

Pluraliser les discours technologiques eurocentriques après le tournant post-colonial

Erik van der Vleuten

Si une histoire globale des techniques doit rompre avec les « modèles universalisants, diffusionnistes et eurocentriques » et restaurer une pluralité de conceptions de la technique dans divers contextes socio-écologiques, comme le souhaite l'introduction de ce livre, elle pourrait bénéficier d'une discussion sur ce qu'étaient ces « modèles ». À cette fin, ce chapitre revisite l'histoire des discours dominants occidentaux sur la technologie en relation avec la société et la nature, en mettant l'accent sur les communautés d'ingénieurs d'Europe occidentale et leur diaspora – notamment en Amérique du Nord et dans les autres anciennes colonies.

Comme nous le verrons, les discours successifs sur l'ingénierie n'ont cessé de mettre l'accent sur la relation plus large entre la technique, la société et la nature et ce, souvent en termes universalistes. Depuis la naissance de l'ingénierie en tant que discipline civile et profession dans les décennies du tournant du xix^e siècle, cette discipline a été légitimée en faisant référence au pouvoir de transformation de l'innovation pour résoudre les principaux défis économiques, sociaux, politiques et – plus récemment – environnementaux dans le monde.. Aujourd'hui, un tel discours imprègne à nouveau la communauté des ingénieurs et au-delà : « [I]es gens sont confrontés à une multitude de défis mondiaux qui doivent être relevés par une éducation, une recherche et des solutions d'ingénierie innovantes et à long terme » (« People face a host of global challenges that must be addressed through long-term and innovative education, research, and engineering solutions »), déclarent les présidents de la US National Academy of Engineering, de la UK Royal Academy of Engineering et de la Chinese Academy of Engineering dans un article commun ressemblant à un manifeste en 2016 (Mote, Dowling, Zhou, 2016 : 4). Les trois présidents expliquent comment, au cours des dix dernières années environ, la communauté des ingénieurs a traduit les principaux défis mondiaux actuels (représentés par exemple par les objectifs de développement durable des Nations unies et le programme de défis sociétaux de l'UE) en ce que l'on appelle les « grands défis de l'ingénierie », incitant la communauté à travailler sur des solutions afin que « la vie humaine telle que nous la connaissons puisse continuer sur cette planète ». Ce programme continue de laisser une grande empreinte sur l'enseignement de l'ingénierie, la recherche les financeurs et la phraséologie des entreprises technologiques dans le monde entier.

Le discours actuel visant à sauver l'humanité et la planète par l'innovation peut être considéré comme sympathique ou intéressé, selon la perspective adoptée. Quoi qu'il en soit, il illustre la façon dont les discours universalistes peuvent monopoliser les définitions des problèmes et des solutions, en occultant les expériences, définitions et solutions alternatives des autres groupes sociaux. Ce chapitre ne se contentera donc pas de revisiter l'histoire des discours dominants de l'ingénierie occidentale qui sont censés être devenus si influents dans le monde entier (à tel point que l'on aurait besoin d'un tournant historique mondial pour restaurer les alternatives perdues) ; il problématisera également le prétendu universalisme de ces discours en Europe. Pour ce faire, il met en lumière non pas un, mais plusieurs discours d'ingénierie occidentale potentiellement contradictoires sur la technique et le changement socio-écologique. En outre, il examine comment divers groupes sociaux se sont appropriés ces discours, en formulant parfois leurs problèmes et leurs solutions de manière très différente et en orientant par conséquent le changement technique, ses implications sociétales et sa gouvernance dans des directions très divergentes. Pour ce faire, ce chapitre doit explicitement éviter les définitions *a priori* de concepts tels que la « technologie »,

l'« humanité », la « société » ou les « grands défis ». Il retrace plutôt la manière dont divers acteurs historiques ont donné un sens à ces notions et à d'autres qui leur sont liées, et ont agi en fonction.

Par manque d'espace, les sections suivantes se concentrent sur quatre discours centraux de l'ingénierie occidentale (chacun d'entre eux se déclinant en plusieurs types). Ces quatre discours se chevauchent et coexistent dans le temps et l'espace. Néanmoins, ils ont trouvé un écho particulier à différentes périodes de l'histoire de l'Europe occidentale, et ce chapitre examinera de près chaque discours dans le contexte historique spécifique qui l'a promu. La deuxième partie traite des promesses sociétales de la technologie qui, malgré des conflits et des calamités technologiques répétés, ont été largement partagées et célébrées au cours du long XIX^e siècle. La troisième section aborde les discours pessimistes sur les conséquences involontaires destructrices de la technologie, qui ont pris de l'importance lors de la crise des années trente en Europe, entre 1914 et 1945. Les quatrième et cinquième points examinent deux ensembles de discours sur la manière de sauver les promesses de la technologie de ses conséquences négatives involontaires : les discours technocratiques sur l'innovation ont prospéré dans les décennies d'après-guerre, tout comme les diverses marques (mutuellement contradictoires) du discours sur l'innovation participative qui ont émergé dans les années de la contre-culture européenne mais se sont étendues profondément dans l'ère néolibérale.

Avant de poursuivre, une brève remarque sur la géographie s'impose. Ce chapitre a pour but de discuter de l'histoire de la technologie dans la région méso connue (en particulier pendant une grande partie du XX^e siècle) sous le nom d'« Europe occidentale ». Il le fait en discutant les discours dominants de l'ingénierie sur la technique et le changement social dans cette région, mais ce faisant, il s'appuie principalement sur deux décennies de recherche dans l'association européenne d'histoire des techniques *Tensions of Europe*. Cette association a donné naissance à une conception transnationale de l'histoire européenne des techniques qui rejette les délimitations géographiques *a priori* et met plutôt en lumière les connexions et les circulations par-delà les frontières nationales, régionales et continentales, notamment les liens transatlantiques et (post)coloniaux (Misa, Schot, 2005 ; van der Vleuten, 2008). En conséquence, ce chapitre, bien que centré sur les discours d'ingénierie trouvés dans ce qui peut être vaguement (mais jamais sans problème) appelé « Europe occidentale », retrace à plusieurs reprises l'histoire de ces discours au-delà des notions géographiquement ou politiquement délimitées du sous-continent.

Promesses et crédits

Le premier de ces discours d'ingénierie « universaliste et eurocentrique » est né dans les décennies qui ont suivi le tournant du XIX^e siècle. Ce discours soulignait que même dans la partie la plus riche du monde, en Europe du Nord-Ouest, la grande majorité des gens vivaient dans la pauvreté ; la faim et la malnutrition, le manque de vêtements et besoin en logement, les maladies infectieuses et la faible espérance de vie étaient monnaie courante. Cependant, au cours de ces décennies, un nouveau milieu professionnel d'ingénieurs civils – l'ingénierie militaire avait des racines beaucoup plus anciennes – et d'autres convaincus ont de plus en plus affirmé que la technologie moderne, du type de celle qui a été mise au point lors de la Révolution industrielle anglaise, pouvait et allait changer le monde. La promesse du progrès par la technologie est devenue le credo du long XIX^e siècle et, à la fin de cette période, la grande majorité des populations d'Europe occidentale avait effectivement accès à une alimentation, un logement, des vêtements, une santé, une mobilité et une énergie plus nombreux et de meilleure qualité que jamais auparavant.

Pour illustrer ce discours de la promesse, nous nous limitons ici à deux exemples emblématiques de la première moitié du XIX^e siècle. Premièrement, les historiens considèrent les écrits de Michel Chevalier au début des années 1830 comme une articulation particulièrement pertinente et influente de l'idéologie du progrès social par la technologie. Récemment diplômé des grandes écoles d'ingénieurs parisiennes, Chevalier associait la pensée modernisatrice des jeunes ingénieurs de sa génération aux espoirs de la « religion de l'humanité » saint-simonienne, qui cherchait des voies pacifiques vers l'amélioration de la condition humaine. En tant qu'éditeur du journal du mouvement saint-simonien, Chevalier possédait une plateforme pour exprimer ses

opinions. Il y partageait l'analyse des problèmes de ses pairs : l'Europe était embourbée dans la violence et la pauvreté depuis des siècles, et les voies politiques vers la modernisation n'avaient fait que déclencher davantage de violence – le plus récemment dans la Révolution de Juillet de 1830. Sa solution : détourner les fonds militaires pour construire un réseau ferroviaire transcontinental et un réseau de bateaux à vapeur, la haute technologie britannique de l'époque. Cela libérerait les hommes des contraintes politiques, économiques et naturelles et unirait les peuples par-delà les nations, les continents, les classes sociales et les frontières naturelles dans une collaboration économique commune créant la prospérité pour tous. Ce serait source de paix, car pourquoi attaquer ceux sur qui repose sa prospérité. Ce message a trouvé un large écho. Par exemple, les jeunes ingénieurs d'État de la nation belge naissante ont cité Chevalier lorsqu'ils ont mis en place le premier réseau ferroviaire national du monde : « un lien intime entre la prospérité future et l'indépendance de la nation » (de Block, 2011 : 89). Aux Pays-Bas, dont la Belgique était séparée, Chevalier a été traduit dans le contexte de débats similaires sur les chemins de fer dans les années 1830. Notons que le titre de la traduction ne suit pas le *Système de la Méditerranée* original mais se lit comme suit *De ijzerbanen beschouwd als de voornaamste materiele middelen ter bevestiging van den vrede in Europa, en ter bestendiging van het geluk des menschdoms* [*Les chemins de fer, considérés comme le moyen le plus important pour la paix en Europe et le bonheur de l'humanité*]. La promesse universaliste selon laquelle la technologie est source de prospérité et de collaboration pacifique pour « l'humanité » a ensuite accompagné les réseaux de communication, du télégraphe et de la téléphonie, de l'approvisionnement en électricité, des autoroutes et de l'aviation, en passant par l'internet et les médias sociaux (Högselius, Kaijser, van der Vleuten, 2015).

Une vingtaine d'années plus tard, le discours de la promesse s'est fermement enraciné et a été présenté lors d'un événement encore plus emblématique : la grande exposition de l'industrie de toutes les nations de Londres en 1851. La première exposition mondiale a mis en avant la promesse de toutes les percées technologiques imaginables et a captivé l'imagination de ses six millions de visiteurs et de bien d'autres encore grâce aux rapports de l'événement qui ont suivi. Alors que la version de Chevalier des promesses de la technologie était axée sur la prospérité et la paix, l'exposition a suggéré de manière beaucoup plus concrète comment une profusion de techniques améliorerait la vie des travailleurs, la vie publique et la vie domestique. L'éditeur de presse Horace Greeley a résumé ce message dans son ouvrage *Art and Industry* (1853 : 52) :

[à] travers nos découvertes scientifiques, par nos applications de ces découvertes à l'art pratique, par l'énorme augmentation de la puissance mécanique [...] nous avons [...] donné à la Société en général, à presque le plus modeste de ses membres, les jouissances, le luxe, l'élégance, qui dans les temps passés étaient le privilège des rois et des nobles (In our discoveries in science, by our applications of those discoveries to practical art, by the enormous increase of mechanical power [...] we have [...] given to Society at large, to almost the meanest member of it, the enjoyments, the luxury, the elegance, which in former times were the privilege of kings and nobles).

Parmi les nombreux visiteurs, des ingénieurs et des fonctionnaires étrangers ont rapporté la promesse dans leurs pays respectifs, cherchant à imiter cette apparente réussite.

Cette promesse universelle à l'« humanité » et à la « société » tendait à occulter les notions de différence et d'inégalité sociales. Il est donc important d'observer comment divers groupes d'acteurs historiques se sont appropriés ce discours et l'ont traduit en programmes d'innovation spécifiques adaptés à leurs propres contextes et priorités. Ces appropriations se chevauchaient en partie et exprimaient des intérêts contradictoires (van der Vleuten, Oldenziel, Davids, 2017).

Par exemple, ce discours a été adopté dans des contextes politiques très différents. Le projet de chemin de fer belge a déjà illustré la manière dont les gouvernements nationaux et les ingénieurs d'État du sous-continent et d'ailleurs associaient les promesses de la technologie au nationalisme politique. Les gouvernements nationaux ont créé des agences d'ingénierie d'État ou de travaux publics (souvent calquées sur le modèle français du Corps des ponts et chaussées) qui exécutaient ou coordonnaient (par le biais de subventions et de concessions) la construction de réseaux

nationaux de chemins de fer, de voies navigables, de routes et de télégraphie, transformant ainsi la nation en une entité économiquement compétitive et politiquement gouvernable. C'est ainsi qu'est né ce que l'on a appelé « l'État infrastructurel » (Guldi, 2012). Les gouvernements urbains ont également transposé cette promesse dans un contexte municipal : ils ont créé des départements d'ingénierie municipaux ou nommé des ingénieurs municipaux pour s'attaquer à des problèmes urbains tels que les risques sanitaires et l'indiscipline des villes surpeuplées. Selon les mots célèbres du baron Georges-Eugène Haussmann (1809-1891) pour le cas de Paris, il s'agissait de « régulariser la ville désordonnée, de révéler son nouvel ordre au moyen d'un plan pur et schématique [...] de donner une unité à l'ensemble opérationnel et de le transformer » (cité dans Graham, Marvin, 2001 : 55). Ce sentiment s'est rapidement répandu dans les conférences internationales sur la gouvernance urbaine, l'ingénierie et l'hygiène. Bien que peu de conseils municipaux aient procédé par des moyens aussi radicaux que ceux d'Haussmann, beaucoup ont transformé des routes privées en espaces publics, ont remplacé les labyrinthes de rues sans issue par des voies de circulation équipées de canalisations d'eau, d'égouts et d'éventuelles infrastructures de tramway, de gaz et d'électricité et ont rendu les quartiers ingouvernables ou rebelles accessibles aux forces de police (Hård, Misa, 2008).

En revanche, les expériences naissantes de gouvernance transnationale et mondiale, sous la forme d'organisations et de réseaux internationaux d'ingénierie, reprenaient nominalement les ambitions mondiales de Chevalier, à savoir forger des connexions télégraphiques, ferroviaires, postales, géodésiques, météorologiques et autres au profit de « l'humanité ». Cependant, dans la pratique, il s'agissait souvent d'organisations européennes où ingénieurs et diplomates négociaient les notions de progrès mondial avec des intérêts nationaux. Dans une quatrième appropriation politique extrêmement influente, les administrations coloniales ont adopté le discours de la promesse pour gouverner les colonies britanniques, françaises, néerlandaises, portugaises, espagnoles, italiennes, belges, allemandes, danoises et russes. Les chemins de fer, la télégraphie, le système postal – les trois grands moteurs de l'amélioration sociale, comme les appelait le gouverneur général de l'Inde – et bien d'autres éléments encore sont devenus le cœur de la « mission civilisatrice » de l'Europe qui impliquait également la soumission violente des sujets coloniaux à une époque où les Européens gouvernaient plus de 80 % du globe. Les groupes de résistance ont ainsi découvert un tout autre usage de ces techniques, celui de cibles pour le sabotage et les attaques (Kaiser, Schot, 2014 ; Högselius, Kaijser, van der Vleuten, 2015 ; Diogo, van Laak, 2016).

Les hommes d'affaires ont porté le discours de la promesse dans un domaine très différent, la technologie offrant certainement de nouvelles opportunités commerciales. Le premier chemin de fer public du monde – la ligne Liverpool-Manchester de 1830 – avait été lancée par des marchands de céréales et de textile qui cherchaient à réduire les temps et les coûts de transport. Mais lorsque la compagnie de chemin de fer elle-même a fourni des retours sur investissement élevés et inattendus, les investisseurs et les entrepreneurs ont découvert que la compagnie était une opportunité commerciale en soi, déclenchant un boom ferroviaire qui a englouti la Grande-Bretagne et le reste du monde. En 1914, les actionnaires britanniques et, dans une moindre mesure, français, néerlandais et autres, possédaient la majeure partie de l'infrastructure technologique mondiale. Il s'agissait d'un modèle commercial très différent du détournement idéaliste des fonds militaires par Chevalier vers la construction d'infrastructures. Les entrepreneurs et les investisseurs suivaient désormais de près les percées scientifiques et technologiques à la recherche de nouvelles opportunités, innovant dans les industries traditionnelles – comme l'industrie textile – et en créant des industries entièrement nouvelles comme les secteurs chimiques et électrotechniques. Les entreprises hautement technologiques ont évincé les entreprises commerciales du paysage commercial, et ce en étroite interaction avec l'expansion et la diversification de l'ingénierie, qui est passée du génie civil, mécanique et de la construction au génie chimique, électrotechnique et industriel. Les grandes entreprises ont créé des laboratoires de recherche et des bureaux de brevets qui ont contribué à leur succès commercial.

Diverses communautés d'utilisateurs ont pris la promesse de la technologies dans des directions encore différentes, recherchant souvent l'utilité, le divertissement ou l'autonomisation de groupes spécifiques. Par exemple, les critiques ont constaté que la technologie moderne ne tenait

ses promesses que pour les élites urbaines et les classes moyennes. En réponse, des syndicalistes, des féministes, des nutritionnistes et d'autres se sont liés pour apporter la technologie à la classe ouvrière et pour changer les relations hiérarchiques entre hommes et femmes, maîtres et serviteurs. Par exemple, ils ont développé des logements sociaux communaux et des équipements tels que des cuisines, des laveries, des cuisinières et des réfrigérateurs partagés. Dans le même ordre d'idées, les communautés d'agriculteurs ont déploré que les villes se soient modernisées et développées alors que les campagnes s'étaient appauvries et dépeuplées. Elles ont cherché des sources d'énergie et des machines abordables pour revigorer l'économie et la vie rurale. La turbine éolienne de Poul la Cour (1846-1908) et les centrales électriques villageoises détenues en coopérative pour électrifier la campagne danoise en sont un bon exemple (Oldenziel, Hård, 2013 ; Hansen, 1985).

En somme, des groupes divers et souvent antagonistes se sont appropriés le discours universaliste de la promesse dans des contextes très différents. Ironiquement, en portant la promesse dans tant de directions différentes, ils en ont conjointement construit l'*« universalité »*. Alors que la technologie moderne envahissait la vie publique et privée, beaucoup ont connu de grands bonds dans les conditions de vie, la santé personnelle, les revenus, l'éducation, entre autres, du moins en Europe occidentale. Ces changements se sont accompagnés de l'invention, de l'institutionnalisation et de la réputation de la profession d'ingénieur. Il y avait des désaccords sur ce qu'était l'ingénierie (l'ingénierie scientifique enseignée à l'École polytechnique de Paris par opposition à la formation en atelier dans les « arts pratiques » au Royaume-Uni, par exemple), sur la manière dont elle devait être liée à la politique et sur les personnes autorisées à l'exercer (les femmes devaient-elles être admises ?). Mais beaucoup s'accordent pour dire que « l'ingénieur est la reine de notre époque », comme l'affirme l'édition 1873 de l'encyclopédie Larousse (cité dans Kohlrausch, Trischler, 2014 : 65-66).

Promesses brisées

Le long XIX^e siècle a connu son lot de conflits et d'échecs technologiques, du début du XIX^e siècle avec le luddisme au naufrage médiatisé du Titanic à la veille de la Première Guerre mondiale. Pourtant, ce n'est que dans les décennies qui ont suivi 1914 que la critique de la technique est devenue si importante qu'elle a pu remettre en question le discours dominant de la promesse. Le discours technologique dystopique s'est imposé et celui utopique n'a plus jamais pu occuper seul la scène.

Les exemples les plus visibles des promesses non tenues par la technique comprennent les deux guerres mondiales, l'Holocauste, la violence coloniale et la crise économique mondiale des années 1930. L'idée influente de Chevalier selon laquelle le développement technologique et la collaboration sociale pouvaient forger la paix a été résolument compromise par l'utilisation de la technologie dans la guerre : la Première Guerre mondiale a été la première à être qualifiée de « guerre d'ingénieurs » en référence à l'introduction des mitrailleuses, de la guerre chimique, des chars, des avions bombardiers, des clôtures électrifiées, notamment (Christie, 1922 : 99). On pourrait rétorquer que ces technologies ont été appliquées à des échelles comparativement modestes et que, à bien des égards, la Grande Guerre a été menée avec des moyens traditionnels. Cependant, les « chemins de fer pour la paix » de Chevalier étaient la clé des massacres sans précédent. Derrière la guerre des tranchées se cache une logistique moderne : les chemins de fer et les télécommunications modernes ont continué à acheminer des deux côtés du front occidental d'énormes quantités de soldats, de munitions et de nourriture, comme deux tapis roulants géants. Cette tragédie se préparait depuis longtemps. En tant que sénateur français, Chevalier avait été témoin de la perversion militaire de l'œuvre de sa vie lors de la guerre franco-prussienne de 1870. La Prusse a battu l'armée française en quelques mois grâce à une logistique militaire supérieure. Après cette démonstration de puissance militaire, toutes les armées du sous-continent ont radicalement réformé leur stratégie militaire autour de la logistique. Et tandis qu'elles formaient des alliances et anticipaient les plans militaires, un système étroitement couplé d'actions préprogrammées et imbriquées est apparu. Il a été déclenché en 1914 et s'est retrouvé, de manière inattendue, bloqué dans la guerre des tranchées ; les machines logistiques ont cependant continué

à alimenter les soldats, produisant certaines des batailles les plus meurtrières de l'histoire humaine (Bucholz, 1994).

Les exemples du rôle de la technologie dans la coproduction de guerres abondent. L'histoire du chimiste Fritz Haber est emblématique. Il a reçu le prix Nobel de chimie en 1918 pour la synthèse de l'azote, qui lie l'azote atmosphérique aux hydrocarbures et qui a été utilisée dans les engrains artificiels qui ont contribué à nourrir les populations sous-alimentées. Mais lorsque le commandement militaire allemand demande à Haber de sauver la patrie, le « fabricant de pain » devient l'inventeur de la guerre chimique. Haber n'était pas seul dans cette entreprise ; l'initiative allemande était une réponse aux expériences françaises de bombardement au gaz毒气, et bientôt toutes les grandes armées ont exploré la guerre chimique – l'American Chemical Society a promis l'aide de ses 15 000 membres à l'US Chemical Warfare Service, par exemple. De même, l'enthousiasme suscité par la découverte de la fission nucléaire par la physique théorique s'est transformé en cauchemar de la guerre nucléaire au cours de la Seconde Guerre mondiale, qui avait déjà connu les horreurs technologiques des tapis de bombes, des fusées et, bien sûr, de l'Holocauste. La notion de « civilisation » de l'Europe est devenue aussi viciée à l'intérieur du pays que sa « mission civilisatrice » l'était à l'étranger, surtout après que des missionnaires et des journalistes ont révélé les tortures, les viols et les meurtres perpétrés par l'armée coloniale belge dans l'État libre du Congo, le mitraillage britannique d'hommes, de femmes et d'enfants désarmés à Amritsar (Inde), le bombardement français d'une manifestation pacifique à Vinh (Vietnam), la politique italienne d'extermination par les bombardements en Éthiopie, et bien d'autres faits encore. La technologie européenne ne pouvait plus être décrite sans problème comme un grand civilisateur, et l'Europe elle-même comme « civilisée » (Kohlrausch, Trischler, 2014 ; Diogo, van Laak, 2016).

La notion de Chevalier selon laquelle la technologie produisait une « prospérité commune » a également été renversée, peut-être de manière plus significative pendant la Grande Dépression des années 1930. La gestion scientifique, l'invention vedette de la jeune discipline du génie industriel et les chaînes de production étaient censées profiter à la fois au capital et au travail, en augmentant la productivité ainsi que les salaires. Mais sous la pression financière, les directeurs d'usine ont utilisé ces techniques pour réduire les coûts de main-d'œuvre, ce qui a entraîné des licenciements massifs et le chômage. En outre, l'accélération des cadences stressait les travailleurs ; le film *Modern Times* (1936) de Charlie Chaplin, qui raconte l'histoire d'un ouvrier travaillant à la chaîne perdant la raison, représente une expérience largement répandue aux États-Unis et en Europe occidentale. Cependant, les ouvriers n'étaient pas les seuls à souffrir. La promesse faite par la technologie aux entreprises et à l'esprit d'entreprise s'est également retournée contre elle, puisque le monde de l'entreprise a connu des faillites massives. En outre, les inventeurs-entrepreneurs des petites entreprises ont été de plus en plus évincés par les grandes entreprises, avec leurs laboratoires de recherche et leurs services d'avocats spécialisés dans les brevets – à moins qu'ils ne soient disposés à jouer le rôle de fournisseurs des grandes entreprises.

La promesse de la technologie de libérer les peuples des contraintes politiques, économiques et naturelles a également été bouleversée. Cette promesse brisée a été vécue par divers groupes d'utilisateurs qui avaient adopté les technologies modernes pour se libérer et s'autonomiser. Les appareils électriques s'accompagnaient de nouveaux dangers d'électrocution et d'incendie, et dans le cas de la foudre au gaz, des chemins de fer et surtout des automobiles, la mort par la technologie se répandait. Les automobilistes étaient de plus en plus considérés comme des fous de la vitesse et des tueurs responsables de l'augmentation du nombre de morts sur la route par la majorité des non-motoristes, et étaient de plus en plus réglementés. Il en va de même pour les cyclistes et les piétons, qui sont assignés à des segments spécifiques de la rue et se voient infliger des amendes s'ils ne s'y conforment pas. L'expérience de la liberté a pris un coup (Tenner 1997 ; van der Vleuten, Oldenziel, Davids, 2017). À un niveau d'abstraction plus élevé, des philosophes, des critiques sociaux et des ingénieurs ont fait valoir que la technique elle-même menaçait désormais systématiquement l'individualité et la liberté humaines. Par exemple, l'un des ingénieurs allemands les plus éminents, Walter Rathenau (1867-1922), estimait que les hommes et les femmes modernes devenaient de simples rouages des systèmes de production et de consommation

modernes. Dès 1913, il avait écrit sur une mécanisation du monde qui produisait une mécanisation de l'esprit. La notion d'asservissement de l'homme moderne a été développée par des critiques tels que José Ortega y Gasset (1883-1955), Oswald Spengler (1880-1936) et la première École de Francfort, tandis que dans le même temps, l'asservissement de l'homme par les robots et les machines devenait un thème dominant des romans de science-fiction (Hughes, 2004).

Le prestige de l'ingénierie a subi le même sort. Il est peut-être révélateur que, dans la science-fiction, les scientifiques et les ingénieurs, qui avaient traditionnellement joué le rôle de héros, aient été de plus en plus considérés comme des méchants, au même titre que les hommes d'affaires, les politiciens et les criminels (Hirsch, 1958). Les choses se sont encore aggravées lorsque leur complicité avec les régimes totalitaires a été largement exposée – même si cette complicité était largement appliquée par des autorités qui persécutaient ceux qui insistaient sur le fait que l'ingénierie totalitaire était néfaste, et qui exigeaient l'allégeance des organisations d'ingénieurs en échange de la poursuite de leur existence (à noter que seule une petite minorité des 222 000 ingénieurs allemands ont rejoint le parti nazi) (Kohlrusch, Trischler, 2014). Il n'était plus incontestable d'affirmer que les ingénieurs se situaient du bon côté de l'histoire.

Un nouvel espoir : la technocratie

Depuis la Seconde Guerre mondiale, plusieurs discours d'ingénierie se sont imposés pour tenter de sauver les avantages de la technique de son potentiel nuisible. Cette section esquisse les contours de deux d'entre eux : les discours de l'innovation technocratique et de l'innovation participative.

Nombreux sont ceux qui associent aujourd'hui la technocratie à une défaillance de la responsabilité démocratique. Cependant, dans un contexte d'après-guerre, le discours sur l'innovation technocratique était centré sur un problème politique différent et urgent. Les politiciens de tous bords et les gestionnaires économiques avaient orienté la technologie vers la guerre mondiale, l'exploitation des travailleurs et l'effondrement de l'économie mondiale. Ils avaient prouvé que la technologie était un outil trop dangereux entre leurs mains. Dans un contexte marqué par la montée des nationalismes et l'émergence de la Guerre froide, cela pouvait conduire à une troisième guerre mondiale – une guerre nucléaire. D'où l'appel à une nouvelle génération de professionnels pour prendre les choses en main. Les ingénieurs, architectes, planificateurs et autres groupes d'experts étaient non formés pour gagner des batailles d'idéologie politique, de droiture morale ou de profit. Au contraire, on a fait valoir qu'ils étaient engagés dans des méthodes scientifiques pour définir les problèmes, analyser ces problèmes et optimiser les solutions.

La pensée technocratique avait de profondes racines dans le XIX^e siècle (notamment dans le saint-simonisme et les organisations internationales) et il avait pris un nouvel élan dans un mouvement d'avant-guerre qui avait condamné les manipulations politiques, financières et frauduleuses : en abordant les problèmes de société comme des problèmes d'ingénierie, « il n'y aura pas de place pour la politique ou les politiciens, la finance ou les financiers, les rackets ou les racketteurs » (« there will be no place for Politics or Politicians, Finance or Financiers, Rackets or Racketeers ») (Anon. 1937 : 3). Dans les décennies de l'après-guerre, cette notion s'est répandue et les experts ont obtenu un mandat sans précédent de la part des politiciens et du public pour prendre des décisions technologiques clés. Il ne s'agissait pas d'une *carte blanche* ; les relations entre les experts, la politique et les entreprises étaient complexes et restent un sujet de recherche historique important. Mais sur le plan discursif, la technocratie est devenue une approche de gouvernance respectée, associée à la réussite de la reconstruction d'après-guerre, à l'évitement d'une troisième guerre mondiale et à une croissance économique sans précédent accompagnée d'une vaste augmentation du bien-être, d'un chômage quasi nul et d'une répartition des richesses plus équitable que jamais.

Dans le discours sur l'innovation technocratique, trois caractéristiques sont essentielles pour sauver les avantages de la technique de son potentiel nuisible (van der Vleuten, Oldenziel, Davids, 2017). Premièrement, la technique doit être dépolitisée et déliée du commerce. L'idée que les experts – et non les politiciens ou les hommes d'affaires – devaient définir les programmes d'innovation s'est traduite par ce que l'on a appelé le « modèle linéaire d'innovation », inspiré des

expériences des laboratoires de recherche des entreprises d'avant-guerre et des nouvelles politiques scientifiques aux États-Unis. La trajectoire de l'innovation technologique devait commencer par la recherche de base ou fondamentale, dans laquelle les experts se livraient à une recherche non dirigée sur des problèmes fondamentaux. Venait ensuite la recherche appliquée, qui transformait les connaissances de base en produits et processus utilisables. Enfin, ces derniers devaient permettre d'accroître la croissance économique, la santé et le bien-être social. Certains historiens ont critiqué à tort ce modèle, estimant qu'il ne correspondait pas à la réalité de l'innovation et du changement social, mais ce n'était pas du tout l'objectif du modèle ; son but était de donner aux experts une marge de manœuvre pour définir l'agenda de l'innovation – même si, dans la pratique, les experts devaient négocier (et faire des compromis) cette latitude avec toutes sortes d'intérêts politiques et commerciaux (Balconi, Bruoni, Orsenigo, 2010). C'est ainsi qu'ont été créés des conseils nationaux de la recherche mettant l'argent des contribuables à la disposition de la recherche fondamentale, présidés par des experts, et de nouvelles structures d'instituts de recherche fondamentale tels que les instituts allemands Max Planck, le Centre national de la recherche scientifique français et des instituts similaires même sous les dictatures espagnole et portugaise. L'Organisation de coopération et de développement économiques OCDE a promu le modèle linéaire auprès de ses États membres occidentaux, et des instituts de recherche internationaux tels que le CERN et l'Organisation européenne de recherche spatiale ont vu le jour.

Dans les entreprises technologiques, des modèles similaires ont été célébrés pour permettre aux experts des laboratoires de recherche de définir les programmes d'innovation de l'entreprise. Les laboratoires centraux devaient, par exemple, recevoir un financement direct (au lieu d'être financés par les unités commerciales de l'entreprise pour effectuer des tâches spécifiques) et engager des universitaires pour effectuer des recherches non guidées dans les domaines où l'entreprise était active : par exemple, la physique de l'état solide ou les spectres moléculaires dans le cas de Philips Electronics, où le directeur du laboratoire central d'après-guerre, le physicien théoricien Hendrik Casimir (1909-2000), a articulé un modèle linéaire d'innovation assez détaillé. Les résultats pouvaient ensuite être traduits en objectifs spécifiques par le biais de la recherche ciblée (comme trouver une substance aux propriétés données) et du prototypage. Les innovations issues de ces laboratoires centraux dirigés par des experts étaient ensuite transmises aux laboratoires de génie industriel et de recherche appliquée de la division commerciale afin d'adapter les produits à la production de masse et aux demandes des utilisateurs.

Un deuxième élément du sauvetage technocratique de la technique des conséquences néfastes a été de technicien la politique – en définissant, analysant et résolvant les problèmes sociaux non pas par le biais du lobbying, du vote, de l'argumentation, de la lutte ou de l'optimisation des profits, mais par le biais de la méthode scientifique. Une méthode scientifique particulièrement importante dans ce contexte fut l'approche dite systémique (Hughes, Hughes, 2000 ; Lundin, Stenlås, Gribbe, 2010). Les problèmes sociaux et commerciaux étaient extrêmement complexes en raison de l'interaction de nombreuses questions techniques, sociales, économiques et environnementales. Ils devaient donc être modélisés comme des systèmes comportant des éléments en interaction qui pouvaient ensuite être simulés. La manipulation d'éléments sélectionnés pourrait révéler des réponses – souvent contre-intuitives – au niveau du système et donc aider à trouver des options politiques qui conduisaient à des résultats bénéfiques plutôt que destructeurs, et à l'optimisation du système. Cette méthodologie a reçu un élan décisif grâce aux expériences militaires britanniques de la Seconde Guerre mondiale avec la recherche opérationnelle qui simulait et optimisait les systèmes militaires existants. Après la guerre, des experts – notamment aux États-Unis, au Royaume-Uni et en Suède – ont développé des modèles pour analyser et optimiser les futurs systèmes (en ajoutant la théorie des jeux, les scénarios complexes et les boucles de rétroaction dans les systèmes interactifs homme-machine dans des approches telles que l'analyse des systèmes et la dynamique des systèmes) pour les appliquer à des problèmes industriels (localisation, les décisions en matière d'investissement, d'emploi ou de marché), à des problèmes urbains, à l'économie nationale, à la planification des systèmes de transport et d'énergie, et même aux problèmes mondiaux – ainsi, la modélisation des interactions

entre l'homme et le système terrestre par Jay Forrester et le laboratoire informatique du MIT à l'origine de l'influent rapport du Club de Rome intitulé *Les limites de la croissance* (1968 à 1972).

Troisièmement et enfin, le discours sur l'innovation technocratique soulignait le grand besoin d'ingénieurs nombreux et responsables pour jouer un rôle de premier plan dans l'industrie et le gouvernement. Dans tout le monde occidental et au-delà, le nombre d'écoles d'ingénieurs s'est multiplié. Ces ingénieurs devaient être des décideurs de qualité et de futurs leaders, et les programmes d'études d'ingénierie ont été adaptés en conséquence. D'une part, la théorie a évincé la pratique ; l'ingénierie a été présentée davantage comme une science que comme un art. Pour Gordon Brown, doyen du Massachusetts Institute of Technology MIT – l'institut de formation vers lequel de nombreux ingénieurs d'Europe occidentale se tournaient désormais pour trouver l'inspiration – l'éducation formait « la capacité de l'ingénieur à relier des événements apparemment sans rapport avec la nature, qu'ils soient abstraits ou tangibles, de manière quantitative, pour créer des théories, des matériaux, des dispositifs, des systèmes complexes nouveaux et utiles, et en particulier des systèmes dans lesquels les hommes interagissent avec les machines » (van der Vleuten, Oldenziel, Davids, 2017 : 125). De telles compétences interdisciplinaires en matière de systèmes hommes-machines nécessitaient une formation en sciences de l'ingénieur, mais aussi en sciences sociales, en sciences de la vie et en sciences humaines. Une autre indication de l'appel à des ingénieurs responsables était un changement marqué dans les codes éthiques des institutions d'ingénierie. La loyauté envers les employeurs ou le fait de faire fonctionner les choses n'est plus la principale vertu des ingénieurs. Au lieu de cela, inspiré notamment par le travail de la société allemande d'ingénierie avec des philosophes professionnels pour traiter l'expérience de la collaboration avec les nazis pendant la guerre, la principale valeur est devenue la loyauté envers la dignité de la vie humaine et le service aux autres humains (Mitcham, 2009).

L'alternative participative

Autour de 1970, le consensus technocratique s'est presque complètement inversé et a donné naissance à un quatrième discours technologique de premier plan, le discours de l'innovation participative. La critique de la technocratie était un ingrédient important de ce discours. Une partie de cette critique est venue des mouvements sociaux et des activistes de la contre-culture qui se sont rebellés contre ce qu'ils appelaient la vision du monde technologique occidentale dominante. Les organisations écologistes activistes telles que Friends of the Earth (1969) et Greenpeace (1971) ont déploré que les systèmes technologiques d'après-guerre aient été optimisés pour exploiter la nature ; les militants des droits civiques ont constaté que les points de vue des minorités avaient été ignorés et que les experts agissaient en dehors du contrôle démocratique des politiciens élus. Le mouvement pacifiste a souligné comment le complexe militaro-industriel-universitaire avait produit la course aux armements nucléaires et l'armement pervers utilisé dans les horreurs de la guerre du Vietnam. Les critiques sociaux ont réactualisé les anciens griefs et ont affirmé que les approches systémiques donnaient la priorité à la rationalité et à l'ordre en étouffant les émotions, la libre expression et la solidarité ; ils estimaient qu'au contraire, les humains, et non le système, devaient passer en premier. Les acteurs impliqués savaient la pensée technocratique. Par exemple, l'étude Project Hindsight du ministère américain de la Défense a joué un rôle central dans l'invalidation du modèle linéaire d'innovation, en constatant que seulement 3 % des 710 événements clés menant à vingt systèmes d'armes cruciaux étaient issus de la recherche fondamentale non dirigée ; 97 % provenaient de la recherche appliquée (Hughes, 2004 ; Wise, 1985).

Ces différentes sources de critique partageaient l'idée que les systèmes fermés gérés par des experts devaient s'ouvrir à d'autres personnes, questions, valeurs et approches. Le modèle linéaire d'innovation était en fait inversé : l'utilisation et l'application devaient être le point de départ de la définition des agendas et des priorités de la recherche et de l'innovation. Pour que cela se produise, les citoyens, les utilisateurs et les autres parties prenantes ou leurs représentants devraient participer directement à la prise de décision et à la conception technologiques. Après tout, selon l'argument, ce sont eux – et non des experts parlant en leur nom – qui comprennent le mieux leurs problèmes

et leurs besoins futurs. En outre, ceux qui devaient vivre avec les conséquences de la technologie avaient certainement le droit démocratique de façonner cette technologie.

Comme dans le cas des discours technologiques décrits précédemment, nous pouvons reconnaître bien des appropriations différentes de la notion d'innovation participative (van der Vleuten, Oldenziel, Davids, 2017). Dans la politique nationale et locale, par exemple, des groupes d'action ont organisé des protestations pour influer sur les décisions technologiques concernant les armes nucléaires et l'énergie, les autoroutes, les aéroports, les projets d'assainissement des terres, le logement, et bien d'autres projets encore. Emblématiques de leur succès ont été les marches de protestation antinucléaires qui ont attiré des centaines de milliers de manifestants dans de nombreux pays d'Europe occidentale à la fin des années 1970 et au début des années 1980. Avant même la catastrophe de Tchernobyl en 1986, les politiques d'énergie nucléaire ont été mises en veilleuse, par exemple au Danemark et en Autriche, et plusieurs projets de construction nucléaire en cours ont été annulés, par exemple en Allemagne et en Espagne. Alors que les protestations politiques ont souvent adopté une approche conflictuelle, une nouvelle sorte de médiateurs technologiques a cherché à forger un consensus entre les parties prenantes. Selon eux, la délibération doit aboutir à un processus de codécision ou de co-conception. Ils ont développé le domaine de l'évaluation technologique participative, qui est devenu influent, par exemple au Danemark, aux Pays-Bas, en Allemagne et en Autriche, et ont mis au point des approches telles que les conférences de citoyens pour faire entendre la voix des citoyens dans le processus de prise de décision technologique, et les ateliers sur les feuilles de route ou les scénarios pour engager une conversation entre les parties prenantes des entreprises, de l'environnement et des collectivités locales, afin de forger une compréhension mutuelle des préoccupations de chacun et de les traduire en une prise de décision technologique conjointe acceptable pour tous. Et à partir du début des années 1980, les penseurs néolibéraux se sont également appropriés le discours de la participation d'une manière encore différente. Cette appropriation particulièrement influente s'opposait à la notion de gauche de la participation comme un droit politique et posait que l'État-providence faisait des populations des spectateurs passifs attendant que l'État résolve tout problème qu'elles pourraient rencontrer. Dans la vision néolibérale de la société de participation, les groupes de consommateurs, les organisations de patients, les entreprises et les autres parties prenantes définiraient et résoudraient leurs problèmes eux-mêmes – et le feraien beaucoup plus efficacement que l'appareil d'État distant ne pourrait jamais l'espérer. L'appropriation néolibérale a profondément politisé les notions de participation et d'innovation participative, surtout après que la réduction des dépenses publiques est devenue une fin en soi et que les fonctions de l'État ont été massivement transférées à des organisations privées (souvent à but lucratif).

Les entreprises technologiques se sont également appropriées le discours sur l'innovation participative de diverses manières. Le modèle linéaire, comme nous l'avons vu, a souvent été inversé : la direction a décidé que, dorénavant, les unités commerciales définiraient les programmes d'innovation en fonction des études de marché et des opportunités commerciales et qu'elles engageraient des chercheurs du laboratoire central pour effectuer des recherches spécifiques à cette fin. Les spécialistes de l'innovation ont reconnu l'innovation des utilisateurs comme une ressource essentielle pour identifier les marchés futurs. Les concepteurs, pour leur part, se sont appropriés le nouveau discours avec des notions telles que la conception centrée sur l'utilisateur, y compris la conception coopérative (inventée par les syndicats scandinaves, pionniers de la participation des travailleurs aux processus d'automatisation des usines, par exemple) et la conception participative (inventée aux États-Unis dans le contexte de l'introduction de l'informatique personnelle sur le lieu de travail). Des groupes d'action ont réussi à faire pression sur les conseils d'administration pour qu'ils adoptent des programmes de responsabilité sociale des entreprises. Enfin, les responsables de la recherche dans les entreprises ont ouvert les systèmes d'innovation fermés ; la notion d'innovation ouverte suggère que plusieurs entreprises mettent en commun leurs ressources dans la recherche et l'innovation et forment des écosystèmes d'innovation.

Au-delà des compagnies, des communautés d'usagers aussi ont réclamé d'intervenir et ont initié une série d'initiatives. Le récit technocratique de l'innovation avait incité les utilisateurs à se présenter comme des experts et, à ce titre, à rejoindre des comités pour le développement de

logements sociaux, par exemple. À l'ère de la participation, toutes sortes de communautés d'utilisateurs ont recommencé à définir et à résoudre leurs propres problèmes. Les initiatives sont allées des enseignants danois aux groupes d'énergie alternative qui ont (re)lancé l'histoire à succès de l'éolienne connectée et au réseau des communautés d'énergie renouvelable, des promoteurs du matériel de bricolage pour l'amélioration de l'habitat au mouvement des petites maisons, des cyclistes qui ont récupéré les rues urbaines encombrées de voitures à la renaissance actuelle du vélo comme mode de mobilité urbaine durable, et des constructeurs d'ordinateurs des garages de banlieue des années 1970 aux logiciels open source et à la conception d'applications par les utilisateurs.

Enfin, la communauté des ingénieurs elle-même s'est appropriée le discours de l'innovation participative dès le début, lorsque les jeunes ingénieurs ont commencé à se rebeller et ont été à l'avant-garde de toutes sortes de mouvements technologiques alternatifs. À la fin des années 1960, leurs aînés ont également reconnu qu'un tournant technologique humanisant était imminent et que les institutions d'ingénierie devaient également s'ouvrir (Wisnioski, 2012). Les initiatives allaient de la création de divisions Technologie et Société au sein des principales associations d'ingénieurs et de programmes Science Technologie et Société dans les écoles d'ingénieurs à l'augmentation du nombre de femmes dans l'enseignement de l'ingénierie. À l'ère de la technocratie, l'inscription des femmes avait été encouragée pour augmenter le nombre d'ingénieurs, mais dans le contexte du féminisme dit différentiel, cette inscription avait également des connotations d'introduction des « valeurs féminines » dans l'ingénierie. Le mouvement des ateliers scientifiques des années 1970 a encouragé les étudiants et les professeurs socialement engagés à travailler sur des problèmes pratiques réels posés par des citoyens défavorisés, des groupes de travailleurs financièrement faibles ou des groupes de la société civile ; l'idée s'est répandue dans les années 1980 en Europe occidentale et au-delà du monde universitaire. Alors qu'au début des années 2000, la Commission européenne a fait l'éloge des initiatives de coopération interdisciplinaire sur des problèmes importants, aux Pays-Bas, où le mouvement avait vu le jour, le tournant néolibéral a entraîné la disparition des boutiques scientifiques idéalistes ou leur transformation en « centres de valorisation des connaissances ». En ce qui concerne le monde extra-européen, le mouvement des « technologies intermédiaires » ou des « technologies appropriées » a cherché à développer des solutions locales avec et pour les communautés locales du Sud – des solutions qui pourraient de préférence être construites localement, avec des matériaux locaux, et être entretenues localement. Les organisations telles que Engineers Without Borders avaient un programme similaire et étaient souvent dirigées par des étudiants. Ces initiatives, elles aussi, ont ressenti de plus en plus la pression du tournant néolibéral.

Aujourd'hui, les discours sur l'innovation participative et technocratique coexistent souvent et se mêlent de manière inédite. Il est largement reconnu que les deux ont leurs forces et leurs faiblesses ; ils peuvent être détournés par des intérêts politiques et commerciaux, par exemple. Les grands défis actuels de l'ingénierie et le discours « sauver la planète par la technique » appellent à l'exploration et au développement de nouvelles méthodes non linéaires de gestion de la prise de décision et de la conception technologiques, qui combinerait idéalement le meilleur des deux mondes.

Une histoire mondiale des techniques qui cherche à échapper aux modèles technologiques occidentaux universalistes et à restaurer la pluralité des significations de la technique est certainement nécessaire – en particulier à une époque où des concepts nés dans le Nord tels que l'innovation durable, l'innovation responsable et l'Anthropocène semblent une fois de plus, projeter les priorités du Nord sur les situations du Sud, sans tenir compte de la pluralité de façons d'être et des relations qui impliquent types de solutions. Cependant, une telle histoire globale des techniques doit également tenir compte du fait que les discours technologiques occidentaux prétendument universalistes ont varié au fil du temps, ont été appropriés différemment par divers groupes sociaux et ont été contestés en Europe occidentale même. C'est ainsi qu'émerge un défi majeur pour les historiens des techniques : étudier les histoires liées de la technique et des défis socio-écologiques dans différents endroits du monde de manière à apprécier simultanément la

diversité et la spécificité régionales ainsi que les connexions transrégionales et transcontinentales – matérielles, institutionnelles et discursives – qui font entrer des histoires régionales distantes en conversation mutuelle (van der Vleuten 2019, 2020 ; de Hoop *et al.* 2022).

Bibliographie

Anon, 'What is technocracy?', *The Technocrat*, 3.4 (1937), 3.

Balconi, Margherita, Stefano Brusoni, et Luigi Orsenigo, 'In Defence of the Linear Model : an Essay', *Research Policy*, 39. 1 (2010), 1-13.

Bucholz, Arden, 'Armies, Railroads, and Information : the Birth of Industrial Mass War', *Changing Large Technical Systems*, Jane Summerton, éd. (Boulder, Colo : Westview Press, 1994), pp. 53-70.

de Block, Greet, *Engineering the Territory. Technology, Space and Society in 19th and 20th Century Belgium* (thèse de doctorat non publiée, Université de Louvain, 2011).

de Hoop, Evelien, Aarthi Sridhar, Clayton M. da Silva, Erik van der Vleuten, 'Historicising Entanglements : Science, Technology and Socio-Ecological Change in the Postcolonial Anthropocene', *Global Environment* 15.2 (2022), 195-208.

Christie, Alexander G., 'A Proposed Code of Ethics for all Engineers', *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 101.1 (1922), 97-104.

Diogo, Maria Paula et Dirk van Laak, *Les Européens se mondialisent : Cartographier, exploiter, échanger. Making Europe : Technologies and Transformations 1850-2000*, vol.VI (Londres et New York : Palgrave, 2016).

Graham, Steve et Simon Marvin, *Splintering Urbanism : Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition* (London et New York : Routledge, 2001).

Greeley, Horace, *Art and Industry : as Represented in the Exhibition at the Crystal Palace* (New York : Redfield, 1853).

Guldi, Jo, *Roads to Power : Britain Invents the Infrastructure State* (Cambridge, MA : Harvard University Press, 2012).

Hansen, Hans Christian, *Poul la Cour. Grundtvigianer, opfinder og folkeoplyser* (Askov : Askov Højskoles Forlag, 1985).

Hård , Mikael, et Thomas J. Misa, éd., *Urban Machinery : Inside Modern European Cities* (Cambridge, MA : MIT Press, 2008).

Hirsch, Walter, 'The Image of the Scientist in Science Fiction : a Content Analysis', *American Journal of Sociology*, 63.5 (1958), 506-512.

Högselius, Per, Arne Kaijser, et Erik van der Vleuten, *Europe's Infrastructure Transition : Economy, War, Nature. Making Europe : Technologies and Transformations 1850-2000*, vol. III, London and New York : Palgrave, 2015).

Hughes, Thomas P., *Human-built World : How to Think about Technology and Culture* (Chicago, IL : University of Chicago Press, 2004).

Hughes, Agatha C. et Thomas P. Hughes, éd., *Systems, Experts, and Computers : the Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After* (Cambridge, MA : MIT Press, 2000).

Kaiser, Wolfram et Johan W. Schot, *Writing the Rules for Europe : Experts, cartels et organisations internationales. Making Europe : Technologies and Transformations 1850-2000*, vol. IV (Londres et New York : Palgrave, 2014).

Kohlrausch, Martin et Helmuth Trischler, *Building Europe on Expertise. Innovateurs, Organisateurs, Metteurs en réseau, Making Europe : Technologies and Transformations 1850-2000*, vol. II (Londres et New York : Palgrave, 2014).

Lundin, Per, Niklas Stenlås, et Johan Gribbe, éd., *Science for Welfare and Warfare. Technology and State Initiative in Cold War Sweden ?* (Sagamore Beach : Science History Publications, 2010).

Mitcham, Carl, ‘A Historico-ethical Perspective on Engineering Education : from Use and Convenience to Policy Engagement’, *Engineering Studies*, 1. 1 (2009), 35-53.

Misa, Thomas J. et Johan Schot, ‘Inventing Europe : Technology and the Hidden Integration of Europe’, *History and Technology*, 21. 1 (2005), 1-19.

Mote, C. D., Ann Dowling et Ji Zhou, ‘The Power of an Idea : the International Impacts of the Grand Challenges for Engineering’, *Engineering*, 2. 1 (2016), 4-7.

Oldenziel, Ruth et Mikael Hård, *Consumers, Tinkerers, Rebels : the People who Shaped Europe. Making Europe : Technologies et transformations 1850-2000*, vol. I (Hounds-mills : Palgrave, 2013).

Tenner, Edward, *Why Things Bite Back : Technology and the Revenge of Unintended Consequences* (New York : Vintage, 1997).

van der Vleuten, Erik, ‘History and Technology in an Age of Grand Challenges : Raising Questions’, *Technology and Culture*, 61.1 (2020), 260-71.

van der Vleuten, Erik, ‘Technology, Societal Challenges, and Global Sustainability History’, *ICON*, 24 (2019), 34-52.

van der Vleuten, Erik, ‘Toward a Transnational History of Technology. Meanings, Promises, Pitfalls’, *Technology and Culture*, 49. 4 (2008), 974-994.

van der Vleuten, Erik, Ruth Oldenziel et Mila Davids, *Engineering the Future, Understanding the Past. Une histoire sociale des technologies* (Amsterdam : Amsterdam University Press, 2017).

Wise, George, ‘Science et technologie’, *Osiris*, 2^e série, 1 (1985), 229-246.

Wisnioski, Matthew H., *Engineers for Change : Competing Visions of Technology in 1960s America* (Cambridge, MA : MIT Press, 2012).