

L'approche *ethics-by-design* et sa pertinence pour l'éthique des biotechnologies

Maxence Gaillard^{1,2}

1-Centre for Medical Ethics, Institute of Health and Society, Université d'Oslo, Postboks 1130 Blindern 0318 Oslo, Norvège

2-Institut supérieur de philosophie, UCLouvain, place du Cardinal Mercier, 14, B-1348, Louvain-la-Neuve, Belgique

m.r.c.gaillard@medisin.uio.no

Résumé

L'approche *ethics-by-design* est proposée depuis peu aux développeurs de technologies pour s'assurer que leurs produits se conforment à un certain nombre de valeurs. Cette approche présente l'intérêt d'essayer d'anticiper les retombées des nouvelles technologies et de proposer des étapes précises pour leur évaluation et leur conception, conformément à des normes éthiques. L'application de cette approche soulève des questions sur la nature des biotechnologies en tant qu'objets destinés à circuler dans la société. La réflexion bioéthique pourrait donc partiellement s'inspirer de cette approche.

Savoir si le développement concret de telle ou telle technologie en gestation va dans le sens d'un progrès requiert que cette technologie ne corresponde pas seulement à des avancées techniques mais aussi qu'elle réponde à des critères moraux. Les débats accompagnant le développement de familles de technologies aussi importantes que le nucléaire, l'intelligence artificielle ou le génie génétique, en témoignent amplement. L'*ethics-by-design* est une approche selon laquelle, intégrer la considération des valeurs à respecter le

plus en amont possible dans le processus de développement de la technologie permet d'anticiper et de prévenir les effets néfastes qui pourraient advenir lors de sa mise en œuvre. On ne traduira pas *ethics-by-design* (ED) – le terme renvoie à l'idée de conception, comme si l'objet technologique, de par la manière dont il est conçu, possédait certaines propriétés qui font que son utilisation ou son application sont assurées de respecter certaines règles ou principes éthiques. Cette approche, proposée et développée depuis peu [1], est de plus en plus fréquemment mise en avant dans des appels à projets, en particulier au niveau européen.

Si elle trouve son origine dans le champ de l'éthique de l'intelligence artificielle (IA) [2-5], la question de savoir si l'ED peut être mobilisée dans d'autres champs de recherche technologique, au-delà de l'IA, et quels enseignements en tirer, en particulier dans la sphère de la bioingénierie, est posée ici.

Les difficultés d'une éthique par anticipation

L'intérêt pour une nouvelle approche vient, en partie, de l'échec, depuis plusieurs décennies, des tentatives de faire face collectivement aux enjeux éthiques soulevés par les technologies émergentes. Si les propositions pour discuter et évaluer les technologies émergentes sont nombreuses, si les arènes de la philosophie, de la bioéthique et de la médecine résonnent de promesses et de leurs critiques, les procédures concrètes et efficaces pour contrôler le développement technologique ne sont finalement pas si nombreuses.

Par exemple, une procédure de type ELSI (*ethical, legal, and social implications*)¹ laisse en général sceptique quant à la capacité d'un sous-programme, financé par le programme de développement de la technologie principale, à influencer réellement la forme que prendra ce développement et, en particulier, à l'arrêter si cela s'avérait nécessaire [6]. Les exercices de *technology assessment* (études d'impact)², menés directement au niveau politique, ont plus

¹ Certains grands programmes de recherche scientifique et technologique dédient une partie de leur budget à l'examen des enjeux éthiques de ladite technologie, comme initié lors du projet de séquençage du génome humain en 1988.

² Le *technology assessment* désigne des procédures variées engageant experts, politiques, et éventuellement citoyens, pour anticiper les conséquences des technologies et en saisir les enjeux dans une perspective de décision collective. De nombreux parlements sont dotés d'instances de ce type, mais leur capacité à influencer concrètement le cours du développement des technologies reste en question. Par exemple, l'*Office for technology assessment* américain est surtout célèbre pour avoir été fermé en 1995 par le gouvernement après des années de conseils avisés. En France, on ne compte pas le nombre de rapports d'instances consultatives, expertes ou citoyennes, qui étudient dans le détail des technologies particulières sans que cela ne se traduise dans de la législation.

de chances d'aboutir à de la régulation, mais ils n'influent pas facilement la trajectoire technologique empruntée par les acteurs du secteur. On comprend qu'il y a deux obstacles dans la mise en œuvre d'une éthique qui s'appliquerait aux technologies à venir : le premier tient à la difficulté d'anticiper le développement de la technologie et ses conséquences sur la société ; le second tient à la capacité de la démarche éthique d'infléchir le cours des choses. C'est ce que résume le dilemme de Collingridge³[7]. Une réflexion éthique amorcée trop tôt dans le cycle de développement d'une technologie, risque de ne pas pouvoir prendre en compte ses conséquences réelles, et, ainsi, on accepterait (ou refuserait), par ignorance, une technologie dont on ne perçoit pas encore les impacts négatifs (ou positifs). À l'inverse, une fois une technologie développée, testée, mise en œuvre, commercialisée, la réflexion critique serait impuissante à agir, simplement parce que la technologie s'est déjà installée dans nos vies, ou qu'elle a modifié les rapports de force entre les acteurs.

Titre niveau 1

L'approche *ethics-by-design*

L'approche *ethics-by-design* repose sur l'idée que l'on peut identifier les valeurs essentielles que doit respecter le système ou le produit développé et les prendre en compte très en amont dans le développement technologique. Elle consiste à favoriser certains choix dans la conception de la technologie de telle sorte que l'outil se conforme à ces valeurs ou principes à respecter. Pour cela, il faut traduire les principes éthiques en étapes opératoires dans le développement de la technique. Il s'agit d'anticiper, mais de manière concrète et en partant de leviers d'actions incorporés dans la technologie elle-même.

C'est tout le processus de développement technologique qui pourrait être repensé. Une technologie est généralement développée pour apporter une solution concrète à une demande (sociale, médicale, etc.) ou pour répondre à un problème technique. Pour cela, l'ingénieur doit avoir en tête l'objectif à remplir et les capacités et les limites de son outil, ainsi que les contraintes liées à la production et l'usage futur (coût, commercialisation, etc.). L'approche ED commence par identifier les principes et valeurs morales fondamentales que l'on tient pour importants (la justice, le respect, l'autonomie des personnes, etc.), ou, plus

³ Ce dilemme est posé par David Collingridge dans son livre *The Social Control of Technology* [7].

précisément, que l'on veut que la technologie respecte, une fois susceptible d'être mise en application [1]. Il faut ensuite traduire ces principes en exigences plus concrètes – par exemple, suivre un idéal de justice signifie qu'on ne souhaite pas discriminer les individus en fonction de leur origine, leur groupe ethnique, etc. – et identifier les biais que la technologie que l'on souhaite développer pourrait introduire (par exemple, contribuer à un traitement discriminatoire des individus). Si tel est le cas, alors il faut revenir sur les étapes du développement et traduire ces exigences en une méthodologie particulière qui vaut pour une technologie donnée, c'est-à-dire trouver où les applications techniques peuvent s'écarter des principes et à quelles étapes du développement y remédier.

L'ED n'est pas encore un outil clé-en-main qu'une entreprise ou un laboratoire de recherche et développement technologique pourrait s'approprier en une session de formation, mais certaines méthodologies ont été proposées pour suivre cette approche dans des contextes précis, en particulier de développement de logiciel. L'approche ED est promulguée au niveau européen, mise en avant par certains projets qui incitent les développeurs, notamment en d'intelligence artificielle (IA), à suivre une telle approche [8]. Que l'ED trouve son origine dans l'éthique de l'IA et de la robotique n'est pas seulement dû au fait que les impacts de ces outils sur la société sont potentiellement importants, immédiats, et difficiles à circonscrire. Les systèmes d'IA contribuent directement à la prise de décision quand, en tant que systèmes intelligents, nous leur demandons de trier ou de choisir pour nous. Pour certains, ces choix peuvent relever de jugements éthiques, comme en témoigne le débat sur les normes de sécurité à implémenter dans les voitures autonomes (une voiture autonome doit-elle délibérément mettre en danger son conducteur pour éviter un piéton ?) [9]. Les « lois de la robotique »⁴ proposées par Isaac Asimov (1920-1992), écrivain de science-fiction, stipulant, par exemple, qu'un robot ne peut porter atteinte aux êtres humains et doit obéir à leurs ordres (loi numéro 1), seraient une expression du type de contraintes auxquelles nous voulons que nos objets se plient. Dans ce cas le robot agit en autonomie, mais on l'astreint à suivre certains principes, ce qui nous assure que ses décisions respectent le cadre que l'on veut lui donner.

⁴ loi numéro 1 : un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni, restant passif, permettre qu'un être humain soit exposé au danger ; loi numéro 2 : un robot doit obéir aux ordres que lui donne un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la première loi ; loi numéro 3 : un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la première ou la deuxième loi.

Parmi les exemples d'application de l'IA, qui contreviendraient aux normes acceptées dans la société, on trouve le développement d'un algorithme qui trie automatiquement les *curriculum vitae* des candidats par l'entreprise *Amazon* [10]. La cellule chargée de développer ce projet s'est finalement rendue compte que l'IA qu'ils utilisent exclut systématiquement les candidatures féminines, probablement à cause d'un biais introduit dans la base de données (le milieu des ingénieurs est surtout masculin, les hommes sont donc surreprésentés dans les données de recrutement des années précédentes). On ne sait pas exactement quel impact cet algorithme particulier a eu sur le processus de sélection pour l'entrée dans la compagnie, mais il est possible que certaines personnes aient été écartées avant que cet algorithme ne soit abandonné, ce qui correspondrait à une discrimination injustifiée. La solution suggérée par la démarche ED aurait été, dans le cadre de ce développement, une estimation des biais le plus en amont possible, et une réflexion sur les contre-mesures techniques, avant de faire « tourner » l'algorithme. Cette approche se rapporte bien sûr aux applications de l'IA en médecine. Si l'on demande à une IA d'effectuer un tri en amont de la décision clinique, il s'agit, par exemple, de s'assurer qu'aucun biais dans la construction de l'algorithme ou de la base de donnée ne va venir perturber le diagnostic.

Titre niveau 2

Les valeurs de la technique

Il y a ainsi, dans l'approche ED, l'idée que les valeurs sont, en quelque sorte, incorporées dans le système technique lui-même, et que, si le développement technologique suit certains principes éthiques – et pas seulement des principes de rentabilité et d'efficacité –, alors on peut obtenir des technologies qui seront éthiques « par conception » [3, 11]. Ainsi, pour un outil informatique, si on estime qu'il est important de respecter la vie privée de ses utilisateurs et que leurs données ne soient pas détournées sans leur consentement, plutôt que de laisser l'outil collecter des données et ensuite en réguler l'usage (par exemple, la commercialisation ou le transfert), il est préférable de développer un outil qui soit, initialement, fonctionnel en ayant recours au minimum de données personnelles ou en les anonymisant d'emblée.

Cette idée d'outils qui seraient intrinsèquement conformes, ou pas, à certains principes éthiques se comprend si l'on accepte l'idée selon laquelle des valeurs peuvent se

retrouver intégrées ou incorporées dans les technologies qui sont développées. Les innovations techniques charrient par nature des valeurs : « *tout ce qui a été conçu, tout artefact, bout de technique et système fabriqué par les humains contient les préférences, les valeurs et la philosophie de ses concepteurs et fabricants* » [12]. Contre une idée reçue selon laquelle les objets techniques seraient neutres et que seul l'usage importerait – la « philosophie du western » nous suggère qu'un pistolet est une arme pour faire le mal dans les mains d'un méchant, mais un outil parfois nécessaire dans les mains d'un gentil –, les philosophes et les sociologues affirment, depuis longtemps, que les artefacts (les objets développés) sont politiques, c'est-à-dire que la manière dont nos objets techniques sont construits nous contraignent d'une manière qui n'est pas neutre, par exemple en ce qu'ils n'affectent pas tout le monde pareillement. Le sociologue américain Langdon Winner mentionne ainsi le cas des ponts construits au-dessus de l'autoroute de Long Island. Ils auraient été conçus intentionnellement bas par un urbaniste afin de ne pas laisser passer les bus qui risquaient de convoier des populations moins aisées vers des lieux de loisir que l'on voulait réserver aux classes supérieures [13]. Les produits technologiques, en ce sens, nous imposent des contraintes, limitent nos choix, ou nous inclinent à suivre certains schémas d'actions. À l'opposé de la contrainte technique imposée par les ponts que nous avons évoqués, les rampes ou autres techniques qui facilitent l'accès aux locaux publics des personnes à mobilité réduite sont le résultat d'une prise de conscience de rendre dès leur conception les bâtiments accessibles à toutes les personnes. On se rend compte, un peu tard, que nombre de constructions ne prenaient pas en considération cet idéal, et que changer les normes sociales passe nécessairement par une évolution de notre infrastructure technique.

Titre niveau 1

L'approche ED et les biotechnologies

Les biotechnologies sont des technologies : des produits fabriqués, pensés pour avoir un impact sur le monde, et qui peuvent donc avoir été conçus à partir de certaines valeurs. On pourrait donc anticiper les conséquences de leur développement et interroger si ce développement suit un certain nombre de principes que l'on considère comme souhaitables. En conséquence, certains documents suggèrent donc la pertinence de l'approche ED dans le domaine de la santé [1]. Le dilemme de Collingridge y prévaut aussi : il semble qu'il n'y ait pas

d'évaluation possible de ces technologies sans mesure précise des dangers, par exemple des toxicités, des effets à long terme ou des modifications apportées à l'environnement, et donc, sans prise de risque. Au-delà de la question de la sûreté et de l'efficacité des produits et thérapies, doit être posée la question de leur désirabilité individuelle et collective, que l'on peut traduire, notamment, par des calculs coûts/bénéfices en santé publique ou en économie de la santé. Dans ce dernier cas, les procédures d'évaluation des technologies se fondent sur des données qui ne sont disponibles que lorsque la technologie a atteint un certain seuil de maturité. Ainsi, malgré l'existence d'un cadre législatif et réglementaire pour l'introduction de nouvelles technologies qui ont trait à la santé humaine – des comités d'éthique, des agences de régulation chargées non seulement de la sécurité des usagers mais aussi d'une évaluation du juste coût des traitements et du niveau des remboursements –, il arrive, comme dans le cas des scandales sanitaires, que certaines innovations tournent au fiasco. À un dernier niveau, il importe de souligner que la question de la désirabilité va plus loin que le seul critère de l'efficacité et du coût : elle renvoie aussi à des interrogations fondamentales sur l'avenir technologique que nous voulons construire, questions qui relèvent de la réflexion bioéthique au sens large. L'approche ED s'inscrivant dans un paysage institutionnel de prise en charge des questions éthiques et de contrôle démocratique des technologies complexe, quelle peut être sa valeur ajoutée par rapport aux procédures existantes ?

Une première objection pourrait consister à dire que les biotechnologies ne sont pas des technologies comme les autres, justement en ce qu'elles sont composées de matériel vivant, et que le vivant possède certaines caractéristiques qui ne sont pas celles des matériaux inertes. Tous les objets techniques se dégradent ou peuvent changer de signification en fonction de l'environnement et de l'usage que l'on en fait, mais la capacité d'évolution intrinsèque du vivant accroît cette incertitude (mutations, disséminations, adaptations, etc.).

L'objection peut effectivement être considérée, mais ce n'est pas forcément une raison majeure pour abandonner l'idée d'anticiper les conséquences de la technique et d'identifier les valeurs qui y sont inscrites. En revanche, en termes de structuration du champ de l'éthique et de la valeur ajoutée de l'approche ED, on peut se demander ce qu'apporterait une éthique de l'ingénieur, inventée pour un domaine qui n'avait justement pas l'habitude de se poser les questions éthiques, à un domaine pour lequel les procédures et garde-fous sont déjà nombreux. Les bioingénieurs ont-ils vraiment besoin de ce supplément ? La demande

d'extension de l'ED serait alors essentiellement un dispositif rhétorique, la bioéthique offrant déjà tous les outils souhaités.

Les « valeurs » identifiées dans les démarches d'ED s'appuient souvent sur les principes de la bioéthique (bienfaisance, autonomie, justice). On peut donc passer de ces principes aux applications médicales des biotechnologies sans forcément détailler toutes les étapes de l'approche ED.

Gardant ces limites à l'esprit et le caractère inchoatif⁵ de cette nouvelle approche, on comprend que le plaidoyer en faveur d'une approche ED permet d'insister sur l'ensemble du processus de production, et qu'il importe particulièrement de ne pas considérer les produits de la bioingénierie comme des objets finis qui seraient intrinsèquement bons ou mauvais, mais comme des produits modifiables. Tout au long du processus de production, la technologie peut être orientée dans une direction ou une autre. Une telle démarche incite à anticiper les conséquences les plus lointaines de ce qui peut apparaître comme de « petites décisions techniques » mais qui peuvent avoir, à terme, des répercussions importantes sur la qualité et l'intérêt du produit. Manifestement, les bioingénieurs ne peuvent pas se contenter de s'assurer de la sécurité (non-toxicité) de leurs produits et de se demander si « ça marche » (validation scientifique), pour ensuite laisser faire le marché pour déterminer si des clients existent pour cette technologie et à quel prix. Les questions de justice, d'équilibre global, des conséquences pour les sociétés et les écosystèmes, peuvent être présentes à tous les niveaux, y compris dans le choix de matériaux pour s'assurer que, si jamais le produit venait à accéder à une phase de production industrielle, il n'en résulterait pas des prérequis contraires à certains de nos principes (par exemple, une consommation invraisemblable d'animaux ou de plastique).

S'interroger sur le coût global du développement de la technologie et son accessibilité fait aussi partie de sa conception. Par exemple, on pourrait dire qu'un traitement par thérapie génique, qui demande un investissement initial massif et se trouve commercialisé à un prix exorbitant, même s'il peut trouver un marché et des investisseurs en s'adressant à un public fortuné, est intrinsèquement mal conçu en ce qu'il ne respecte pas l'exigence de justice [14] **(M/S : voir 14)**. Prendre en considération cette question intervient très en amont du

⁵ Qui commence à se développer.

développement, bien avant la mise sur le marché et probablement avant même l'investissement initial.

En revanche, certains choix dans la conception de l'objet peuvent lever des barrières et ouvrir des alternatives. On peut penser au « *kill switch* », un interrupteur sensible à certaines modifications des signaux environnementaux, mis en place dans des entités artificielles (produits de la biologie synthétique) pour éviter une dissémination dans des contextes non désirables [15]. Malheureusement, il est à parier que la conception, si robuste soit-elle, ne puisse réduire à néant la part du hasard et des incertitudes. Si même les systèmes techniques les plus fiables peuvent connaître des imprévus, alors que dire des systèmes vivants...

Le discours qui consisterait à dire, concernant les manipulations génétiques, que tout ou presque est possible *in vitro*, du moment que l'on ne réalise pas d'implantation *in vivo* chez l'homme, s'est vite heurté aux limitations de la régulation des usages, avec la révélation de la naissance des « bébés CRISPR » [16] **(M/S : voir 16)**. On peut penser aussi aux chimères ou aux modèles embryonnaires. Si, par exemple, la possibilité de l'émergence d'un système nerveux dans un modèle embryonnaire *in vitro* devient problématique [17] **(M/S : voir 17)**, on peut supposer qu'un modèle dont le développement du système nerveux est inhibé propose un garde-fou plus robuste que les restrictions à l'usage (nombre de jours de développement, limitations des *inputs*, etc.) que l'on peut proposer.

Titre niveau 1

L'éthique à venir

Les promoteurs de l'approche ED ne prétendent pas qu'une éthique implémentée dès la conception de l'objet nous fasse faire l'économie d'une éthique de l'usage, notamment parce que tout ne peut pas être connu et anticipé au stade de la conception et que l'incertitude doit donner lieu à une surveillance continue. Cette idée d'un contrôle du processus et d'une intégration des enjeux éthiques par les ingénieurs mêmes peut paraître suspecte si elle est poussée à l'extrême. Les normes ont ainsi vocation à être définies collectivement en société, et pas simplement décidée par les développeurs des produits.

L'ED ne dit rien sur le choix des valeurs et sur les tensions entre les différentes valeurs. Ce problème est en revanche bien connu de la bioéthique qui s'est construite autour du conflit

des principes. Un virus génétiquement modifié dans le cadre d'expérimentations de gain de fonction pourrait constituer un exemple d'objet intrinsèquement dangereux, donc violant un principe de base tel que celui de non-malfaisance, mais si l'on place la valeur cognitive de l'artefact encore plus haut, on peut accepter que l'étude d'un tel objet soit importante pour comprendre des processus biologiques qui nous affectent.

En tant que nouvelle approche, dont le rôle reste à définir pleinement, l'ED a le mérite de mettre l'accent sur deux points. D'abord, sur le fait que l'objet technique n'est pas un produit fini qu'il faudrait évaluer de l'extérieur et sur lequel le jugement moral viendrait se poser après coup. Il y a bien des valeurs qui sont présentes tout au long du processus de production de l'objet, qui peut être redirigé à tout moment. Ensuite, l'ED suggère que l'interdiction ou la régulation stricte par la loi ne sont pas toujours les meilleures voies dont nous disposons pour modeler notre futur technologique. En cela, elle tente de faire porter plus de responsabilité sur les développeurs de ces technologies, en leur proposant des « *guidelines* » (directives ou conseils), avec ce que cette stratégie comporte de limites et de risques si on leur en délègue toute la responsabilité et qu'on leur accorde une confiance aveugle.

Titre niveau 1

Conclusion

La référence à deux débats contemporains en éthique de la technologie nous permet de repositionner notre discussion dans son contexte. Le premier concerne le « *nudging* ». Il s'agit de techniques orientant le comportement des individus dans un sens supposé vertueux par son initiateur, la puissance publique par exemple [18] **(M/S : voir 18)**. Même si certaines techniques procurent des gains en termes de santé publique (on consomme moins si les assiettes du buffet sont plus petites), on peut s'interroger sur l'absence de consentement des personnes ciblées. Influencer par la technique, c'est une manière d'imposer un choix de manière latente. L'autre concept est celui du « *dual use* » (double usage) [19] **(M/S : voir 19)**, c'est-à-dire de la potentielle utilisation militaire (ou terroriste) d'une technologie civile. Si tous les appels à projets demandent, désormais, de clarifier la position de la recherche par rapport au double usage, c'est qu'il y a, de la part du décideur ou du financeur, quelque chose comme une peur de voir l'objet développé échapper à leur contrôle. Il est vrai qu'il serait regrettable

que le financement public de la recherche en santé finisse par nourrir le bioterrorisme, mais on voit qu'il est très difficile d'anticiper toutes les applications potentielles de la recherche et, pour un chercheur, d'assurer que jamais son produit ne pourra donner lieu à une réutilisation à d'autres desseins (voir l'histoire du nucléaire civil et militaire). Demander aux chercheurs et aux développeurs d'anticiper les enjeux éthiques dès la conception de leurs outils est louable, leur demander de prendre en charge toutes les conséquences qu'ils pourront avoir est beaucoup moins réaliste et ne doit pas servir de prétexte à décharger le régulateur, et tous les autres acteurs, de leurs responsabilités propres.

Remerciements

Je remercie Jacques Haiech et Raymond Pamphile pour leurs commentaires. Cette synthèse repose sur une recherche effectuée dans le cadre du projet européen H2020 HYBRIDA, *Embedding a comprehensive ethical dimension to organoid based research and related technologies* (Grant Agreement 101006012).

Summary

Ethics-by-design and its relevance for biotechnologies

Ethics by design has been developed recently as an approach prompting developers of new technologies to take into consideration ethical issues at the stage of the design process. This approach is guided by the need to anticipate effectively ethical issues that will likely arise with emerging technologies: Embedding ethical considerations at the design stage is a strategy to mitigate early the potential pitfalls of fast-developing tools. At the European level, several guidelines and methodologies have already been proposed, especially in the field of artificial intelligence. This synthesis is a primer on ethics-by-design that sketch a discussion of its roots and principles. Beyond artificial intelligence, it raises also the issue of the extension of ethics-by-design to biotechnologies.

Références

[1] Brey P, Dainow B, Erden Y, *et al.* SIENNA D6.3: Methods for translating ethical analysis into instruments for the ethical development and deployment of emerging technologies.

Zenodo ; doi:10.5281/zenodo.5541539.

- [2] d'Aquin M, Troullinou P, O'Connor N, *et al.* Towards an 'Ethics by Design' Methodology for AI Research Projects. *Proceedings of the 2018 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* 2018 ; 54–9.
- [3] Dignum V, Baldoni M, Baroglio C, *et al.* Ethics by Design: Necessity or Curse? *Proceedings of the 2018 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* 2018 ; 60-6.
- [4] Coeckelbergh M. Artificial Intelligence: Some ethical issues and regulatory challenges. *Technology and Regulation* 2019 ; 31–4 ; doi: 10.26116/techreg.2019.003.
- [5] Nurock V, Chatila R, Parizeau MH. What Does 'Ethical by Design' Mean? In : Braunschweig B, Ghallab M, eds. *Reflections on Artificial Intelligence for Humanity*. Cham : Springer International Publishing, 2021 : pp. 171–90.
- [6] Rabinow P, Bennett, G. *Designing Human Practices: An Experiment with Synthetic Biology*. Chicago : University of Chicago Press, 2012.
- [7] Collingridge D. *The Social Control of Technology*. Londres : Frances Pinter, 1980.
- [8] High-Level Expert Group on AI. *Ethics guidelines for trustworthy AI | Shaping Europe's digital future*. 2019. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.
- [9] Bonnefon J-F, Shariff A, Rahwan I. The social dilemma of autonomous vehicles. *Science* 2016 ; 352 : 1573–6.
- [10] Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women. *Reuters* 2018. <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight-idUSKCN1MK08G>
- [11] Fischer F. L'éthique by design du numérique : généalogie d'un concept. *Sciences du Design* 2019 ; 10 : 61–7.
- [12] European Group on Ethics in Science and New Technologies. *Values for the Future: The Role of Ethics in European and Global Governance*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2021. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/595827>
- [13] Winner L. Do Artifacts Have Politics? *Daedalus* 1980 ; 109 : 121–36.
- [14] Fischer A, Dewatripont M, Goldman M. L'innovation thérapeutique, à quel prix ? *Med Sci (Paris)* 2020 ; 36 : 389–393
- [15] Chan C, Lee J, Cameron D, *et al.* 'Deadman' and 'Passcode' microbial kill switches for bacterial containment. *Nat Chem Biol* 2016 ; 12 : 82–6.
- [16] Jordan B. Bébés CRISPR - Anatomie d'une transgression. *Med Sci (Paris)* 2019 ; 35 ; 35 :

266–70.

[17] Chneiweiss H. Organoïdes : nouvelles perspectives et nouvelles questions éthiques. *Med Sci (Paris)* 2020 ; 36 : 99-100.

18 Huyard C. « Nudges » : validité, limites et enjeux éthiques, notamment en santé. *Med Sci (Paris)* 2016 ; 32 : 1130-4.

19 Velardo F, Prudhomme J, Temime L, Jean K. Recherche à usage dual sur les pathogènes modifiés en laboratoire — Quel encadrement pour quels enjeux ? *Med Sci (Paris)* 2022 ; 38 : 303-8.