

# B

## Vers une nouvelle ère numérique

Cette section décrit l'essor des technologies numériques et identifie les facteurs technologiques qui ont contribué à leur croissance. Elle examine comment les technologies numériques transforment l'économie en créant de nouveaux marchés, de nouveaux biens et de nouveaux services, et elle aborde certaines préoccupations apparues en parallèle concernant la confidentialité, la concentration du marché, l'incidence sur la productivité et la fracture numérique. Cette section passe aussi en revue les défis qu'il faut relever, sur le plan de la méthodologie et des données, pour mesurer la valeur des transactions numériques et le commerce numérique, et elle présente des estimations provenant d'organisations internationales, d'autorités nationales, ainsi que des rapports financiers de plusieurs entreprises bien connues.



## Sommaire

1. L'essor des technologies numériques	26
2. Quel degré de numérisation?	53
3. Conclusions	64



## Faits saillants et principales constatations

- Les technologies numériques telles que l'intelligence artificielle, l'Internet des objets, la fabrication additive (impression 3D) et la chaîne de blocs ont pu voir le jour grâce au développement exponentiel de la puissance de calcul, de la large bande et de l'information numérique.
- Les technologies numériques transforment les habitudes de consommation en favorisant les achats en ligne grâce à l'utilisation généralisée d'appareils connectés à Internet qui donnent aux consommateurs un accès direct aux marchés en ligne.
- D'après les estimations, la valeur des transactions électroniques a atteint 27 700 milliards de dollars EU en 2016, dont 23 900 milliards de dollars EU pour les transactions électroniques entre entreprises.
- Du côté de l'offre, les technologies numériques facilitent l'entrée sur le marché et la diversification des produits, ce qui permet aux entreprises de produire, de promouvoir et de distribuer leurs produits plus facilement à un coût moindre.
- Nonobstant leurs avantages, les technologies numériques soulèvent un certain nombre de préoccupations, concernant notamment la concentration du marché, la perte de confidentialité, les menaces pour la sécurité, la fracture numérique et la question de savoir si elles génèrent réellement des gains de productivité.

## 1. L'essor des technologies numériques

### (a) Qu'est-ce qui a rendu la révolution numérique possible?

Le passage de la technologie électronique mécanique et analogique aux technologies numériques, l'adoption rapide de ces technologies, en particulier dans les secteurs de l'information et de la communication, et les profonds changements économiques et sociaux qui ont accompagné cette évolution constituent une révolution – la révolution numérique. Cette révolution technologique n'est pas encore achevée et elle continue aujourd'hui à transformer la question des entreprises, l'organisation de la production, la façon dont les pays et les entreprises font du commerce, et la façon dont les individus travaillent et communiquent.

Les technologies qui sous-tendent la révolution numérique ont bénéficié de trois tendances fortes dans l'informatique, les communications et le traitement de l'information qui se sont combinés pour permettre les avancées technologiques rapides que nous avons observées. Ces trois tendances sont la Loi de Moore, la Loi de Gilder et la numérisation de l'information, comme cela est expliqué ci-après.

### (i) Progrès de la puissance de calcul des ordinateurs

La Loi de Moore concerne la physique des transistors et des circuits intégrés qui sont au cœur de l'informatique moderne. Ce n'est pas une loi physique ou naturelle mais c'est une tendance technologique d'une remarquable longévité. Selon l'énoncé courant de la conjecture de Moore, formulée initialement en 1965 à l'aube de l'ère électronique, le nombre de composants d'un circuit intégré double tous les ans (Moore, 1965). Cela signifie que, en théorie, la capacité de traitement ou de calcul d'un circuit intégré double aussi tous les ans. Moore a ensuite révisé cette prédiction en posant que le cycle est de 2 ans (selon d'autres formulations de la loi, le doublement a lieu tous les 18 mois). La figure B.1 donne une idée de la force de la Loi de Moore. Au début des années 1970, une puce Intel ne pouvait contenir que 2 300 transistors. Aujourd'hui, une seule puce Intel quadricœur i7 contient environ un milliard de transistors, et les puces haut de gamme utilisées dans les stations de travail ou les serveurs (puces Xeon) peuvent en contenir deux fois plus.

Il s'ensuit que le coût de la puissance de calcul a diminué régulièrement au fil du temps (voir la figure B.2). Pendant la période 1997-2015, l'indice des prix à la consommation des États-Unis (IPC) pour

**Figure B.1 : Illustration de la Loi de Moore: nombre de transistors dans un microprocesseur, 1971-2011**

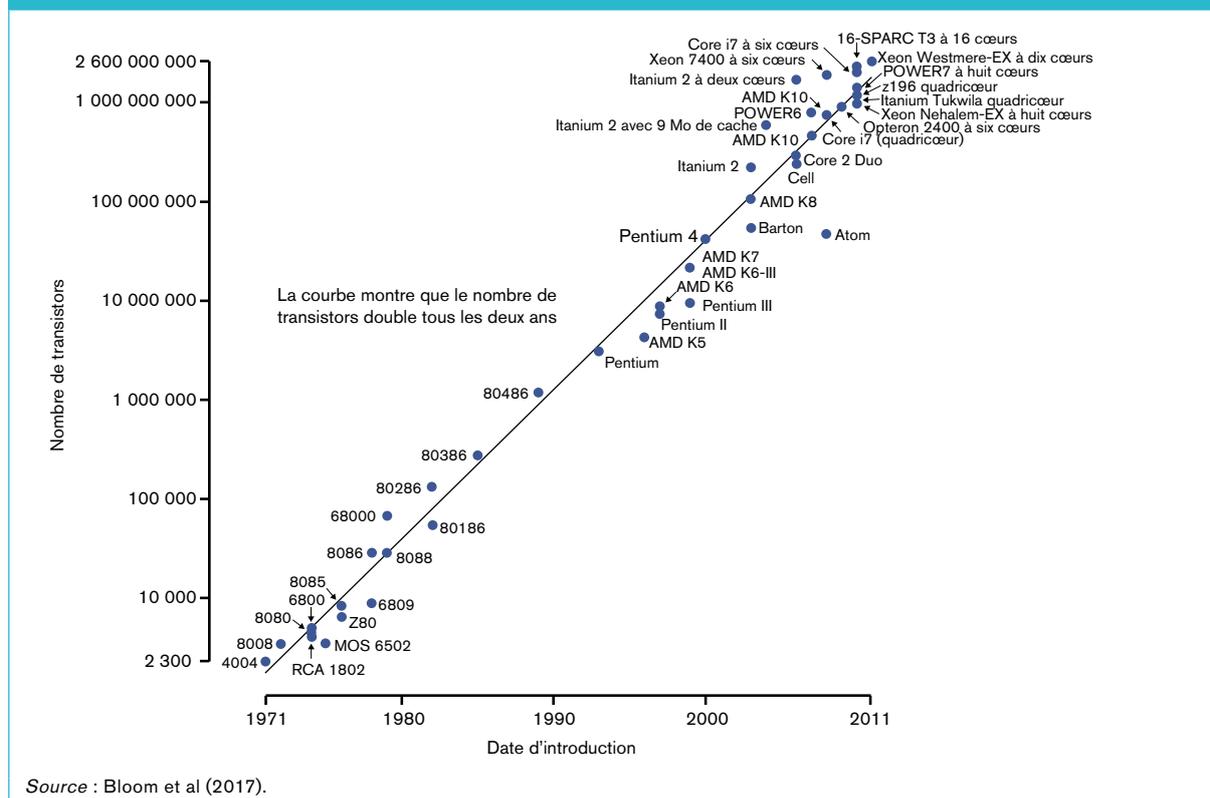
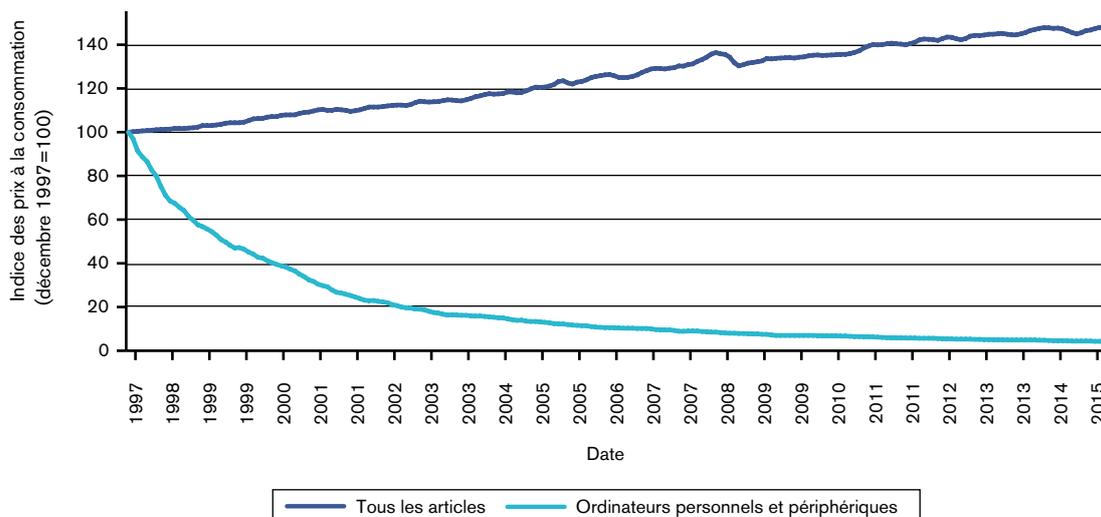


Figure B.2 : Baisse du coût des ordinateurs, 1997-2015



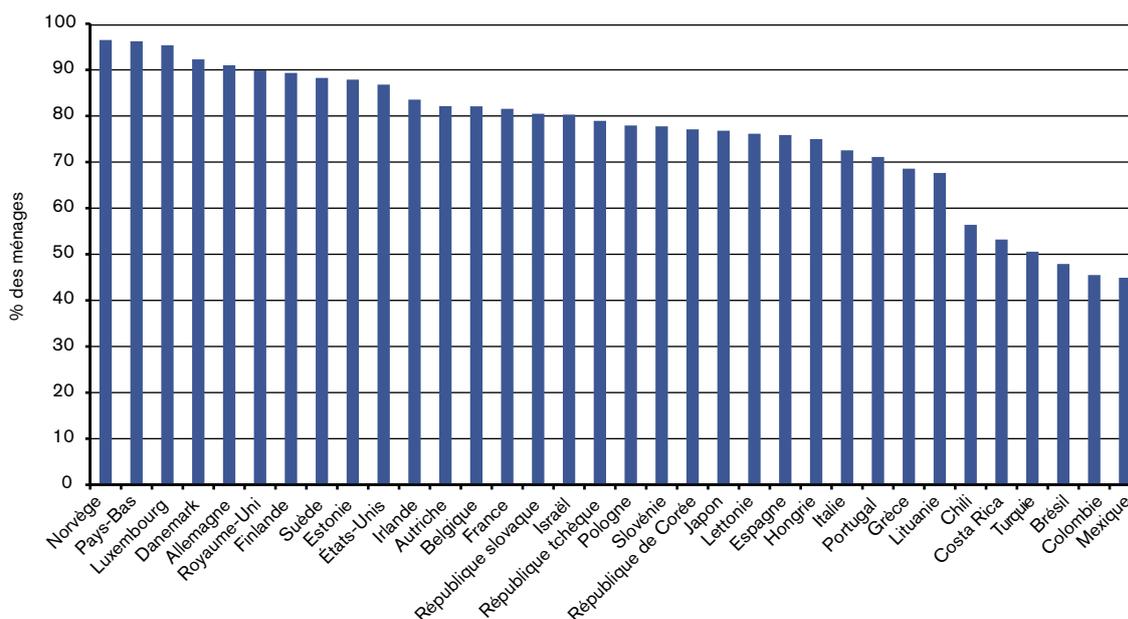
Source : Bureau des statistiques du travail des États-Unis.

Note : La figure montre les indices des prix à la consommation pour tous les articles et pour les ordinateurs, non corrigés des variations saisonnières.

les ordinateurs personnels a chuté de près de 95%, tandis que l'indice correspondant pour tous les articles achetés par les consommateurs a augmenté de près de 50%. Naturellement, les ordinateurs se sont généralisés et sont utilisés à des fins très diverses autres que la résolution de problèmes de calcul difficiles. Dans de nombreux pays de

l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et dans certains pays en développement, entre 70% et 90% des ménages ont accès à des ordinateurs (voir la figure B.3). Néanmoins, l'accès est beaucoup plus limité dans les pays plus pauvres, comme on le verra plus loin dans la section sur la fracture numérique.

Figure B.3 : Accès aux ordinateurs à domicile, en pourcentage du total des ménages, 2015



Source : OCDE et Bureau du recensement des États-Unis.

Notes : La figure provient du Bureau du recensement des États-Unis, enquête mensuelle sur la population.

*(ii) Une révolution des communications*

La deuxième tendance technologique importante est l'augmentation massive de la quantité d'informations pouvant être transportées par les réseaux de communication modernes. La « Loi de Gilder », qui est une conjecture comme la Loi de Moore, prédit que la bande passante totale – mesure de la capacité de transport d'un système de communication – augmentera au moins trois fois plus vite que la puissance de calcul (Gilder, 2000). Ainsi, si la puissance de calcul double tous les 18 mois, comme le dit la Loi de Moore, la bande passante doublera tous les 6 mois, selon la Loi de Gilder.

Cette abondance de bande passante signifie que de grandes quantités de données peuvent être transmises instantanément entre deux nœuds d'un système de communication. La figure B.4 montre la croissance de la bande passante Internet internationale moyenne de 2000 à 2015 pour un échantillon de 131 pays. En 2000, la bande passante internationale moyenne était d'un peu moins de 3 700 Mbits/s. En 2015, elle était passée à un peu moins de 1,2 million de Mbits/s, soit plus de 330 fois plus.

Tout comme la Loi de Moore, cet accroissement de la bande passante a entraîné une baisse du coût des communications et a été un catalyseur important de la croissance rapide d'Internet et des réseaux mobiles (voir l'encadré B.1 concernant le rôle du secteur des télécommunications dans la révolution numérique).

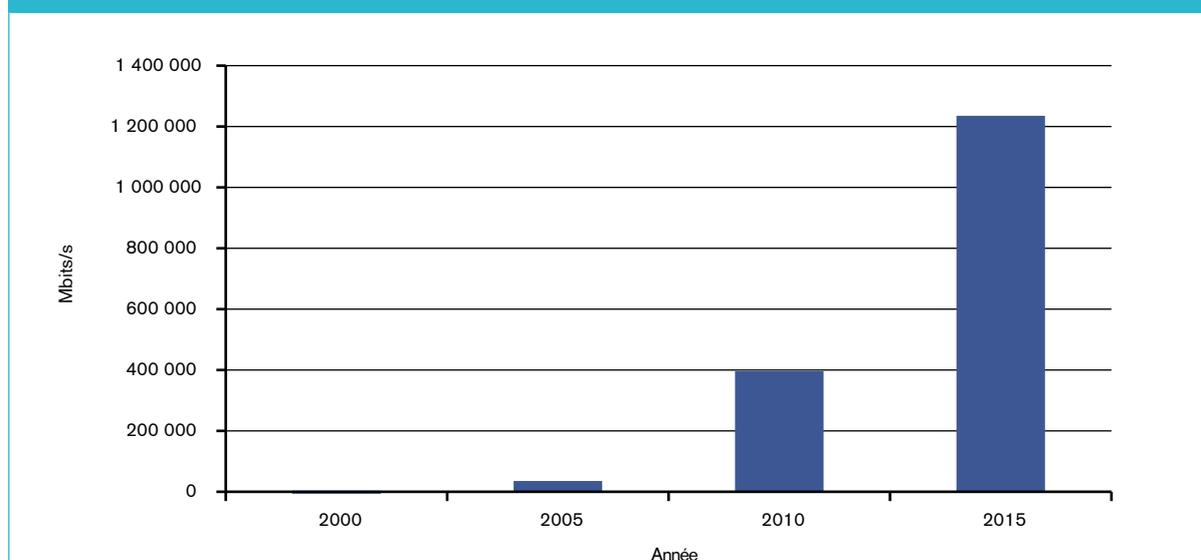
En 1990, moins de 5% de la population mondiale avait accès à Internet. Aujourd'hui, près de la moitié peut accéder à Internet, qui est beaucoup plus rapide et étendu que l'Internet par ligne commutée des années 1990. La figure B.5 montre le volume du trafic Internet depuis 1984, lorsqu'il représentait en moyenne 15 gigaoctets par mois. En 2014, trois décennies plus tard, le volume du trafic Internet était passé à 42 milliards de gigaoctets par mois, soit presque 3 milliards de fois plus. Cela tient non seulement à l'augmentation de la bande passante, mais aussi à beaucoup d'autres facteurs, comme l'augmentation du nombre d'utilisateurs et une plus grande sophistication et diversification des utilisations possibles d'Internet.

Réfléchissant à cette révolution des communications, Gilder est allé jusqu'à prédire un avenir dans lequel la communication humaine serait « universelle, instantanée, illimitée en capacité et gratuite à la marge ». (Gilder, 2000).

*(iii) Numérisation et apparition des mégadonnées*

La troisième tendance à la base de la révolution numérique est la capacité de collecter et de stocker de nombreuses formes de données qui existaient sous forme analogique – musique sur disques vinyles, images sur films nitrates, textes et chiffres des documents – et de les convertir en données numériques pouvant être traitées par des ordinateurs puissants et transmises par des câbles à fibre

**Figure B.4 : Augmentation de la bande passante Internet internationale en mégabits/seconde (Échelle logarithmique)**



Source : Union internationale des télécommunications.

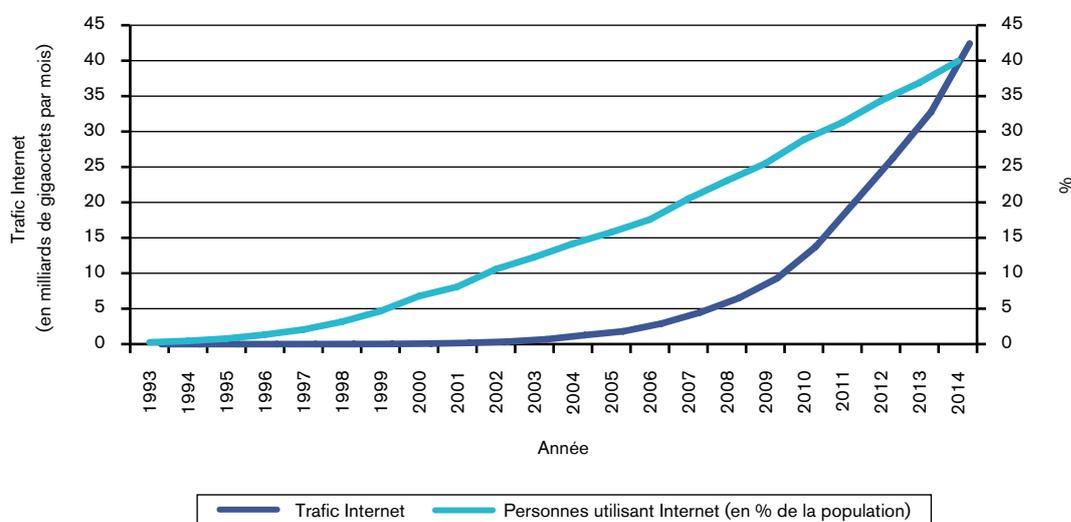
**Encadré B.1 : Le rôle clé du secteur des télécommunications**

D'après Roy (2017), les services de télécommunication, y compris Internet, la téléphonie mobile et les services de transmission de données, fournissent l'infrastructure de base et la capacité de transmission qui permettent la fourniture numérique de beaucoup d'autres services, et l'offre d'achat de biens et de services par le biais de ces réseaux. Les évolutions technologiques décrites dans la section B.1 ont amélioré la qualité, la rapidité, la capacité de transport et le caractère abordable des réseaux – y compris, par exemple, des services large bande fixes et mobiles – ce qui facilite la fourniture numérique de produits et la mise en relation des producteurs, des vendeurs et des consommateurs à travers les frontières.

Les services de télécommunication sont également à la base des flux de données transfrontières qui ont explosé au cours des dernières années. Ces flux, stimulés par les services de télécommunication de base et à valeur ajoutée, tels que le traitement et le stockage des données de haute capacité (c'est-à-dire le stockage « en nuage »), permettent aux entreprises non seulement de vendre leurs produits et leurs services, mais aussi de coordonner leur logistique et les activités de leurs filiales et de leurs partenaires partout dans le monde (Tuthill, 2016). De nos jours, l'accès à Internet et aux autres réseaux de données grâce à la large bande offre les vitesses supérieures nécessaires pour exploiter des technologies telles que l'informatique en nuage qui permet d'utiliser ou d'offrir plus largement des services qui exigent le transfert de grandes quantités de données (OMC, 2016d).

Les services de télécommunication, et plus particulièrement Internet, sont essentiels pour le fonctionnement des piliers du commerce électronique comme le commerce de détail et de gros en ligne, qu'il soit transfrontière ou intérieur. En effet, sans une capacité et une vitesse accrues et sans la réduction des coûts de communication engendrée par l'amélioration des services de télécommunication et des services informatiques, la vente de produits en ligne sous sa forme actuelle, y compris la gestion des stocks, ne serait pas possible.

Les services des technologies de l'information et de la communication (TIC), en particulier les services de réseau à large bande, permettent aux entreprises de développer de nouveaux produits et de trouver des moyens innovants d'atteindre les consommateurs, de se connecter à d'autres entreprises et de gérer leurs activités internes (par exemple l'informatique en nuage et le stockage des données) sans devoir investir dans des serveurs ou d'autres équipements coûteux. De fait, Internet est maintenant une des plates-formes commerciales les plus importantes pour les entreprises aux niveaux national et international.

**Figure B.5 : Personnes utilisant Internet et volume du trafic Internet**

Source : Cisco Systems et Indicateurs du développement dans le monde.

optique à un public mondial. Nicholas Negroponte, fondateur et Président d'honneur du Media Lab du MIT, a prédit que le monde se dirigeait inévitablement vers un avenir où tout ce qui peut être numérisé le sera (Negroponte, 1995).

Cette troisième tendance permet de tirer pleinement parti des progrès spectaculaires de la puissance de calcul et de l'augmentation de la vitesse et de la capacité des systèmes de communication actuels. Cela a amené et incité les entreprises et les gouvernements à constituer de grands ensembles de données (les « mégadonnées ») dans lesquels on peut puiser, au moyen de méthodes d'analyse avancées, pour trouver des schémas, des relations et des connaissances. Le terme « mégadonnées » désigne non pas simplement la quantité d'information numérique, mais aussi le bond qualitatif en termes de capacités rendu possible par la collecte de ces grands ensembles de données numériques. Ces capacités comprennent « l'extraction de nouvelles connaissances ou la création de nouvelles formes de valeur, avec comme impact la transformation des marchés, des organisations, de la relation entre les citoyens et les gouvernements, et bien plus encore » (Mayer-Schönberger et Cukier, 2013).

L'utilisation des mégadonnées constitue une aide pour de nombreuses parties prenantes, des autorités de santé publique qui utilisent Google Flu Trends (GFT) pour estimer l'activité grippale en temps réel, aux géants technologiques comme Amazon et Netflix qui utilisent les « recommandations » de leur algorithme de mégadonnées pour générer de nouvelles ventes. Toutefois, certains ont fait valoir que les mégadonnées pouvaient aussi être à l'origine d'une asymétrie d'information entre les entreprises qui n'ont pas le même accès aux données et entre les pays du fait de la fracture numérique (Ciuriak, 2018b). Le bond qualitatif rendu possible par les mégadonnées peut non seulement donner lieu à de nouveaux avantages, mais il peut aussi être à l'origine de défaillances du marché qui caractériseront l'économie fondée sur les données.

Du fait de cette explosion des données, le volume de l'information numérique a rapidement augmenté. On estime qu'en 2012, la quantité totale d'information numérique était de 2 700 milliards de gigaoctets. En 2016, la quantité de données créées cette année-là seulement s'élevait à 16 100 milliards de gigaoctets (Reinsel *et al.*, 2017) et, selon les projections, elle devrait être multipliée par dix d'ici à 2025, pour atteindre 163 000 milliards de gigaoctets. La manière de stocker et traiter ces données et la façon d'y accéder ont également évolué avec le temps. Pour citer Reinsel *et al.* :

« Avant 1980, les données se trouvaient presque exclusivement dans des centres de données dédiés. Les données et la capacité de traitement étaient centralisées dans des ordinateurs centraux. Entre 1980 et 2000, l'essor de l'ordinateur personnel a permis une répartition plus démocratique des données et de la puissance de calcul. Les centres de données ont évolué et ont cessés d'être de simples conteneurs de données pour devenir des plates-formes centralisées qui géraient et distribuaient les données à travers un réseau jusqu'aux appareils finals. Depuis 2000, le développement des réseaux rapides à large bande sans fil a encouragé le transfert des données dans le nuage, dissociant ainsi les données des appareils physiques (ordinateurs personnels, téléphones, dispositifs portables), ce qui a permis l'accès aux données à partir de n'importe quel écran. Les centres de données se sont élargis dans l'infrastructure en nuage. »

Pour des raisons faciles à comprendre, l'analyse a souligné le rôle des moteurs technologiques de la révolution numérique. Cela peut donner, à tort, l'impression que la technologie est incontournable et que tout ce qui est numérique est révolutionnaire. Toutefois, comme le laisse entendre Tim Harford, chroniqueur au Financial Times (voir son article d'opinion, page 31), ni l'un ni l'autre ne sont nécessairement vrais. D'abord, beaucoup d'autres choses doivent changer pour que les innovations entraînent de véritables transformations. Ensuite, tout ce qui brille n'est pas or.

#### (b) Les innovations numériques vont probablement façonner l'avenir

Les innovations numériques qui sont au centre du présent rapport – l'impression 3D, l'Internet des objets (IdO), l'intelligence artificielle et la chaîne de blocs – et qui sont décrites plus loin ont été rendues possibles par la croissance exponentielle de la puissance de calcul, de la largeur de bande et de l'information numérique. Sans une puissance de calcul massive pour traiter et analyser les données, sans l'interconnexion assurée par Internet et sans la largeur de bande qui permet le transfert instantané et en bloc de l'information, ces innovations n'auraient peut-être pas vu le jour et n'auraient certainement pas eu le même potentiel qu'aujourd'hui.

Ces technologies sont décrites en détail dans cette section. Leur impact sur le marché est examiné dans la section B.1. c), et leurs effets sur le commerce sont analysés de plus près dans la section C.

## ARTICLE D'OPINION

# Qu'est-ce qui doit encore changer?

Tim Harford, chroniqueur au Financial Times

La suite de *Blade Runner*, sortie l'année dernière, m'a convaincu de revoir l'original de 1982, dont l'action se déroule en 2019. Malgré ses qualités remarquables, le film ne donne pas une vision convaincante de la technologie d'aujourd'hui. Et il n'y parvient pas d'une façon bien particulière: lorsque le héros, Deckard, tombe amoureux de « Rachel », il sait déjà que Rachel est un robot organique très intelligent, si sophistiqué qu'il est difficile de la distinguer d'un être humain. Pourtant, Deckard est séduit et lui propose un rendez-vous – en l'appelant depuis un téléphone public payant, couvert de graffitis.

Ce téléphone détonne mais, pour rendre justice à *Blade Runner*, nous faisons souvent exactement la même erreur lorsque nous imaginons les nouvelles technologies. Nous supposons à tort qu'une technologie comme « Rachel » pourrait apparaître sans que rien d'autre ne change ou presque rien. Nous sommes hypnotisés par les choses les plus sophistiquées, et passons à côté d'idées simples qui, discrètement, changent tout.

Par exemple, quand je me suis lancé dans mon dernier projet – un livre et une série pour la BBC intitulée *Fifty Things That Made the Modern Economy* (L'économie mondiale en 50 inventions) – tout le monde m'a dit que je devais absolument parler de la presse à imprimer à caractères mobiles de Gutenberg. C'était certes une invention révolutionnaire, mais quand je me suis retrouvé devant une bible de Gutenberg de 1450, avec ses 2 colonnes sombres de texte dense en latin, j'ai réalisé qu'il y avait une autre histoire à raconter: celle du simple papier.

Sans papier, l'économie de l'imprimerie n'existe tout simplement pas. Le papier n'a rien de spécial, si ce n'est qu'il est beaucoup moins cher que le parchemin, en peau d'animal. Il est si bon marché que nous l'utilisons maintenant comme papier hygiénique.

Parmi les autres inventions révolutionnaires aussi bon marché que le papier toilette, il y a le fil de fer barbelé, matériau bon marché utilisé pour les clôtures, qui a permis la colonisation de l'Ouest américain, le MP3, format de compression de musique avec perte, mais commode, et le conteneur maritime, simple boîte en acier qui a dopé le commerce mondial.

Bien entendu, certaines innovations sont véritablement révolutionnaires, produisant des effets que les précédentes générations auraient qualifiés de sorcellerie. Le téléphone mobile en est une, l'ordinateur en est une autre. Si l'on remonte plus loin dans le temps, on doit mentionner l'électricité et le moteur à combustion interne. Ces inventions correspondent à notre perception de ce que devrait être une « nouvelle technologie » : à la différence du papier et des conteneurs, elles sont mystérieuses et complexes, comme le robot organique Rachel.

Mais là encore, nous pensons trop à la technologie étonnante et pas assez aux changements sociaux et organisationnels ordinaires qui sont nécessaires pour libérer son potentiel. L'électricité aurait dû logiquement apparaître dans l'industrie aux États-Unis dans les années 1890, mais en fait, ce n'est que dans les années 1920 que les moteurs électriques ont réellement tenu leur promesse et que la productivité a fortement augmenté.

Pourquoi ce retard de 30 ans ? Comme l'historien de l'économie Paul David l'a si bien expliqué, les nouveaux moteurs électriques n'ont bien fonctionné que lorsque tout le reste avait également changé. Les anciennes usines à vapeur fournissaient de l'énergie au moyen d'imposants arbres de transmission, de courroies, et d'innombrables huileurs goutte-à-goutte. Les premières tentatives de modernisation ont simplement consisté à remplacer l'énorme moteur à vapeur par un énorme moteur électrique, ce qui n'a pas changé grand-chose.

L'électricité n'a triomphé que lorsque les usines elles-mêmes ont été reconfigurées. Les arbres de transmission ont été remplacés par des câbles électriques, l'énorme moteur à vapeur par des dizaines de petits moteurs. Les usines se sont agrandies, laissant entrer la lumière naturelle, et il y avait suffisamment de place pour utiliser des grues suspendues. Les ouvriers étaient responsables de leurs propres machines, ils avaient besoin d'une meilleure formation et d'une meilleure paye. Le moteur électrique s'est avéré une invention merveilleuse une fois que tous les détails du quotidien qui l'entouraient ont été notifiés.

Je n'en sais pas plus que quiconque sur l'avenir de la technologie – mais, en étudiant son histoire, j'ai appris trois choses. Premièrement, il ne faut pas se laisser impressionner par ce qui est sophistiqué; deuxièmement, de modestes inventions peuvent changer le monde si elles ne coûtent pas trop cher; et troisièmement, il faut toujours se demander: « pour bien utiliser cette invention, que faut-il changer d'autre ? »

### Internet des objets

L'Internet des objets (IdO) peut être défini comme une « infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interoperables existantes ou en évolution ».<sup>1</sup> Plus simplement, le concept d'IdO signifie que « les objets du quotidien peuvent être dotés de capacités d'identification, de détection, de mise en réseau et de traitement qui leur permettront de communiquer les uns avec les autres ainsi qu'avec d'autres dispositifs via Internet pour réaliser des objectifs utiles » (Whitmore *et al.*, 2015). En un sens, les idées qui sous-tendent l'IdO ne sont pas nouvelles ; par exemple, des technologies comme l'identification par radiofréquence (RFID) sont utilisées depuis longtemps par les entreprises pour suivre leurs produits. La RFID désigne tout système d'identification qui incorpore dans un objet un dispositif électronique utilisant la radiofréquence ou les variations du champ magnétique pour communiquer (Glover et Bhatt, 2006). Les deux éléments essentiels d'un système RFID sont l'étiquette, qui est le dispositif d'identification incorporé dans l'objet à suivre, et le lecteur. La communication directe de machine à machine est à la base de l'idée d'Internet, dans lequel les clients, les serveurs et les routeurs communiquent entre eux (Whitmore *et al.*, 2015). Mais les avancées rendues possibles par la puissance de calcul massive, la capacité de traiter de grandes quantités de données en temps réel, et la communication via Internet donnent désormais à la communication entre machines un plus large éventail d'applications.

En conséquence, pour les entreprises et pour les consommateurs, l'IdO présente un intérêt croissant. L'IdO peut améliorer la qualité de la vie des consommateurs en leur permettant de surveiller leur condition physique et leur santé, ou de mieux gérer leur domicile au moyen d'appareils intelligents, tels que les réfrigérateurs connectés ou « intelligents ». Dans le même temps, l'IdO peut aider les entreprises à améliorer leur efficacité opérationnelle grâce à une meilleure maintenance préventive des machines et des produits, et en leur donnant la possibilité de vendre de nouveaux produits et services numériques (Accenture, 2015). Plus généralement, l'IdO permettra aux entreprises d'offrir une meilleure expérience client et de mieux gérer leur organisation et leurs systèmes complexes (Fleisch, 2010).

Néanmoins, l'adoption plus large de cette technologie se heurte à de sérieux problèmes, concernant notamment la sécurité, la connectivité,

la compatibilité et la longévité (Banafa, 2017). Le déploiement d'appareils connectés, à la maison ou au travail, dont beaucoup ont été conçus sans songer à la sécurité, peut créer des vulnérabilités dangereuses et il nécessitera la mise en place de sauvegardes techniques voire réglementaires suffisantes. La connexion à Internet de millions ou de milliards de nouveaux dispositifs peut créer de sérieux blocages dans les systèmes de télécommunication, obligeant les entreprises et les gouvernements à réaliser de nouveaux investissements pour les mettre à niveau. Enfin, comme de nombreuses entreprises se font concurrence pour développer de nouveaux dispositifs connectés à la fois pour le marché des entreprises et pour celui des consommateurs, des problèmes de compatibilité apparaîtront probablement dans l'avenir et il sera nécessaire d'élaborer des normes pour y remédier.

### Intelligence artificielle (IA)

L'intelligence artificielle (IA) est « la capacité d'un ordinateur numérique ou d'un robot contrôlé par ordinateur d'exécuter des fonctions qui sont généralement associées à l'intelligence humaine comme le raisonnement, la découverte du sens, la généralisation et l'apprentissage à partir de l'expérience passée ».<sup>2</sup> Aujourd'hui, l'intelligence artificielle est en général « étroite » ou « faible », c'est-à-dire qu'elle est conçue pour exécuter des fonctions restreintes (par exemple la reconnaissance faciale ou le jeu d'échecs). Mais l'objectif à long terme de nombreux chercheurs en IA est de créer une IA « générale » ou « forte », c'est-à-dire qu'ils s'efforcent de « construire une machine sur le modèle de l'homme, un robot qui aura une enfance, qui apprendra le langage comme le fait un enfant, qui apprendra à connaître le monde en le percevant avec ses sens et qui, à terme, embrassera le vaste domaine de la pensée humaine » (Weizenbaum, 1976). Selon le Future of Life Institute (2018), « alors que l'IA étroite peut surpasser les humains dans la tâche spécifique qui lui est assignée, [...] » l'IA générale « la surpassera dans presque toutes les tâches cognitives ». Pour atteindre cet objectif, des branches importantes de l'IA, telles que l'apprentissage automatique, s'appuient sur la puissance de calcul pour passer au crible les mégadonnées afin de reconnaître des schémas et de faire des prédictions sans programmation explicite à cet effet.

L'IA a d'abord été utilisée dans le secteur de la technologie, mais le secteur non technologique lui trouve de plus en plus d'applications. C'est le cas, par exemple, des constructeurs automobiles « traditionnels », comme General Motors et Nissan, qui entrent en concurrence avec les sociétés

technologiques, telles que Alphabet (Google), Uber et Tesla, pour développer des véhicules autonomes (Future of Life Institute, 2018). La figure B.6, qui indique le nombre de brevets délivrés dans le domaine de l'IA depuis l'an 2000 dans différents secteurs (biologie, savoir, mathématiques et autres technologies), donne une indication des évolutions rapides dans ce domaine.

On peut considérer l'IA comme la dernière forme d'automatisation (Aghion *et al.*, 2017). Cependant, au lieu de remplacer le travail manuel par la machine, comme dans le passé, l'IA se substitue maintenant à l'intelligence et au savoir-faire humains en utilisant la puissance de calcul des machines. Les capacités humaines que l'on pensait autrefois hors de portée des machines, comme le diagnostic médical, le jeu d'échecs ou la conduite automobile, sont désormais intégrées dans les machines ou en passe de l'être. On peut distinguer ici deux formes d'IA – de la même manière que l'on distingue l'IA faible et l'IA forte –, à savoir l'IA qui aide à la production de biens et de services, et l'IA qui aide à générer de nouvelles idées (Aghion *et al.*, 2017 ; Cockburn *et al.*, 2018). Dans le premier cas, l'IA est utilisée, par exemple, pour guider les robots dans les entrepôts, pour optimiser le conditionnement et la livraison des marchandises

et pour déterminer la bonne foi des emprunteurs. Dans le second cas, l'IA est utilisée, par exemple, pour analyser des données, résoudre des problèmes mathématiques, séquencer le génome humain et étudier les réactions chimiques et les matériaux.

Cockburn *et al.* (2018) font valoir que l'IA est de plus en plus utilisée pour générer des idées et comme « méthode d'invention » polyvalente, qui transforme la nature du processus d'innovation. Selon eux, cette hypothèse est étayée par le fait qu'un domaine de l'IA, à savoir les systèmes d'apprentissage, qui nécessitent l'utilisation de programmes d'analyse calqués sur les systèmes neurologiques pour traiter les données, a connu une croissance beaucoup plus rapide que les autres domaines de l'IA (voir la figure B.7).<sup>3</sup>

L'utilisation de l'IA pour générer de nouvelles idées a des conséquences économiques importantes. Aghion *et al.* (2017) estiment que cette utilisation de l'IA peut durablement augmenter le taux de croissance économique. Ils expliquent que ce taux dépend de l'augmentation de la taille de la communauté des chercheurs et que l'utilisation de l'IA pour générer des idées nouvelles fait que la recherche « effective » augmente plus vite que la taille de la communauté de la recherche.

Figure B.6 : Nombre de brevets délivrés dans le domaine de l'intelligence artificielle, 2000-2016

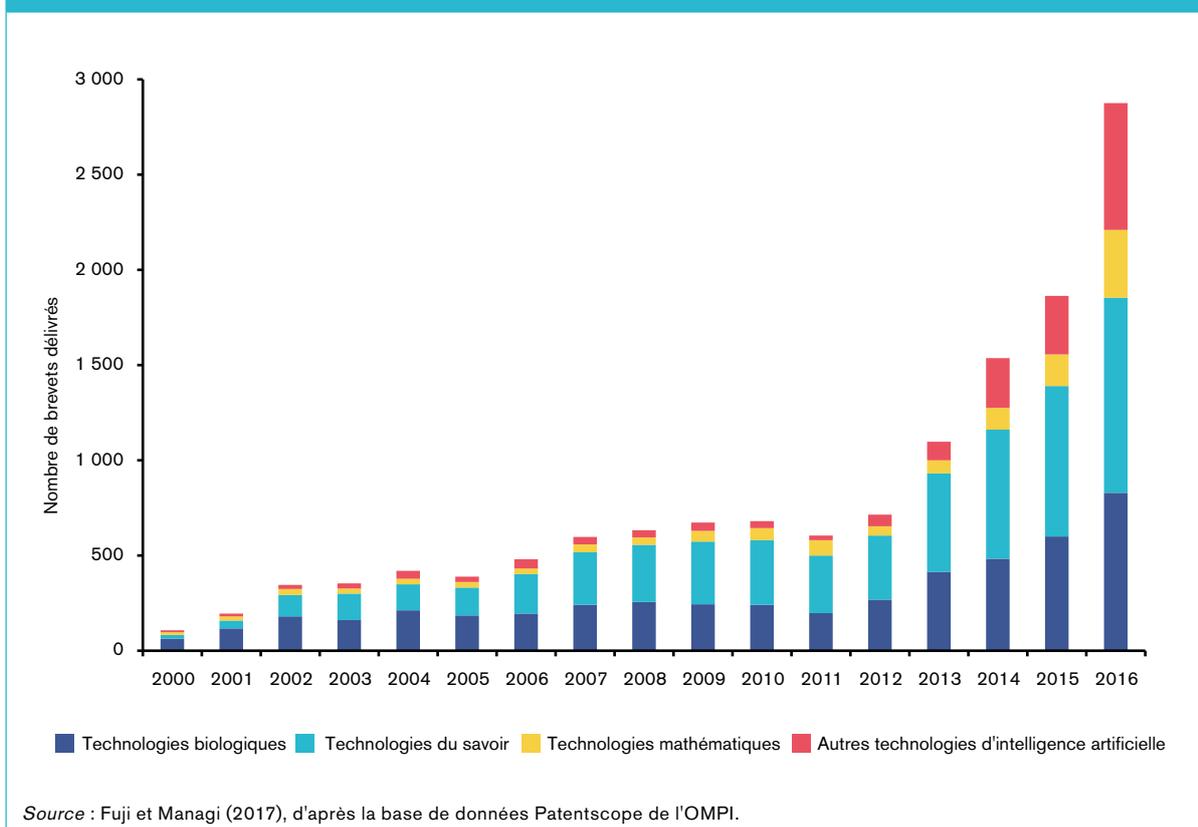
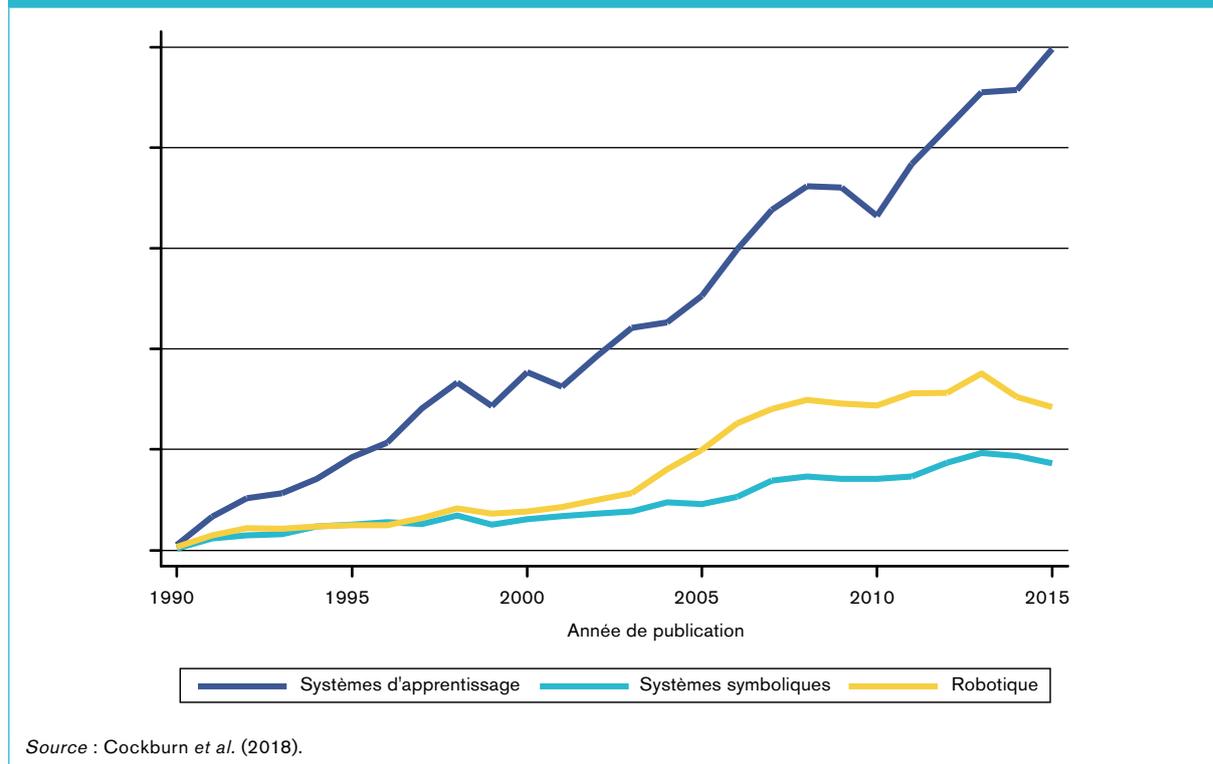


Figure B.7 : Publications scientifiques par domaine de l'IA au cours du temps (1990-2015)



Les succès de l'IA ne devraient pas altérer notre perception des défis techniques qui l'attendent. Une observation fréquente attribuée à Donald Knuth<sup>4</sup> est que: « l'IA a réussi à faire presque tout ce qui nécessite une « réflexion » mais n'a pas réussi à faire ce que l'on accomplit sans réfléchir ». Les choses que l'on fait sans réfléchir et qui sont difficiles pour l'IA sont notamment la perception et la maîtrise de l'environnement physique. Dans certaines des prédictions les plus ambitieuses de ses promoteurs,<sup>5</sup> l'IA semble parfois relever de la science-fiction, ce qui n'a rien de surprenant, puisqu'elle fait l'objet de grandes créations littéraires depuis le XIX<sup>e</sup> siècle.<sup>6</sup> Cet énorme potentiel ouvre aussi la voix à des changements moins positifs, comme le remplacement des travailleurs humains par l'IA sur le marché du travail (OMC, 2017d), que l'IA soit programmée dans un but destructif, ou pour développer une méthode destructive pour atteindre son objectif, même si cet objectif peut être globalement bénéfique. Certains philosophes ont même évoqué une possible extinction de l'humanité avec l'émergence d'une « superintelligence artificielle ».<sup>7</sup>

Les experts estiment cependant que les avantages potentiels de l'IA l'emportent sur ses coûts éventuels. Toutefois, conscientes des défis liés à l'IA, certaines sommités de l'industrie des technologies et de la communauté de la recherche sur l'IA ont signé

collectivement une lettre ouverte, demandant que la recherche sur l'IA vise à rendre celle-ci plus bénéfique pour l'humanité tout en atténuant ses effets négatifs, tels que l'accroissement des inégalités et du chômage.<sup>8</sup> Les domaines de recherche que les signataires jugent prioritaires sont notamment l'étude des effets de l'IA sur le marché du travail, le droit et l'éthique et le renforcement de la sécurité et de la robustesse de systèmes d'IA (c'est-à-dire, vérification, validité, sécurité et contrôle).

### La fabrication additive (impression 3D)

La fabrication additive, plus communément appelée impression 3D, « est le processus consistant à fabriquer un objet solide en trois dimensions, de pratiquement n'importe quelle forme, à partir d'un modèle numérique [...] au moyen d'un procédé additif, dans lequel des couches successives de matière sont déposées pour créer différentes formes [...], et qui est considéré comme distinct des techniques d'usinage traditionnelles, lesquelles reposent principalement sur l'enlèvement de matière par des méthodes telles que le découpage ou le perçage (processus soustractif) ».<sup>9</sup>

L'impression 3D est actuellement utilisée pour un large éventail d'applications, allant de la fabrication de pièces d'avions, de trains et de voitures à la

formulation de snacks à base de fruits (Garrett, 2014; Derossi *et al.*, 2018). L'impression 3D facilite considérablement la personnalisation des produits et la rend moins coûteuse, car elle nécessite seulement un nouveau modèle et un changement de code informatique, et non de nouveaux moules et outils de production et de coûteuses modifications dans les usines. Par exemple, Shapeways, une plate-forme de commerce électronique, permet aux concepteurs de télécharger des modèles de produits, d'utiliser l'impression 3D pour créer les articles physiques et de gérer la logistique pour les faire parvenir aux consommateurs finals. Il a été dit que cette technologie était une aubaine pour les entreprises opérant sur les marchés de faible volume et dans les chaînes de production personnalisées et de valeur, comme la fabrication de composants aéronautiques et médicaux. La fabrication additive devrait entraîner la numérisation et la localisation accrues des chaînes d'approvisionnement et une diminution de la consommation d'énergie, des besoins en ressource et des émissions de CO<sub>2</sub> au cours du cycle de vie des produits (Gebler *et al.*, 2014).

Au cours des dernières années, la technologie prometteuse des imprimantes 3D à grande échelle destinées aux entreprises est devenue le fer de lance du changement technologique, indiquant que son adoption commence à décoller (DHL, 2016a). Ces dernières années ont aussi été marquées par l'augmentation des ventes d'imprimantes de bureau à petite échelle, achetées principalement par des établissements d'enseignement et des plates-formes de créativité. Selon les estimations de McKinsey (2013), l'impact économique potentiel de l'impression

3D sera de l'ordre de 200 à 600 milliards de dollars d'ici à 2025.

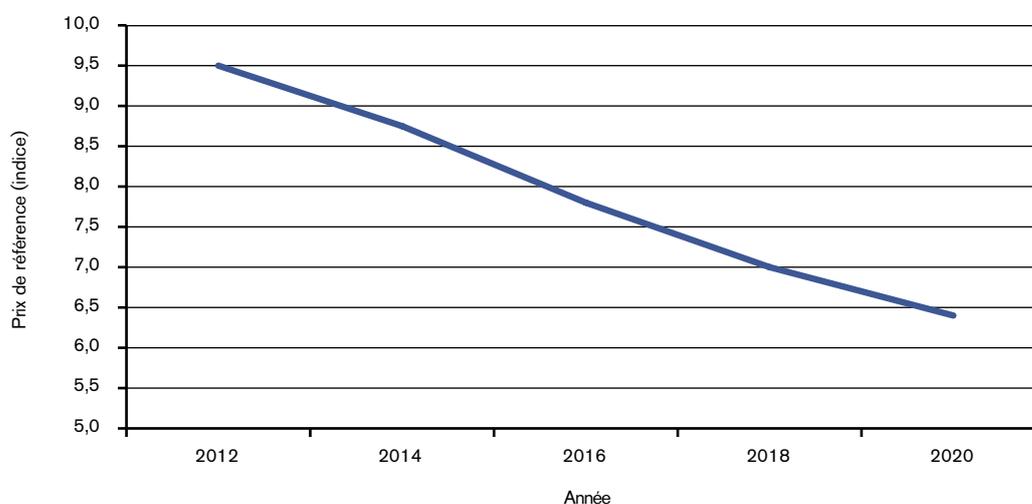
Le marché de la fabrication additive croît rapidement. D'après une enquête réalisée par Sculpteo (2017) auprès de 1 000 parties prenantes (principalement des ingénieurs et des PDG d'entreprises), les dépenses consacrées à l'impression 3D devaient augmenter de 55% en 2017. Les estimations concernant le marché de l'impression 3D en 2020 varient considérablement, De Backer et Flaig (2017) citant des chiffres allant de 5,6 à 22 milliards de dollars.

Pour réaliser pleinement le potentiel de l'impression 3D, il faudra surmonter un certain nombre d'obstacles. La technologie des matériaux nécessaire est encore embryonnaire et la construction d'objets complexes demande du temps. Il y a aussi des questions réglementaires à régler pour que l'impression 3D puisse être plus largement adoptée sur le marché grand public. Il s'agit notamment de la garantie des produits, de l'attribution de la responsabilité, et des questions concernant la propriété intellectuelle. Enfin, bien qu'il ait diminué ces dernières années (voir la figure B.8), le coût des imprimantes, des matériaux et des scanners est encore relativement élevé, en particulier pour leur déploiement dans les micro, petites et moyennes entreprises (MPME).

### Les chaînes de blocs

Une chaîne de blocs est un registre de transactions numérique sécurisée, décentralisé et distribué (registre distribué). Il est constitué d'une liste cumulative d'enregistrements, qui sont combinés

Figure B.8 : Prix de référence des imprimantes 3D



Source : Calculs du Secrétariat de l'OMC sur la base de données provenant des travaux de recherche de IBISWorld (prix de référence).

en « blocs », puis « enchaînés » les uns aux autres au moyen de techniques de cryptographie – d'où l'expression « chaîne de blocs ». L'information, une fois ajoutée à une « chaîne de blocs », est horodatée et ne peut pas être modifiée, de sorte que toute tentative de modification est facile à détecter, et les transactions sont enregistrées, partagées et vérifiées entre pairs.

Une caractéristique essentielle de la chaîne de blocs est que la confiance ne repose plus sur les intermédiaires centralisés qui se chargent normalement d'authentifier une transaction. Avec la technologie de la chaîne de blocs, l'authentification est assurée par cryptographie. Tous les participants ont accès à la même « version de la vérité » actualisée, mais aucun utilisateur ne peut seul la contrôler, ce qui permet à des personnes qui n'ont pas particulièrement confiance les unes dans les autres de collaborer sans passer par des intermédiaires de confiance. La chaîne de blocs est, comme le dit *The Economist* (2015), « une machine de confiance ».

Une autre caractéristique intéressante de la technologie de la chaîne de blocs est qu'elle offre la possibilité d'utiliser des contrats intelligents, c'est-à-dire des programmes informatiques qui s'exécutent lorsque des conditions spécifiques sont réunies, afin d'automatiser certains processus, comme le paiement de droits, et de garantir aux utilisateurs la stricte exécution des transactions. Comme il s'agit de bases de données distribuées qui utilisent diverses techniques cryptographiques, on considère que les chaînes de blocs résistent beaucoup mieux aux cyberattaques que les bases de données normales. Le piratage d'un réseau de chaînes de blocs est économiquement inefficace et extrêmement difficile dans la pratique, mais une attaque à 51% – c'est-à-dire une attaque par un groupe qui contrôle plus de 50% de la puissance de calcul du réseau – n'est pas impossible. En fait, la capacité de calcul des chaînes de blocs Bitcoin et Ethereum est de plus en plus agrégée. Cette vulnérabilité potentielle fait toujours l'objet d'un débat dans la communauté des technologies de l'information (TI). En outre, bien que la technologie de la chaîne de blocs soit elle-même très résiliente, il peut y avoir des vulnérabilités au niveau des contrats intelligents et de l'interface utilisateur (c'est-à-dire les téléphones mobiles, les tablettes ou les ordinateurs utilisés pour accéder à Internet). C'est là que se produisent la plupart des failles de sécurité dans l'écosystème de la chaîne de blocs, comme l'a démontré l'attaque de la DAO (Decentralized Autonomous Organization) en 2016, dans laquelle des millions de dollars d'actifs ont été siphonnés.

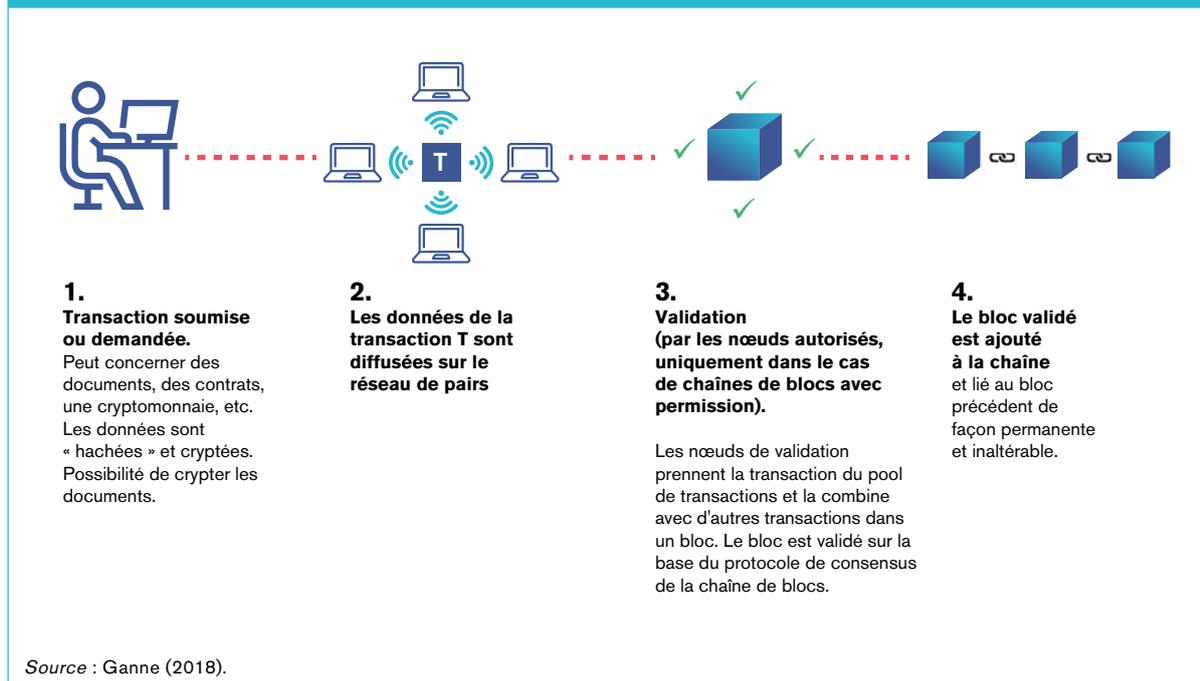
Les chaînes de blocs peuvent être « sans permission », c'est-à-dire que chacun peut participer au réseau, ou « avec permission », ce qui signifie qu'il peut y avoir des restrictions concernant les personnes qui peuvent lire la chaîne de blocs et/ou écrire dans celle-ci. L'intérêt suscité par la technologie des chaînes de blocs a été centrée en grande partie sur les chaînes de blocs publiques sans permission utilisées pour les cryptomonnaies.<sup>10</sup> Toutefois, l'utilisation potentielle de cette technologie s'étend à beaucoup d'autres applications, allant des services bancaires et financiers à l'enregistrement foncier, au vote en ligne et même à l'intégration des chaînes d'approvisionnement (voir la section C) – bon nombre de ces applications étant des chaînes de blocs avec permission. La figure B.9 montre les étapes typiques d'une transaction de chaîne de blocs.

La chaîne de blocs est la technologie des registres distribués la plus connue, mais beaucoup d'autres modèles sont développés qui, comme la chaîne de blocs, sont distribués et utilisent diverses techniques cryptographiques, mais qui s'écartent du concept de « blocs » – et même parfois du concept de « chaînes ». C'est le cas, par exemple, de IOTA, une cryptomonnaie conçue pour la communication de machine à machine, dans laquelle chaque transaction est liée aux deux transactions précédentes dans le cadre du processus de validation pour former un « écheveau » plutôt qu'une chaîne. Aujourd'hui, l'expression « chaîne de blocs » est couramment utilisée pour désigner plus généralement la technologie des registres distribués et le phénomène qui l'entoure. Comme beaucoup d'autres études, le présent rapport emploie le terme « chaîne de blocs » de façon générique pour désigner les technologies de registres distribués.

Pour certains, la chaîne de blocs pourrait « changer nos vies » (Boucher, 2017), et pour d'autres, ce pourrait être une « chimère » et « la technologie la plus surestimée » (Roubini et Preston, 2018), mais sa capacité de véritablement transformer notre façon de faire des affaires n'a pas encore été pleinement évaluée. En fait, le déploiement de la chaîne de blocs se heurte actuellement à plusieurs difficultés.

Premièrement, la modularité des principales chaînes de blocs publiques reste limitée en raison de la taille prédéterminée des blocs et de la quantité d'énergie requise pour alimenter les réseaux.<sup>11</sup> La plate-forme du bitcoin, par exemple, gère environ 7 transactions par seconde en moyenne<sup>12</sup> et la chaîne de blocs publique Ethereum deux fois plus,<sup>13</sup> tandis que Visa peut traiter 2 000 transactions par seconde, avec des pics à 56 000 transactions par seconde (Croman

Figure B.9 : Étapes typiques d'une transaction de chaîne de blocs



et al., 2016). Toutefois, les chaînes de blocs avec permission – qui sont les types les plus courants de plates-formes testés dans le domaine du commerce international – utilisent généralement des protocoles de consensus moins coûteux en termes de capacité de calcul et leur échelle peut être adaptée plus facilement. Par exemple, Hyperledger Fabric, qui est un système d'exploitation distribué pour les chaînes de blocs avec permission, peut traiter 3 500 transactions par seconde pour certains plans de charge (Androulaki et al., 2018).

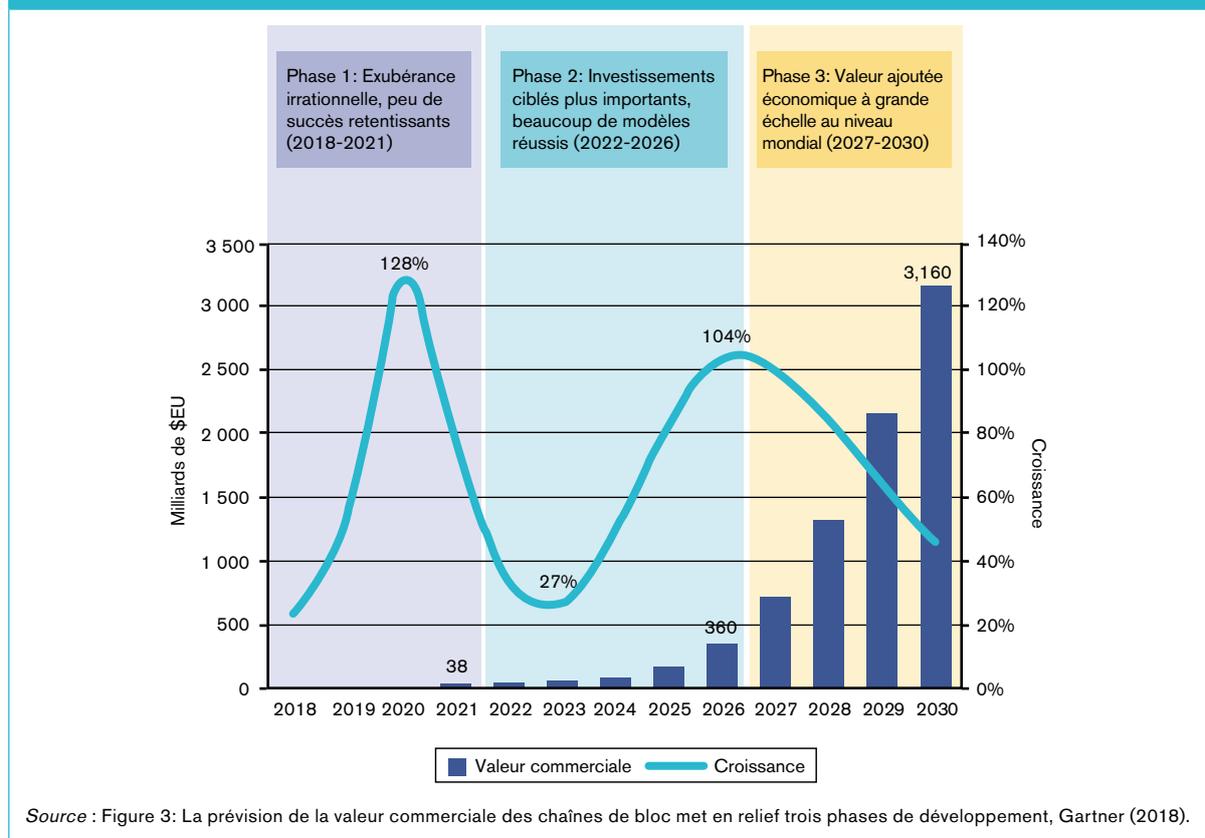
Deuxièmement, les réseaux et les plates-formes de chaînes de blocs existants ont leurs propres spécificités techniques et ne « communiquent pas entre eux ». Des organisations comme l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et la Chambre de commerce internationale (ICC) ont commencé à examiner les questions d'interopérabilité et de normalisation et diverses solutions techniques sont élaborées par des développeurs informatiques. Mais il faudra probablement du temps pour résoudre le « problème de l'insularité numérique ».

Enfin, l'utilisation de la technologie de la chaîne de blocs soulève un certain nombre de questions juridiques, allant du statut juridique des transactions de la chaîne de blocs (ces transactions sont-elles juridiquement reconnues) au droit applicable (quel droit s'applique dans le cas d'une chaîne de blocs qui s'étend sur plusieurs juridictions) et aux questions de responsabilité (qui est responsable en cas de

problème et quel mécanisme de règlement s'applique en cas de conflit), sans oublier les possibles problèmes de compatibilité avec les règlements existants.<sup>14</sup>

Malgré ces difficultés, qui donnent lieu à des travaux intensifs pour trouver des solutions techniques, la promesse de plus de sécurité, d'efficacité, d'intégrité et de traçabilité qu'offre la chaîne de blocs amène un nombre croissant d'entreprises à étudier le potentiel de cette technologie comme moyen de réduire leurs coûts et d'améliorer leurs pratiques. Le nombre de demandes de brevets concernant la chaîne de blocs a triplé en 2017, déposées pour plus de moitié par la Chine, suivie par les États-Unis et l'Australie (Financial Times, 2018). Un rapport de Gartner sur les tendances des chaînes de blocs (Gartner, 2018) prévoit que la phase actuelle « d'exubérance irrationnelle, avec quelques succès retentissants » sera suivie, entre 2022 et 2026, par des « investissements ciblés plus importants avec de nombreux modèles réussis » (voir la figure B.10), que, après 2026, la technologie apportera « une valeur ajoutée économique à grande échelle au niveau mondial » et que, en 2030, les chaînes de blocs pourraient générer une valeur de 3 000 milliards de dollars EU à l'échelle mondiale, par la combinaison de la réduction des coûts et de l'augmentation des recettes (Gartner, 2018). La technologie en étant encore à un stade précoce et compte tenu des difficultés existantes, il est difficile de savoir si ces prescriptions deviendront réalité.

Figure B.10 : Prévision de Gartner de la valeur commerciale des chaînes de blocs, 2018-2030



Source : Figure 3: La prévision de la valeur commerciale des chaînes de bloc met en relief trois phases de développement, Gartner (2018).

(c) Comment la technologie numérique influe sur l'économie

(i) La naissance des marchés en ligne

La numérisation a transformé les habitudes de consommation au cours de la dernière décennie, et tout indique que d'autres changements sont à venir. L'adoption de la technologie numérique par les consommateurs au niveau mondial est illustrée par la tendance mondiale à l'achat de biens et de services en ligne. Ce changement de comportement résulte de l'utilisation généralisée des appareils connectés à Internet, comme les smartphones, les tablettes et les ordinateurs portables, qui donnent aux consommateurs un accès direct aux marchés en ligne en leur fournissant des informations en temps réel sur une large gamme de biens et de services disponibles. Ces appareils ont révolutionné la façon dont les consommateurs identifient, comparent et payent les produits de leur choix.

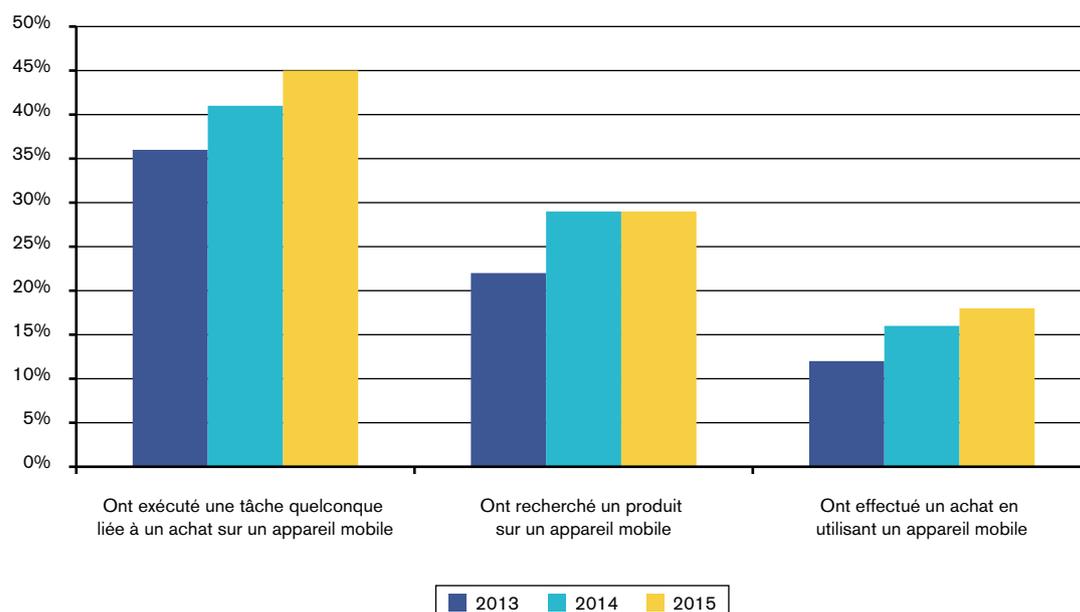
Comme le montre la figure B.11, la part des consommateurs américains qui ont cherché un produit sur un appareil mobile a rapidement augmenté, passant de 22% en 2013 à près de 30% en 2015. En outre, la part de ceux qui ont fait des

achats en ligne au moyen de leur téléphone mobile a presque doublé pendant la même période, atteignant 18% en 2015.

Il est important de noter que l'intégration de ces outils dans l'expérience d'achat est allée au-delà du simple fait de rechercher et d'acheter des articles en ligne. En effet, la grande majorité des consommateurs cherchent et partagent des avis et des commentaires sur des forums spécialisés comme Yelp et TripAdvisor et se réfèrent également aux « likes » et aux témoignages de leurs pairs sur les réseaux sociaux avant de faire un achat en ligne. Comme l'indique Deloitte (2015a), « la technologie numérique a déjà profondément influencé le parcours d'achat des consommateurs qui utilisent aujourd'hui les sites Web, les réseaux sociaux et les applications mobiles non seulement pour rechercher des produits, comparer les prix et effectuer des achats, mais aussi pour donner leur avis aux autres utilisateurs et même aux entreprises ». En particulier, les commentaires en ligne semblent être un facteur important dans les décisions d'achat de près de 70% des personnes interrogées (Ervin, 2016).<sup>15</sup>

Conscientes de ce changement de comportement des consommateurs, les entreprises ont réagi rapidement en adaptant en conséquence leurs produits et leurs services. Elles ont renforcé leur

Figure B.11 : Habitudes d'achat en ligne des consommateurs américains entre 2013 et 2015



Source : EY (2015).

Note : Cette étude a été réalisée en mars-avril 2015 auprès de 5 516 détenteurs de cartes Synchrony Bank et de 1 209 acheteurs nationaux pris au hasard. Les personnes interrogées étaient âgées de plus de 18 ans; elles participaient aux décisions financières du ménage et avaient effectué des achats auprès d'un grand détaillant américain au cours des 6 mois précédant l'enquête. Les données ont été pondérées en fonction des proportions du recensement américain. Dans cette étude, toutes les références aux consommateurs et aux acheteurs renvoient aux personnes ayant répondu à l'enquête.

visibilité en ligne et ont personnalisé leurs contenus pour une série d'appareils. Une application peut être adaptée aux besoins des acheteurs mobiles, mais un site Web interactif doit être disponible en parallèle si l'achat est effectué à partir d'un ordinateur portable (EY, 2015). Ce type de présence en ligne personnalisée a permis à eBay, par exemple, de générer plus de 400 millions de dollars EU à partir de son application pour iPhone pendant sa première année d'activité complète (Accenture, 2014).

Afin d'attirer un nombre croissant de consommateurs numériques et de mieux répondre à leurs besoins, les entreprises utilisent de nouvelles techniques de marketing numérique, par exemple en offrant des outils de comparaison de produits permettant aux consommateurs de gagner du temps et de prendre des décisions en fonction de critères personnalisés (Deloitte, 2015a), en proposant l'expédition gratuite, ou en envoyant des alertes pour informer les clients qu'un produit est en vente (EY, 2015).

La numérisation n'a pas seulement modifié la façon dont les consommateurs et les entreprises concluent des transactions, mais elle a aussi modifié la relation entre les entreprises et les clients. Par exemple les réseaux sociaux ont permis aux entreprises de promouvoir leur image et de mettre en place de nouveaux types de relations avec leurs clients. Près

de la moitié des personnes interrogées ont indiqué qu'elles suivaient leurs marques préférées sur les réseaux sociaux (EY, 2015).

Par ailleurs, certaines entreprises ont commencé à utiliser les techniques d'IA pour approfondir leur connaissance du comportement des consommateurs, identifier les préférences des clients et adapter en conséquence leurs produits et leurs services. Dans le commerce de détail, les entreprises utilisent maintenant couramment des moteurs de recommandation pour mieux appréhender les habitudes d'achat des consommateurs. Cette technique d'IA repose sur des algorithmes d'apprentissage automatique, qui collectent des points de données de chaque client tout au long de leur parcours d'achat, qui stockent chaque décision qu'ils prennent et qui ajustent continuellement les recommandations jusqu'à ce que l'achat soit effectué. Amazon, qui est l'un des premiers à avoir introduit cette technologie au début des années 2000, attribue 35% de ses ventes à ce moteur.

Netflix est un autre exemple d'entreprise qui utilise des outils d'IA pour réussir. Selon PWC (2015b), « ce qui a fait de Netflix une success story et l'a distingué de ses concurrents, c'est qu'il analyse de près les données démographiques des utilisateurs, leur comportement en ligne et leurs préférences de programmation.

Ces renseignements sont utilisés pour créer des recommandations de contenu personnalisées et pour adapter la promotion des nouveaux programmes aux différents segments d'audience ».

## (ii) *Qu'est-ce qui est échangé?*

### **Services audiovisuels**

En permettant le développement d'appareils sophistiqués, la technologie numérique a permis aux consommateurs d'utiliser certains produits en ligne à tout moment et en tout lieu, à condition d'être connectés à Internet. Parmi les produits en question, il y a les médias audio-visuels et les logiciels, qui sont plus faciles à numériser que les autres produits numériques. Par exemple, les films et les séries télévisées sont disponibles via des plateformes comme Netflix, et peuvent être visionnés sur smartphone et tablette. Les livres électroniques peuvent être obtenus sur des plateformes comme Amazon et peuvent être lus avec des lecteurs et des applications comme Kindle. La part de marché des livres électroniques augmente rapidement dans les pays développés; par exemple, PWC (2015b) a prévu que leur part de marché en Allemagne atteindrait 17% en 2017. Les supports de musique enregistrée étaient « physiques » jusqu'au début des années 2000, après quoi les ventes de musique numérique ont rapidement augmenté, représentant 26% des recettes de l'industrie du disque dans l'Union européenne en 2015 (PWC, 2015b).

### **Autres services en ligne**

Les services numériques peuvent être définis comme un large ensemble de services pouvant être fournis à distance grâce aux réseaux des TIC, par exemple les services de transport fournis par Uber ou Lyft, qui offrent un service de taxi personnalisé via une application sur l'appareil mobile du client (Accenture, 2015). Les services numériques prennent de plus en plus d'importance de nos jours. Ils comprennent aussi les services de conseil, les conseils juridiques et financiers, l'enseignement et le coaching, qui utilisent des sites Web interactifs, le courrier électronique et des outils de communication en temps réel comme Skype pour offrir des services à forte intensité de connaissances même au-delà des frontières, ce qui permet aux entreprises et aux consommateurs nationaux de bénéficier des talents étrangers. La Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED) (2017a), la négociabilité croissante de ces services fournis à distance, indique que « ces plateformes permettent aux concepteurs de sites Web, aux programmeurs, aux traducteurs, aux commerçants, aux comptables et aux personnes exerçant beaucoup d'autres types

de métiers d'offrir leurs services à l'étranger. Chaque année, quelque 40 millions d'utilisateurs y accèdent pour trouver [un emploi] ou des personnes possédant certaines compétences ». Le jeu en ligne est un autre type de service numérique pour lequel la demande a enregistré une forte croissance du fait de l'utilisation massive des tablettes et des smartphones. Dans l'UE par exemple, les recettes des jeux en ligne ont été multipliées par dix au cours des dix premières années de ce siècle, passant de 0,4 milliard d'euros en 2003 à 4 milliards d'euros en 2013 (PWC, 2015b). D'autres services pouvant être fournis à distance, tels que le service après-vente, la télésanté et la chirurgie à distance, peuvent générer des recettes importantes pour les pays qui les exportent. Par exemple, l'Inde a gagné 23 milliards de dollars EU principalement en exportant des services de ce type en 2014 (CNUCED, 2017a), et Chatterjee (2017) indique que le marché du tourisme médical en Inde devrait atteindre 7 à 8 milliards de dollars EU d'ici à 2020.

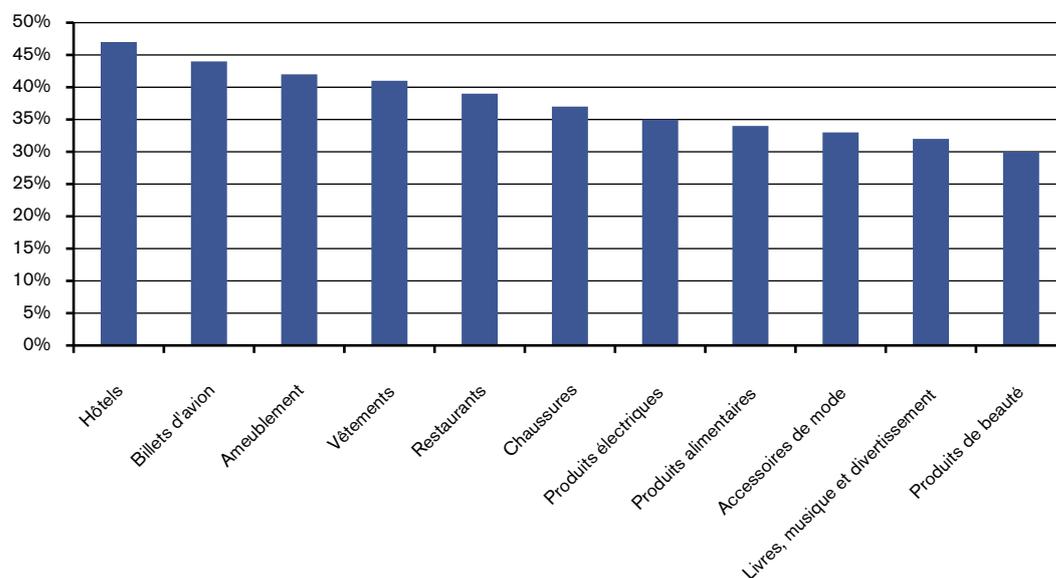
Le secteur du tourisme offre d'autres exemples. Aujourd'hui, les consommateurs peuvent planifier un voyage en ligne en quelques clics seulement, en comparant les prix des vols sur des sites Web spécialisés, comme Google Flights ou Skyscanner, en payant et en s'enregistrant en ligne et en téléchargeant leurs cartes d'embarquement sur leurs appareils mobiles, tandis que leur hébergement peut être réservé via des applications mobiles auprès de sociétés comme Booking.com ou Airbnb.

### **Produits et services sur mesure et personnalisés**

Les consommateurs sont de plus en plus exigeants et ont une préférence plus marquée pour les produits sur mesure et personnalisés répondant à leurs besoins spécifiques. Par exemple, près d'un cinquième des consommateurs déclarent qu'ils sont prêts à payer 10% de plus pour personnaliser les produits qu'ils achètent (Deloitte, 2015a). Une autre étude de Deloitte (2015b) révèle que près de la moitié des consommateurs interrogés sont prêts à attendre plus longtemps pour obtenir des produits et des services personnalisés. La figure B.12 indique que les services personnalisés qui intéressent le plus les consommateurs, tous groupes d'âge confondus, concernent les vacances, l'hôtellerie et les billets d'avion.

La figure B.12 indique qu'il y a un intérêt croissant pour les produits et les services personnalisés. Compte tenu de cette préférence pour la personnalisation, les fabricants ont commencé à intégrer des options de configuration en ligne dans leurs sites Web interactifs. Ces éléments permettent aux acheteurs

Figure B.12 : Les consommateurs sont intéressés par des produits et des services personnalisés



Source : Deloitte (2015b).

de configurer les produits et les services dont ils ont besoin en utilisant les divers composants ou options disponibles.

Les entreprises, elles aussi, adoptent des technologies de pointe, comme les techniques de visualisation des produits et l'impression 3D (EY, 2016). L'utilisation de cette technologie a été simplifiée par des applications intelligentes qui peuvent scanner n'importe quel produit et le transformer en un fichier de conception numérique. Le consommateur peut alors visualiser et configurer le produit qui est ensuite imprimé en 3D dans un lieu indiqué (A.T. Kearney, 2015). L'industrie textile offre un bon exemple de l'adoption rapide des plates-formes en ligne de numérisation et de modélisation 3D, qui permettent aux consommateurs de scanner et télécharger leurs modèles 3D et de commander des vêtements adaptés à leur morphologie (Gandhi *et al.*, 2013).

### (iii) *Entrée plus facile et diversité accrue des produits sur le marché numérique*

L'essor des marchés numériques et le fait qu'ils réussissent à compléter, et parfois à remplacer les marchés traditionnels, montrent que le commerce numérique, par comparaison avec le commerce physique, peut réduire considérablement les coûts de communication, de recherche et de mise en relation (voir aussi la section C.1). En fait, les entreprises ont de moins en moins besoin d'investir dans des magasins où les consommateurs passent du temps

à chercher un produit ou un service donné, compte tenu de l'attractivité des achats en ligne (Singh, 2008).

Un avantage notable de la numérisation sur le plan de l'offre est qu'elle réduit considérablement le coût d'entrée, ce qui fait qu'il est plus facile pour les entreprises de produire, de promouvoir et de distribuer des produits audiovisuels, comme la musique, les films et les émissions de télévision, sous forme numérique à un coût moindre. Par exemple, un artiste peut enregistrer une chanson au moyen d'un simple microphone et d'un logiciel bon marché; il peut en faire la promotion sur YouTube ou Spotify et la distribuer sur iTunes pour un prix relativement bas, tandis que les plates-formes d'autoédition comme Kindle ou Lulu offrent une alternative au modèle traditionnel de publication des livres. Depuis 2007, les auteurs ont la possibilité de télécharger leurs manuscrits directement sur des plates-formes d'autoédition et de distribuer ainsi leurs œuvres dans le monde entier sans passer par un éditeur ou une maison d'édition (Waldfoegel, 2017). Les livres auto-publiés ont représenté 20% des ventes de livres électroniques au Royaume-Uni en 2013 (PWC, 2015b).

Cette réduction du coût de lancement des produits a non seulement facilité l'entrée sur le marché de nouveaux artistes et de nouveaux producteurs, mais elle a aussi incité ceux qui sont déjà présents sur le marché à lancer de nouveaux produits. Ainsi, le

nombre de nouvelles séries télévisées a plus que doublé aux États-Unis depuis le début des années 2000. En 2010, le nombre de nouveautés disponibles en streaming sur Netflix et sur le service Amazon Instant représentait environ deux fois le nombre de films projetés dans les cinémas (Waldfoegel, 2017).

Le fait que les entreprises peuvent entrer plus facilement sur le marché a eu une retombée importante pour les consommateurs en augmentant considérablement la diversité de l'offre (voir, par exemple, l'encadré B.2 sur l'industrie musicale). En d'autres termes, en supprimant les obstacles à l'entrée et en réduisant les contraintes en matière de distribution, la numérisation a permis aux consommateurs de bénéficier d'un plus large choix, notamment avec l'augmentation du nombre de chaînes de télévision et de l'offre de musique sur les plates-formes de streaming ou de téléchargement, et l'accès à des fournisseurs mondiaux d'informations n'importe quand et n'importe où, à condition d'avoir une connexion Internet adéquate (PWC, 2015b). Accenture (2015) cite Spotify comme exemple, indiquant qu'« il modifie le mode de consommation de musique en permettant aux utilisateurs d'accéder à un vaste ensemble d'enregistrements où qu'ils se trouvent, sans avoir besoin de supports de stockage matériels ». Un autre exemple est Scribd, plate-forme en ligne sur laquelle, un demi-million de livres électroniques étaient disponibles en 2015, quelques années seulement après son lancement (PWC, 2015b).

#### (d) Défis liés aux technologies numériques

Nonobstant leurs avantages, les technologies numériques soulèvent un certain nombre de préoccupations concernant notamment la concentration du marché, la perte de confidentialité, les menaces pour la sécurité, la fracture numérique et la question de savoir si elles génèrent réellement des gains de productivité. Cette section examine certains des arbitrages difficiles que la société doit faire pour trouver un équilibre entre les avantages procurés par les technologies numériques et les coûts qui résultent parfois de leur déploiement et de leur utilisation. L'impact de ces technologies sur le marché du travail, en particulier sur l'emploi et les salaires, a été évoqué dans le *Rapport sur le commerce mondial 2017* et n'est donc pas mentionné parmi les défis examinés ici.

##### (i) Confidentialité

Aux fins de la présente section, la confidentialité s'entend du droit d'exercer un certain contrôle sur la manière dont les informations, ou données, personnelles sont collectées et utilisées.<sup>16</sup> Les données personnelles comprennent les renseignements bancaires et autres renseignements financiers, les données sur

la solvabilité, les dossiers médicaux, les données biométriques, les coordonnées personnelles, les listes d'amis et de parents, et les données sur la localisation et les itinéraires.

Les préoccupations au sujet de la confidentialité sont apparues parce que les technologies numériques ont facilité la production, la collecte et le stockage de données personnelles. Ces données peuvent être collectées lorsqu'une personne les communique volontairement, par exemple lorsqu'elle effectue un achat en ligne, lorsqu'elle s'abonne à un service gratuit (comme un compte de messagerie électronique ou un service de stockage en ligne) ou lorsqu'elle s'inscrit sur un réseau social (voir la figure B.14). Mais des données personnelles peuvent aussi être collectées sans autorisation, par exemple lorsqu'une personne est filmée par une caméra de vidéosurveillance, lorsque des données sont piratées ou volées, lorsqu'un téléphone mobile est localisé ou lorsque des informations trouvées sur le Web sont utilisées pour identifier quelqu'un personnellement.

La collecte de données personnelles a fait craindre de plus en plus que les entreprises et les gouvernements ne tiennent pas suffisamment compte de la confidentialité des données. D'après une enquête réalisée en 2016 par le Pew Research Center, plus de la moitié de la population adulte aux États-Unis ne faisait pas confiance au gouvernement et aux réseaux sociaux pour protéger les données personnelles (voir le tableau B.1). Ce manque de confiance s'exprime aussi plus largement à l'égard des entreprises de technologie, notamment les fabricants de téléphones mobiles, les entreprises de télécommunication et les fournisseurs de services de messagerie électronique. C'est en partie pour cela qu'un certain nombre de gouvernements s'attaquent de front à la question de la confidentialité et promulguent des lois pour définir plus clairement quelles données personnelles les entreprises peuvent collecter et conserver et ce qu'elles peuvent en faire (voir la section D pour un examen de ces mesures).

Il est important de comparer ces préoccupations aux avantages de la collecte et de l'analyse des données privées. Celles-ci peuvent être utiles aux entreprises, car elles peuvent les aider à mieux adapter leurs produits et leurs services aux besoins des consommateurs, ce qui peut aussi profiter à ces derniers (voir la section B.1 d)). Les listes de souhaits, de courses et de cadeaux en ligne peuvent être utilisées par les entreprises pour anticiper la demande, ce qui leur permet de gérer plus efficacement leurs chaînes d'approvisionnement (Goldfarb et Tucker, 2012). Dans le domaine de la santé, les dossiers médicaux électroniques permettent à différents professionnels de santé, exerçant dans différents hôpitaux, de travailler

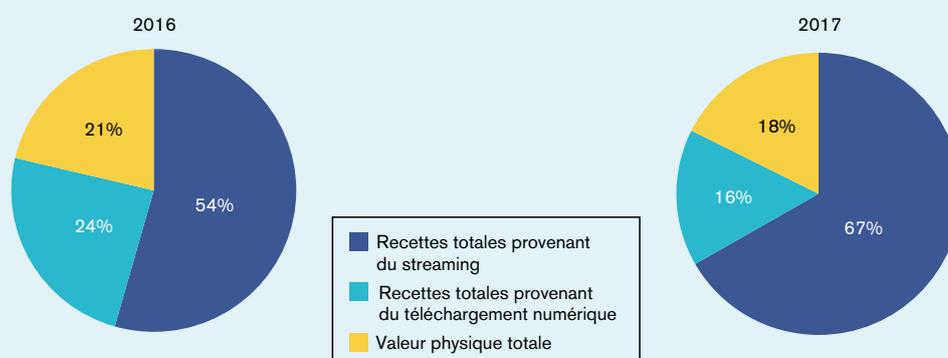
**Encadré B.2 : La numérisation et l'industrie musicale**

L'essor d'Internet a changé la donne pour l'industrie musicale. Des innovations telles que l'Apple iTunes store a réorienté la demande des consommateurs des disques physiques vers le téléchargement numérique. Toutefois, les plates-formes de partage de musique en ligne, comme Napster ou YouTube, ont rendu difficile de monétiser les droits sur les enregistrements musicaux pour les détenteurs. En conséquence, les recettes mondiales de l'industrie musicale sont tombées de 23,8 milliards de dollars EU en 1999 à 14,3 milliards de dollars EU en 2014 (IFPI, 2017). Toutefois, en raison de la forte croissance des services de streaming musical sur abonnement, la tendance à la baisse s'est récemment inversée.

La numérisation a profondément modifié la distribution dans l'industrie musicale, qui est désormais assurée en grande partie par le streaming, pour lequel le nombre d'abonnements a quadruplé entre 2014 et 2017. Ces abonnements ont représenté 67% des recettes totales de l'industrie musicale aux États-Unis en 2017 (voir la figure B.13). Mais les technologies numériques ont influencé aussi les processus en amont en réduisant les coûts marginaux et les frictions de recherche.

L'industrie musicale a été transformée par la numérisation à plusieurs égards. Premièrement, la demande accrue de musique sur Internet a modifié la structure de la chaîne d'approvisionnement. D'une part, les entreprises concernées par la production et la distribution physiques de disques sont devenues largement obsolètes et ont disparu du marché. D'autre part, de nouveaux modèles d'entreprise fournissant de la musique par voie numérique et en tant que service se sont développés rapidement et sont devenus des acteurs importants. Malgré ce que l'on avait espéré aux débuts d'Internet, la numérisation n'a pas augmenté la part des recettes musicales revenant aux artistes. En fait, les asymétries qui existaient auparavant subsistent, conférant un important pouvoir de négociation aux grands labels bien établis, et aux nouveaux agrégateurs (tels que les services de streaming) (De Léon et Gupta, 2017).

Deuxièmement, la numérisation a réduit les coûts fixes de la production musicale et a pratiquement ramené à zéro les coûts variables de la copie et du transport. L'impression et l'envoi physiques étant devenus superflus, les prix des albums ont chuté. La réduction des coûts de la production musicale a entraîné une augmentation du nombre de produits disponibles et une amélioration de la qualité moyenne des nouveaux produits et, partant, une plus grande satisfaction des consommateurs (Waldfoegel, 2017). Par exemple, PWC (2015b) note que des catalogues entiers de musique sont disponibles à tout moment et en tout lieu grâce aux plates-formes de streaming et de téléchargement, comme Spotify et Napster (pour n'en citer que quelques-unes), à condition de disposer d'une connexion Internet adéquate. Le nombre de chansons ajoutées chaque année à Musicbrainz, une base de métadonnées musicale accessible gratuitement, établie aux États-Unis et maintenue par une communauté d'utilisateurs, a été multiplié par sept entre 1988 et 2007 (Waldfoegel, 2017). En 2014, 43 millions de titres sous licence étaient disponibles en ligne sur plus de 400 services de musique numériques dans le monde (IFPI, 2015).

**Figure B.13 : Recettes de l'industrie musicale aux États-Unis en 2016 et 2017**

Source : Friedlander (2018).

Notes : Cette figure montre la contribution du streaming, du téléchargement numérique et des achats physiques de musique aux recettes totales de l'industrie musicale aux États-Unis.

**Encadré B.2 : La numérisation et l'industrie musicale (suite)**

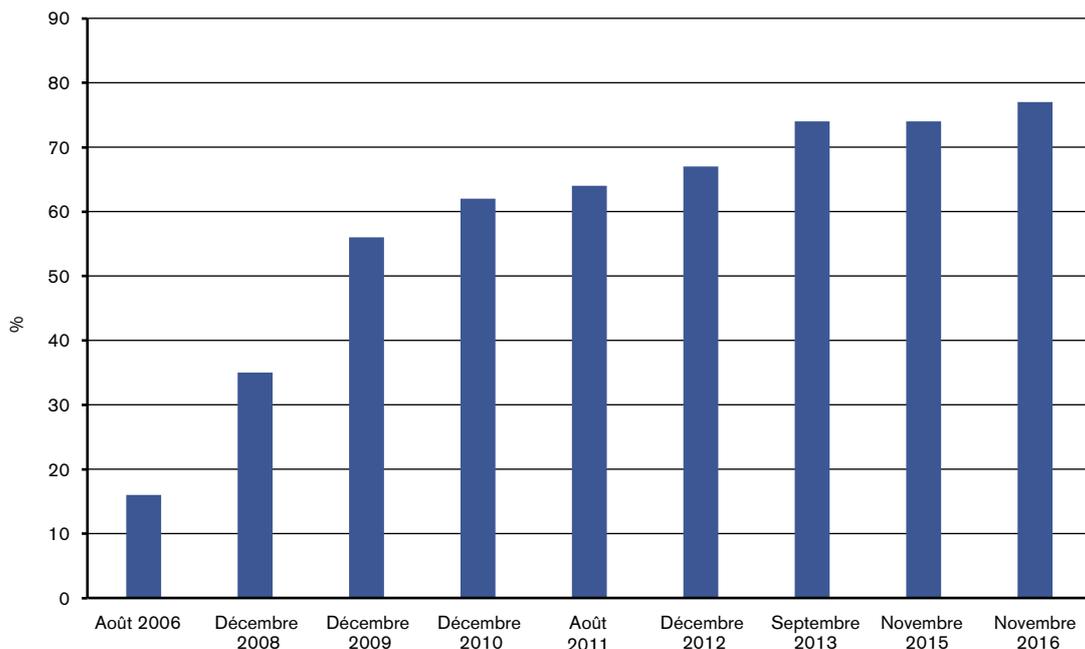
Troisièmement, comme il ne reste que des coûts fixes, les économies d'échelle ont augmenté dans l'industrie musicale. En conséquence, les recettes générées par les produits à succès augmentent de manière disproportionnée, ce qui rend les recettes du secteur très volatiles.

Quatrièmement, Internet a réduit les coûts de recherche pour les clients et les coûts de promotion et de distribution des artistes. Les consommateurs ont le choix entre de nombreux produits et les producteurs peuvent profiter de la taille d'Internet pour rendre leur musique rentable. La plupart des services de streaming étant basés sur un abonnement mensuel, le coût marginal effectif de l'écoute d'une chanson est nul pour le consommateur. Il devrait donc être plus facile, en principe, de faire découvrir des artistes à un plus large public, en particulier grâce aux playlists conservées sur les plates-formes de streaming.

La technologie numérique continuera d'influencer l'industrie musicale. Analysant le potentiel de la chaîne de blocs pour ce secteur, De Leon et Gupta (2017) soulignent que les nouvelles technologies peuvent aider à remplacer les régimes de redevances complexes et obscurs par lesquels l'industrie rémunère actuellement les artistes par des mécanismes plus simples qui profiteront à la fois aux artistes et aux consommateurs.

Les conséquences pour le commerce international sont doubles. L'expédition physique étant coûteuse, la numérisation accroît l'efficacité en remplaçant les flux commerciaux physiques par l'échange de données numériques transfrontières. On peut donc s'attendre à ce que le commerce physique des enregistrements musicaux diminue encore et ne comprenne à terme que le commerce des disques ayant de la valeur au-delà de leur contenu audio (comme les vinyles anciens très recherchés). En outre, comme la numérisation réduit la distance entre les consommateurs et les producteurs de musique dans le monde, la spécialisation dans la production musicale et les transactions transfrontières vont nécessairement augmenter.

**Figure B.14 : Part de la population adulte des États-Unis qui utilise les réseaux sociaux (Facebook, Twitter ou Instagram), 2006-2016**



Source : Pew Research Center.

**Tableau B.1 : Préoccupations concernant la confidentialité**

% d'adultes aux États-Unis qui ont confiance dans la capacité des institutions de protéger leur vie privée

Institutions	N'ont pas confiance du tout	N'ont guère confiance	Ont un peu confiance	Ont beaucoup confiance
dans leurs fabricants de téléphones mobiles	13	13	43	27
dans leurs sociétés de cartes de crédit	15	15	42	27
dans leurs fournisseurs de services de téléphonie mobile	15	15	47	21
dans leurs fournisseurs de services de téléphonie mobile	13	17	46	20
dans leurs fournisseurs/détaillants	15	21	46	14
dans le gouvernement fédéral	28	21	37	12
dans les réseaux sociaux qu'ils utilisent	24	27	38	9

Source : Pew Research Center.

Notes : Enquête réalisée entre le 30 mars et le 3 mai 2016.

ensemble sur le dossier d'un patient, car ils peuvent échanger des renseignements facilement (Meingast *et al.*, 2018). Les progrès dans le domaine des réseaux de capteurs font du suivi médical à distance une réalité. Des données montrent que l'utilisation combinée de ces diverses technologies réduit les coûts médicaux et améliore les résultats en matière de santé (Goldfarb et Tucker, 2012).

Ces exemples donnent à penser qu'il faut trouver un compromis entre les avantages liés à l'utilisation des données personnelles et la nécessité de protéger ces données contre une utilisation préjudiciable ou illégale de celles-ci.

## (ii) Concentration du marché

Un aspect important du débat sur le rôle des technologies numériques a trait à leurs effets sur la concurrence. Si la numérisation peut avoir des effets proconcurrentiels importants, elle peut aussi limiter la concurrence en favorisant les pratiques d'exclusion et/ou de collusion.

Plus précisément, la numérisation a gommé les limites géographiques des marchés en facilitant l'entrée sur les marchés et le développement des fournisseurs et des détaillants utilisant Internet. Cela a contribué à renforcer la concurrence dans la fourniture de nouveaux types de services et de biens (Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Organisation mondiale du commerce (OMC), 2017).<sup>17</sup> Mais la numérisation peut aussi avoir des effets anticoncurrentiels sur certains marchés (voir, par exemple, The Wall Street Journal, 2018). La

Commission européenne, la Commission fédérale du commerce des États-Unis et des organismes chargés de la concurrence dans d'autres juridictions ont enquêté, ou sont en train d'enquêter, sur les pratiques commerciales de Google, de Microsoft, d'eBay et d'autres entreprises Internet bien connues.<sup>18</sup> (Voir l'encadré D.3 pour des exemples de mesures d'application des règles de la concurrence.)

La concurrence sur les marchés numériques est influencée par trois facteurs importants qui sont largement absents des marchés traditionnels, à savoir les effets de réseau, le « changement d'échelle sans masse critique » et les coûts de transfert.<sup>19</sup> Comme cela est expliqué plus loin, ces facteurs ont tendance à favoriser la concentration du marché, à conférer des avantages de pionnier aux entreprises en place et à créer des obstacles à l'entrée sur les marchés concernés.

Sur les marchés des plates-formes en ligne, les effets de réseau consistent en l'augmentation de la valeur du réseau pour tous les participants avec chaque utilisateur additionnel. On parle alors d'« effet de réseau direct ». Dans ce cas, les grandes plates-formes numériques sont souvent indispensables pour une utilisation efficace du réseau, ce qui conduit à la concentration du marché. Il peut aussi y avoir un « effet de réseau indirect » lorsque l'augmentation de la taille du réseau attire les utilisateurs de l'autre côté du marché (acheteurs/fournisseurs potentiels).<sup>20</sup> Ce double effet aboutit généralement à une situation dans laquelle le « gagnant rafle tout » du fait qu'un seul réseau devient dominant sur chaque marché (Haucap et Heimeshoff, 2014).

Par ailleurs, le « changement d'échelle sans masse critique » sur les plates-formes numériques permet aux entreprises d'augmenter considérablement le nombre d'utilisateurs, rapidement et presque sans coût, puisqu'elles ne produisent pas de produits physiques, mais ne font que reproduire ou distribuer des bits numériques (OCDE et OMC, 2017).

Les coûts de sortie élevés (c'est-à-dire le coût du changement de plate-forme) entraînent généralement l'enfermement du consommateur, ce qui rend plus difficile pour les nouveaux venus de se développer sur un marché: plus les consommateurs utilisent un service en ligne et lui fournissent des données, plus il est difficile et coûteux pour eux de changer de service et de transférer leurs données (OCDE et OMC, 2017). Les coûts de sortie ne sont peut-être pas pertinents dans le cas des moteurs de recherche car leurs utilisateurs peuvent en changer facilement sans grands frais, mais ils le sont dans le cas des réseaux sociaux comme Facebook et des plates-formes d'enchères comme eBay (Haucap et Heimeshoff, 2014). Dans ce dernier cas, les coûts de sortie peuvent être élevés, car la réputation d'un vendeur dépend du nombre de transactions qu'il a effectuées honnêtement sur un réseau donné, et il peut être très difficile, voire impossible, de transférer la réputation d'une plate-forme à une autre (Haucap et Heimeshoff, 2014). Pour cela, le vendeur devrait investir de nouveau pour acquérir une réputation.

En outre, cela peut donner lieu à des pratiques collusoires (comme le fait de faciliter la coordination de l'offre et des prix entre entreprises). En particulier, l'analyse des mégadonnées peut entraîner la fixation dynamique des prix au moyen d'algorithmes, ce qui a des effets semblables à ceux d'une coordination explicite (c'est-à-dire diminution de la production et hausse des prix), sans qu'il y ait d'entente à proprement parler (OCDE et OMC, 2017).

Globalement, de par sa nature, la concurrence sur les marchés numériques diffère sensiblement de la concurrence sur les marchés traditionnels, car elle est généralement fondée sur l'innovation plutôt que sur les prix (voir Wright, 2004, et Haucap et Heimeshoff, 2014). On parle parfois de concurrence schumpétérienne, situation dans laquelle de nouveaux acteurs remplacent avec succès les entreprises en place grâce à l'innovation ou au déploiement réussi de nouvelles technologies (voir OCDE et OMC, 2017, et Haucap et Heimeshoff, 2014). C'est pourquoi il est dit parfois que ces effets anticoncurrentiels ont peu de chances de durer. Ils peuvent cependant entraîner d'importantes pertes de bien-être avant qu'une plate-forme ou un modèle économique bien établi soit remplacé par un(e) autre (Farrell et Katz, 2001).

### (iii) *Les technologies numériques ont-elles augmenté la productivité?*

La question de savoir dans quelle mesure l'adoption des technologies numériques, et en particulier des ordinateurs, a entraîné des gains de productivité économique a été soulevée. En 1987, Robert Solow a prononcé cette phrase célèbre : « You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics » (L'ère de l'informatique est visible partout, sauf dans les statistiques de la productivité) (Solow, 1987). Les mesures de la productivité aux États-Unis donnent à penser qu'il y a eu un net fléchissement depuis 2005 (Syverson, 2017). D'autres économistes réputés ont avancé que les technologies numériques n'auraient pas le même impact que les innovations du passé, notamment parce que les bénéfices de la puissance de calcul diminuent rapidement, que certaines tâches humaines peuvent difficilement être exécutées par des ordinateurs et qu'une grande partie de l'investissement dans les technologies numériques est due aux entreprises en place qui cherchent à conserver leur part de marché ou à remplacer des produits matériels par des produits virtuels (Gordon, 2000). Dans le cas particulier des États-Unis, les autres facteurs susceptibles de réduire les gains de productivité découlant des technologies numériques sont l'augmentation des inégalités, la baisse du niveau d'instruction et le vieillissement de la génération du baby-boom (Gordon, 2016).

Plusieurs arguments ont été avancés contre cette vision relativement négative des effets des technologies numériques. Le premier est que la mesure erronée des intrants et en particulier des extrants du secteur des TIC obscurcit les estimations de la productivité, laquelle est souvent calculée comme l'écart résiduel inexplicé entre les intrants et les produits. Comme de nombreux services en ligne sont gratuits (par exemple recherches dans Google ou vidéos sur YouTube), le marché ne peut pas capter pleinement l'accroissement de la rente du consommateur, ce qui signifie que des indicateurs comme le PIB sous-estiment l'augmentation du bien-être de la société. Des études récentes semblent montrer que les technologies numériques ont entraîné un fort accroissement de la rente du consommateur, qu'elles soient gratuites ou payantes pour les consommateurs. Il s'agit notamment des études de Goolsbee et Klenow (2006), qui ont examiné la valeur d'Internet pour les consommateurs, de Greenstein et McDevitt (2011) et de Syverson (2017), qui ont estimé la rente du consommateur créée lors du passage de la connexion téléphonique à la large bande, de Nakamura et Soloveichik (2015), qui ont estimé la valeur des médias gratuits, et de Brynjolfsson *et al.* (2018a), qui ont utilisé des expériences à grande

échelle sur les choix en ligne pour mesurer la rente du consommateur générée par un large éventail de services en ligne (courrier électronique, moteurs de recherche, cartes, commerce électronique, vidéos, musique, réseaux sociaux et messagerie instantanée). Dans l'ensemble, les résultats de ces études semblent indiquer que ces services ont généré d'importants gains de bien-être qui échappent aux mesures conventionnelles du PIB et de la productivité.

Deuxième argument, il faut parfois du temps pour que les révolutions technologiques gagnent l'ensemble de l'économie. Le changement technologique commence généralement dans une petite partie de l'économie (le secteur des TIC dans le cas des technologies numériques, qui était beaucoup plus petit dans les années 1960 qu'aujourd'hui) et il peut nécessiter des innovations complémentaires pour avoir un impact sur l'ensemble de l'économie (Brynjolfsson et McAfee, 2014).

Le troisième argument, déjà examiné plus haut, est que les technologies numériques augmentent la productivité, mais seulement dans certains secteurs de l'économie. Or les secteurs dont la productivité augmente rapidement voient très vite leur part dans l'économie diminuer, tandis que les secteurs dont la productivité croît plus lentement voient leur part dans l'économie augmenter. En conséquence l'augmentation de la part de ces secteurs dans l'économie pèse sur la croissance de la productivité globale de l'économie (Aghion *et al.*, 2017). Cette explication repose sur la théorie de la « maladie des coûts » de Baumol, selon laquelle il est difficile d'augmenter la productivité dans certains secteurs, comme la santé et les arts (Baumol et Bowen, 1966 ; Baumol, 2012).

#### (iv) Les nombreuses dimensions de la fracture numérique

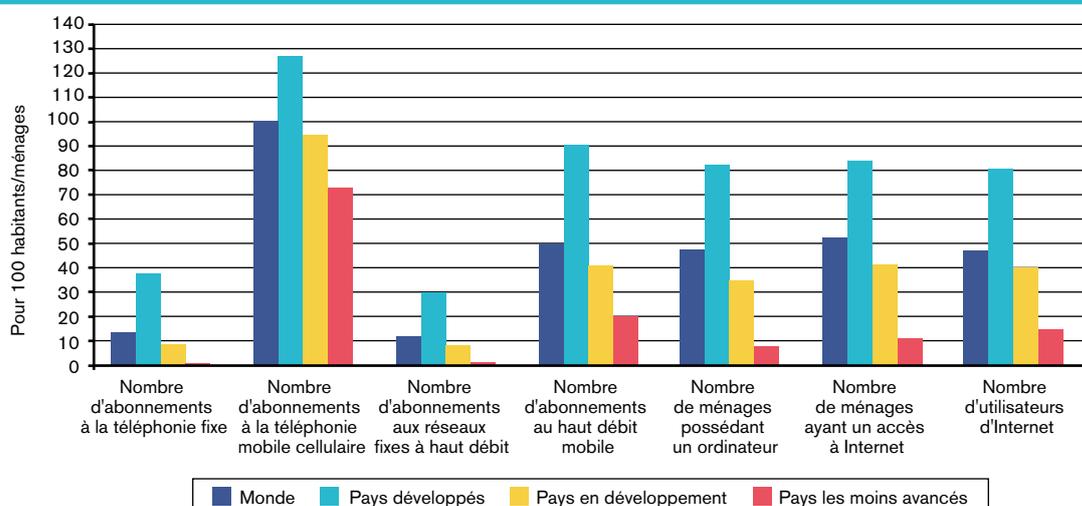
Des données montrent que la numérisation transforme l'activité économique partout dans le monde. Mais ce changement se fait à des rythmes différents en fonction du degré de préparation des pays à la participation à l'économie numérique et de l'avantage que chacun peut en tirer. Cela indique que la fracture numérique entre les pays développés et les pays en développement peut empêcher une intégration plus poussée de l'économie dans la sphère numérique.

#### Accès aux TIC

La figure B.15 montre que les pays en développement, en particulier les pays les moins avancés (PMA), accusent un retard pour tous les indicateurs de développement des TIC, mais surtout pour l'accès à l'Internet à large bande et l'accès aux services mobiles. Alors qu'environ 90% de la population a accès aux services mobiles à large bande dans les économies avancées, la proportion ne dépasse pas 40% dans les pays en développement et n'est que de 20% dans les PMA. Les désavantages en termes d'accès à Internet sont amplifiés par d'autres obstacles, comme les faibles vitesses de téléchargement (ascendant et descendant) et le coût relativement élevé des services à large bande par rapport aux niveaux de revenu dans les pays en développement. Ces facteurs font que les consommateurs de ces pays ont moins de chances d'utiliser Internet à des fins économiques (CNUCED, 2017b).

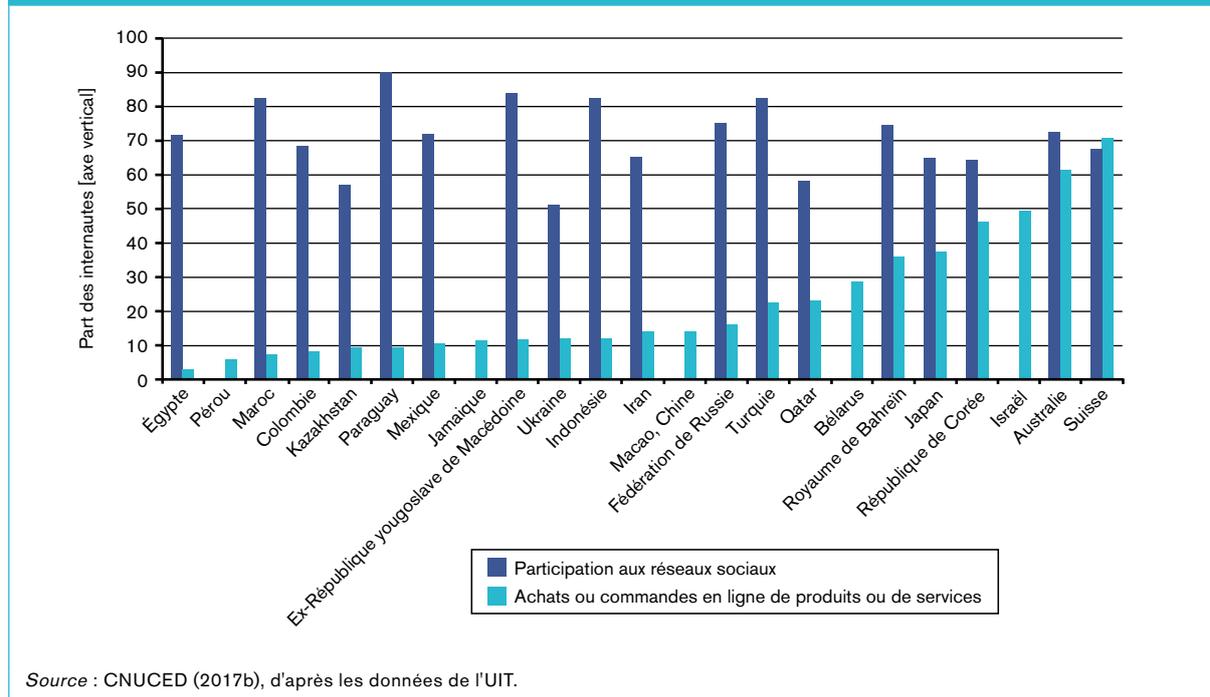
C'est ce qui ressort de la figure B.16, qui montre que, pour un groupe de pays en développement, la part

Figure B.15 : Les TIC par niveau de développement



Source : CNUCED (2017b), d'après les données de l'UIT.

Figure B.16 : Part des internautes qui effectuent des achats en ligne et qui sont actifs sur les réseaux sociaux



des internautes qui effectuent des achats en ligne est, en moyenne, presque sept fois moins élevée que celle des internautes actifs sur les réseaux sociaux. Il faut cependant signaler que l'accès limité aux services à large bande n'est pas la seule raison pour laquelle les consommateurs des pays en développement sont peu enclins à acheter des produits et des services en ligne. Il existe d'autres obstacles aux achats en ligne, comme un faible pouvoir d'achat, des systèmes de paiement électronique peu développés et des cadres juridiques et réglementaires obsolètes, ce qui réduit considérablement la confiance des consommateurs dans le marché numérique (pour plus de détails, voir plus loin la sous-section sur la « Fracture réglementaire »).

Une autre préoccupation majeure pour les pays en développement est la difficulté, pour les entreprises locales, d'accéder aux plates-formes de commerce électronique. Dans une enquête récente de l'ITC (2017), les entreprises interrogées établies dans des pays africains ont indiqué que le coût de l'enregistrement sur les plates-formes internationales de commerce électronique était l'un des principaux obstacles à leur participation au commerce numérique. Elles souffrent aussi des commissions sur les ventes perçues par les plates-formes pour limiter les risques et couvrir les coûts de fonctionnement élevés attendus. Ces commissions peuvent atteindre 40% pour les entreprises des pays en développement, soit près de trois fois plus

que la commission maximale de 15% perçue dans les pays développés (ITC, 2017). Ainsi, les obstacles au commerce hors ligne, tels que l'insuffisance de l'infrastructure et des services publics, sont encore présents dans la sphère numérique et sont amplifiés pour les pays en développement. Le tableau est encore plus sombre pour les PMA où les entreprises ne sont pas autorisées à s'inscrire comme vendeurs sur les grandes plates-formes internationales comme Amazon (ITC, 2017).

En outre, des estimations récentes de la CNUCED (2017a) montrent que seulement 4% des imprimantes 3D disponibles dans le monde sont utilisées dans des pays d'Afrique et d'Amérique latine. Cela donne à penser que les pays en développement sont peu préparés à utiliser les technologies numériques, ce qui freine leur participation à l'économie numérique.

Les entreprises des pays en développement souffrent aussi de coûts de logistique relativement plus élevés que dans les pays développés. D'après des estimations récentes de l'ITC (2017), pour les entreprises des pays en développement, les coûts de logistique représentaient en moyenne 26% du coût final global en 2017, soit presque deux fois plus que dans les pays développés. C'est aussi ce qui ressort d'estimations récentes de la CNUCED (2017b), qui indiquent que le commerce électronique mondial est dominé par un groupe de pays développés comprenant un pays en développement : la Chine.

En 2015, les transactions en ligne entre entreprises (B2B) et entre entreprises et consommateurs (B2C) dans ces pays ont représenté au total 16 200 milliards de dollars EU, soit presque deux tiers du montant total estimé pour l'ensemble du monde.

Néanmoins, la fracture numérique n'est pas une fatalité. Comme l'explique Wim Naudé de l'Université de Maastricht, UNU-MERIT et Institute of Labor Economics (IZA) (voir son article d'opinion page 51), si les pays en développement parviennent à faire les investissements nécessaires dans l'accès Internet à haut débit, l'extension du réseau électrique, le développement des compétences (en particulier en matière d'entrepreneuriat et de gestion) et les villes « intelligentes », ils pourront exploiter les possibilités offertes par les technologies numériques pour rattraper leur retard sur les pays avancés.

### Fracture réglementaire

Une évaluation complète et solide de la préparation d'un pays à la participation à l'économie numérique devrait aller au-delà de l'infrastructure numérique et de l'accès à Internet pour englober un éventail plus large de déterminants. À cet égard, un système juridique actualisé et un cadre réglementaire flexible sont indispensables pour faciliter et sécuriser les transactions numériques, car ils créent un environnement économique favorable qui incite les consommateurs et les entreprises à acheter et à vendre en ligne.

Selon l'OCDE et l'OMC (2017), un cadre réglementaire favorable est essentiel pour renforcer la confiance des consommateurs dans le marché numérique en établissant un ensemble de lois et de règlements concernant les documents et la signature électroniques, les paiements électroniques, la protection des consommateurs contre les courriers indésirables et d'autres désagréments, le droit de rétractation (par exemple procédures pour le retour des produits achetés en ligne), le règlement des litiges en ligne, la cybersécurité, la responsabilité juridique des plates-formes numériques et la protection de la vie privée et des données. Il est important d'adopter des politiques réglementaires qui renforcent la confiance dans le marché numérique et encouragent le commerce numérique,<sup>21</sup> tout en évitant une réglementation surprotectrice et l'ingérence des pouvoirs publics dans le partage d'informations en ligne, qui réduiraient la confiance et entraveraient le commerce (The Economist, 2014).

Ce défi réglementaire semble difficile à relever pour les responsables politiques, en particulier dans les pays en développement. Comme le montre le tableau B.2, de nombreux pays en développement n'ont pas encore adopté de législation pertinente sur le commerce électronique. Alors que près de 98% des pays développés ont établi des règles claires régissant les transactions numériques dans leurs systèmes juridiques, 52% seulement des pays africains ont mis en place des lois sur les transactions électroniques. Le tableau B.2 montre également que les pays en développement tardent

Tableau B.2 : Pertinence de la législation sur le commerce électronique, par niveau de développement

Région	Nombre d'économies	Proportion de pays ayant une législation sur les transactions électroniques	Proportion de pays ayant une législation sur la protection des consommateurs	Proportion de pays ayant une législation sur la protection de la vie privée et des données	Proportion de pays ayant une législation sur la cybercriminalité
Économies développées	42	97,6	85,7	97,6	97,6
Économies en développement					
Afrique	54	51,9	33,3	38,9	50,0
Asie et Océanie	50	70,8	41,7	37,5	66,7
Amérique latine et Caraïbes	33	87,9	63,6	48,5	72,7
Économies en transition	17	100,0	17,6	88,2	100,0
<b>Toutes les économies</b>	<b>196</b>	<b>77,0</b>	<b>50,0</b>	<b>57,1</b>	<b>71,9</b>

Source : UNCTAD (2018a).

à mettre à jour leurs systèmes juridiques, alors que l'économie numérique évolue rapidement. Un tiers seulement des pays africains ont adopté des lois sur la protection des consommateurs, et la proportion de pays en développement ayant adopté des lois sur la protection de la vie privée et des données est d'environ 38% en Afrique et en Asie et 49% en Amérique latine et dans les Caraïbes. Des cadres juridiques et réglementaires obsolètes réduisent la confiance des consommateurs dans les transactions numériques et peuvent expliquer pourquoi les consommateurs des pays en développement sont actifs sur les réseaux sociaux, mais peu enclins à effectuer des achats en ligne (comme le montre la figure B.16). Ainsi, des systèmes juridiques inadaptés et des cadres réglementaires rigides constituent des obstacles majeurs à la participation des pays en développement à l'économie numérique.

**Fracture numérique entre hommes et femmes**

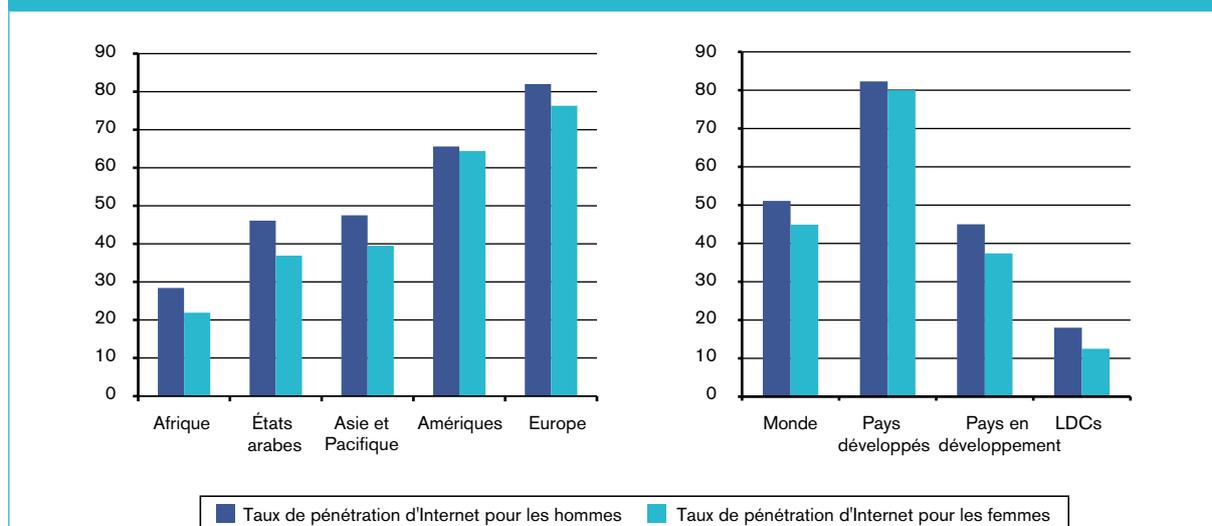
Comme on l'a vu plus haut, la fracture numérique entre pays développés et pays en développement reste importante du point de vue de l'accès aux services à large bande et aux plates-formes de commerce électronique, de la qualité de l'infrastructure et du cadre juridique. Il existe une fracture analogue à l'intérieur des pays, en particulier entre les hommes et les femmes. D'après des estimations récentes de l'UIT (2016), la fracture numérique entre hommes et femmes persiste et tend à se creuser avec le temps. Par exemple, l'écart entre le nombre d'hommes et le nombre de femmes qui utilisent Internet est passé de

11% en 2013 à 12% en 2016 et le nombre de femmes connectées dans le monde est aujourd'hui inférieur de plus de 250 millions au nombre d'hommes connectés.

La figure B.17 montre qu'en 2016 le taux de pénétration d'Internet était plus élevé pour les hommes que pour les femmes dans toutes les régions du monde. Bien que cette fracture numérique entre hommes et femmes soit importante dans le monde entier, son ampleur varie considérablement selon le niveau de revenu, allant de 2,3% dans les pays développés à 7,6% dans les pays en développement. Il convient de signaler en outre que, si la proportion de femmes connectées atteint 80% dans les économies avancées, elle n'est que de 37,4% dans les pays en développement, ce qui est inférieur à la moyenne mondiale, et les PMA sont encore plus en retard, avec moins de 13% de femmes connectées. Cela donne à penser que le manque d'autonomisation numérique des femmes dans ces pays pourrait entraver davantage leurs efforts pour participer plus activement à l'économie numérique.

Par ailleurs, même dans les pays où la présence en ligne des femmes est importante, la part des femmes employées dans le secteur des TIC reste relativement faible. Par exemple, dans l'Union européenne, la proportion de femmes dans le nombre total de spécialistes des TIC était de l'ordre de 16% entre 2011 et 2015. De même, aux États-Unis, la part des femmes dans les emplois du secteur informatique ne dépassait pas 25% en 2015 (CNUCED, 2017a).

Figure B.17 : Taux de pénétration d'Internet pour les hommes et les femmes



Source : UIT (2016).

Note : Les taux de pénétration indiqués dans ce graphique représentent le nombre de femmes et d'hommes qui utilisent Internet en pourcentage de la population totale de femmes et d'hommes.

## ARTICLE D'OPINION

# Les technologies émergentes et l'avenir de l'industrie manufacturière en Afrique

Par Wim Naudé, Université de Maastricht, UNU-MERIT et Institute of Labor Economics (IZA)

Au cours des 50 dernières années, les pays africains ont tenté, par divers moyens, de développer leur industrie manufacturière, souvent sans succès. Malgré cela, l'ambition demeure. Mais il faudra maîtriser les technologies nouvelles et émergentes associées à la « nouvelle révolution industrielle » (Marsh, 2012). Ces technologies comprennent l'automatisation avancée (robots), la fabrication additive (impression 3D), l'Internet des objets (IdO) et peut-être surtout l'intelligence artificielle (IA).

Les produits alimentaires et les boissons sont l'un des principaux secteurs manufacturiers en Afrique. Parmi les entreprises de ce secteur figurent des géants comme SABMiller, Tiger Brands, East African Breweries et Nestlé Nigeria. Des facteurs comme la croissance démographique, l'urbanisation et l'augmentation de la classe moyenne augmentent la demande de produits alimentaires de meilleure qualité et plus diversifiés, ce qui est une immense opportunité pour le secteur manufacturier.

Les technologies émergentes comme l'IA et l'impression 3D peuvent jouer un rôle catalyseur. Les applications de l'IA qui sont utilisées ailleurs contribuent déjà à l'amélioration de la production alimentaire « de la fourche à la fourchette », par exemple en aidant les agriculteurs à surveiller les conditions de culture et à identifier les maladies des cultures en temps voulu, en permettant de suivre les produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement, d'améliorer le triage des produits et le nettoyage du matériel et de contrôler les conditions d'hygiène dans les usines, et en aidant les entrepreneurs à élaborer de nouveaux produits. La chaîne de blocs, une nouvelle technologie numérique qui crée la confiance entre les parties et évite de recourir à des intermédiaires, peut contribuer à tout cela en améliorant le fonctionnement des marchés financiers et fonciers.

L'impression 3D contribue à la « personnalisation de masse » des nouveaux produits alimentaires, par exemple avec l'impression 3D de produits alimentaires (tels que les confiseries). Cela permettra non seulement de personnaliser les produits pour mieux répondre aux besoins des consommateurs, mais aussi de démocratiser la production et l'innovation. Par exemple, le projet 3D4AgDev utilise l'impression 3D pour fournir aux petites exploitantes agricoles africaines la technologie dont elles ont besoin pour concevoir et développer des outils agricoles personnalisés permettant d'économiser de la main-d'œuvre et grâce à laquelle les fabricants d'outils locaux (artisans, forgerons) peuvent reproduire des prototypes en plastique et apporter leurs propres modifications (voir aussi Naudé, 2017).

Pour stimuler l'industrialisation en Afrique à travers l'industrie alimentaire, il faudra développer une agriculture résistante à la sécheresse, l'Afrique étant l'un des continents les plus touchés par le changement climatique. Cela offre une possibilité d'assurer une industrialisation « verte » et de promouvoir l'économie circulaire. D'après Diamandis et Kotler (2012), l'Afrique a neuf fois le potentiel solaire de l'Europe, soit 100 millions de tonnes équivalent-pétrole par année. Avec de telles ressources énergétiques potentielles, le coût de l'électricité, l'un des principaux intrants du secteur manufacturier, devrait fortement diminuer en Afrique dans les années à venir.

Comment les pays africains exploitent-ils ces possibilités ? Oui, il y a une fracture numérique et l'Afrique est en retard au regard de nombreux indicateurs de la participation à l'économie numérique. Oui, il se peut qu'il n'y ait pas assez de compétences en science, en technologie, en ingénierie et en mathématiques (STEM)

disponibles actuellement sur les marchés du travail locaux. Mais dans l'économie numérique, un saut technologique est possible. Le Kenya est déjà un leader mondial dans le domaine de la technologie financière, ou fintech (notamment avec le service de transfert d'argent mobile M-Pesa). Et la nouvelle technologie mobile est déjà utilisée pour diffuser des cours en streaming dans les salles de classe en Afrique: rien n'est inévitable ou définitif en ce qui concerne le déficit de compétences.

L'Afrique doit se concentrer sur quatre domaines stratégiques essentiels: i) l'accès Internet à haut débit, ii) l'extension du réseau électrique, iii) le développement des compétences, en particulier en matière d'entrepreneuriat et de gestion, et iv) l'investissement dans les villes intelligentes. C'est dans les villes que le secteur manufacturier se développera. Les villes africaines ne devraient pas tarder à accéder aux réseaux mobiles 5G à venir. L'Accord de libre-échange continental africain (ALECA) est important dans tous ces domaines pour réaliser des économies d'échelle grâce à la coordination et à l'intégration régionales.

On a tort de dire que l'Afrique devrait encore investir dans les activités manufacturières traditionnelles parce que cela permettrait aux pays africains d'« apprendre » comment s'industrialiser. À l'heure de la fabrication numérique disruptive, les « vieilles » industries offrent peu de possibilités d'apprentissage. En fait, elles pourraient même mener certains pays dans une impasse. Il est aujourd'hui beaucoup plus sensé d'investir dans la capacité entrepreneuriale. L'Afrique ne manque pas d'entrepreneurs de talent. Il faut commencer dès maintenant à construire l'écosystème de start-up qui générerait les futurs géants de l'industrie manufacturière (numérique) africaine.

**Fracture numérique entre petites et grandes entreprises**

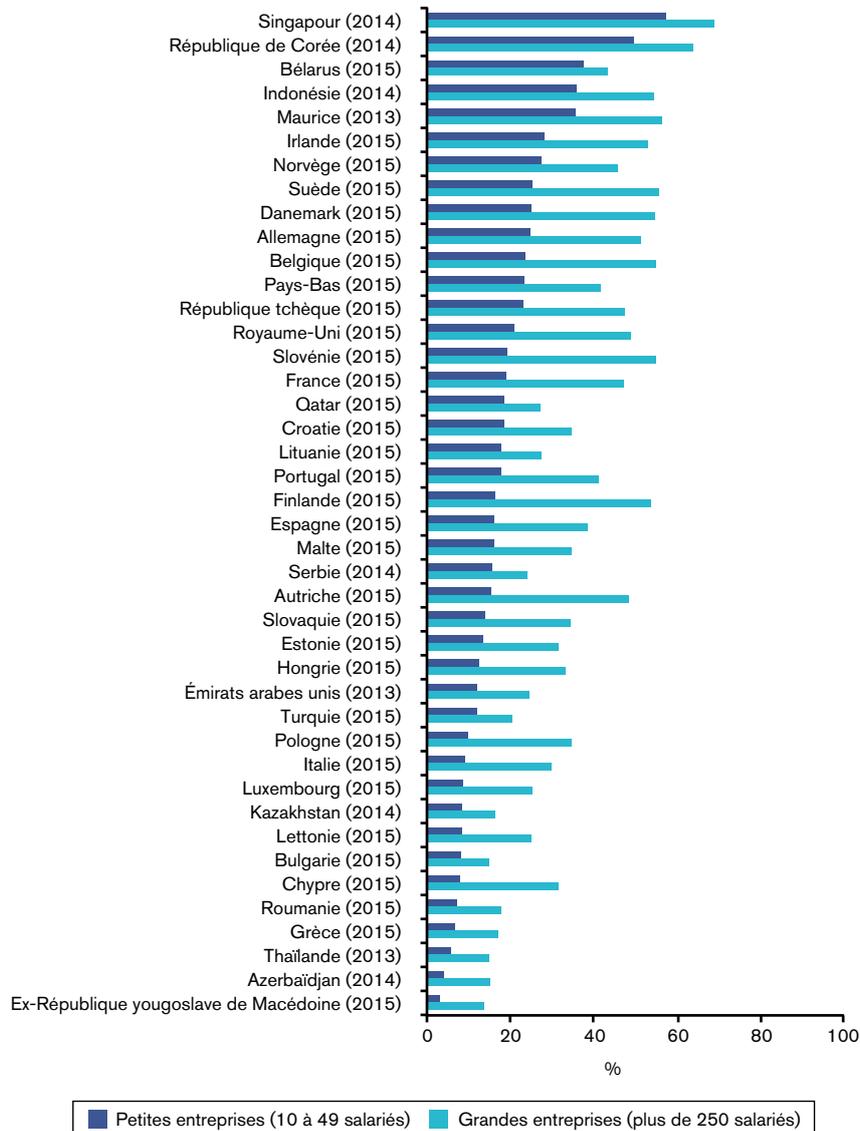
Les petites entreprises sont moins prêtes à participer à l'économie numérique. Elles ne sont pas suffisamment préparées à exploiter les nombreuses possibilités offertes par la numérisation et peuvent ainsi manquer des occasions de gagner des parts de marché. Comme le montre la figure B.18, la probabilité qu'une entreprise participe à l'économie numérique augmente avec sa taille. C'est-à-dire que la part des grandes entreprises qui vendent en ligne est toujours plus grande que celle des petites entreprises, un fait stylisé qui peut être observé dans tous les pays mentionnés dans la figure. Ces écarts indiquent clairement que la numérisation

accroît la polarisation et creuse les écarts de parts de marché entre entreprises, car seules les grandes entreprises semblent être bien préparées à participer effectivement à l'économie numérique et en tirer des gains substantiels.

**Fracture entre travailleurs très qualifiés et peu qualifiés**

L'utilisation généralisée des technologies numériques influe également sur le marché du travail en créant de nouveaux emplois et en détruisant d'autres, ce qui modifie les besoins de compétences (CNUCED, 2017a). L'impact de la numérisation varie considérablement selon les catégories de compétences; elle augmente la demande de

Figure B.18 : Proportion de petites et de grandes entreprises qui vendent en ligne, 2013-2015



Source : CNUCED (2017a), d'après les données de la Banque mondiale.

travailleurs très qualifiés car ils sont complémentaires, et elle réduit la demande de travailleurs peu qualifiés s'ils peuvent être facilement remplacés par des technologies économisant le travail et par l'automatisation (ce sujet a été examiné en détail dans OMC, 2017d).

D'une part, le recours accru à l'intelligence artificielle, à l'informatique en nuage et à l'analyse des données amènera probablement les entreprises à embaucher davantage d'administrateurs de bases de données, de techniciens de réseau, de webmasters, de planificateurs et d'analystes de mégadonnées capables de maîtriser les nouvelles technologies et de fournir l'expertise nécessaire pour interpréter les données qu'elles produisent (Parlement européen, 2015a). Par exemple, comme l'indique la CNUCED (2017a), le nombre d'employés dans les entreprises de commerce électronique aux États-Unis a fortement augmenté, passant de 130 000 à 210 000 entre 2010 et 2014. En outre, le nombre de postes vacants dans le secteur de la cybersécurité dans le monde devrait atteindre 1,5 million d'ici à 2019 (CNUCED, 2017a).

D'autre part, l'automatisation accrue et la numérisation des services conduisent à l'élimination progressive des emplois très routiniers, comme ceux des ouvriers de production, des opérateurs de saisie, des agents de tri du courrier, des travailleurs du commerce de détail, des assistants administratifs et des employés de librairies et de magasins de musique (Parlement européen, 2015a). La CNUCED (2017a) estime que plus de 85% des travailleurs du commerce de détail en Indonésie et aux Philippines risquent de perdre leur emploi du fait de l'automatisation, ce qui pourrait aussi être le cas des travailleurs salariés des secteurs du textile, de l'habillement et de la chaussure au Cambodge et au Viet Nam. Si cette polarisation du marché du travail se concrétise, les inégalités de revenus pourraient se creuser au lieu de diminuer, étant donné la vitesse à laquelle l'économie numérique évolue et la difficulté pour les travailleurs peu qualifiés d'acquérir les compétences requises.

## 2. Quel degré de numérisation?

La section B.1 a montré que les technologies numériques émergentes modifient l'économie en créant de nouveaux marchés et de nouveaux biens et services. La présente section décrit comment les technologies numériques influent sur l'économie au niveau de l'industrie ou au niveau sectoriel et examine la mesure ou la dimension statistique du commerce numérique sur la base des statistiques « officielles » et des rapports financiers d'entreprises privées.

### (a) Numérisation de l'industrie

La numérisation croissante de l'économie peut être observée au niveau sectoriel; elle est mesurée par l'intensité d'utilisation des technologies numériques dans les entreprises et par certaines estimations de l'importance du commerce numérique au niveau sectoriel, macroéconomique ou mondial.

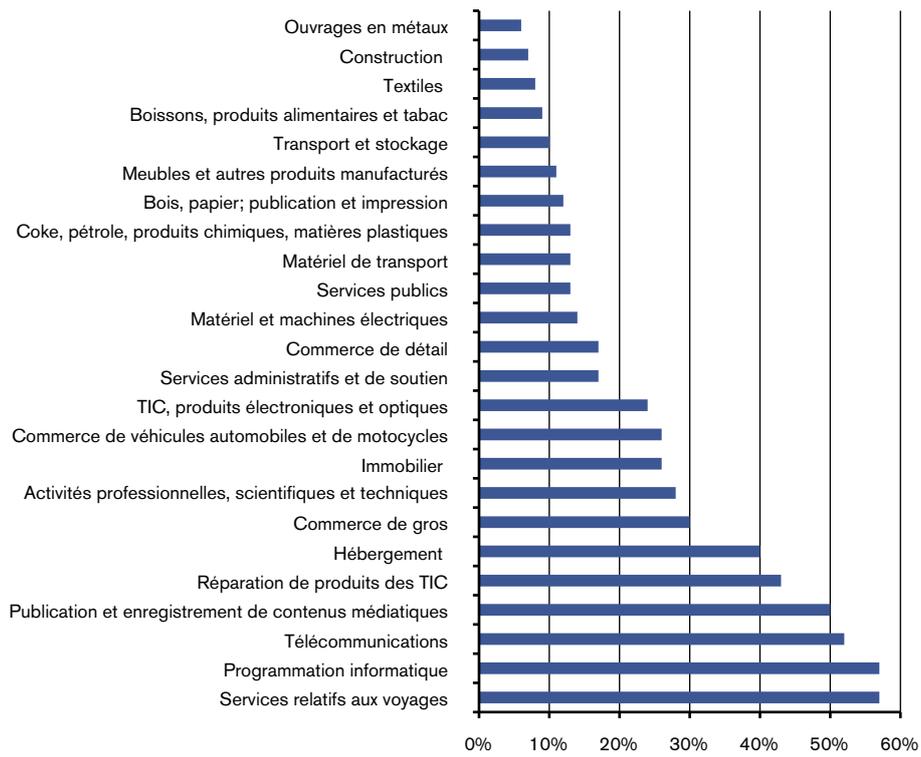
Au sens large, l'économie numérique est l'application des technologies numériques basées sur Internet à la production et au commerce des biens et des services (CNUCED, 2017c). L'économie numérique n'est pas séparée de l'économie ordinaire, car elle touche toutes les branches de production et tous les types d'entreprises. Les secteurs dépendent de plus en plus des données et modifient leur structure économique; les frontières entre les branches de production s'estompent et les bases de la concurrence changent (Commonwealth d'Australie, 2017).

Il y a des différences importantes entre les secteurs en termes de dépendance à l'égard des technologies numériques. Cela permet de classer les secteurs selon leur intensité numérique.

Dans son *Rapport sur l'état d'avancement de l'Europe numérique 2017*, la Commission européenne (2017b) a proposé de classer les secteurs selon leur intensité numérique sur la base de la part des entreprises d'un secteur donné qui utilisent au moins 7 des 12 technologies numériques considérées (voir la figure B.19).<sup>22</sup> Le rapport montre qu'en moyenne, les entreprises de services font un usage plus intensif des technologies numériques que les entreprises manufacturières, ce qui pourrait toutefois s'expliquer par le fait que le calcul de l'indice met plus l'accent sur les ventes que sur la production. Le Centre européen d'économie politique internationale (ECIPE) a utilisé une méthode analogue basée sur l'intensité de données, à savoir le ratio entre les dépenses en logiciels et l'emploi de main-d'œuvre, ce qui a donné un classement analogue (Ferracane et van der Marel, 2018).

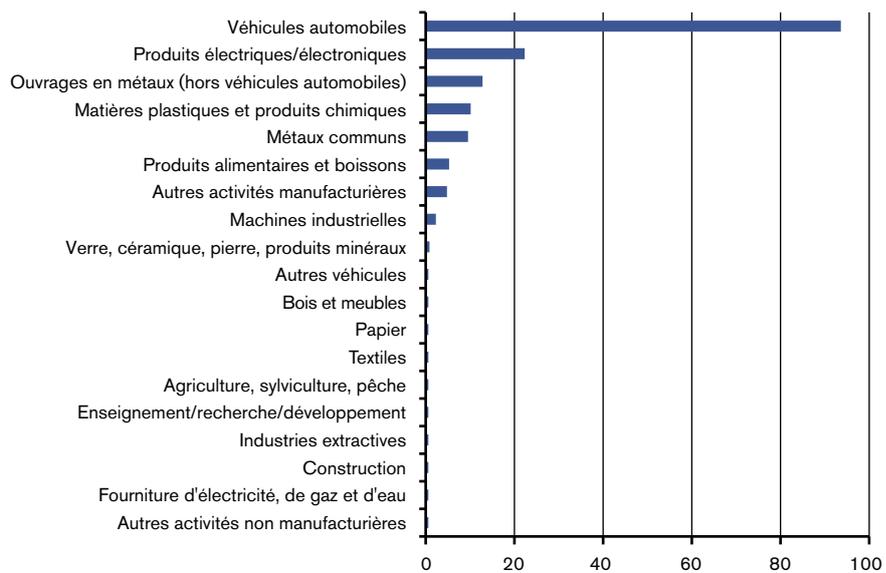
Il n'existe pas actuellement de classification largement acceptée des secteurs à forte intensité numérique qui tienne compte à la fois des intrants numériques dans la production et de l'utilisation des technologies numériques dans les ventes. Pour avoir une idée plus précise de la production dans le secteur manufacturier, on peut considérer l'utilisation de robots industriels par employé. Les données de la Fédération internationale de la robotique pour 2015 montrent que l'industrie automobile, en particulier, utilise un nombre important de robots et bénéficiera probablement des progrès de la robotique intelligente.

Figure B.19 : Intensité numérique de certains secteurs



Source : Commission européenne (2017b).

Figure B.20 : Utilisation de robots par secteur (nombre de robots pour 1 000 employés)



Source : Calculs des auteurs sur la base des données de la Fédération internationale de la robotique.

En revanche, au stade actuel de la technologie, les robots sont quasiment absents dans les secteurs qui exigent un degré élevé de dextérité ou d'interaction directe, comme l'industrie textile ou les services (voir la figure B.20).

### (b) Numérisation du commerce

La transformation numérique a entraîné la création de nouveaux marchés, de nouveaux produits et de nouveaux modèles d'entreprise. Elle rend encore plus difficile la distinction entre les services et les biens et elle peut modifier la manière de fournir des services, ce qui peut influencer sur l'importance relative de la fourniture de services.

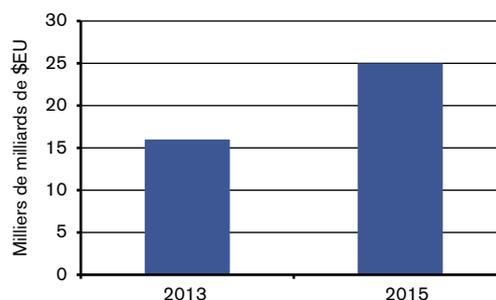
#### (iv) Mesurer la « numérisation »

Du point de vue du consommateur, il n'est pas toujours facile de savoir dans quelle mesure les produits ou les services commandés en ligne donnent lieu à des transactions exclusivement nationales ou à des transactions transfrontières. De ce fait, et en raison de l'évolution constante de la nature et de la portée de la numérisation, il n'est pas encore possible, à ce stade, de comptabiliser de manière globale la valeur et le volume des transactions numériques au niveau mondial, ce qui est une tâche difficile. Les efforts de collecte de données sont encore balbutiants dans de nombreux pays, en particulier dans les économies en développement et les PMA, où les volumes de transactions et les taux de pénétration des TIC sont plus faibles, ce qui remet en question l'intérêt d'utiliser les ressources limitées dont disposent ces pays, pour collecter des données et établir les statistiques pertinentes. Même dans les économies les plus avancées, l'innovation constante et l'évolution des modèles économiques entraînent inévitablement des lacunes dans la collecte de données. Malgré ces difficultés, il existe diverses données statistiques et empiriques qui illustrent l'état actuel de l'économie numérique et qui permettent d'extrapoler son évolution future probable.

Plusieurs méthodes sont employées pour évaluer l'importance du commerce électronique au niveau mondial. Dans son dernier Rapport sur l'économie de l'information, la CNUCED (2017a) estime la valeur totale des transactions électroniques mondiales, nationales et transfrontières, à 25 000 milliards de dollars EU en 2015, contre 16 000 milliards de dollars EU en 2013, soit une augmentation de 56% (voir la figure B.21).

Pour 2016, la Commission du commerce international des États-Unis (USITC) estime à 23 900 milliards de dollars EU la valeur des transactions électroniques

**Figure B.21 : Valeur du commerce électronique mondial, 2013 et 2015**



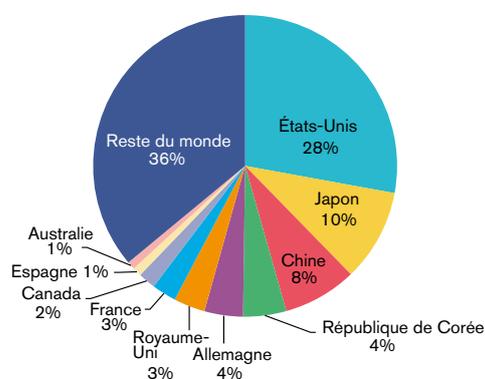
Source : CNUCED (2017a).

Note : Les données concernent à la fois le commerce B2B et le commerce B2C.

B2B, ce qui est six fois plus que la valeur des transactions B2C (3 800 milliards de dollars) (USITC, 2017). Toutefois, toutes ces estimations ne donnent pas une ventilation des transactions par origine. On ne peut donc pas distinguer les transactions nationales et les transactions transfrontières.

La CNUCED estime que le commerce électronique est dominé par quelques grandes économies, quatre pays (Chine, États-Unis, Japon et République de Corée) représentant la moitié du total mondial et dix pays en représentant 64% (voir la figure B.22).

**Figure B.22 : Composition du commerce électronique mondial par valeur, 2015 (%)**



Source : CNUCED (2017a).

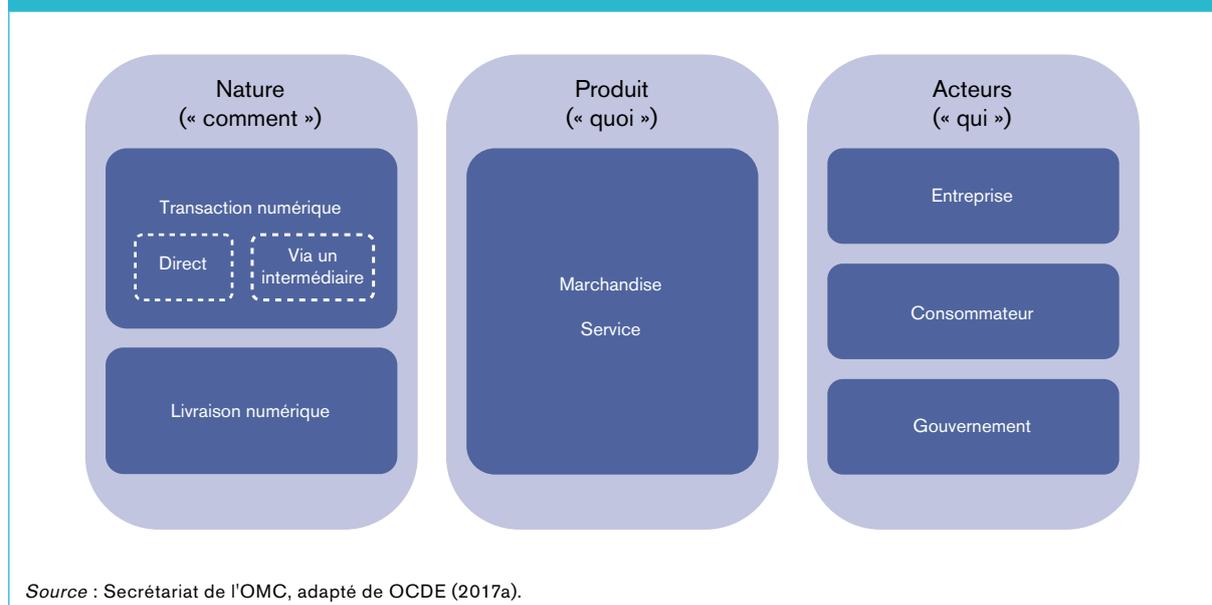
Note: Les données concernent à la fois les transactions B2B et les transactions B2C. Les données pour l'Allemagne, la France et le Canada portent sur l'année 2014.

Les données officielles sur les transactions électroniques sont rares et ne sont pas comparables d'une économie à l'autre, mais elles apportent quand même quelques éléments d'information. Par exemple, le Bureau des analyses économiques (BEA) des États-Unis estime que les produits et services numériques représentent 6,5% de l'économie américaine. Entre 2006 et 2016, l'économie numérique a enregistré une croissance annuelle moyenne de 5,6%, soit plus que la croissance économique globale des États-Unis, qui était de 1,5% par an (BEA des États-Unis, 2018). Dans l'Union européenne, une entreprise sur cinq a réalisé des ventes en ligne en 2016 (Eurostat, 2018). La Chine est considérée comme le plus grand marché du monde pour le commerce électronique, avec 622 milliards de dollars EU de ventes au détail en ligne en 2015, ce qui représente plus de 40% des dépenses mondiales totales dans le cadre du commerce en ligne. En République de Corée, les ventes intérieures en ligne ont atteint 55,9 milliards de dollars EU en 2016 (soit 17,9% de la valeur totale du commerce de détail du pays), tandis que les achats transfrontières en ligne se sont élevés à 1,6 milliard de dollars EU la même année. Les achats en ligne effectués auprès de détaillants étrangers augmentent rapidement, car pour les Coréens, il est moins coûteux d'acheter sur des sites Web étrangers, même avec les frais d'envoi international et les droits d'importation. Le taux de pénétration élevé du numérique (90% de la population a accès à la large bande et aux smartphones) est considéré comme le principal facteur de croissance du commerce électronique (Administration du commerce international (ITA) des États-Unis, 2018).

Élargissant la discussion du commerce électronique au commerce numérique, López-González et Jouanjan (2017) indiquent une typologie possible. Sur cette base, la communauté des statisticiens a élaboré un cadre de mesure conceptuel indicatif pour caractériser les transactions numériques selon leur nature (« comment »), le produit ou le service échangé (« quoi ») et les acteurs concernés (« qui »). Aux fins du présent rapport, ce cadre a été révisé (« cadre révisé ») pour ne pas laisser entendre que les flux de données sont une catégorie du commerce distincte et indépendante du commerce des marchandises et du commerce des services (voir la figure B.23) :

- **Nature** : Dans ce « cadre révisé », les transactions numériques seraient définies comme des transactions commerciales effectuées par des moyens électroniques, soit directement via des réseaux informatiques, soit en passant par un intermédiaire (par exemple une plate-forme permettant des échanges transfrontières, comme celles que proposent les sociétés Airbnb, Alibaba, Amazon ou Uber). Les transactions fournies par voie numérique comprennent les logiciels téléchargeables, les livres électroniques et les services de vidéo et de données en streaming. En principe, les biens physiques ne peuvent pas être livrés numériquement. Le concept de livraison numérique correspond à ce que la CNUCED (Nations Unies, 2018) décrit comme des services basés sur les TIC, à savoir des produits de service fournis à distance via des réseaux TIC (OCDE, 2017d).

Figure B.23 : « Cadre révisé » pour la mesure du commerce numérique



- **Produit** : Le « cadre révisé » fait une distinction entre les transactions de marchandises et les transactions de services.
- **Acteurs** : Le « cadre révisé » distingue trois catégories de participants: les entreprises, les consommateurs et les gouvernements. En fonction des besoins de l'analyse, les statisticiens pourraient ajouter d'autres paramètres, comme la taille des entreprises.

À la fin de 2017, la communauté internationale des statisticiens a modifié ce cadre pour établir une distinction entre les transactions commandées par voie numérique et celles qui sont effectuées via des plates-formes (OCDE, 2017d). Le commerce électronique engloberait les transactions portant sur des marchandises et des services qui sont commandés par voie numérique, mais qui sont livrés soit numériquement soit physiquement.

Le cadre de la communauté internationale des statisticiens reste en chantier car ceux-ci ont du mal à catégoriser certains types de transactions qui impliquent des flux de données transfrontières. Par exemple, les biens matériels imprimés en 3D sont des produits fabriqués à partir d'un dessin ou modèle qui est transmis par voie électronique en tant que service. De la même manière, des entreprises comme Facebook et Google fournissent des services apparemment « gratuits » en échange d'informations sur les utilisateurs. En outre, les types

de transactions qui s'inscrivent dans ce « cadre révisé » évolueront avec la technologie. Quelques exemples simples sont donnés dans le tableau B.3.

#### (v) Produits numériques

Différentes approches ont été utilisées pour mesurer les transactions portant sur des produits numériques. L'évolution des transactions numériques transfrontières portant sur des produits numérisables peut être déduite du recul du commerce des biens physiques correspondants, tels que les livres, les journaux ou les supports enregistrés, qui représentaient 2,7% du commerce mondial en 2000, contre seulement 0,8% en 2016. Mais cette méthode ne permet pas de tracer tous les produits numérisables, car les codes des biens physiques utilisés dans les classifications statistiques changent au fil du temps ou sont regroupés, et ils peuvent même être supprimés lorsque le volume du commerce change ou tombe en dessous d'un certain seuil. La CNUCED (2017a) définit le concept de services basés sur les TIC, souvent appelés services numériques ou services fournis numériquement. En outre, elle définit le concept de services potentiellement basés sur les TIC, qui sont des produits de service pouvant être livrés à distance via des réseaux TIC (CNUCED, 2015). La Classification centrale des produits (CPC)<sup>23</sup> permet de relier les services potentiellement basés sur les TIC à la Classification élargie des services de la balance des paiements (EBOPS) 2010.<sup>24</sup>

**Tableau B.3 : Exemples de transactions commerciales numériques**

Effectuée numériquement?	Livrée numériquement?	Qui	Description
O	N	B2B	Un constructeur automobile du pays A commande des pièces sur le site Web d'un fournisseur du pays B.
O	O	B2B	Un fournisseur BPO du pays A commande un logiciel de comptabilité en ligne dans le pays B.
O	N	B2C	Un consommateur du pays A commande un tutu pour sa fille via un intermédiaire (une plate-forme) du pays B et le tutu est livré une semaine plus tard à partir du pays C.
O	O	B2C	Un consommateur du pays A commande un livre électronique sur une plate-forme du pays B.
O	N	B2B	Une entreprise de télécommunications du pays A achète des services de maintenance des TIC en ligne dans le pays B et ces services sont fournis physiquement.
O	O	B2B	Une entreprise de détail du pays A souscrit des services financiers auprès d'une banque du pays B.
O	N	B2C	Un touriste du pays A réserve une chambre d'hôtel en ligne pour ses vacances dans le pays B.
O	O	B2C	Un étudiant qui fait des études à l'étranger souscrit un service d'assurance internationale en ligne.

Source : Adapté de OCDE (2017d).

Notes : O – Oui ; N – Non ; BPO – « business process outsourcing » ou externalisation de processus d'affaires.

La figure B.24 montre les catégories de l'EBOPS 2010 et le nombre de codes de la CPC correspondant à des services potentiellement basés sur les TIC. Pour les autres services aux entreprises, la figure montre que près de la moitié des codes correspondent à des services potentiellement basés sur les TIC (Korka, 2018).

Toutefois, les systèmes actuels de collecte de données statistiques ne permettent pas de recueillir ce type de renseignements. Pour y remédier, la CNUCED propose un questionnaire pilote qui demande d'indiquer la proportion de services fournis à distance, et non sur place ou en personne.

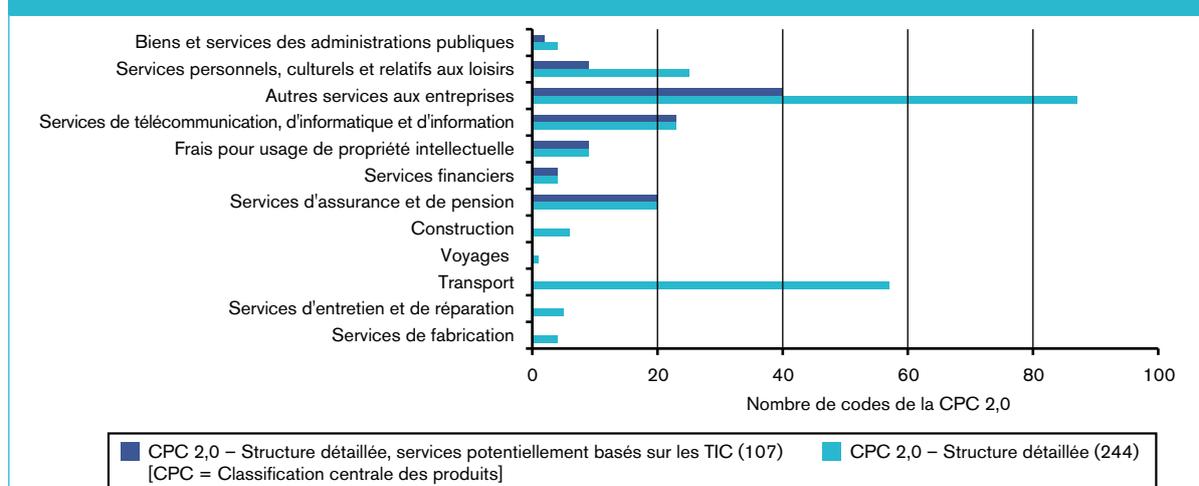
En 2016, le BEA des États-Unis a calculé la valeur du commerce des services basés sur les TIC et potentiellement basés sur les TIC des États-Unis, en s'appuyant sur la définition établie par le « Partenariat sur la mesure des TIC au service du développement », créé par la CNUCED. Les exportations de services basés sur les TIC et d'autres services potentiellement basés sur les TIC des États-Unis s'élevaient respectivement à 66,1 milliards et 337,4 milliards de dollars EU (figure B.25). Elles représentaient environ 54% du total des exportations de services du pays. Les importations de services TIC et d'autres services potentiellement basés sur les TIC des États-Unis s'élevaient respectivement à 41,9 milliards et 202,1 milliards de dollars EU. Elles représentaient 48% des importations de services du pays.

L'étude pilote du Costa Rica effectuée dans ce contexte avec le soutien de la CNUCED fournit pour la première fois le point de vue d'un pays en développement. Sur la base de l'échantillon étudié,

elle estime qu'environ 984 des 1 196 exportateurs de services résidant dans le pays (96%) ont pour activité principale l'exportation de services TIC, fournis principalement selon le mode 1 (96%). L'étude estime qu'en 2016, 38% des exportations de services du Costa Rica consistaient en services basés sur les TIC, ce qui représentait environ 5,8% du produit intérieur brut (PIB) du pays et 5% de l'emploi total. Il s'agit principalement de services administratifs et auxiliaires, de services informatiques et d'ingénierie, de services professionnels et de services de conseil en gestion. La plupart des exportateurs de ces services sont des grandes entreprises (88%), principalement des entreprises des États-Unis (61% des entreprises) qui exportent surtout vers le marché américain (60% des exportations totales). Plus des trois quarts (76%) des entreprises du Costa Rica exportant des services basés sur les TIC sont contrôlées par une société étrangère, et environ un quart (24%) de ces ventes à l'exportation sont effectuées dans le cadre du régime de zone franche spécial du pays (BCCR, 2018).

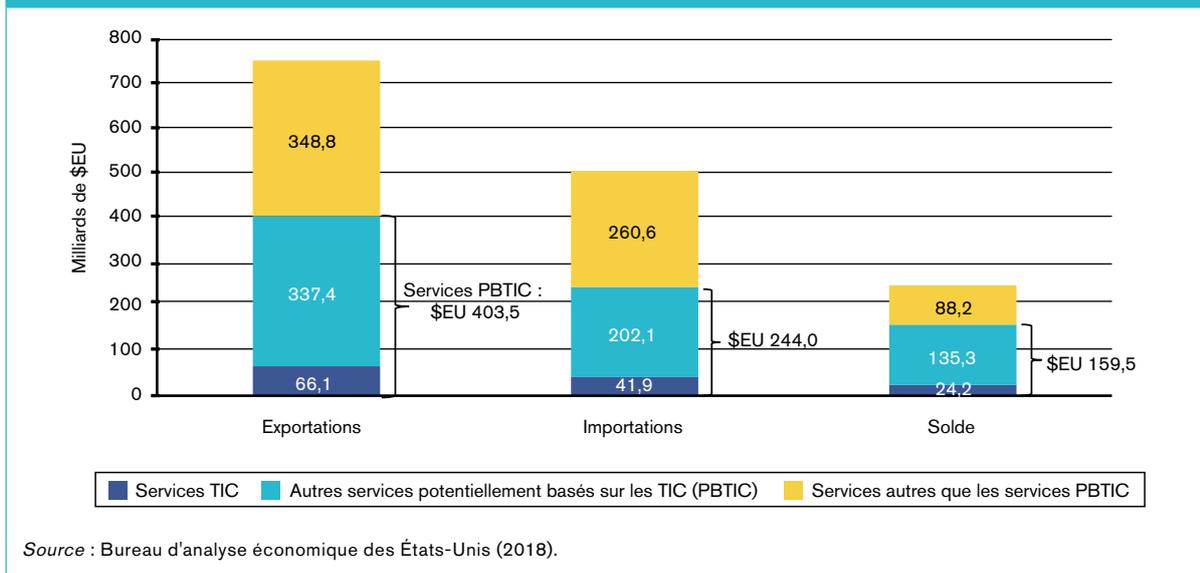
On peut estimer la valeur maximale des services potentiellement basés sur les TIC, tels que définis par la CNUCED (2017a), en regroupant les services d'assurance et de pension, les services financiers, les frais pour usage de propriété intellectuelle, les services de télécommunication, d'informatique et d'information, les autres services aux entreprises et les services personnels, culturels et relatifs aux loisirs. La part de ces services dans le commerce mondial a plus que doublé entre 2005 et 2016 et représente environ 90% des services fournis selon le mode 1 (fourniture transfrontières) défini dans l'Accord général sur le commerce des services (AGCS) (figure B.26).

Figure B.24 : Services potentiellement basés sur les TIC



Source : Note technique n° 3 de la CNUCED sur les TIC au service du développement, établie sur la base du document intitulé « Correspondence between the EBOPS 2010 and the Central Product Classification (CPC, version 2) – Detailed version » de la DSNU, citée dans Korka (2018).

**Figure B.25 : Commerce des services basés sur les TIC et potentiellement basés sur les TIC des États-Unis, 2016 (Milliards de \$EU)**



*(vi) Données au niveau des entreprises: études de cas*

Les rapports financiers des grandes entreprises numériques cotées en bourse (comme Alibaba, Alphabet, Amazon, Facebook, Microsoft, Netflix, Spotify, etc.) constituent une autre source d'information sur la numérisation du commerce. Ces renseignements doivent être considérés comme des études de cas, et non comme une description systématique de l'évolution du secteur, mais ils n'en sont pas moins précieux. Considérés ensemble, ils montrent non seulement l'envergure mondiale de

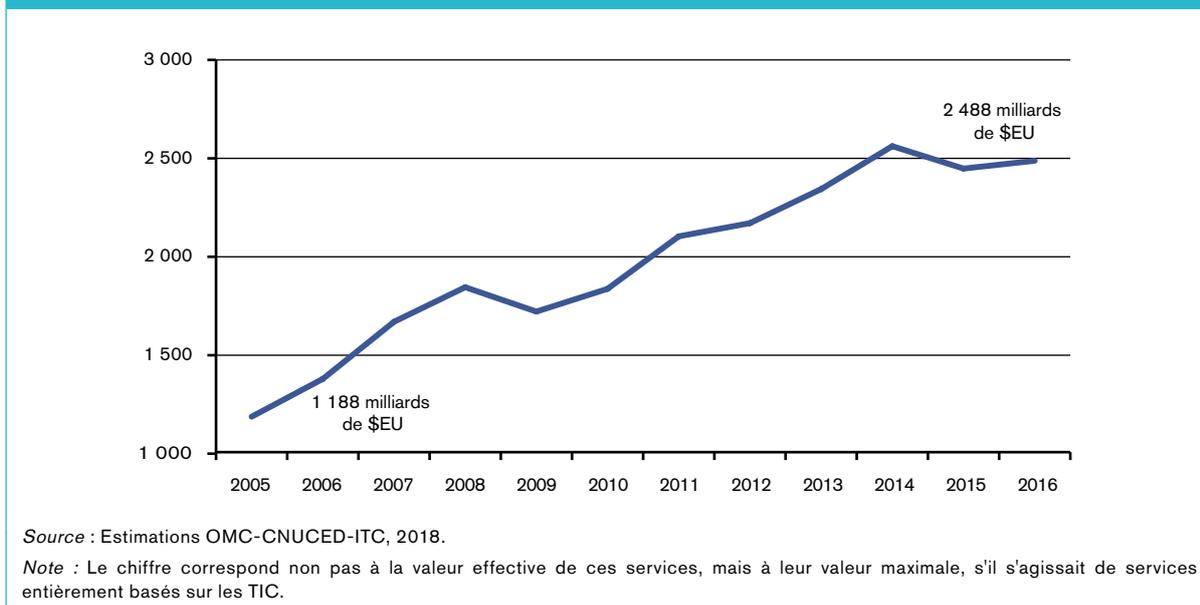
ces entreprises, mais aussi qu'elles peuvent encore développer considérablement leurs opérations internationales.

**Plates-formes de commerce électronique**

**Amazon**

Amazon a été l'un des tous premiers détaillants d'Internet et est devenu l'une des plus grandes plates-formes mondiales de commerce de détail et de services en ligne. La société est basée aux États-Unis, mais comme beaucoup de grandes entreprises du Net ses activités et ses recettes sont mondiales.

**Figure B.26 : Croissance des services potentiellement basés sur les TIC (valeur maximale), 2005-2016**



Outre la vente de marchandises en ligne, Amazon a étendu ses activités numériques à la fabrication et à la vente d'appareils numériques, à la diffusion en continu de vidéos et de musiques numériques, à la fourniture de services de logistique, à l'édition numérique et à la fourniture de services informatiques, y compris le stockage de données et la gestion de bases de données (Commission des opérations de bourse des États-Unis (SEC, 2017b).

Près d'un tiers (32%) des ventes nettes d'Amazon sont réalisées à l'international (voir la figure B.27). Les recettes du segment Amérique du Nord proviennent des sites Web propres à chaque pays de la région (amazon.com, amazon.ca et amazon.mx), y compris les ventes à l'exportation à partir de ces sites. Les recettes « internationales » proviennent des sites Web internationaux (amazon.de, amazon.fr, etc.), y compris les ventes à l'exportation vers le Canada, le Mexique et les États-Unis, mais à l'exclusion des ventes à l'exportation à partir des sites nord-américains. Les recettes d'Amazon Web Services (AWS) proviennent, quant à elles, des ventes mondiales de services informatiques, de stockage et de gestion de bases de données et d'autres services fournis aux startups, aux autres entreprises, aux organismes publics et aux établissements universitaires. Les produits électroniques et d'autres marchandises représentent la plus grande part des ventes internationales à l'exportation (75%), la part des contenus numériques étant beaucoup plus faible (24%). Étonnamment, 67%

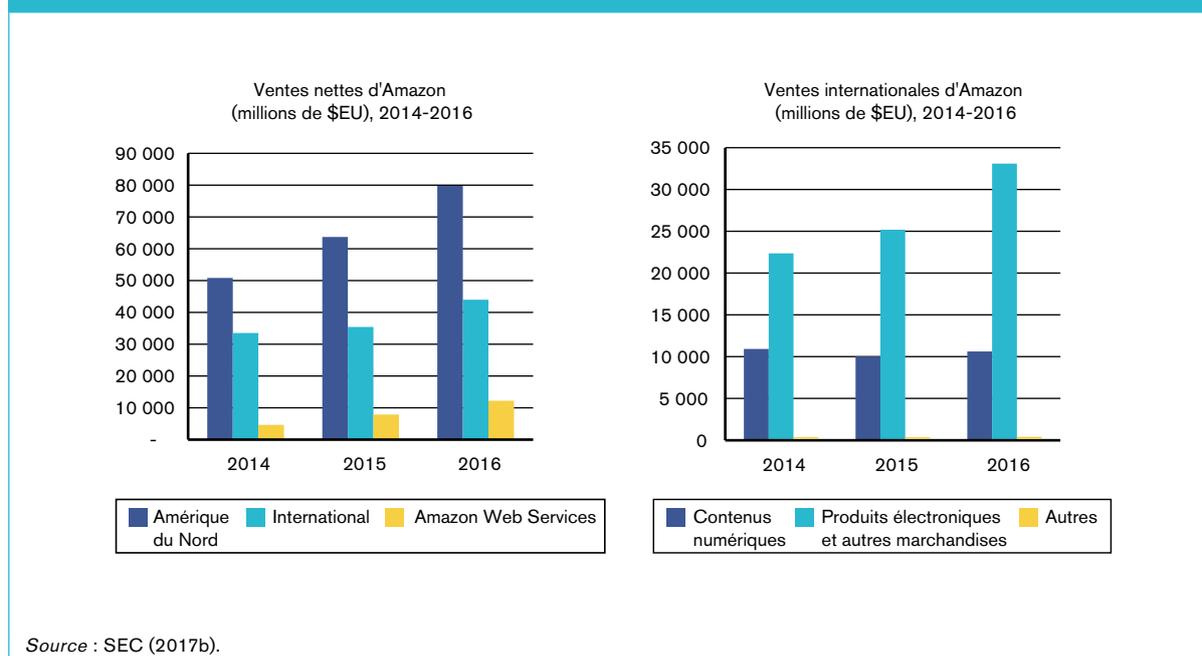
des ventes internationales d'Amazon sont destinées aux États-Unis, qui sont aussi son plus grand marché « international » (SEC, 2017b).

### Alibaba

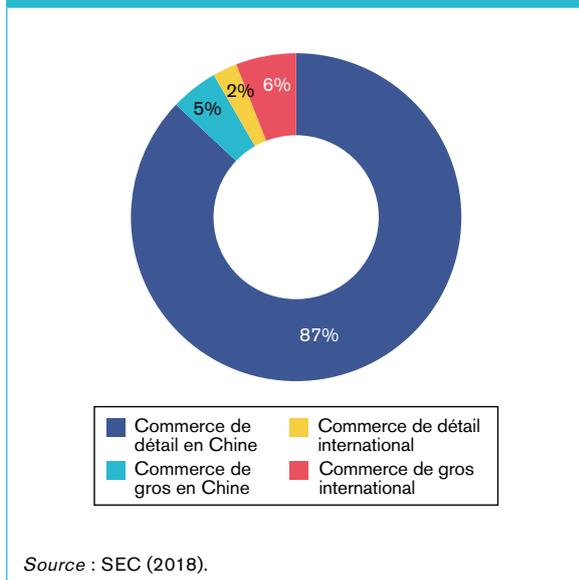
Alibaba, basé en Chine, était la plus grande entreprise de commerce de détail du monde en 2017, bien qu'elle desserve principalement le marché chinois (voir la figure B.28). Les ventes au détail en ligne sur le marché chinois lui ont rapporté 547 milliards de dollars EU en 2017. Pour ses ventes mondiales, Alibaba exploite AliExpress, qui comptait 60 millions de clients en 2017 et qui achète directement à des fabricants et des distributeurs en Chine. En 2016, Alibaba a pris le contrôle de Lazada, une entreprise qui exploite des plates-formes de commerce électronique en Indonésie, en Malaisie, aux Philippines, à Singapour, en Thaïlande et au Viet Nam (SEC, 2018).

En 2017, les recettes d'Alibaba provenaient en majorité (84%) de ses activités commerciales de base, dont 87% consistaient en commerce de détail sur le marché chinois, 6% en commerce de gros international, 5% en commerce de gros national et 2% en commerce de détail international. En tant que grande entreprise de commerce électronique, Alibaba se distingue par le fait qu'elle est basée dans un pays en développement, et non dans un pays développé. Étant donné sa solide base nationale, Alibaba peut encore développer considérablement ses activités à l'étranger (SEC, 2018).

**Figure B.27 : Ventilation des ventes internationales d'Amazon par région et par produit, 2014-2016**  
(Millions de \$EU)



Source : SEC (2017b).

**Figure B.28 : Recettes d'Alibaba par activité et par région, 2016-2017 (%)**

### MercadoLibre

MercadoLibre est une plate-forme argentine de commerce électronique et de paiement cotée au Nasdaq (MercadoLibre, 2018). Elle dit être la première plate-forme d'Amérique latine par le nombre de visiteurs uniques et de pages consultées. Ses recettes et ses ventes ont augmenté de façon continue au cours des dernières années, malgré le fort ralentissement économique dans la région. Ses recettes sont passées de 472,6 millions de dollars EU en 2013 à 1 398,1 millions de dollars EU en 2017, tandis que le nombre d'utilisateurs enregistrés confirmés est passé de 99,5 millions à 211,9 millions pendant la même période. L'entreprise peut espérer une croissance encore plus forte avec la reprise de la croissance économique dans la région.

### Recherche en ligne

#### Alphabet/Google

Alphabet est la société mère de Google, dont les principaux produits Internet comprennent son moteur de recherche omniprésent, la publicité, le commerce, les cartes, la diffusion de vidéos en continu sur YouTube et le stockage de données dans Google Cloud. Google a aussi développé le système d'exploitation Android pour les appareils électroniques, le navigateur Web Chrome et des services de paiement, ainsi que plusieurs produits matériels (SEC, 2017a).

Les recettes d'Alphabet/Google proviennent actuellement des programmes de publicité de Google (71%), des membres affiliés du réseau Google

(17%), c'est-à-dire les tierces parties qui utilisent les programmes de publicité de Google pour diffuser des publicités pertinentes sur leurs sites, et d'autres sources (11%), y compris les ventes de logiciels et de matériel informatique, les droits de licence et les frais d'utilisation des services de Google Cloud (voir la figure B.29). D'après le pourcentage des recettes consolidées, calculé sur la base des adresses de facturation des clients, les États-Unis (47%) et le Royaume-Uni (9%) sont les principaux clients, le reste du monde représentant les 44% restant (SEC, 2017a).

### Services de paiement mobiles

#### M-Pesa

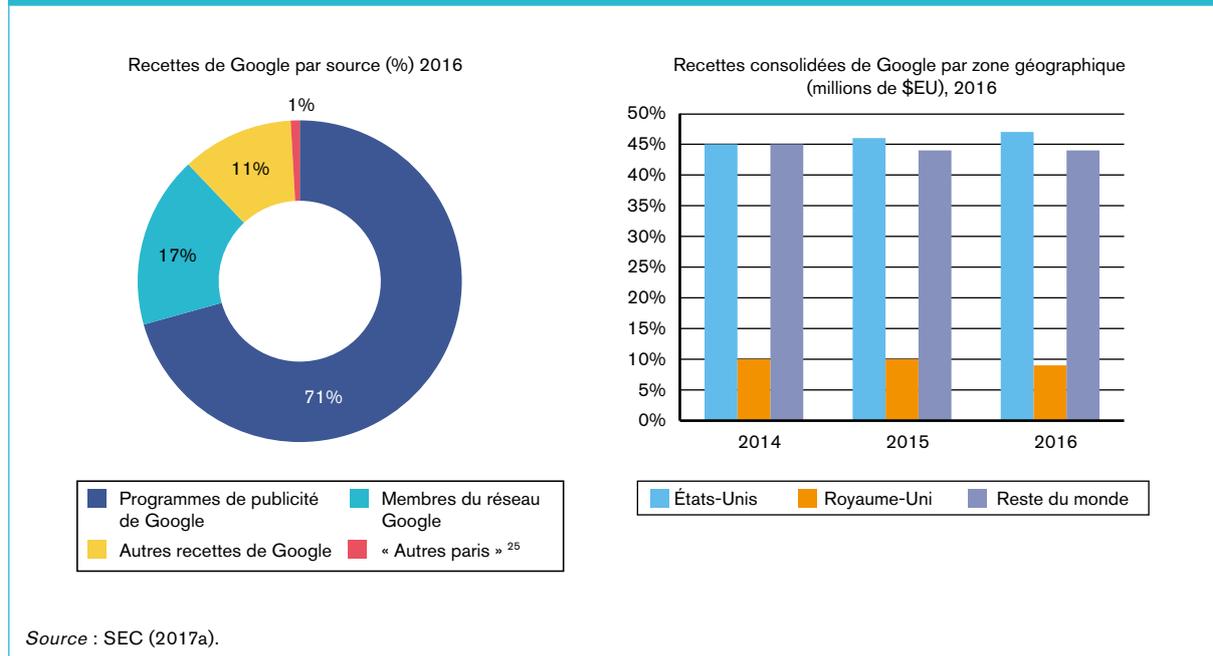
Le service « Mobile » -Pesa (M-Pesa) est un service de transfert d'argent, de financement et de microfinancement par téléphone mobile lancé en 2007 par Vodafone pour Safaricom et Vodacom, les principaux opérateurs de téléphonie mobile du Kenya et de Tanzanie. M-Pesa représente actuellement 27% des recettes de Safaricom, contre 18% en 2013 (figure B.30). Depuis son lancement, ce service s'est développé en Albanie, en Égypte, au Ghana, en Inde, au Kenya, au Lesotho, au Mozambique, en République démocratique du Congo, en Roumanie et en Tanzanie. En 2010, il est devenu le service financier mobile le plus utilisé dans le monde en développement et il a été salué pour avoir permis à des millions de personnes d'accéder au système financier formel et pour avoir contribué à la réduction de la criminalité dans des sociétés basées sur l'échange monétaire (Monks, 2017).

Plusieurs facteurs ont contribué au succès du modèle kenyan : le coût extrêmement élevé du transfert d'argent par d'autres moyens; la position dominante de Safaricom sur le marché; la décision initiale de l'organisme de réglementation d'autoriser le déploiement du système à titre expérimental sans approbation formelle; une campagne de commercialisation claire et efficace; et un système efficace de transfert d'argent en dehors des circuits bancaires (The Economist, 2018b).

#### Pointepay

SpacePointe, une startup nigériane de technologie financière, a lancé PointePay, une application mobile offrant diverses solutions de paiement (espèces, porte-monnaie électronique et carte de débit ou de crédit). C'est un système de services multipoints abordable permettant aux détaillants d'Internet de vendre en ligne sur un marché, de gérer leur entreprise et d'offrir des services à valeur ajoutée, comme la recharge de crédit mobile ou le chargement d'un porte-monnaie électronique (Disrupt Africa, 2018).

**Figure B.29 : Ventilation des recettes d'Alphabet/Google par activité et par région, 2014-2016**  
(% et millions de \$EU)



**Diffusion de contenus en continu**

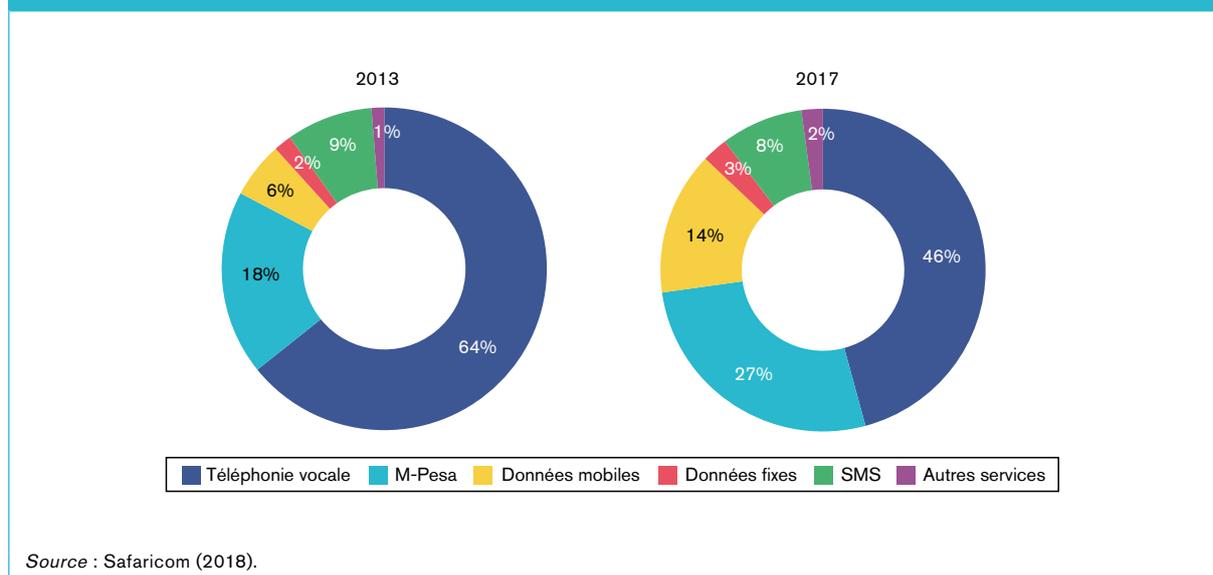
**Netflix**

Netflix est le premier réseau mondial de télévision sur Internet, offrant 125 millions d'heures de programmes télévisés et de films par jour à 90 millions d'abonnés dans 190 pays. La stratégie de base du réseau est d'accroître le nombre d'abonnés à ses services de streaming dans le monde entier conformément à ses objectifs de marge bénéficiaire.

Netflix a trois segments de marché: la diffusion de contenus en continu aux États-Unis, qui génère des recettes grâce aux abonnements mensuels; la diffusion de contenus à l'international auprès des abonnés; et les services de DVD par mail avec abonnement mensuel aux États-Unis.

L'accroissement des recettes entre 2012 et 2016 s'explique par l'augmentation du nombre moyen d'abonnements aux services de streaming dans

**Figure B.30 : Ventilation des recettes de Safaricom, 2013 et 2017**



le monde, et surtout du nombre d'abonnements internationaux, et par l'augmentation des recettes mensuelles moyennes par abonnement due à des changements de prix et de stratégie. Pendant cette période, le nombre d'abonnements internationaux aux services de streaming a été multiplié par 9 et les recettes internationales par près de 18 (voir la figure B.31) (SEC, 2017c).

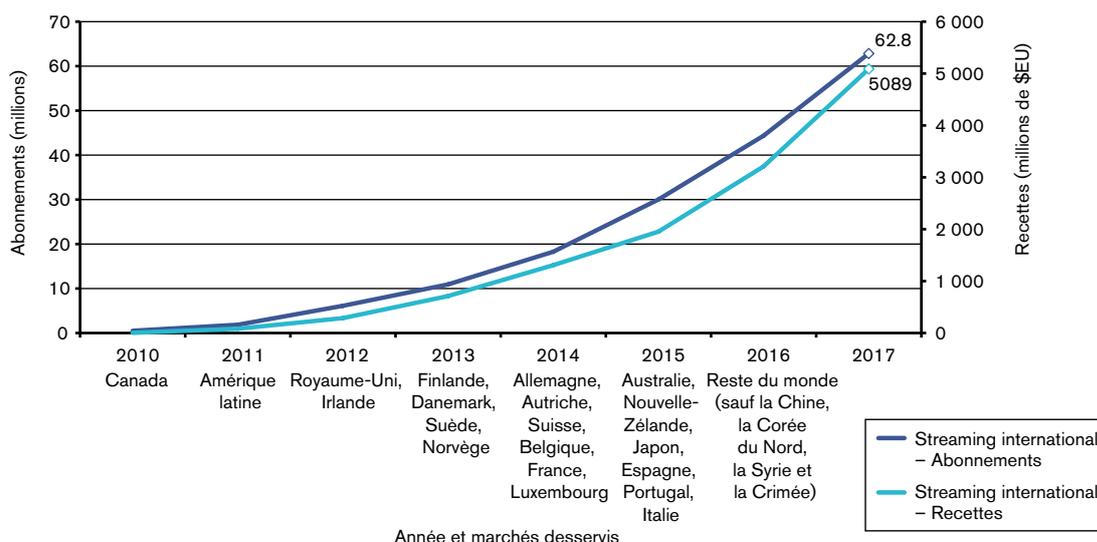
**Spotify**

La société suédoise de diffusion de musique en continu Spotify vaut maintenant 25 milliards de dollars EU, et c'est la plus grande entreprise de musique du monde. Elle offre un service de diffusion de musique numérique qui permet aux utilisateurs d'écouter à la demande des chansons sur un appareil mobile, un ordinateur ou un système audiovisuel domestique, de découvrir des collections de musique d'amis, d'artistes et de célébrités, de créer leurs propres listes de lecture et de partager de la musique sur les réseaux sociaux (Bloomberg LP, 2018). Les recettes provenant de la diffusion en continu ont augmenté de 41,1% en glissement annuel pour s'établir à 6,6 milliards de dollars EU en 2018; aujourd'hui, Spotify représente 38,4% du total des recettes tirées de la diffusion de musique enregistrée et est devenu le leader du secteur.

En 2018, Spotify compte 170 millions d'utilisateurs actifs mensuels (UAM), soit 30% de plus qu'en 2017. Sur ce nombre, 75 millions sont abonnés à Spotify Premium (45% de plus qu'en 2017) et 99 millions sont des UAM sponsorisés par la publicité (21% de plus). Le nombre d'UAM sponsorisés par la publicité continue d'augmenter fortement sur les marchés asiatiques, en particulier au Japon et sur de nouveaux marchés, comme le Viet Nam et la Thaïlande. La figure B.32 montre que 60% des UAM et des abonnés payants de Spotify résident en dehors de l'Europe.

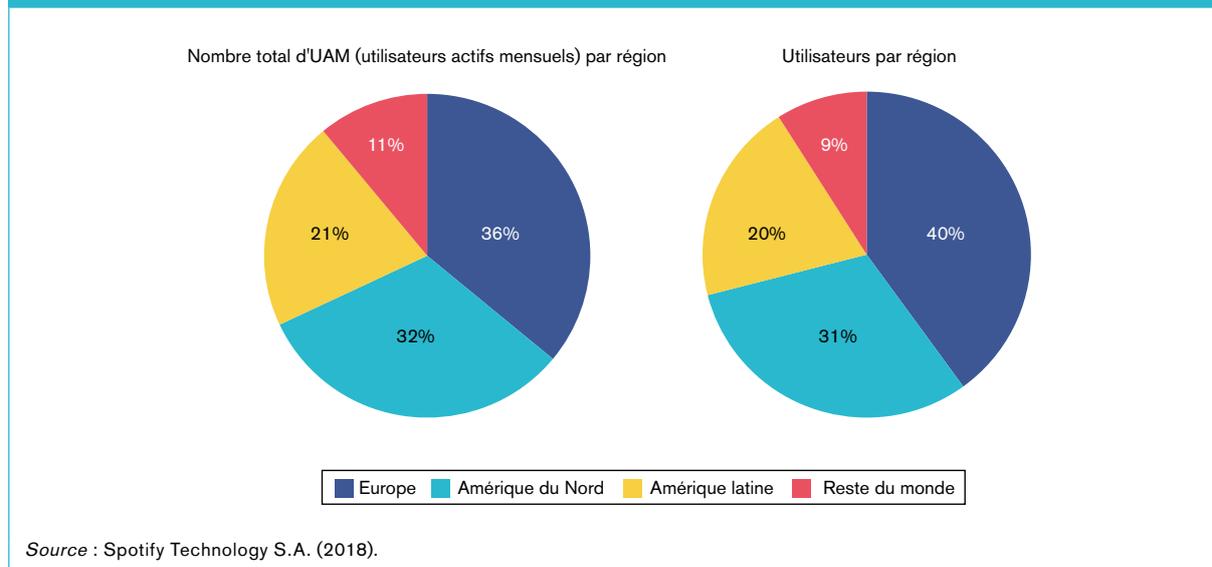
Les recettes provenant des abonnements ont atteint 1,037 milliard d'euros en 2018, soit 25% de plus qu'en 2017, les recettes moyennes par utilisateur étant de 4,72 euros (en baisse de 14%) du fait de l'augmentation du nombre d'abonnements à Spotify Famille et à Spotify Étudiants et de la réorientation du marché vers des régions où les recettes moyennes par utilisateur sont relativement plus faibles, comme l'Amérique latine. Les recettes provenant des abonnements sponsorisés par la publicité ont atteint 102 millions d'euros, soit 38% de plus que l'année précédente (Spotify Technology S.A., 2018).

**Figure B.31 : Augmentation des recettes internationales de Netflix et des abonnements internationaux à Netflix, 2010-2017**



Source : SEC ( 2017c).

Figure B.32 : Nombre total d'utilisateurs actifs mensuels et d'abonnés de Spotify en 2018



### 3. Conclusions

Cette section a décrit la croissance exponentielle de la puissance de calcul, de la largeur de bande et du volume de données numériques collectées, et la contribution de ces évolutions à l'essor des nouvelles technologies numériques, comme la fabrication additive, l'Internet des objets, l'intelligence artificielle et la chaîne de blocs. Ces technologies transforment l'économie mondiale en créant de nouveaux marchés et produits en ligne, ce qui procure des avantages considérables aux consommateurs et entraîne des gains de productivité importants pour les entreprises. Dans le même temps, ces nouvelles technologies ont suscité des préoccupations concernant la perte de contrôle sur les données personnelles, la concentration du pouvoir de marché entre les mains de quelques entreprises puissantes, la contribution

réelle de ces technologies à l'accroissement de la productivité et la persistance de la fracture numérique. Pour mieux comprendre les effets des technologies numériques, il faut pouvoir mesurer les transactions économiques, y compris le commerce numérique, qu'elles rendent possibles. Tout en notant les difficultés auxquelles se heurte le calcul du montant de ces transactions, cette section présente un certain nombre d'estimations provenant d'organisations internationales, d'autorités nationales et des rapports financiers de certaines grandes entreprises de technologie, qui montrent les effets notables de l'évolution technologique sur l'ampleur des transactions économiques aux niveaux national et international. La section suivante du rapport examine de plus près les effets de ces technologies numériques sur le commerce.

# Notes

- 1 Union internationale des télécommunications (UIT, 2018b).
- 2 <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>
- 3 Les autres domaines de l'IA sont la robotique et les systèmes symboliques. La robotique comprend les approches dans lesquelles un système d'IA perçoit les conditions environnementales et y répond. Les systèmes symboliques tentent de représenter des concepts complexes par la manipulation logique de représentations symboliques.
- 4 Donald Knuth est un informaticien de l'Université de Stanford, ancien lauréat du prix Turing et créateur du système de composition de documents par ordinateur TeX.
- 5 À ce sujet, voir par exemple Kurzweil (2005).
- 6 Le roman *Erewhon* de Samuel Butler est parfois considéré comme la première œuvre littéraire faisant allusion à l'intelligence artificielle. Au XX<sup>ème</sup> siècle, des auteurs tels qu'Isaac Asimov et Arthur C. Clarke ont écrit des œuvres de science-fiction captivantes sur le thème de l'IA.
- 7 Bostrom (2014) définit un système d'IA « superintelligent » comme un système qui dépasse largement les performances cognitives des êtres humains dans quasiment tous les domaines d'intérêt.
- 8 Les signataires sont notamment Nick Bostrom, Erik Brynjolfsson, Stephen Hawking, Elon Musk, et Steve Wozniak. La lettre ouverte est disponible à l'adresse://[futureoflife.org/ai-open-letter/](http://futureoflife.org/ai-open-letter/)
- 9 Voir l'adresse <http://www.sme.org/additive-manufacturing-glossary/>
- 10 La technologie de la chaîne de blocs a été appliquée pour la première fois en 2009 comme base de la monnaie numérique appelée bitcoin.
- 11 On estime qu'en 2014, la quantité annuelle d'électricité utilisée pour alimenter le seul réseau du bitcoin était aussi élevée que celle d'un pays de la taille de l'Irlande (O'Dwyer et Malone, 2014).
- 12 Voir <https://blockchain.info/de/charts/transactions-per-second?timespan=1year>
- 13 Voir <https://etherscan.io/chart/tx>
- 14 Le Règlement général sur la protection des données de l'UE (RGPD) qui est entré en vigueur le 25 mai 2018 soulève de nouvelles questions à cet égard. Comme les données stockées dans la chaîne de blocs, y compris les données personnelles, ne peuvent pas être effacées, le droit à l'oubli prévu dans le RGPD ne peut pas être exercé. Les chaînes de blocs pourraient être « incompatibles avec le RGPD » même si, comme le note Finck (2017), elles visent en fait le même objectif que le RGPD, à savoir donner aux individus davantage de contrôle sur leurs données personnelles, mais au moyen de mécanismes différents de ceux que prévoit le RGPD.
- 15 Les commentaires sur les vendeurs sont mentionnés dans « L'économie mondiale en 50 inventions », Harford (2017).
- 16 Définition donnée par l'Association internationale des professionnels de la protection de la vie privée (IAPP), <https://iapp.org/about/what-is-privacy>
- 17 Pour un examen plus détaillé des défis en matière de politique de la concurrence créés par la numérisation, voir aussi Anderson *et al.* (2018b).
- 18 Voir Anderson *et al.* (2018a).
- 19 Voir Evans et Schamlensee (2008); Haucap et Heimeshoff (2014); OCDE (2017c).
- 20 Pour prendre l'exemple d'eBay, plus il y a d'acheteurs potentiels, plus il y a de vendeurs offrant des produits sur eBay, car a) la probabilité de vendre les produits augmente avec le nombre d'acheteurs potentiels et b) la concurrence entre acheteurs pour le produit est plus intense et, partant, les recettes des enchères ont des chances d'être plus élevées. De même, des vendeurs plus nombreux et une offre de produits plus variée rendent la plate-forme commerciale plus attractive pour un plus grand nombre d'acheteurs potentiels. Voir Haucap et Heimeshoff (2014).
- 21 Bien qu'il n'existe pas de définition convenue du commerce numérique, aux fins du présent rapport, cette notion désigne les transactions numériques liées au commerce de biens et de services, qui peuvent être livrés numériquement ou physiquement, impliquant des consommateurs, des entreprises et des administrations (López-González et Jouanjean, 2017).
- 22 Les 12 technologies considérées dans l'étude sont: Internet pour au moins 50% des employés; recours à des spécialistes des TIC; haut débit (30 Mbits/s ou plus); appareils mobiles connectés à Internet pour au moins 20% des employés; site Web; site Web doté de fonctionnalités avancées; réseaux sociaux; achat de publicité sur Internet; achat de services d'informatique en nuage évolués; envoi de factures électroniques; chiffre d'affaires du commerce électronique représentant plus de 1% du chiffre d'affaires total; et ventes en ligne entre entreprises et consommateurs (B2C) représentant plus de 10% du total des ventes en ligne. Le secteur financier a été exclu.
- 23 La Classification centrale des produits est une classification complète englobant les marchandises et les services. Elle sert de norme internationale pour la collecte et la tabulation de toutes sortes de données nécessitant des statistiques détaillées par produit, notamment des données statistiques sur la production industrielle, les comptes nationaux, les secteurs de services, le commerce intérieur et extérieur des produits de base, le commerce international des services, la balance des paiements, la consommation et les prix.
- 24 La Classification élargie des services de la balance des paiements (EBOPS) 2010 est un système de classification des services qui permet d'établir des statistiques à un niveau de détail répondant, entre autres, aux besoins de renseignements dans le cadre de l'Accord général sur le commerce des services (AGCS). Il s'agit essentiellement d'une classification basée sur les produits de la version 2 de la Classification centrale des produits (CPC Ver. 2), qui est la classification internationale type des produits. Elle comporte 12 grandes catégories de services, à savoir: services de fabrication fournis sur des intrants physiques détenus par des tiers; services d'entretien et de réparation non inclus ailleurs; transport; voyages; construction; services d'assurance et de pension; services financiers; frais pour usage de propriété intellectuelle non inclus ailleurs; services de télécommunication, d'informatique et d'information; autres services aux entreprises; services personnels, culturels et relatifs aux loisirs; et biens et services des administrations publiques non inclus ailleurs.
- 25 Les « autres paris » sont un ensemble de divers segments d'activité qui ne sont pas lucratifs individuellement. Il s'agit d'entreprises comme Access, Calico, CapitalG, GV, Nest, Verily, Waymo et X. Les recettes des « autres paris » proviennent principalement des ventes de services Internet et de services de télévision fournis par Google Fiber, des ventes des produits et services Nest et des services de licences et de R-D fournis par Verily (SEC, 2017a).