

Préface

« L'intelligence artificielle [...] étudie le comportement intelligent dans des artéfacts. » (Nielsson 1998)

« La friction intellectuelle qu'est le débat crée les conditions d'un profit mutuel aux esprits qu'il confronte, leur permettant de rectifier leur propre pensée et d'ouvrir des perceptions nouvelles. » (Prigent 2014)

« En règle générale, chacun cherchera donc à imposer sa position, quand bien même elle lui apparaîtrait alors fausse et douteuse. Et c'est sa nature mauvaise et retorse qui lui fournira les moyens de ses fins, d'autant plus qu'elle sera aguerrie par l'expérience quotidienne du débat. » (Schopenhauer 2014)

« La technophobie ne date pas d'hier. Il n'est qu'à se rappeler les craintes que le développement du chemin de fer a suscitées en France, jusque dans l'Assemblée nationale où le député Arago, au milieu du XIX^e siècle, prophétisait toutes les catastrophes – pleurésies, fluxion de poitrine, explosion de locomotive, etc. – dont ce moyen de transport pouvait être la cause. » (Bronner 2013)

« La philosophie sociale du siècle des Lumières a fait du talent l'arme n° 1 contre les privilèges héréditaires, et inventé une doctrine des “justes inégalités”, qui constitue la base de notre méritocratie. Égaliser les chances d'accès aux emplois supérieurs, c'est ouvrir la carrière aux “talents”, comme le dit l'article 6 de la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen de 1789. Si la compétition est juste, l'élite de la profession sera légitime. Regardez les sciences, les arts ou les sports, qui célèbrent leurs vedettes par des prix, des cérémonies et des

médailles. La situation est différente dans les entreprises. L'élite qui les dirige est logée au sein de l'organisation et n'émerge pas de la concurrence entre tous les membres d'une communauté professionnelle. » (Menger 2018)

« Le savoir constitue [...] en lui-même un obstacle au fantasme de toute puissance qui sous-tend l'utilitarisme et l'accumulation de l'argent. » (Ordine 2017)

« Algorithmes et intelligence artificielle permettent la délégation croissante de tâches, de raisonnements ou de décisions de plus en plus critiques à des machines. Souvent jugées infaillibles et "neutres", celles-ci n'ouvrent-elles pas la voie à une confiance excessive et à la tentation pour chacun de ne pas exercer pleinement ses responsabilités ? Comment faire face aux formes nouvelles de dilution de la responsabilité qu'impliquent des systèmes algorithmiques complexes et très segmentés ? » (CNIL 2017)

« La formation professionnelle étroitement spécialisée des chercheurs les menace de crises d'incompétences subites et graves en cas de mutations profondes. » (Lévi-Leblond 1984)

« La macro-modélisation est un processus de rabotage de la pensée qui [...] débouche sur une sorte d'hypnose objectiviste aux dépens de la pensée critique. » (Roqueplo 1996)

« La société moderne est un système complexe, non seulement parce qu'elle est composée de nombreuses entités, mais aussi parce que les entités sont étroitement liées les unes aux autres par un ensemble de boucles interdépendantes, créant toutes sortes de retroactions. » (Bardi 2015)

« L'une des principales tâches qui nous incombent est de marier l'éthique lettrée du philosophe à l'analyse chiffrée que pratique le scientifique. » (Hardin 2018)

« Tel est le but de tout conditionnement : faire aimer aux gens la destination sociale à laquelle ils ne peuvent échapper. » (Huxley 2001)

Nul n'arrêtera la digitalisation du monde. C'est tellement plus simple et très souvent plus sûr de tout mettre sous la forme de zéros et de uns, et de laisser les machines faire des milliards d'opérations pour concevoir, produire, conduire, faire la guerre et décider à notre place.

Oui mais, l'homme de chair et d'os ne se laisse pas numériser. Que va-t-il devenir ? Comment ne pas sombrer dans l'océan numérique ? C'est la grande question qu'aborde Jean-Claude André en suivant le fil conducteur de la production et de la mutation économique. L'industrie de demain est déjà là, c'est l'industrie 4.0.

Que va-t-on produire demain ? Comment ? Avec des robots, sans doute, alors que vont devenir employés et ouvriers lorsque l'on estime que 50 % des métiers seront impactés par l'intelligence artificiel (IA) d'ici 2050 ? Un seul exemple, les caissiers et caissières de supermarché : comment vont-ils ou vont-elles gagner leur vie lorsque la plupart des magasins seront automatiques ? À un autre niveau, comment concevra-t-on les objets du futur ? Les ingénieurs sont concernés aussi bien que les personnes non qualifiées. Ceci n'est qu'un tout petit échantillon des questions qui sont posées à l'industrie 4.0 et que Jean-Claude André aborde avec une extraordinaire curiosité et érudition.

Avec un grand talent pédagogique, Jean-Claude André explique le rôle de l'IA, de l'Internet des objets, de l'impression 3D et au-delà du *bio printing*. Comment et pourquoi chacune de ces nouvelles technologies apporte des changements colossaux dans l'industrie et l'organisation du travail ? Les bouleversements humains sont déjà très importants et beaucoup sont encore à venir. Le rapport au travail est fortement impacté. Jean-Claude André n'élude aucun de ces aspects de la révolution numérique en cours.

L'ouvrage se termine par des éléments de prospective, il s'agit d'essayer de comprendre où tout cela risque de nous mener. Différents scénarios plus ou moins réjouissants sont esquissés par l'auteur. Enfin, Jean-Claude André se pose naturellement la question de ce qu'il faudrait faire pour apprivoiser la révolution numérique.

Au total, c'est une réflexion extrêmement riche que nous livre Jean-Claude André, un travail foisonnant dans lequel chacun trouvera à alimenter ses propres méditations sur le monde tel qu'il change à très grande vitesse. Enfin, cet ouvrage avec sa bibliographie encyclopédique, est un remarquable outil de travail pour quiconque veut aborder le sujet des mutations industrielles et sociales en cours.

Jean-Charles POMEROL
Président de l'incubateur Agoranov
et du conseil scientifique de ISTE Group

Avant-propos

« Blade runner : les androïdes rêvent-ils de moutons électriques ? »
(Dick 2014)

« Une génération ne peut assujettir à ses lois les générations futures. »
(DDHC 1793/2018)

« Il arrive toujours une heure où l'on n'a plus intérêt à chercher le nouveau sur les traces de l'ancien, où l'esprit scientifique ne peut progresser qu'en créant des méthodes nouvelles [...]. Les concepts scientifiques eux-mêmes peuvent perdre leur universalité [...]. Les concepts et les méthodes, tout est fonction du domaine d'expérience ; toute la pensée scientifique doit changer devant une expérience nouvelle ; un discours sur la méthode scientifique sera toujours un discours de circonstance, il ne décrira pas une constitution définitive de l'esprit scientifique. » (Bachelard 1966)

« Les résultats laissèrent peu de place à l'optimisme : dans tous les cas de figure, l'épuisement des ressources et les dégâts de la pollution mettraient fin à la croissance économique et entraîneraient, à un moment donné, dans un avenir proche, le déclin irréversible des systèmes industriels et agricoles. » (Randers 2015)

« La décroissance n'est pas une stratégie complexe. Elle consiste tout simplement à suivre le courant. » (Bardi 2015)

« Il en résultera [des nouveaux systèmes informatiques] un saut non pas quantitatif, mais qualitatif vers une économie de la conception et de la production en temps réel, entièrement personnalisée, de biens et de services, non seulement en matière de consommation, d'habitat et de transport mais également dans le domaine de la santé, où il

deviendra possible de concevoir et de produire en quelques heures une molécule sur mesure exactement adaptée à la pathologie d'une personne donnée, ou encore dans le secteur des loisirs, où l'on pourra proposer à chacun des espaces virtuels de distraction d'une richesse infinie, intégrant tous ses éléments affectifs et ses préférences culturelles et esthétiques... Mais la grande question qui agite et divise la communauté scientifique est de savoir si l'arrivée annoncée de cette puissance de calcul presque inimaginable, d'ici dix ou quinze ans, peut permettre l'émergence d'une forme d'intelligence artificielle autonome, consciente d'elle-même et agissant selon ses propres finalités... » (Trégouët 2018)

« Le triomphe universel de la science arrivera à assurera aux hommes le maximum de bonheur et de moralité. » (Berthelot 1897)

« Nous avons distingué le savant et le bricoleur par les fonctions inverses que, dans l'ordre instrumental et final, ils assignent à l'événement et à la structure, l'un faisant des événements (changer le monde) au moyen de structures, l'autre des structures au moyen d'événements. » (Lévi-Strauss 1962)

« Avec la promotion des ingénieurs et le développement du travail abstrait, la nature elle-même devient force de travail. Elle perd ses qualités sensibles et ses propriétés vivantes pour n'être plus considérée que comme combinaison de forces et de mouvements ; autrement dit, elle ne se définit plus par rapport au sujet humain percevant et agissant. » (Chrétien 1991)

« Il s'agirait plutôt de deux phases de ce qui consisterait le régime de la sagesse [...]. La première est celle du détachement et de la neutralisation [...] : celle où on neutralise opinions et points de vue et, s'affranchissant des disjonctions [...], l'on renvoie dos-à-dos les jugements contradictoires des écoles. La seconde est celle de la vie conforme, où l'on revient au monde en "bannissant ce bannissement". » (Jullien 1998)

« La vie des entreprises est dévorée par le court terme [...] et d'un autre côté, la compétitivité met en jeu des ressources qui ne peuvent être créées et renouvelées que dans la stabilité et dans la durée. » (Veltz 1996)

Minc et Nora (1978) en considérant l'invention de l'écriture pensent que ce fut une mutation qui a révolutionné le monde antique. Ils écrivent : « Aujourd'hui,

l'informatique annonce peut-être un phénomène comparable. Les analogies sont frappantes : extension de la mémoire ; prolifération et mutation des systèmes d'information ; modification éventuelle des modèles d'autorité. » Alors, avec l'industrie 4.0, rentre-t-on dans une simple évolution ou participe-t-on à une vraie révolution ?

En 1943, selon Bretonnes (2017), Thomas Watson d'IBM avait dit : « Je pense qu'il y a un marché mondial pour quelque chose comme cinq ordinateurs... » Par provocation et peut-être avec un peu de recul lié à un âge de plus en plus avancé, il aurait été possible d'engager la réflexion souhaitée dans ce document par ces phrases de Lewis Carroll (2010) : « Au royaume de la reine rouge, tous les sujets doivent courir le plus vite possible pour rester sur place. Comme le fait remarquer Alice, perplexe et abasourdie, c'est là un moyen bien fatigant de n'aller nulle part ! » Effectivement, tout bouge autour de nous, le temps est compté, il faut aller toujours plus vite et mieux mais avec une chronodiversité de plus en plus faible et, au fond, pour quelle société ? Pour quel bien-être ?

Ce petit essai n'a pas pour ambition de résoudre en une fois tous les problèmes du monde où simultanément s'affrontent différentes doctrines – libérales, politiques, religieuses, environnementales – mais toujours avec un support plus ou moins important de la technologie, voire de la science, qui prolonge, conditionne et amplifie l'apparence de notre activité et de notre culture. Probablement que comme la langue d'Ésope, la technologie peut-être la pire et/ou la meilleure des choses et c'est au lecteur de tenter de se positionner relativement à ce monde incertain qui implique une technologie récente relativement aux autres, celle du numérique, qui s'ouvre de plus en plus à nous. Apporter des éléments de réflexion, certainement biaisés par sa propre culture, c'est accepter qu'un point de vue personnel rentre dans (serve à) un débat plus large pour, enfin, s'appuyer sur (ou rejeter) cette phrase de Frankel (1955) qui est : « La responsabilité est le produit d'arrangements sociaux définis. » Pour l'auteur, le corps social doit être éclairé pour participer à des décisions collectives appropriées à un changement de plus en plus rapide, ce qui sort du cadre de cette petite réflexion qui tente cependant d'apporter quelques éclairages préalables.

Il existe nombre de sujets d'actualité où sciences et technologies viennent percuter notre quotidien plus ou moins douillet. Cet essai traite de manière très générale d'un sujet largement émergé, mais qui n'est sorti des laboratoires que depuis quelques années, voire un peu plus, celui du numérique avec un focus sur un thème qui intéresse la formation d'ingénieur de l'auteur, l'émergence du concept d'industrie 4.0 qui sert à modifier les processus de production, mais également les produits de consommation et leurs usages. « C'est sur cette capacité accrue de mise en réseau intelligente des moyens d'approvisionnement et de production que repose le concept d'"industrie 4.0", vision prospective d'une usine totalement connectée où

les machines pourraient communiquer entre elles au travers de multiples capteurs et pourraient être pilotées de façon “intelligente” grâce à la collecte et à l’analyse en temps réel de toutes les données produites. Modélisation des processus de production, anticipation des besoins de maintenance, optimisation de l’utilisation des ressources ou encore contrôle qualité en continu constituent autant d’implications possibles d’une plus grande intégration des technologies de pointe dans les usines, mais aussi sur les différents réseaux. » (COE 2017).

D’un point de vue historique, c’est l’invention du transistor en 1947 puis, du microprocesseur en 1971 qui comptent parmi les ruptures technologiques les plus importantes au XX^e siècle. Les conséquences sous forme de nouveautés continues ne sont pas arrivées ensuite à l’improviste. Sans ces éléments électroniques, l’informatique, Internet et, aujourd’hui, l’industrie 4.0 n’auraient pas vu le jour. Internet peut d’ailleurs être également considéré comme une autre rupture technologique qui a inondé nos vies au quotidien. Pour rappel, la première puce de la société Intel comptait un peu plus de 2 000 transistors, IBM aurait annoncé un nouveau procédé de gravure permettant de disposer de 30 milliards de transistors sur la même puce (Trégouët 2018). C’est grâce à ces changements d’échelle que la révolution dite 4.0 a pu voir le jour et se déployer dans tous les compartiments de la société.

REMARQUE A.1. Dans cet ouvrage, nombre de concepts/principes vont émerger, surtout en début, mais d’autres vont apparaître dans le texte. Une des activités de l’auteur lors de la rédaction de cet ouvrage a été de tenter de les définir de manière synthétique pour aller plus loin (sous forme de filet). Ils rappellent de manière synthétique un certain nombre d’explications de base qui peuvent être utiles au lecteur non averti... Ils sont écrits en **bleu** dans le texte avant d’être définis dans les sections intitulées « définition ».

Voici, ci-après, les premières définitions sous forme de filet.

DÉFINITIONS.–

Industrie 4.0 : le concept d’industrie 4.0, ou industrie du futur, correspond à une nouvelle façon d’organiser les moyens de production. Cette nouvelle industrie s’affirme comme la convergence du monde virtuel, de la conception numérique, de la gestion (finance et marketing), avec les produits et objets du monde réel. Les grandes promesses de cette « quatrième » révolution industrielle sont de séduire les consommateurs avec des produits uniques et personnalisés, et malgré de faibles volumes de fabrication, de maintenir des gains financiers substantiels. Ces mêmes consommateurs peuvent ainsi communiquer avec les machines durant les phases de réalisation, avec une production appelée *smart production* (Wikipédia 2018).

La littérature sur le sujet n'est, de manière évidente, pas vierge sur ce thème de grande importance sociétale. Parmi les nombreux ouvrages, le lecteur intéressé pourra avantageusement trouver des informations dans Bartodziej (2017), Gilchrist (2016), Blanchet (2016), Yanez (2017 et 2017a), Kohler et Weisz (2016), Lemberger *et al.* (2016), Stark (2018), Frison (2017), Schwab (2017), Drezner (2016), Daugherty et Wilson (2018), Thames et Schaefer (2017), Reischauer (2018), Lopes de Sousa Jabbour *et al.* (2018), Müller *et al.* (2018), Wang et Ha-Brookshire (2018), Szalavetz (2018), Dallasega *et al.* (2018), Ibarra *et al.* (2018), Moktadir *et al.* (2018), Ahuett-Garza et Kurfess (2018), Kamble *et al.* (2018), Lu et Weng (2018), etc.

L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique, qui sont des éléments constitutifs de l'industrie 4.0, deviennent de plus en plus présents, voire omniprésents dans nos vies. Du diagnostic médical et juridique au diagnostic financier, les approbations de prêts et les assistants personnels virtuels, l'intelligence artificielle a de nombreuses utilisations qui profitent à notre société par une plus grande inclusion et un meilleur accès aux biens et services (The Future Society 2018). En même temps existe un transfert de l'activité depuis le professionnel vers l'utilisateur final qui doit passer par les fourches caudines du système « Tapez 1 si... ». L'intelligence artificielle n'envahit pas uniquement notre vie quotidienne, mais devient une partie intégrante de l'activité de production matérielle (et immatérielle), ce qui est traduit par le concept d'industrie 4.0, traité dans cet ouvrage.

Intelligence : c'est l'ensemble des processus qui permettent de comprendre, d'apprendre ou de s'adapter à des situations nouvelles. Avec l'informatique, des outils numérisés peuvent faire preuve d'intelligence.

Intelligence artificielle (IA) : elle « désigne la simulation des processus de l'intelligence humaine par des machines et par des systèmes informatiques. Ces processus comprennent l'apprentissage (l'acquisition d'informations et de règles liées à leur utilisation), le raisonnement (l'utilisation des règles pour parvenir à des conclusions approximatives ou précises) et l'autocorrection » (Monnier 2018). Pour Laurence Devillers (2017), c'est l'« ensemble de théories, d'algorithmes et de logiciels, qui ont pour objectif de simuler des capacités cognitives de l'homme ».

Algorithmes : le concept d'algorithme correspond à une procédure qui peut être décrite dans un langage formel et qui permet de résoudre un « problème » à travers l'allocation de ressources à des tâches données. En informatique, l'existence des logiciels permet d'utiliser les algorithmes de manière massive et efficace (CNRS-INS2I 2018).

Assistants virtuels (intelligents) : c'est un logiciel qui effectue des tâches et des services à partir des entrées fournies par l'utilisateur, la connaissance de sa localisation, ses données historiques pour fournir des informations à partir d'une variété de sources en ligne.

En effet, « les experts sont unanimes : l'humanité est au seuil d'une nouvelle ère ; l'intelligence artificielle va transformer nos existences dans une mesure que nous ne pouvons imaginer. Cette transformation a déjà commencé et elle affecte tous les secteurs de notre vie. L'intelligence artificielle connaît de nombreuses applications dans des domaines aussi variés que la santé (Rodrigues *et al.* 2016, Ross *et al.* 2016, Ruggieri et Briante 2017), l'éducation, la culture, la sécurité, la défense, etc. La recherche a pris un essor considérable ces dernières années : les géants du Web (GAFAM, pour Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft – qui disposent d'une valorisation ayant dépassé les 4 100 milliards de dollars, et surclassent en valorisation le PIB de l'Allemagne (Babinet 2018)), mais aussi de nombreux pays investissent désormais massivement dans l'intelligence artificielle et se font les acteurs de cette quatrième révolution industrielle (Azoullay 2018). Pour la directrice générale de l'Unesco, la messe semble dite, mais est-ce si sûr ?

Pour certains, il s'agit d'un progrès pour l'humanité, d'un passage obligé parce que c'est le moyen de rester dans la compétition et de faire (ou réintégrer) les usines sur le territoire, mais pour d'autres, l'IA présente simultanément des risques importants conduisant à des menaces pesant sur l'humanité, comme la désintégration de la vie privée des personnes, l'absence d'agences de contrôle (Latonero 2018, Académie des Technologies 2018, PRC 2018), les perturbations à grande échelle par faiblesse de la cybersécurité (Tan 2018), le délitement de la vie sociale, la perte des emplois ou des qualifications (PWC 2018, Agüiera 2018), etc. L'absence de garanties quant à la protection des données personnelles est pour l'Institut Montaigne (2015), un frein parmi d'autres à l'adhésion du public aux technologies de l'Internet des objets. Mais, en même temps, utiliser l'IA comme le recommande l'institut G9+ (2017) pour faire de la police prédictive pour anticiper des crimes et autres méfaits risque de poser quelques problèmes éthiques concernant les libertés individuelles.

« Avec la mise en œuvre par l'Union européenne du Règlement général sur la protection des données (RGPD) – un texte législatif important en matière de protection des données ayant des implications mondiales – et l'adoption par la Californie d'une nouvelle loi sur la protection de la vie privée, associée à plusieurs incidents très médiatisés impliquant des entreprises exposant des données de consommateurs, l'administration du président Trump cherche maintenant à élaborer un cadre général actualisé pour la protection des données des consommateurs. » (Itif 2018). Mais cette disposition de premier degré est-elle suffisante ?

Ce que cet essai tente de montrer, c'est cet éventail très large d'informations, dont sans doute certaines sont incertaines et provisoires, pour permettre et/ou engager un débat parce que les opportunités et les défis de la révolution de l'industrie 4.0 sont inextricablement imbriqués et interdépendants. Apprendre le fonctionnement de la science sur un des sujets à la frontière des savoirs correspond à une petite brique permettant de juger, déjà entre scientifiques, de la difficulté de mutualiser des savoirs pour décider et agir. Il ne s'agit pas d'intervenir volontairement sur des choix citoyens à partir de détournements orientés vers la vulgarisation et la promotion de la science en termes d'emploi ou de progrès de santé (par exemple), mais d'apprendre à comment s'orienter vers le « faire ensemble » pour des expériences plus positives, non conflictuelles. C'est bien le but de l'auteur.