

Les politiques d'innovation face à la digitalisation

par

■ **Dominique Guellec** ■

Directeur de la division des politiques scientifiques et technologiques de l'OCDE

En bref

La digitalisation des produits et des procédés (substitution des données et du logiciel à des artefacts physiques ou à des activités humaines) transforme l'économie et la société, notamment en abaissant les barrières qui séparent les marchés et les acteurs, ce qui est source de nombreuses innovations. Cette fluidification de l'économie favorise simultanément, et de façon apparemment contradictoire, l'émergence de nouvelles entreprises, mais aussi des effets de concentration, voire de monopolisation. Devant ces évolutions rapides, les gouvernements se sentent parfois un peu démunis : de quels outils et de quelles régulations doivent-ils se doter pour bénéficier des effets positifs de la digitalisation, notamment de l'intelligence artificielle, et se protéger de ses effets négatifs ? Pour le moment, ils sont en général contraints d'adopter une approche expérimentale, de tester de nouveaux instruments et de s'équiper des outils d'évaluation et de révision de ces instruments...

Compte rendu rédigé par Élisabeth Bourguinat

L'Association des Amis de l'École de Paris du management organise des débats et en diffuse les comptes rendus, les idées restant de la seule responsabilité de leurs auteurs. Elle peut également diffuser les commentaires que suscitent ces documents.

Le séminaire Management de l'innovation est organisé avec le soutien de la Direction générale des entreprises (ministère de l'Économie et des Finances) et grâce aux parrains de l'École de Paris du management :

Algoé¹ • Carewan¹ • Conseil régional d'Île-de-France • Danone • EDF • Else & Bang • ENGIE • FABERNOVEL • Fondation Roger Godino • Groupe BPCE • Groupe Caisse des Dépôts • Groupe OCP • GRTgaz • HRA Pharma² • IdVectoR² • IPAG Business School • L'Oréal • La Fabrique de l'industrie • MINES ParisTech • Ministère de l'Économie et des Finances – DGE • RATP • Renault-Nissan Consulting • SNCF • Thales • UIMM • Ylios¹

1. pour le séminaire Vie des affaires
2. pour le séminaire Management de l'innovation

L'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) est une organisation intergouvernementale basée à Paris, qui réunit 35 pays parmi les plus développés et couvre l'ensemble des activités des gouvernements (éducation, environnement, économie, affaires sociales, technologie...), à l'exception de la sécurité. Notre mission consiste à fournir à nos pays membres une intelligence internationale, c'est-à-dire à leur faire savoir mutuellement ce qu'ils font, à les aider à structurer leurs données et à partager leurs bonnes pratiques.

Au sein de l'OCDE, je dirige le département des politiques scientifiques et technologiques, domaine en pleine révolution du fait de la globalisation et de la digitalisation, deux phénomènes étroitement liés.

L'innovation digitale

L'innovation digitale recouvre des produits et procédés rendus possibles par des outils digitaux ou mis en œuvre à travers des données et des logiciels.

La puissance croissante des ordinateurs a permis de diffuser l'innovation digitale partout dans notre vie quotidienne, autant dans les biens les plus matériels que dans les services. Cette innovation est mise en œuvre à travers quelques grandes technologies telles que le téléphone portable, le *Cloud*, les données massives, l'internet des objets, la *blockchain*, l'impression 3D, la réalité virtuelle ou augmentée, l'intelligence artificielle, etc. Désormais, la plupart des innovations comprennent au moins une composante digitale et beaucoup sont entièrement digitales.

L'intérêt porté par les gouvernements à la digitalisation repose sur le fait que l'utilisation des données massives est devenue l'un des moteurs de la croissance dans les pays développés, y compris dans des domaines qui ne sont pas digitaux au départ, comme les biotechnologies, les nouveaux matériaux, etc. Sans digitalisation, pas d'édition génétique ni de rétrosynthèse chimique, par exemple.

La digitalisation entraîne de profonds changements dans trois grands domaines : l'économie, l'innovation et les politiques publiques touchant à l'innovation.

Changements dans l'économie

La réduction des coûts fixes de l'information

Pendant des millénaires, le traitement des informations était assuré par les hommes, à l'aide de quelques "appendices" comme les livres ou la mécanographie, et la productivité de cette activité ne pouvait que faiblement progresser. La digitalisation permet une forte réduction du coût du traitement des données, désormais effectué par des machines, avec des gains de productivité particulièrement rapides grâce à la loi de Moore.

Ce sont désormais les activités les plus consommatrices de données qui connaissent la plus forte amélioration de leur productivité. C'est le cas notamment des activités de R&D et d'innovation, en particulier pour les innovations incrémentales, qui passent par la recombinaison des informations existantes, et un peu moins pour les innovations fondamentales.

La réduction du coût marginal de l'information

En 2014, Jeremy Rifkin publie *La nouvelle société du coût marginal zéro – L'internet des objets, l'émergence des communaux collaboratifs et l'éclipse du capitalisme*. Sa thèse est convaincante, même si le coût marginal peut rarement tomber à zéro, notamment en raison de la consommation d'énergie des centres de traitement

des données. Au vu des quantités de données traitées, on peut cependant considérer que ces coûts sont quasiment nuls, qu'il s'agisse de la décomposition, du déplacement, de la réplique, de la combinaison ou de la diffusion des données.

Une fois l'information créée et traitée, elle s'échange avec une très grande fluidité, contrairement aux biens physiques, qui sont sujets à des rendements marginaux décroissants lors de leur production, puis qui génèrent des coûts de transports.

La donnée se caractérise aussi par sa versatilité et son agilité : on peut l'appliquer à des usages très divers sans dépense supplémentaire.

Enfin, les coûts de recherche de l'information sur les marchés sont très réduits, ce qui est crucial pour les consommateurs et les fournisseurs. Les outils digitaux permettent de se repérer beaucoup plus facilement sur des marchés complexes et différenciés, ce qui a des implications importantes sur les structures de marché.

Ces changements généraux, qui affectent l'ensemble des mécanismes économiques, ont un impact particulier sur les activités d'innovation, qu'il s'agisse des processus d'innovation, de la structuration des marchés ou de la distribution des performances et des rétributions de l'innovation.

Impact sur les processus d'innovation

Le carburant de l'économie digitale

C'est une métaphore courante que de considérer la donnée comme le "pétrole" de l'économie digitale, même si cette analogie a ses limites : les données sont produites alors que le pétrole est extrait et, par ailleurs, les données sont des biens beaucoup plus différenciés que le pétrole. Une activité commerciale comme celle de Michelin engendre chaque jour des téraoctets de données industrielles sur sa production de pneus, sur leurs capacités et sur leur utilisation. Les consommateurs passant commande chez Amazon produisent également de grandes quantités de données, qui permettent d'identifier les orientations de la demande, ou encore de piloter les efforts d'innovation. Les données scientifiques résultant de simulations opérées à travers les jumeaux numériques d'activités réelles permettent de tester des variantes, mais aussi d'anticiper les propriétés des matériaux.

L'accès aux données : un facteur essentiel de compétitivité

L'importance cruciale de la donnée dans l'utilisation de l'intelligence artificielle en a fait un facteur de compétitivité essentiel pour les entreprises et aussi pour les États : l'accès aux données devient un enjeu en soi. Les entreprises cherchent à acheter des bases de données, à en produire, à les conserver. Microsoft a, par exemple, racheté LinkedIn pour récupérer les données de ses 400 millions d'abonnés.

Non seulement les industriels investissent dans la collecte de données, mais, en général, ils se refusent à partager ces dernières, car ils les considèrent comme un facteur concurrentiel essentiel. Il y a quelques mois, le président de Michelin expliquait que si, d'aventure, il cédait aux sirènes d'Amazon, qui souhaitait accéder à ses données, ce serait probablement le début d'une trajectoire qui le conduirait à devenir sous-traitant d'Amazon. Le récent [rapport Villani](#), consacré à l'intelligence artificielle, témoigne d'ailleurs d'une certaine prudence sur le partage des données industrielles, même si la notion d'*open data* est actuellement en vogue.

Devant toute innovation, les économistes sont attentifs à l'émergence d'un marché : si la donnée a tellement de valeur, les acteurs économiques devraient commencer à se l'échanger et, de fait, on voit émerger un marché des données, mais de façon très lente. Manifestement, on n'échange pas des données comme des pommes ou des carottes.

La servitisation de l'économie

La frontière entre la production de biens physiques et la production de services devient de plus en plus ténue : c'est ce que l'on appelle la *servitisation* de l'économie. Beaucoup de biens physiques sont personnalisés, ce qui

revient à leur ajouter du service et requiert énormément de données. Bosch, par exemple, met en avant la formule 3S (*sensors, software, service*) dont l'objectif est de rendre les biens physiques "intelligents", c'est-à-dire plus adaptables, plus réactifs et d'une maintenance plus facile. Inversement, on voit des entreprises de services se lancer dans la production manufacturière, comme Amazon avec son enceinte Echo et l'assistant vocal Alexa.

Parmi toutes les innovations de services figurent les nouveaux *business models* : beaucoup de start-up se fondent non sur une technologie particulièrement innovante, mais sur un nouveau *business model*, comme Airbnb, Uber et toutes les entreprises de l'économie du partage. Dans de nombreux cas, l'enjeu essentiel d'une nouvelle utilisation des données consiste à imaginer un modèle économique.

Des innovations plus nombreuses et plus rapides

La réduction du coût de l'innovation incrémentale se traduit par la multiplication des innovations, d'autant plus importante qu'elle s'accompagne d'une réduction du phénomène de destruction créatrice. L'un des freins à l'innovation est la peur de cannibaliser les produits existants. Or, pour un grand nombre d'innovations digitales, cette peur n'est plus justifiée, puisque l'on ne fait qu'améliorer le produit à travers des mises à jour, parfois quotidiennes.

Une autre caractéristique des innovations digitales est la rapidité de leur diffusion. Pour créer un nouveau modèle d'écran, il faut d'abord le concevoir, puis trouver un fabricant, contrôler la production, signer des accords avec des distributeurs, organiser le transport, etc., ce qui prend des mois. Une fois qu'un logiciel est mis au point, il peut être rendu disponible instantanément sur l'ensemble de la planète.

Le résultat est un accroissement du nombre et de la fréquence des innovations, comme on le voit dans l'exemple de la voiture autonome. Le modèle du véhicule physique sera probablement renouvelé tous les ans, mais sa composante logicielle est actualisée tous les jours, voire toutes les minutes en ce qui concerne les cartes géographiques. Les deux rythmes d'innovation sont complètement disjoints.

L'accélération de l'innovation n'implique pas nécessairement celle des gains de productivité. L'innovation traditionnelle procède par paliers, alors que l'innovation digitale est continue, mais les gains de productivité liés à l'actualisation quotidienne d'un logiciel ne sont pas aussi importants que ceux obtenus à chaque palier d'une innovation traditionnelle. De fait, depuis au moins une dizaine d'années, on observe un ralentissement sérieux des gains de productivité. Ce phénomène a commencé avant la crise de 2008 et s'est accentué depuis, même si une nouvelle dynamique semble se dessiner aux États-Unis, depuis deux ou trois trimestres.

Des innovations plus collectives

La réduction des coûts de communication permet la densification des interactions dans la société en général, et dans le monde économique en particulier, ce qui conduit à des innovations plus collectives qu'avant. Cette densification se traduit par le partage des données, par de l'innovation ouverte (qui avait débuté avant la digitalisation, mais est en train de prendre une bien plus grande ampleur), par des écosystèmes d'innovation composés d'acteurs de statut privé ou public, de tailles très diverses, avec un rôle particulier dévolu aux start-up – considérées comme des "poissons-pilotes" –, ou encore aux plateformes. L'intégration des données extrêmement hétérogènes qui en résultent se fait avec l'aide de l'intelligence artificielle. Peu à peu, les activités d'innovation échappent à leurs "silos" et s'apparentent de plus en plus à une espèce de "soupe primitive" dans laquelle des molécules interagissent en provoquant des réactions imprévues.

Impact sur la structuration des marchés

La digitalisation permet une fluidification des échanges par la réduction des "frictions" (coûts marginaux de production, coûts de transport) et la disparition de deux types de barrières : les barrières à l'entrée des marchés, mais aussi celles liées à la segmentation interne des marchés. Or, qui dit réduction de la segmentation, dit formation d'entreprises monopolistiques, au sens économique, sinon juridique. Ces deux tendances contradictoires (disparition des barrières à l'entrée et constitution de monopoles) s'observent à différents niveaux.

L'effet paradoxal des plateformes

Un grand nombre de nouveaux marchés reposent sur des plateformes, c'est-à-dire des entités basées sur Internet et destinées à faciliter les transactions en mettant en contact différents types d'acteurs, individus ou entreprises. Il s'agit souvent d'infrastructures essentielles pour l'innovation, y compris au sens juridique de cette expression.

Il en existe de divers types : plateformes privées (d'entreprises, d'universités...), réseaux sociaux, mais aussi moteurs de recherche. En faisant une recherche sur Google, par exemple, vous fournissez de l'information sur vous-même, à la fois par l'objet de votre recherche et par la sélection que vous effectuez parmi les résultats trouvés.

Beaucoup d'entreprises existantes ou d'entités publiques ou privées essaient de se doter de plateformes, voire de se transformer en plateformes, afin d'interagir avec une multiplicité de partenaires et de construire peu à peu des communautés plus ou moins ouvertes.

Une des propriétés essentielles de ces plateformes, comme l'ont montré les travaux de Jean Tirole, est l'effet de réseau : la valeur de la plateforme pour chacun de ses utilisateurs augmente avec le nombre des utilisateurs, sans parler des économies d'échelle qu'elle permet. En conséquence, le marché des plateformes a tendance à se concentrer ; il n'existe pas deux Amazon, ni deux Google, ni deux Facebook.

Dans le même temps, paradoxalement, les plateformes sont des facilitateurs de concurrence. Il y a quelques années, un potier qui menait son activité artisanale dans la région de Limoges était condamné à ne vendre ses produits qu'aux quelques touristes qui venaient le visiter. Aujourd'hui, grâce à Amazon, il peut les proposer à des consommateurs de Hong Kong. On observe donc deux effets contraires : ces plateformes ont tendance à devenir des monopoles, mais facilitent l'entrée de nouveaux acteurs sur une multitude de marchés.

La digitalisation réduit les barrières à l'entrée, mais favorise les monopoles

Cet effet paradoxal des plateformes s'observe, plus généralement, dans l'ensemble des activités concernées par la digitalisation.

D'un côté, les petites entreprises ont la possibilité de croître plus rapidement et à plus grande échelle que dans le monde ancien : la production de logiciels ou de données consomme moins de capital que celle de biens manufacturés ; une fois le produit digital conçu, on peut le vendre à des millions d'exemplaires sans accroître les coûts de production (*scale without mass*) ; le Cloud permet d'accéder à de grandes capacités de calcul sans investir dans un centre de calcul ; les plateformes réduisent les coûts de commercialisation. Ceci devrait se traduire par davantage d'entrées sur le marché, et donc une concurrence plus intense.

D'un autre côté, l'économie digitale favorise l'accroissement de la taille des entreprises et leur monopolisation. C'est vrai en ce qui concerne l'offre, grâce aux économies d'échelle, au *scale without mass*, à la disparition des segmentations de marchés par les coûts de transports, ou encore par les habitudes locales de consommation qui protégeaient certaines entreprises et ne leur permettaient d'exercer qu'un monopole local. La digitalisation fait disparaître beaucoup de ces barrières et les monopoles deviennent mondiaux, comme l'illustrent les GAFAs.

Cela vaut également pour la demande, avec l'effet de réseau et ce qu'on appelle *l'économie de l'attention* : chacun d'entre nous, aussi intelligent soit-il, ne dispose que de vingt-quatre heures par jour et ne peut consacrer qu'un temps limité à la consommation de produits digitaux. Le marché a donc une capacité d'absorption physiquement limitée, d'où le principe du *winner takes all* mis en évidence par Sherwin Rosen en 1981. Il l'appliquait, à l'époque, aux arts et aux sports : si vous disposez d'un temps limité à consacrer à l'opéra, vous aurez sans doute tendance à acheter les disques d'une vedette plébiscitée par la plupart des amateurs, comme Pavarotti. C'est le même réflexe qui nous pousse à utiliser Google sans prendre le temps de tester d'autres moteurs de recherche.

Entre la tendance à l'ouverture et la tendance à la concentration, laquelle va l'emporter ? La réponse n'est pas évidente. Or, elle est cruciale pour les autorités de la concurrence. Celles-ci doivent-elles se mettre en retrait et laisser libre cours aux mécanismes de marché, en constatant qu'IBM ayant été remplacé par Microsoft, puis par Google, le jeu reste ouvert et qu'il ne faut surtout pas interférer ? Doivent-elles au contraire considérer que nous avons atteint un niveau de cristallisation des pouvoirs de marché qui rend difficile l'émergence de nouveaux concurrents ?

Le débat n'est pas clos, mais, en Europe, la tendance va plutôt dans le sens d'une intervention des pouvoirs publics, avec une difficulté non négligeable : l'Europe ne peut intervenir que sur son propre territoire et elle fait face à des groupes de taille mondiale.

Impact sur la distribution des performances et des rétributions

En 1997, Frances Cairncross expliquait, dans *The death of distance – How the communications revolution will change our lives*, que nous allions assister à la fin de la domination des villes. Les acteurs travaillant sur les données allaient pouvoir s'établir dans des régions comme le Larzac, où ils pourraient les exploiter aussi bien qu'en vivant au cœur du 5^e arrondissement de Paris. En réalité, le 5^e arrondissement a profité de la digitalisation bien plus que le Larzac...

Les économistes s'accordent sur un constat, celui de la forte augmentation des inégalités dans la distribution des performances et des rétributions des activités liées à l'innovation. Ce phénomène, qui s'observe au niveau à la fois des individus, des entreprises et des territoires, peut être relié à certaines propriétés de la digitalisation.

La fluidité de la donnée permet de la faire voyager partout et à tout moment. S'il existe une région particulière où elle est susceptible de créer plus de valeur, elle y sera transférée. Les compétences, en revanche, qu'il s'agisse des qualifications des individus, des savoir-faire des entreprises ou des atouts des villes et des régions, ne bénéficient pas de la même fluidité : elles sont relativement fixes et protégées par de nombreux mécanismes économiques ou physiques. Or, la donnée et les actifs de compétences sont complémentaires. En effet, même si la donnée est mise à la disposition de tout le monde, tout le monde n'en fera pas un usage également créateur de valeur. En conséquence, la donnée va aller là où elle créera le plus de valeur, que ce soit vers les individus les plus qualifiés, les entreprises les plus aptes à les utiliser ou les régions les plus avancées. Alors qu'on pouvait imaginer que la fluidité de la donnée lui conférerait des vertus égalisatrices, elle a plutôt tendance à renforcer les inégalités.

Les conséquences sur les politiques d'innovation

Que peuvent faire les gouvernements face à ces évolutions? La réponse étant très incertaine, la plupart d'entre eux adoptent une approche expérimentale : ils testent de nouveaux instruments et s'équipent d'outils d'évaluation et de révision de ces instruments. C'est de cette façon que l'on peut interpréter le rapport Villani, qui propose un certain nombre d'instruments politiques nouveaux, mais sans pouvoir prédire leur efficacité. Les États sont désormais contraints de devenir aussi innovants que les entreprises et d'accepter à la fois l'expérience et l'échec...

L'accès à la donnée

Les données représentant désormais la principale source d'innovation, la politique d'accès aux données devient une composante de la politique d'innovation. La protection de l'information a été une préoccupation des gouvernements dès le Moyen Âge. Les souverains cherchaient à attirer des talents de l'étranger et, inversement, les artisans qui envisageaient d'émigrer vers un autre pays pouvaient subir de sérieux ennuis. Aujourd'hui, les savoirs circulent beaucoup plus facilement, ce qui prête une dimension nouvelle à ces politiques d'accès à l'information.

La solution par défaut qu'un économiste un peu naïf aurait tendance à recommander est sans doute le développement de l'*open data*, en considérant que le coût marginal du partage est nul et que la donnée réunit toutes les propriétés de la non-rivalité : le fait de s'en servir à un endroit donné n'empêche pas de s'en servir ailleurs et une même donnée utilisée par différents acteurs permet des croisements, de la concurrence, de la coopération... On peut cependant objecter que toutes les données n'offrent pas le même intérêt, n'ont pas le même coût de production, ne sont pas utilisables ou réutilisables partout et n'exercent pas le même effet sur la productivité. De plus, si l'entreprise sait qu'après avoir produit de la donnée elle sera contrainte de la partager avec ses concurrents, elle hésitera à investir.

Le partage des données peut également se heurter à des obstacles éthiques et sociétaux, liés notamment à la nécessité de protéger la vie privée, comme on l'a vu dans les affaires de Cambridge Analytica ou de Facebook, qui risquent de se multiplier. Personne n'a envie, par exemple, de voir son ADN en libre accès sur Internet, d'autant moins que les méthodes d'anonymisation sont aisément "craquables" : à partir de votre ADN, on peut reconstituer votre visage de façon relativement fiable.

Sachant que les grandes firmes de la donnée sont américaines et que de nombreuses entreprises traditionnelles sont non-américaines, les gouvernements nationaux ont tendance à adopter des politiques plutôt protectrices. Ils font en sorte, par exemple, que Google ne puisse pas avoir accès aux données des constructeurs automobiles. Inversement, aux États-Unis, une campagne est actuellement menée par des *think tanks* proches de la Silicon Valley pour une ouverture totale des données des chaînes de grande distribution, comme Walmart, en arguant que celles d'Amazon sont d'ores et déjà accessibles. Or, même en supposant que les données d'Amazon soient complètement ouvertes, ce qui n'est pas le cas, on voit bien que Walmart ou Carrefour ne seraient pas sur un pied d'égalité avec Amazon pour les exploiter.

Dans ce genre de situation, la solution consiste généralement à créer un marché, en faisant l'hypothèse que les transactions qu'il permettra amélioreront la distribution des actifs au sens de Pareto. Certes, toutes les données ne sont pas interchangeables et certaines sont tellement contextuelles qu'elles n'ont pas vraiment de valeur de transaction, mais une intégration avec d'autres données et une exploitation intelligente pourraient leur en apporter davantage. De même, l'intelligence artificielle devrait permettre de surmonter la difficulté, pour un acteur, de savoir de quelles données il a besoin et si elles existent ou non. Enfin, grâce à la *blockchain*, on peut mettre ses données à la disposition d'autrui tout en étant certain d'en garder la propriété. Toutefois, force est de constater que le marché en question ne se développe guère pour le moment.

La servitisation

Les politiques publiques de soutien à l'innovation s'intéressent souvent de façon prioritaire à la R&D. En France, c'est le cas, par exemple, du CIR (crédit d'impôt recherche). Or, les innovations de services exigent beaucoup moins de R&D que les innovations de produits. Beaucoup d'entreprises proposant des innovations de services ne bénéficient donc pas d'aides publiques. Une solution consisterait à envisager l'élargissement d'un outil comme le CIR pour qu'il puisse être mobilisé pour des activités complémentaires à la recherche, telles que la diffusion ou la formation.

L'accélération de l'innovation

Les politiques publiques, de façon générale, se caractérisent par une certaine inertie, non seulement à cause de la lenteur administrative, mais aussi pour de bonnes raisons, comme les mécanismes prudentiels de test ou de contrôle. Comment accroître leur réactivité? En France, un nouvel outil, la French Tech, est actuellement en cours de test. Elle permet d'accéder à des financements en trois mois, avec un niveau de vérification significatif, mais fortement réduit par rapport aux niveaux habituels.

Les politiques de concurrence

Comment doivent réagir les autorités de la concurrence face au double phénomène de monopolisation et d'ouverture des marchés? Comme on l'a vu, la question centrale dans ce domaine est celle de l'accès aux données. Une réflexion est actuellement menée à l'OCDE sur ce thème, mais nous sommes encore loin d'un niveau de compréhension et de conceptualisation qui permette de formuler des politiques bien articulées, surtout dans un contexte d'intérêts nationaux divergents.

Les déséquilibres régionaux

Les déséquilibres régionaux ont probablement été accrus par des politiques que l'on croyait neutres. Si l'excellence en recherche ou en innovation se concentre dans certains laboratoires et que les gouvernements mettent en place des politiques fondées sur l'excellence, les ressources vont se concentrer toujours davantage sur les mêmes laboratoires,

ce qui peut présenter des avantages à court terme, mais des problèmes d'équité et d'efficacité à plus long terme. Un écosystème d'innovation doit rester ouvert et diversifié. Il faut donc adopter des mesures complémentaires pour freiner le mouvement de concentration.

Le soutien aux PME

Les PME sont moins bien placées que les grandes entreprises dans la transition digitale. Les politiques de diffusion traditionnelles, qui soutiennent des achats de machines, par exemple, s'avèrent inadaptées, car digitaliser une entreprise ne se réduit pas à ajouter une machine ou un logiciel. Cela implique la transformation des processus de production et, parfois même, du modèle d'affaires de l'entreprise. Dans une grande entreprise, la transition peut s'effectuer département par département. Dans une petite entreprise, c'est la survie qui est en jeu. Si elle ne s'adapte pas, elle est menacée de disparaître, mais si elle essaie de s'adapter et échoue, elle risque d'être rayée de la carte encore plus vite. Les États sont conscients de ce dilemme et l'Allemagne et les Pays-Bas, notamment, ont adopté des dispositifs facilitant l'accès des PME à des financements bancaires ou à des qualifications pour les aider à réussir leur transition digitale.

L'intelligence artificielle

Pour finir, je voudrais dire quelques mots de l'intelligence artificielle. Cette expression renvoie à un ensemble de technologies susceptibles de reproduire des fonctions normalement accomplies par l'intelligence humaine : chaînes de Markov, réseaux neuronaux, statistiques bayésiennes, apprentissage machine... Certaines de ces techniques datent de plusieurs décennies déjà, mais la puissance des réseaux neuronaux et de l'apprentissage machine, combinée à la loi de Moore et à la masse des données rendues disponibles par Internet, a décuplé leurs capacités.

Soixante ans de "gaspillage public"

Parmi ces différentes technologies, la plus importante est sans doute l'apprentissage machine (*machine learning*), technique présentée pour la première fois lors d'une conférence de 1956 à l'université américaine de Dartmouth. Pendant soixante ans, les gouvernements ont pu avoir le sentiment de gaspiller de l'argent public sur cette technologie, qui ne donnait aucun résultat, les chercheurs réussissant à faire financer leurs travaux grâce à des promesses qu'ils échouaient systématiquement à tenir. Dès 1958, par exemple, Herbert Simon et Allen Newell annonçaient que « *d'ici à dix ans, un ordinateur [serait] le champion du monde des échecs* », ou encore qu'« *un ordinateur [découvrirait] et [résoudrait] un nouveau théorème mathématique majeur* ». Les financements étaient périodiquement supprimés, mais les chercheurs finissaient toujours par en obtenir de nouveaux, et toujours en "vendant du vent".

Néanmoins, c'est grâce à ce "gaspillage" consenti pendant soixante ans qu'on a pu assister, il y a une dizaine d'années, au décollage de ces technologies et à la prise de relais par les investisseurs privés. Il faudrait garder cette histoire à l'esprit lorsqu'on réfléchit au mode d'allocation des financements publics et que l'on cherche à cibler les domaines de recherche offrant "vraiment" des perspectives.

Une technologie peu ordinaire

L'une des caractéristiques de l'intelligence artificielle est qu'elle affecte tous les domaines d'activité (l'économique, le social, le politique...), alors que la plupart des technologies ne concernent qu'un seul domaine. L'édition génétique, par exemple, est en train de révolutionner la génétique, mais l'intelligence artificielle révolutionne tout, y compris la génétique.

L'intelligence artificielle a aussi la particularité d'affecter la distribution des revenus et donc les équilibres sociaux, mais également d'être un instrument de pouvoir pour les États. Selon le président Poutine, « *l'État qui maîtrisera l'intelligence artificielle sera le maître du monde* ». Cette formule donne à réfléchir, quand on observe la course de vitesse qui s'est engagée entre la Chine et les États-Unis, sur le plan économique, mais aussi politique, stratégique et militaire.

Enfin, cette technologie n'est pas une technologie ordinaire en ce qu'elle touche à l'identité même de l'humanité : les hommes se considéraient jusqu'ici comme des êtres uniques en raison de leur intelligence, mais, demain, des machines seront aussi intelligentes qu'eux, voire davantage.

Le plafond de verre

L'intelligence artificielle ne peut cependant pas tout. Pour le moment, elle permet de reconnaître des formes (langage, voix, images...), de prédire des comportements (analyse de données des consommateurs), d'optimiser la production industrielle, mais pas de produire des concepts. Tant qu'elle n'aura pas franchi ce plafond de verre, on ne trouvera pas forcément sur le marché ce que nous promettent depuis quelques années déjà les films de Hollywood.

Le pire et le meilleur

Comme tous les instruments très puissants, l'intelligence artificielle peut être « *la pire et la meilleure des choses* ». Nous n'imaginons pas pouvoir nous priver du feu ou du métal; pourtant, le feu et le métal tuent chaque année des centaines de milliers de personnes. De même, on peut attendre beaucoup de bien de l'intelligence artificielle (amélioration de la productivité, protection de l'environnement, accompagnement des personnes âgées...) et aussi beaucoup de mal (nouvelles armes, surveillance des citoyens, création d'addictions via la captation des émotions...).

Un défi pour les gouvernements

Que doivent faire les gouvernements pour que leurs populations bénéficient des avantages de l'intelligence artificielle sans être menacées par les dangers qu'elle représente? Et comment utiliser les mécanismes de marché pour développer l'intelligence artificielle sans se laisser déborder par ces derniers? Pour répondre à ces questions, les gouvernements devraient poursuivre la recherche sur l'intelligence artificielle. Or, ils n'en ont guère les moyens. Pendant cinquante ans, cela ne leur coûtait pas très cher : le salaire d'un chercheur du MIT pouvait être élevé, mais il n'était pas comparable à ceux des experts en intelligence artificielle qu'emploie aujourd'hui Google. C'est pourquoi les quelques spécialistes qui travaillent encore pour les centres de recherche publics ont tous un pied dans le privé, car c'est là que se trouvent les moyens.

En conséquence, le développement de l'intelligence artificielle est donc déterminé, piloté et orienté par des entreprises privées, les gouvernements n'ayant pas les moyens d'influencer cette évolution – à supposer qu'ils aient un cadre conceptuel pour le faire, ce qui n'est pas encore le cas, même si le rapport Villani apporte des éléments en ce sens, et à supposer qu'ils se mettent d'accord pour répondre ensemble à ce phénomène global. L'Europe a montré, avec le RGPD (règlement général sur la protection des données), qu'elle pouvait prendre des mesures sur son territoire, mais Facebook a aussitôt annoncé son intention de ne pas appliquer les mécanismes du RGPD au reste de la planète.

La situation actuelle évoque celle de 2000, quand les gouvernements regardaient avec inquiétude l'envol des produits financiers dérivés et se montraient incapables de réguler le marché, faute de pouvoir rémunérer les experts qui auraient pu les aider à comprendre ce qui se jouait et à construire des réponses fiscales ou réglementaires.

Les pistes d'action

Les gouvernements nationaux disposent malgré tout de quelques pistes d'action : investir dans la recherche en s'appuyant sur des partenariats public-privé grâce à l'intérêt du privé pour la formation des futurs experts; valoriser les données collectées par les services publics (météorologie, fisc, santé...); introduire de l'intelligence artificielle dans la gestion publique (transports en commun, conception et mise en œuvre des politiques publiques...), ce qui permettrait d'orienter le développement de l'intelligence artificielle à travers la commande publique; imposer des normes en matière d'*explicabilité* des décisions algorithmiques, de sécurité, de discrimination, de manipulation; prendre l'initiative d'une coordination internationale.

L'Insee versus Facebook

Un intervenant : *Nous échangeons de mieux en mieux, mais sur des données de moins en moins fiables. Jusqu'à la fin des années quatre-vingts, l'Insee réalisait un recensement exhaustif de la population française, ce qui permettait d'offrir une base de données fantastique à tous ceux qui travaillaient sur le social, l'économie, etc. Aujourd'hui, on procède par sondages et le formulaire comprend dix fois moins de questions qu'autrefois. De même, l'enquête qui était réalisée chaque année par le ministère de l'Équipement sur l'état du parc de logements a été abandonnée, d'où les problèmes actuels de programmation dans ce domaine.*

Dominique Guellec : Quand on est passé de la construction artisanale des voitures, montées boulon par boulon, à une production industrielle, la qualité de la finition y a sans doute perdu, mais on a pu produire des millions de véhicules au lieu de quelques milliers. On peut également parier que, malgré leur qualité médiocre, l'analyse des données collectées par Facebook nous en apprendrait probablement plus sur la population française que les données des recensements. De plus, elle le ferait en temps réel et sur d'autres aspects que ceux étudiés par les recensements, par exemple les goûts des gens ou leurs relations.

Connexion et relation

Int. : *L'informatique nous a fait énormément progresser dans la connexion, mais nous sommes toujours aussi mauvais en matière de relation. Avec des 0 et des 1, on peut demander « Quelle heure est-il? », mais beaucoup plus difficilement « Est-ce que tu m'aimes encore? »*

D. G. : Avec quelques 0 et 1, on ne dit pas grand-chose, mais avec plusieurs trilliards de 0 et de 1, on peut commencer à entrer dans les nuances...

J'ai récemment rencontré la directrice des interfaces cognitives chez Amazon. Elle vient de la *linguistique computationnelle* et le travail de son équipe consiste à rassembler et à analyser les données tirées des interfaces avec les consommateurs : textes, conversations (qui sont analysées aussi bien du point de vue sémantique que de la voix), ou encore images (mouvement des pupilles, par exemple). Ces données sont utilisées pour comprendre les requêtes des consommateurs, mais aussi leur état émotionnel, de façon à optimiser l'interaction avec eux, par exemple pour calmer un client énervé ou lui vendre un produit dont il ne veut pas.

La trajectoire de Moore permet de penser que l'analyse émotionnelle va progresser, de même que l'un des plus vieux métiers humains, celui de la persuasion. Les vendeurs de voitures et les politiciens sont déjà bien plus performants que la plupart d'entre nous dans ce domaine. Quand les machines maîtriseront cet art, elles seront infiniment plus douées qu'eux, ce qui soulèvera des problèmes éthiques et sociétaux monumentaux. De ce point de vue, l'affaire Cambridge Analytica ne représente que l'enfance de l'art.

Création et captation de valeur

Int. : *Les problèmes que vous soulevez ne relèvent-ils pas de la captation de la valeur plutôt que de sa création?*

D. G. : Si Google se contentait de capter de la valeur sans en produire, ce serait simple. Mais il en produit également beaucoup et, personnellement, je ne saurais plus me passer de ce moteur de recherche. De plus, il n'est pas toujours facile de distinguer ce qui relève de la création et ce qui relève de la captation. Si le marché était parfaitement concurrentiel, les prix finiraient par correspondre à la valeur, mais nous sommes devant un marché clairement non concurrentiel. Chacun est convaincu que les autorités de la concurrence devraient intervenir, mais où doivent-elles mettre la barre pour faire en sorte que l'allocation de valeur corresponde à la création de valeur? Il n'existe pas vraiment de réponse à l'heure actuelle.

Certains envisagent des mesures radicales, comme la nationalisation de Google. Mais quel État prendrait cette initiative? Et sommes-nous sûrs de vouloir que cette infrastructure essentielle devienne la propriété, par exemple, de l'État fédéral américain?

Il y a dix ans encore, on pouvait espérer créer un "Google européen". Cela ne s'est pas fait et c'est sans doute trop tard maintenant.

On a également suggéré de dissocier les activités de Google, mais, là encore, quel État s'en chargerait? Par ailleurs, cette dissociation ferait disparaître certaines synergies très utiles entre le moteur de recherche et d'autres services.

Sur une question très précise comme celle de l'accès aux données, l'Europe a montré qu'elle était capable d'apporter une réponse. En revanche, sur une question aussi large et fondamentale que celle du contrôle des GAFA, tout le monde donne pour l'instant sa langue au chat...

■ Présentation de l'orateur ■

Dominique Guellec : directeur de la division des politiques scientifiques et technologiques à l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). Il est l'auteur de plusieurs ouvrages et de nombreux articles sur l'économie et la statistique de l'innovation, des brevets et de la croissance.

Diffusion janvier 2019
