conflit des raisonnements éthiques », qui ne peut manquer de se produire entre l'éthique du devoir qui correspond aux dilemmes potentiellement vécus par les scientifiques et l'éthique utilitariste typique du monde de l'innovation ?

Troisième formulation. Ainsi que je l'ai dit plus précédemment, l'approche dite STS offre une vue approfondie des relations entre technologies et sociétés, la plus complète à ce jour. Et pour elle, technologies et sociétés sont dans une relation de co-dépendance, ou de co-implication. Cette interprétation prend tellement au sérieux l'importance des technologies pour les sociétés, qu'elle estime qu'elles se développent mutuellement. La technologie dominante d'une société est celle que celle-ci s'est (plus ou moins clairement et explicitement) choisie, en fonction de son histoire technique, mais aussi de ses valeurs sociales majeures. Ainsi, pour l'approche STS, est représentatif de l'époque moderne le choix de l'énergie thermique à travers ses développements scientifiques et industriels, depuis la parution des *Réflexions de Carnot* sur « la puissance motrice du feu » (1824), le développement technique du paradigme thermodynamique et la révolution industrielle. Pour plusieurs auteurs sociologues des techniques, depuis, dans le cadre du même paradigme socio-technique, se sont développées avant-hier l'électricité, hier l'informatique et aujourd'hui l'intelligence artificielle [Gras, 2007 ; Dubey & Gras, 2021].

Ce dernier point apparaît très important pour le sujet que nous examinons. En effet il interroge ce qu'on attend d'une éthique des/pour les technologies. A quoi peut servir dans ces conditions une éthique des/pour les technologies ?

Doit-elle seulement servir à évaluer éthiquement les *technologies existantes* ? Si oui, comment ? Selon qu'elles apparaissent bonnes/mauvaises compte tenu d'un rapport entre les coûts et les bénéfices attendus, donc en fonction d'un « calcul d'utilité », ainsi que le propose le raisonnement de type utilitariste ? Ou bien doit-elle évaluer ces technologies en regard du devoir des personnes engagées dans leur conception, leur développement, leur prescription et leurs usages (éthique du devoir ou déontologique) ? ou bien avec des valeurs (éthique axiologique) et en fonction des vertus ou des vices qu'elles stimulent (éthique arétaique) ?

Ou bien doit-elle évaluer éthiquement les technologies en regard du possible vers lequel doit aussi nécessairement ouvrir toute approche éthique ? Ainsi que je l'ai rappelé plus haut, dans l'approche STS, la technique ou technologie est toujours un miroir qui est tendu à la société. Les techniques socialement acceptées désignent les valeurs sociales, de telle sorte qu'accepter le développement de telle ou telle technologie, de telle ou telle manière déterminée, c'est accepter implicitement les valeurs du système social qui les a engendrées. Si on formule maintenant une ambition éthique en fonction de l'approche STS, on va devoir interroger les valeurs désirables pour les technologies quantiques. La meilleure formulation problématique pour l'éthique des technologies quantiques pourrait alors être la suivante (et c'est la dernière que je soumetts à notre réflexion collective) : « quels choix éthiques opérer pour les technologies quantiques en fonction de quel choix de société, ou pour quel type de société ? ».

Cette question m'apparaît redoutable par son puissance d'interrogation, ou par sa profondeur. C'est cette question qui constitue pour nous le défi le plus ambitieux de la partie éthique du projet TiQua, et j'espère que nous pourrons le relever avec les forces de la fédération quantique de Grenoble.

Bibliographie

- ANR, 2014 : Accompagnement spécifique des travaux de recherche et d'innovation défense : maturation et valorisation. Edition 2014. <https://anr.fr/fileadmin/aap/2014/aap-astrid-m-2014.pdf>
- Anscombe, G.E.M., 1958. Modern Moral Philosophy. *Philosophy*. Vol. 33 n° 124.
- Aristote (2004). *Ethique à Nicomaque* (ca. -322). trad. R. Bodeüs. Paris : Flammarion.
- Audouze, J. (1997). L'éthique des énergies. UNESCO. Scientific Group on the Ethics of Energy. Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000113233>
- Billier, J.-C., (2010). *Introduction à l'éthique*. Paris : PUF.
- Canto-Sperber, M., dir. (2004). *Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale*. Paris : PUF.
- Copp, D. eds. (2007). *The Oxford Handbook of Ethical Theory*. Oxford : Oxford University Press.
- Daniels, N. (1996). *Justice and justification: Reflective equilibrium in theory and practice*. New York and Cambridge: Cambridge University Press.

- Daniels, N. (2020). Reflective Equilibrium. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2020 Edition). Zalta, E.N. (ed.). <https://plato.stanford.edu/archives/sum2020/entries/reflective-equilibrium/>
- Dubey, G., Gras, A. (2021). *La Servitude électrique. Du rêve de liberté à la prison numérique*. Paris : Éditions du Seuil.
- Friederich, S., Boudry, M. (2022). Ethics of Nuclear Energy in Times of Climate Change: Escaping the Collective Action Problem. *Philos. Technol.* **35**, 30. <https://doi.org/10.1007/s13347-022-00527-1>
- Gras, A. (2007). *Le Choix du feu. Aux origines de la crise climatique*. Paris : Fayard.
- Grin, J., van de Graaf, H. (1996). Technology assessment as learning. *Sci Technol Hum Values*. 20. 72-99.
- Grinbaum, A. (2017). Narratives of quantum theory in the age of quantum technologies. *Ethics and Information Technology*. 19(4). 295-306. DOI 10.1007/s10676-017-9424-6
- Kant, I. (1986). *Critique de la raison pure* (1781, 1787). trad. A. Tremesaygues et B. Pacaud. Paris : PUF.
- Kant, I. (1990). *Qu'est-ce que s'orienter dans la pensée ?* (1786). trad. A. Philonenko. Paris : Librairie philosophique J. Vrin.
- Kop, M. (2021). Establishing a legal-ethical framework for quantum technology. Yale Law School. *Yale Journal of Law & Technology (YJoLT)*. The Record <https://yjolt.org/blog/establishing-legal-ethical-framework-quantum-technology>
- Laugier, S., dir. (2010). *La Voix et la vertu. Variétés du perfectionnisme moral*. Paris. PUF.
- Russel, B., Einstein, A. (1954). *Manifeste Russel-Einstein. Impact: science et société*. 1976. XXVI, 1/2. 17-19. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000017290_fre
- Méniessier, T. (2021). *Innovations. Une enquête philosophique*. Paris : Editions Hermann.
- Méniessier, T. (2022). Innovation, from consumption to reinvention of socialization. *Philos. Technol.* **35**, 66. <https://doi.org/10.1007/s13347-022-00563-x>
- Oudshoorn, N., Pinch, T. (2003). *How users matter: the co-construction of users and technology (inside technology)*. Boston : The MIT Press.
- Palm, E., Hansson, S.O. (2006). The case for ethical technology assessment (eTA). *Technological Forecasting and Social Change*. Volume 73 Issue 5. 543-558. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.06.002>.
- Perrier (Elija), 2021 : « Ethical Quantum Computing. A Roadmap », arXiv:2102.00759, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.00759>

- Rawls, J. (1971). *A Theory of Justice*. Harvard : Harvard University Press. The Belknap Press.
- Schumpeter, J.A. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge (MA) : Harvard University Press.
- Schumpeter, J.A. (1994). *Capitalism, socialism and democracy* (1943). London & New York : Routledge.
- Simondon, G. (2014). Trois perspectives pour une réflexion sur l'éthique et la technique (1983). In *Sur la technique*. Paris : PUF. 337-351.
- Smart, J.J.C., Williams, B. (1973). *Utilitarianism: For and Against*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Spinoza, B. (2011). *Ethique* (1677). trad. R. Misrahi. Paris, L.G.F./Le Livre de Poche.
- Van House, N. A. (2004). Science and Technology Studies and Information Studies. *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)*. v. 38, 3-86.
- Veys, L (2013). Joseph Rotblat: Moral Dilemmas and the Manhattan Project. *Phys. Perspect.* **15**, 451-469. <https://doi.org/10.1007/s00016-013-0125-1>
- Williams, R., Edge, D. (1996). The social shaping of technology. *Research Policy*. Vol. 25 Issue 6. 865-899, [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(96\)00885-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(96)00885-2).