

## Chapitre 1

# **APPRÉHENDER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE**

## Introduction

Pour recueillir les fruits tout en relevant les défis de l'ère du numérique, il importe de réduire le décalage entre les évolutions technologiques et les politiques publiques. Les politiques en place datent pour beaucoup de l'ère pré-numérique, et la difficulté à décrypter les changements qui s'opèrent et leurs implications pourrait retarder le réexamen et l'adaptation de ces politiques. Or un tel décryptage est impératif, puisque la transformation numérique n'épargne aucun pan de l'économie ni de la société.

### Encadré 1.1. Qu'est-ce que la transformation numérique ?

La numérisation correspond à la conversion de données et de processus analogiques dans un format lisible par la machine. Le développement du numérique désigne quant à lui l'utilisation des technologies et données numériques, ainsi que les interconnexions qui donnent lieu à la naissance d'activités nouvelles ou à l'évolution d'activités existantes. On entend par « transformation numérique » les effets économiques et sociétaux de la numérisation et du développement du numérique.

Pour mettre au point des politiques adaptées à l'ère du numérique, il est d'abord impératif de connaître les principales composantes de l'écosystème des technologies numériques, en constante évolution, ainsi que les possibilités – et les défis – induits par leur mise en application. Deuxièmement, il est essentiel de comprendre l'actuelle révolution des données et l'influence que les données et les flux connexes exercent sur les individus, l'économie et, plus largement, la société. Troisièmement, il importe d'identifier les propriétés phares de la transformation numérique et, en particulier, de comprendre comment elles font naître ou évoluer les modèles économiques, et quelles sont leurs incidences sur l'action des pouvoirs publics.

## L'écosystème des technologies numériques

Sous l'effet conjugué de l'augmentation spectaculaire de la puissance de calcul et du déclin des coûts connexes au cours des 60 dernières années, les technologies numériques ont rapidement progressé (OCDE, 2015<sup>[1]</sup> ; Moore, 1965<sup>[2]</sup>). Un écosystème de technologies interdépendantes sous-tend aujourd'hui la transformation numérique et impulsera à l'avenir des évolutions économiques et sociétales (graphique 1.1).

Graphique 1.1. Un écosystème de technologies numériques interdépendantes



Cet écosystème est bien plus puissant et fonctionnel que chacune de ses composantes prise individuellement, puisque ces dernières interagissent et se complètent mutuellement, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles possibilités. Certaines de ces technologies sont d'ores et déjà opérationnelles et font partie intégrante de notre quotidien. D'autres sont à venir. Toutes recèlent des avantages potentiels en termes de croissance et de bien-être.

## Internet des objets

L'internet des objets (IdO) fait naître une kyrielle de modèles économiques, d'applications et de services fondés sur les données collectées à partir de terminaux et d'objets, notamment ceux qui intègrent des capteurs et interagissent avec le monde physique. Les dispositifs d'IdO intègrent des fonctions de communication à courte et longue portées. Les communications massives de machine à machine, qui reposent sur l'utilisation de capteurs pour des finalités telles que les villes, l'agriculture et la fabrication intelligentes ou des applications similaires, forment un sous-domaine de l'internet des objets.

L'IdO couvre les automatismes utilisés dans de nombreux dispositifs, des équipements domotiques et appareils électroménagers intelligents, aux technologies prêt-à-porter et dispositifs de surveillance médicale, en passant par des applications avancées dont sont dotés les véhicules connectés et autonomes. En réalité, les moteurs des avions modernes collectent déjà en permanence des données qui peuvent être transmises lorsqu'un problème survient. De telle sorte que dès que l'appareil atterrit, une équipe de maintenance est prête à intervenir sans délais avec les pièces nécessaires et en ayant identifié le problème. De même, l'IdO rendra possible l'exploitation minière et la chirurgie à distance, par exemple. Grâce à l'interconnexion avec des millions d'appareils en réseau, les services aux collectivités seront en mesure de prendre des décisions plus éclairées et ce, en toute autonomie et en temps réel. En outre, les capteurs et actionneurs connectés à l'internet permettront de surveiller la santé et l'état de l'environnement, de suivre la localisation et les activités des individus et des animaux, et bien plus encore (OCDE, 2016<sup>[3]</sup>).

## Réseaux mobiles de nouvelle génération : 5G et au-delà

Une fois que la norme internationale aura été finalisée, la 5G deviendra la première génération de réseaux mobiles conçue essentiellement dans la perspective d'un avenir où des dizaines de milliards d'appareils et de capteurs seront connectés à l'internet<sup>1</sup>. Les principales améliorations par rapport aux générations précédentes tiennent à l'accélération du débit (200 fois supérieur à celui de la 4G), des transferts de données plus rapides (avec des temps de latence divisés par dix par rapport à la 4G), et des réseaux offrant une meilleure prise en charge des diverses applications grâce à la virtualisation des couches physiques (avec un découpage virtuel du réseau en couches, ou *network slicing*). Les essais sont en cours dans plusieurs pays, par le biais notamment de collaborations entre les opérateurs de réseau et les secteurs verticaux comme l'industrie automobile (OCDE, 2019<sup>[4]</sup>).

La 5G se démarque avant tout des générations précédentes par le fait qu'elle est conçue pour connecter non seulement des personnes, mais aussi des objets, ouvrant ainsi la voie à un monde de communications de machine à machine qui ont lieu essentiellement en arrière-plan et sont transparentes pour les utilisateurs. Les réseaux 5G amélioreront par exemple la communication entre les véhicules autonomes, les installations routières et les feux de signalisation, rendant ainsi possible la circulation en convoi automatisé, sur des autoroutes, de véhicules séparés par des distances bien inférieures aux distances de sécurité que doivent observer les conducteurs humains. Les convois automatisés pourraient contribuer non seulement à réduire la congestion routière, mais aussi à améliorer la sécurité et favoriser les économies de carburant. De même, les capteurs installés sur les exploitations agricoles seront capables de communiquer les besoins des cultures en eau et en engrais directement aux machines et systèmes agricoles. Et les équipements personnels téléchargeront des données à des débits bien supérieurs, y compris dans des zones particulièrement denses ; cela permettra d'exploiter le potentiel de couverture des médias à la demande, qui deviendront accessibles depuis quasiment n'importe quel lieu couvert par les réseaux 5G.

## Infonuagique

L'infonuagique est un modèle de service offrant aux clients un accès souple, à la demande, à un éventail de ressources informatiques (OCDE, 2014<sup>[5]</sup>). L'accès aux ressources (applications logicielles, capacités de stockage, réseau et puissance de calcul) se fait par l'intermédiaire d'une interface en

## 1. APPRÉHENDER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

ligne. Les modalités d'utilisation (et de tarification) des ressources sont évolutives et adaptables, ce qui permet aux clients de transformer les coûts fixes élevés encourus au titre des technologies de l'information et des communications (TIC) en coûts marginaux réduits, et de moduler plus facilement leurs ressources TIC en fonction de l'évolution de leurs besoins opérationnels. En d'autres termes, grâce à l'infonuagique, les utilisateurs peuvent louer à tout moment les ressources TIC dont ils ont besoin, plutôt que de devoir en faire l'acquisition pleine et entière. Elle contribue donc à accroître l'accessibilité financière, la disponibilité, les capacités, la variété et l'ubiquité des ressources, facilitant par là même l'exploitation d'autres technologies numériques – telles que l'intelligence artificielle (IA), les machines autonomes, l'analytique des données massives ou encore l'impression 3D – et, plus généralement, la transformation numérique (OCDE, 2015<sup>[1]</sup> ; OCDE, 2018<sup>[6]</sup>).

Les applications infonuagiques abondent et sont utilisées pour bien d'autres fonctions que le simple stockage de fichiers, photos et vidéos personnels : elles permettent également aux utilisateurs d'accéder aux ressources et de travailler conjointement sur des documents à distance. C'est ainsi que les collections personnelles de CD et de DVD, par exemple, laissent peu à peu la place aux services de streaming audio et vidéo comme Deezer, YouTube et Netflix, qui n'existeraient pas sans l'infonuagique. Équipés d'une simple tablette, les utilisateurs peuvent emporter partout avec eux l'intégralité de leur bibliothèque personnelle composée de livres numériques stockés dans le nuage. Nul besoin désormais de sauvegarder des copies de fichiers informatiques sur des disques durs connectés localement, puis de les transférer manuellement sur un site distant afin de pouvoir les récupérer en cas de sinistre. Ces solutions sont aujourd'hui remplacées par des services de sauvegarde et reprise après sinistre directement accessibles dans le nuage. Les applications mobiles sont elles aussi hébergées dans le nuage, dont elles dépendent souvent pour leur fonctionnement, même après avoir été téléchargées. Les systèmes de thermostats intelligents utilisent l'infonuagique pour surveiller et analyser les évolutions de températures dans les domiciles et y réagir, ce qui contribue à réduire la consommation d'énergie et, par ricochet, les dépenses des ménages, et à instaurer un mode de vie plus « vert ».

### L'analytique des données massives

L'expression « données massives » désigne généralement des données caractérisées par leur volume, leur vélocité et leur variété (les « 3 V ») particulièrement importants. L'IdO est l'une des sources de production de ces données et l'infonuagique, une source de puissance de calcul. Si les volumes considérables de données peuvent présenter une valeur intrinsèque liée à leur commercialisation, une grande partie de leur valeur dépend de la capacité à en extraire des informations. C'est là qu'interviennent les techniques et outils logiciels d'analytique des données massives, qui servent par exemple à l'exploration des données (ou de texte), au profilage des données, ainsi qu'à l'apprentissage automatique. En favorisant la création et l'amélioration de produits, processus, méthodes organisationnelles et marchés, l'analytique des données (massives) ouvre la voie à une « innovation fondée sur les données » et offre des perspectives d'amélioration de la productivité et du bien-être (OCDE, 2015<sup>[1]</sup>).

L'analytique des données massives recèle un potentiel considérable, dont une partie s'est d'ores et déjà concrétisée. Par exemple, les commerçants l'utilisent couramment pour adresser aux clients des suggestions personnalisées, adaptées à leurs centres d'intérêt, qu'ils déduisent de leur historique de navigation et de leurs comportements d'achat. Dans un tout autre contexte, les unités de néonatalogie surveillent le rythme cardiaque et respiratoire des nourrissons nés prématurément ou malades ; ces données alimentent une base de données sans cesse grandissante, ce qui permet, avec l'assistance des outils analytiques, de prévoir des infections 24 heures avant que les nourrissons ne manifestent le moindre symptôme physique.

Sous réserve de disposer de suffisamment de données issues des pays en développement, les pouvoirs publics et les organisations d'aide peuvent optimiser leur impact en utilisant l'analytique des données massives pour identifier les zones dans lesquelles les citoyens bénéficieront le plus d'un meilleur accès à l'éducation, aux services de santé et aux infrastructures. Les épidémiologistes peuvent tenir compte des données massives renvoyées par les moteurs de recherche lorsqu'ils cherchent à détecter et surveiller les épisodes de maladies contagieuses. Les autorités chargées de la concurrence peuvent quant à elles lutter plus efficacement contre les pratiques frauduleuses des entreprises – comme les soumissions concertées – grâce aux données massives, qu'elles utilisent pour identifier des modèles de comportements suspects. Les médecins tirent également parti des données massives, sans lesquelles des projets comme le Grand collisionneur de hadrons (LHC) du Conseil européen pour la recherche

nucléaire (CERN) n'auraient pas pu être menés à bien. Le LHC produit en effet 30 pétaoctets<sup>2</sup> de données par an. Pour analyser ses données, le centre de données du CERN compte 65 000 processeurs et utilise des milliers d'ordinateurs situés dans 170 autres centres. Par ailleurs, les données massives sous-tendent l'intelligence artificielle.

## Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) désigne la capacité des machines et des systèmes d'acquiescer et de mettre en pratique des connaissances, notamment en menant à bien un large éventail de tâches cognitives – de la détection à l'aide de capteurs au traitement du langage, en passant par la reconnaissance de formes, l'apprentissage, ou la prise de décisions et la formulation de prédictions. Une grande partie des progrès récents en matière d'applications d'IA ont été réalisés grâce à l'apprentissage automatique (les machines prennent des décisions en se fondant sur des fonctions de probabilité dérivées d'expériences passées), l'analytique des données massives, l'augmentation considérable de la puissance de calcul et l'infonuagique. Tous ces domaines permettent à l'IA de traiter des données à des échelles sans précédent et, ce faisant, d'accélérer la découverte de schémas. L'IA ouvre la voie à de nouveaux types de logiciels et de robots de plus en plus à même : 1) d'agir comme des agents autonomes ou semi-autonomes, à savoir de prendre et d'exécuter des décisions avec peu ou pas d'intervention humaine ; et 2) d'apprendre, d'évoluer et de s'améliorer tout au long de leur cycle de vie, de manière à adapter et perfectionner leurs fonctionnalités et leurs performances grâce à l'analyse des données issues de leur environnement.

L'IA fait d'ores et déjà partie intégrante du quotidien des citoyens de nombreux pays. Les algorithmes d'apprentissage détectent des tendances quant aux comportements numériques des utilisateurs et les exploitent pour influencer les résultats des recherches et les annonces publicitaires qui leur sont présentés, les actualités qu'ils lisent et les divertissements qu'ils consomment. Par exemple, les recommandations d'Amazon, de Netflix et de Spotify s'appuient sur les technologies d'apprentissage automatique. L'IA aide les médecins à détecter, surveiller et traiter des maladies. On utilise également des robots chirurgicaux. Sans compter les opérations boursières, dont la majorité est aujourd'hui exécutée, aux États-Unis, à l'aide d'algorithmes autonomes (OCDE, 2015<sup>[1]</sup>). Les applications d'intelligence artificielle recèlent encore un potentiel considérable. À l'avenir, l'IA devrait en effet permettre à des robots de s'adapter à de nouveaux environnements de travail sans avoir besoin d'être reprogrammés.

À terme, les robots actionnés grâce à l'IA pourraient s'occuper des personnes âgées, prenant en charge leurs besoins physiques tout en interagissant avec eux. Les outils passeront au crible les bases de données contenant les antécédents médicaux pour mettre au point les plans de traitement personnalisés les mieux adaptés aux individus présentant un ensemble donné de caractéristiques, en lieu et place des approches uniformes. Pour autant, d'aucuns s'inquiètent des perspectives qu'offrent certaines applications de l'IA, telles les véhicules sans conducteur ou les robots, qui menacent les emplois de fractions importantes de la main-d'œuvre.

## Technologie blockchain

La technologie blockchain permet à des applications d'authentifier des droits de propriété et d'exécuter en toute sécurité des opérations sur des types d'actifs variés. Une chaîne de blocs s'apparente à un registre ou une feuille de calcul tenu(e) à jour et stocké(e) sur un réseau d'ordinateurs. Chaque mise à jour est répliquée dans les différents nœuds du réseau, de sorte que toutes les copies sont toujours identiques. Par conséquent, les enregistrements sont visibles et vérifiables par l'ensemble des utilisateurs du réseau, ce qui permet de s'affranchir des intermédiaires pour authentifier les transactions. Les nouveaux événements et transactions sont automatiquement stockés dans les « blocs » qui sont ensuite reliés les uns aux autres chronologiquement grâce à des techniques de cryptographie avancée ; un enregistrement électronique est alors créé. Si un utilisateur tente de modifier les informations stockées dans un bloc, la « chaîne » est rompue et l'ensemble des nœuds du réseau en est informé. D'où le nom de « blockchain » donné à cette technologie généralement décrite comme inviolable.

Les blockchains peuvent être publiques, auquel cas l'accès (sans autorisation) et les transferts se font sans que les parties ne se connaissent (tel est le cas de Bitcoin). D'autres sont privées : l'accès et les transferts sont alors limités à des parties spécifiques dûment autorisées, d'où une plus grande rapidité d'exécution. Certaines blockchains peuvent également exécuter des logiciels de manière décentralisée, sans nécessiter l'intervention d'un opérateur central. Ce qui signifie que des applications, connues sous

## 1. APPRÉHENDER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

Le nom de « contrats intelligents », peuvent s'exécuter selon un mode prédéfini, purement déterministe. La troisième génération de la technologie blockchain, en cours de déploiement, permet l'interopérabilité entre différentes chaînes.

Les cryptomonnaies à l'image de Bitcoin ou Ripple représentent pour l'heure l'une des applications les plus courantes de la technologie blockchain, qui commence toutefois à essaimer dans de nombreux autres secteurs, dont l'agriculture, l'industrie manufacturière, le commerce de détail, les soins de santé, l'énergie et les transports, ainsi que le secteur public. À terme, elle pourrait également s'imposer comme une solution de choix pour sécuriser les données dans le nuage. Elle pourrait également être utilisée pour rendre tous types de transactions, depuis les dons à des organismes caritatifs jusqu'aux élections, plus vérifiables et sécurisés. En revanche, le caractère immuable des blocs pourrait aller à l'encontre du « droit à l'oubli » en vigueur dans certains pays ou territoires.

### Puissance de calcul

Le calcul hautes performances consiste en l'agrégation de la puissance de calcul pour parvenir à des performances bien supérieures aux résultats que l'on pourrait obtenir avec un ordinateur ordinaire. On l'utilise généralement pour résoudre des problèmes de grande envergure dans les domaines de la science, de l'ingénierie ou des entreprises. Il peut également être utilisé à d'autres fins, pour exécuter par exemple des logiciels qui auto-apprennent à jouer à des jeux de plateau, comme dans le cas bien connu d'AlphaZero de DeepMind. Il a ainsi fallu à AlphaZero seulement neuf heures d'auto-apprentissage pour réussir à battre les programmes champions du monde d'échecs et de jeu de Go. Le calcul hautes performances devient de plus en plus utile aux entreprises d'un large éventail de secteurs, de la construction aux produits pharmaceutiques, en passant par l'automobile et le secteur aérospatial. Ses applications dans l'industrie manufacturière se développent également, puisqu'elles ne se limitent plus aux activités de conception et de simulation, mais s'étendent désormais au contrôle en temps réel de processus de production complexes.

L'informatique quantique suit une approche fondamentalement différente. Tandis que l'informatique traditionnelle n'a accès pour traiter les données qu'à deux états à un instant  $T$  (les bits ne peuvent prendre que les valeurs 0 ou 1, sans superposition possible des deux états), l'informatique quantique utilise le bit quantique (ou qubit), dont les états correspondent à une combinaison des valeurs 0 et 1 (Metodi, Faruque et Chong, 2011<sup>[7]</sup>). Les bits quantiques, même séparés par des distances considérables, peuvent interagir instantanément (ils ne sont pas limités par la vitesse de la lumière). « Assemblés » en paires par un processus dit de corrélation, ils peuvent être utilisés avec un algorithme pour répondre à des questions. Il s'agit là d'un domaine émergent et des obstacles de taille restent à surmonter. Par exemple, la plupart des systèmes quantiques expérimentaux actuels doivent opérer à des températures proches du zéro absolu et nécessitent de mettre au point de nouveaux matériaux. Pourtant, en cas de réussite, l'informatique quantique représenterait un bond en avant considérable en termes de puissance de calcul, compte tenu de sa capacité à superposer les états et à exécuter des tâches en utilisant simultanément toutes les permutations possibles.

Sa rapidité de traitement de l'information, qui semble presque inimaginable au regard des TIC actuelles, fait de l'informatique quantique un candidat idéal pour l'IA et l'infonuagique. De fait, ces technologies doivent reposer sur des systèmes en réseau capables de fonctionner même avec une charge extrême. De plus, si la technologie blockchain devait être utilisée pour sécuriser la majeure partie des ressources stockées dans le nuage, l'informatique quantique deviendrait d'autant plus utile, compte tenu de la puissance de calcul et de la consommation énergétique considérables qu'implique l'exécution des transactions sur les blockchains. Les ordinateurs quantiques pourraient également être utilisés dans les simulateurs répliquant des systèmes physiques réels, ce qui permettrait aux fabricants d'améliorer des objets comme des piles ou des satellites, ou de concevoir de nouveaux matériaux pour des avions, par exemple. En outre, l'informatique quantique pourrait non seulement révolutionner les technologies de sécurité numérique actuelles comme la cryptographie, mais aussi aider à la prise en charge de nouvelles.

### La combinaison des technologies au sein d'un seul et même écosystème numérique décuple leur potentiel

Si chaque technologie est porteuse d'avantages et de défis qui lui sont propres, l'essentiel du potentiel réside dans leur association au sein d'un écosystème de technologies numériques. Par exemple, l'efficacité de l'infonuagique repose sur une connectivité internet permanente, ubiquitaire et haut débit et est elle-même essentielle à l'analytique des données massives, qui dépend à son tour de

la puissance de calcul. Dans la même veine, l'utilisation de milliards de dispositifs et de capteurs dans le cadre de l'IdO génère des données massives qui alimentent des algorithmes sophistiqués et l'apprentissage automatique, ce qui permet d'utiliser l'IA dans un éventail de plus en plus large de domaines, et en fait à son tour une ressource.

C'est grâce à une convergence de technologies que les machines sont à même de visualiser et de comprendre des images et des vidéos (on parle de « vision par ordinateur » ou de « vision artificielle »). En conséquence, une machine s'exécutant dans le nuage et dotée de fonctions d'IA peut communiquer avec des drones via des réseaux 5G, ce qui permet d'observer en temps réel n'importe quel phénomène, depuis les plaques d'immatriculation des véhicules jusqu'aux fuites de canalisation. Enfin, le smartphone montre à quel point de nombreuses technologies numériques phares – connectivité haut débit, accès aux services infonuagiques, capteurs multiples, IA, etc. – sont d'ores et déjà omniprésentes et jouent un rôle croissant dans les activités quotidiennes. Évaluer les opportunités et les défis induits par l'utilisation de chacune de ces technologies, qu'elles soient utilisées seules ou conjointement, s'avère par conséquent essentiel afin d'élaborer des politiques adaptées à l'ère du numérique.

## La révolution des données

L'écosystème des technologies numériques repose sur les données. Celles-ci jouent un rôle croissant dans la transformation numérique et sont devenues une importante source de valeur, notamment à l'appui de la prise de décision et de la production. Si les problématiques liées aux données sont communes aux différents domaines d'action et sont abordées tout au long du présent rapport, il importe dans un premier temps d'appréhender les données en tant que ressource critique et source de valeur, et de tenter de comprendre certains des défis transversaux qu'elles posent.

### Les données en tant que ressource critique

Les données sont collectées depuis que les humains enregistrent des faits sous la forme de symboles (comme des nombres), mais les volumes recueillis par le passé ne sont qu'une goutte dans l'océan de données actuel. À tel point qu'aujourd'hui, plus de données sont produites chaque jour qu'entre la naissance de la civilisation et le début des années 2000 (Siegler, 2010<sup>[8]</sup>), à savoir quelque 5 exaoctets, soit l'équivalent de 1.25 milliard de DVD (CISCO, 2017<sup>[9]</sup>). Jusqu'à récemment, les humains recueillaient eux-mêmes la plupart des données, souvent sur des supports physiques comme le papier. Désormais, la majorité des données sont collectées par des machines dotées d'une capacité de stockage considérable, équipées de processeurs ultrarapides et connectées à l'internet.

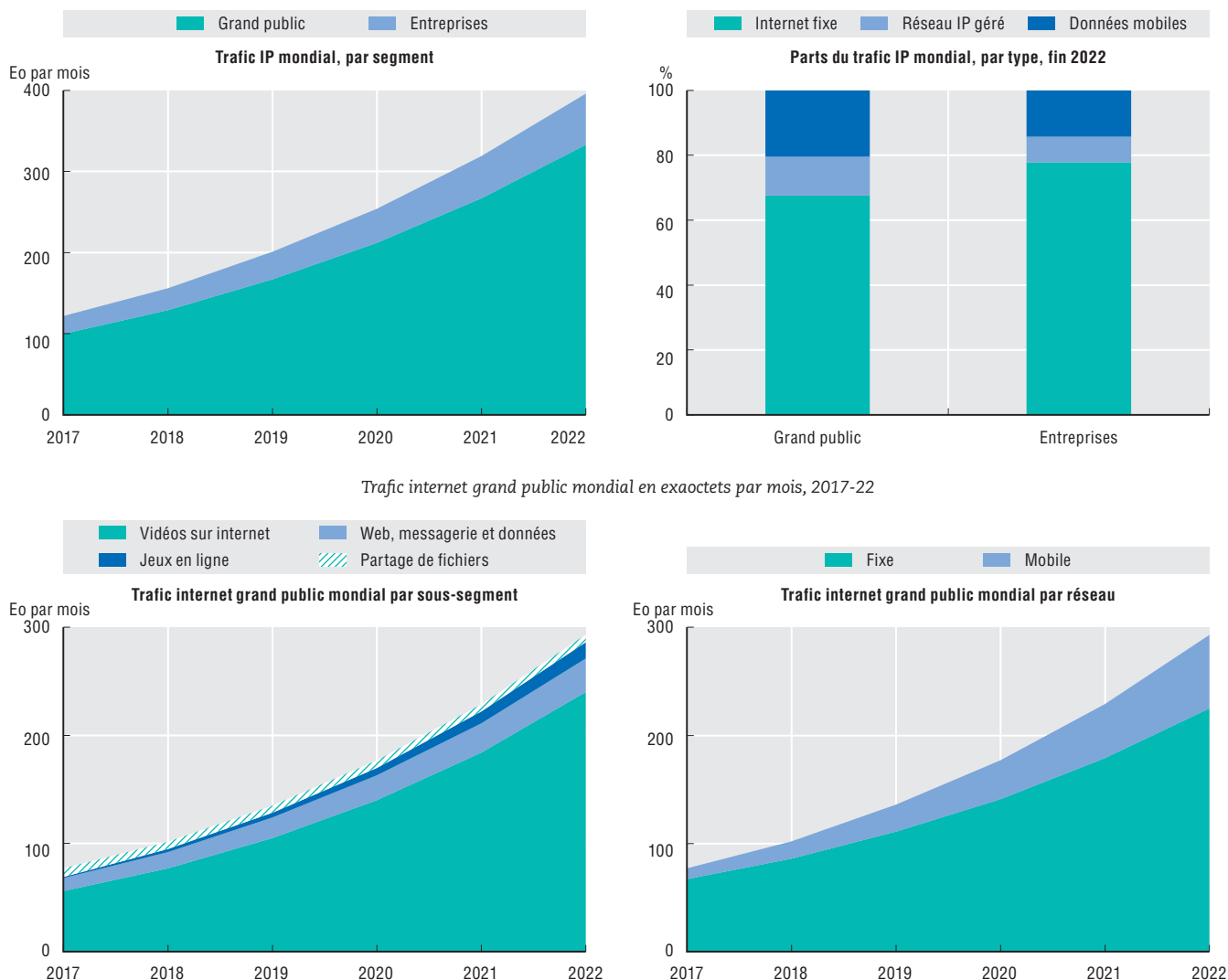
Les principales technologies qui produisent et utilisent des données sont ubiquitaires, de taille réduite et peu onéreuses, de sorte que plus d'un tiers de la population mondiale dispose d'un smartphone. Les appareils connectés, en particulier les smartphones, font office de plateformes centrales de collecte et de consommation des données, sans compter l'internet des objets et son cortège grandissant de capteurs et d'actionneurs intégrés aux appareils, aux infrastructures et aux environnements.

Tandis que les sources de données se multiplient, la majorité des données échangées sur les réseaux IP mondiaux, dont l'internet, sont créées et utilisées par le grand public, en particulier les vidéos en ligne. En 2018, elles représentaient 49 % du trafic IP mondial et 76 % du trafic internet grand public ; d'ici à 2022, les taux devraient atteindre respectivement 61 % et 82 %. Dans le même temps, l'essor le plus rapide du trafic internet devrait concerner les réseaux mobiles, avec une croissance annuelle de 47 % (taux de croissance annuel composé) du trafic internet grand public sur mobile entre 2017 et 2022 (graphique 1.2).

Les données sont devenues une ressource importante qui renferme une valeur. Il ne s'agit pas d'une ressource naturelle comme le pétrole, l'eau ou l'air : elles sont créées par l'homme et produites par l'activité des hommes – et, de plus en plus souvent, des machines. Elles ont comme caractéristiques principales d'être généralistes, non rivales et de faire partie des biens d'équipement<sup>3</sup> (OCDE, 2015<sup>[11]</sup>). Contrairement aux ressources naturelles, le volume des données augmente à mesure qu'on les collecte et les utilise. Les données numériques peuvent être copiées et réutilisées à l'infini, sont sources d'économies d'échelle et de gamme, sous-tendent l'IA, et peuvent être utilisées pour améliorer des produits existants ou en créer de nouveaux, ou encore pour inventer une nouvelle réalité (virtuelle). Ce qui signifie que la fonction d'allocation des ressources rares qui est le propre de l'économie pourrait s'en trouver modifiée si les données, en tant que ressource abondante, devaient être accessibles à tous.

**Graphique 1.2. Les vidéos internet grand public représentent près de la moitié du trafic IP mondial**

Trafic IP mondial en exaocets par mois, 2017-22



Trafic internet grand public mondial en exaocets par mois, 2017-22

Note : Eo = exaocet. Voir notes de chapitre<sup>4</sup>.

Source : CISCO (2018<sub>[10]</sub>), « Visual Networking Index: Forecast and trends », <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html> (consulté en janvier 2019).

StatLink <https://doi.org/10.1787/888933914784>

Les données numériques diffèrent des données analogiques en ce qu'elles peuvent être utilisées, réutilisées, copiées, déplacées et traitées à moindre coût, sans risque de dégradation et dans des délais très courts. Là encore, contrairement aux ressources naturelles, leur traitement et leur circulation ne sont contraints ni par la gravité, ni par la résistance des matériaux. Les données peuvent circuler à la vitesse de la lumière (d'où la caractéristique de « vitesse ») entre les personnes, les entreprises et les machines, par-delà les frontières et à travers la planète, en quelques millisecondes, grâce à la première infrastructure véritablement mondiale jamais bâtie : l'internet. Devant la difficulté de prendre en charge des volumes exponentiels de données échangés de par le monde, l'internet n'est plus seulement un réseau de réseaux, constitué de câbles, de points d'échange, de pylônes, etc. : désormais, la rapidité de transmission des données dépend aussi, de plus en plus, de la mise en mémoire cache locale, au plus près du lieu dont émane la demande des utilisateurs et de leurs exigences (encadré 1.2).



## Encadré 1.2. Réseaux de diffusion de contenu et mise en mémoire cache locale des données

Les réseaux de diffusion de contenu (RDC) servent d'agrégateurs de contenu, de systèmes de diffusion du trafic directement sur le réseau de terminaison, et de producteurs de services contribuant à l'amélioration de la qualité, tels que la mise en mémoire cache des données au plus près de l'utilisateur final. Les RDC sont utiles aux prestataires de services en ligne comme la BBC, Google, Netflix ou encore Hulu, qui cherchent à améliorer l'expérience de leurs utilisateurs. Une diffusion plus directe, des boucles intermédiaires moins nombreuses et la mise en mémoire cache locale contribuent à réduire les temps de latence et à renforcer la qualité des services.

La mise en mémoire cache locale des données réduit le volume de trafic qui doit être acheminé vers le réseau de terminaison. La mise en cache désigne le stockage local des données afin que des résultats passés servent de référence aux nouvelles requêtes, avec à la clé un temps de réponse réduit. Il n'est donc pas nécessaire d'accéder aux mêmes données (qui peuvent être stockées à une grande distance) pour répondre à des requêtes similaires à celles déjà exécutées. Les RDC sont utilisés à cette fin par des acteurs comme YouTube, qui propose un accès rapide à des vidéos de qualité via des caches locaux proches des consommateurs.

Source : Weller et Woodcock (2013<sup>[11]</sup>), « Internet traffic exchange: Market developments and policy challenges », <http://dx.doi.org/10.1787/5k918gpt130q-en>.

## Encadré 1.3. Différencier les types de données

Parmi les multiples possibilités de classer les données par type, une approche mise au point par l'OCDE et intéressant l'élaboration des politiques publiques consiste à opérer une distinction fondée sur les critères suivants :

- Les **données à caractère personnel** désignent les données permettant l'identification de la personne concernée (OCDE, 2013<sup>[15]</sup>). Elles peuvent recouvrir des données du secteur public (casier judiciaire, numéro de sécurité sociale) ou du secteur privé (contenu généré par l'utilisateur de type blogs, photos ou tweets, ou données de géolocalisation issues des appareils mobiles).
- Les **données du secteur public** comprennent les données générées, créées, collectées, traitées, protégées, tenues à jour, diffusées ou financées par ou pour l'administration ou les institutions publiques, y compris les données publiques ouvertes.
- Les **données du secteur privé** sont les données générées, créées, collectées, traitées, protégées, tenues à jour, diffusées et financées exclusivement par le secteur privé.
- Les **données (privées) propriétaires** comprennent les données du secteur public ou privé protégées par des droits de propriété intellectuelle (DPI) – droits d'auteur et secrets commerciaux, par exemple – ou par d'autres droits assortis d'effets similaires – énoncés dans des contrats ou des lois relatives à la lutte contre la cybercriminalité.
- Les **données de la recherche** incluent les enregistrements factuels (chiffres, textes, images et sons) qui sont utilisés comme sources principales pour la recherche scientifique et sont généralement reconnus par la communauté scientifique comme nécessaires pour valider des résultats de recherche.
- Les **données publiques (ou données du domaine public)** ne sont pas protégées par des DPI (ou par des droits similaires reconnus par la loi) et relèvent par conséquent du « domaine public » ; elles sont librement accessibles et peuvent être utilisées gratuitement par n'importe qui, pour quelque finalité que ce soit, sans restrictions légales.
- Les **données d'intérêt général** comprennent les données du secteur public ou privé, ainsi que les données à caractère personnel ou non, nécessaires pour atteindre des objectifs sociétaux bien définis qu'il serait par ailleurs impossible ou trop onéreux de réaliser.

Source : OCDE (à paraître<sup>[14]</sup>), *Enhanced Access to and Sharing of Data: Reconciling Risks and Benefits of Data Re-use across Societies*.

# 1. APPRÉHENDER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

Les données ne sont pas homogènes. En théorie, la variété des types de données est infinie. En pratique, de nombreuses approches sont mises au point pour distinguer les différents types de données et de flux de données, y compris à l'OCDE (encadré 1.3). Les critères de différenciation varient : on distingue par exemple les données du secteur public et celles du secteur privé ; les données à caractère personnel et les données non personnelles (Hofheinz et Osimo, 2017<sup>[12]</sup>) ; les données créées par les utilisateurs et celles générées par les machines ; les données classées selon les relations qu'entretiennent les acteurs qui les échangent – d'entreprise à entreprise (données financières ou IdO), d'entreprise à consommateur (médias, consommation), d'administration à utilisateur (services), ou de consommateur à consommateur (communications, données sociales) (Kommerskollegium, 2014<sup>[13]</sup>) – ; les données qualitatives ou quantitatives ; les données structurées ou non structurées ; ou les données d'après leur origine, selon qu'elles sont fournies, observées, dérivées ou déduites, etc. (OCDE, à paraître<sup>[14]</sup>).

## Extraire des informations à partir des données créées de la valeur

Les données en elles-mêmes ne recèlent pas nécessairement de valeur propre. Leur valeur dépend non seulement de leur volume, leur variété et leur vélocité (les « 3 V » des données massives), mais aussi de leur exactitude, leur qualité ou leur utilité, ainsi que d'autres facteurs intrinsèques (OCDE, 2011<sup>[16]</sup>). Les caractéristiques propres aux données peuvent représenter plus de valeur pour certains utilisateurs que pour d'autres ; ainsi, la « vélocité » est essentielle à une application fournissant des informations sur la circulation routière, beaucoup moins pour un service de généalogie en ligne. Cet exemple montre bien que la valeur dépend du contexte et des avantages potentiels de leur utilisation. Plus précisément, les données prennent de la valeur lorsque l'on peut en tirer des informations, lesquelles dépendent toujours du contexte (OCDE, 2013<sup>[17]</sup>).

L'analytique des données est incontournable si l'on veut en dégager des informations et créer de la valeur. Elle regroupe un ensemble de techniques et d'outils – logiciels, IA, outils de visualisation, etc. – permettant d'extraire des informations à partir des données, en révélant le contexte dans lequel elles s'inscrivent, ainsi que leur organisation et leur structure. L'analyse effective des données à l'aide de tels outils requiert en outre des capacités humaines, en particulier des compétences en analytique et en gestion de données. Les informations obtenues grâce à l'analytique des données peuvent être utilisées pour produire des connaissances et/ou éclairer la prise de décision. La création de valeur à partir des données ne relève pas d'un processus linéaire, mais s'inscrit dans un cycle de valeur comptant des boucles de rétroaction à différents stades. Ce cycle se caractérise par un processus continu, avec la mise en données et la collecte de données, la structuration des données massives, l'extraction des informations grâce à l'analytique, la constitution d'une base de connaissances, la prise de décision et l'ajout de valeur (OCDE, 2015<sup>[1]</sup>).

La création de valeur à partir des données vise avant tout à améliorer la prise de décision et stimuler l'innovation. Les données prennent de la valeur si elles servent à améliorer les processus sociaux et économiques, les produits, les méthodes organisationnelles et les marchés. L'innovation fondée sur les données sous-tend l'émergence de nombreux modèles économiques nouveaux qui transforment les marchés et les secteurs – de l'agriculture aux transports, en passant par la finance –, tirant par là même la croissance de la productivité (OCDE, 2015<sup>[1]</sup>). Plus généralement, les données et l'analytique représentent un pilier essentiel du capital intellectuel. Celui-ci sous-tend de plus en plus la production dans les économies de services et du savoir, et intègre la propriété intellectuelle (à savoir les brevets, droits d'auteur, dessins et modèles, et marques de commerce) et les compétences économiques (capital humain propre à l'entreprise, réseaux de personnes et d'institutions, savoir-faire organisationnel, etc.) (OCDE, 2013<sup>[18]</sup>). Enfin, cette création de valeur peut être exploitée, par exemple en élargissant l'accès aux données et en les partageant de manière à en favoriser la réutilisation (voir chapitre 2).

## Identifier les principaux défis inhérents aux données

Alors que les données deviennent une ressource sociale et économique, notamment à l'appui de la création de valeur, la prise de décision, l'innovation et la production, les décideurs doivent faire face à un certain nombre de problématiques. Parmi les plus importantes, citons en particulier la valeur, la propriété, les flux et la protection des données à caractère personnel, ainsi que les risques de concentration des données et de fractures.

Dans la mesure où la création de valeur intervient essentiellement lorsque les données sont contextualisées et analysées dans le but d'en déduire des informations, il est difficile d'évaluer leur valeur intrinsèque. De plus, l'environnement dans lequel certaines données sont utilisées tend à être incertain, complexe et dynamique – tel est le cas de la recherche, par exemple – (OCDE, 2013<sub>[17]</sub>). Sans compter que la valeur des données dépend de leur structure et de la capacité à en dégager des informations, grâce notamment aux techniques analytiques, aux technologies d'analyse des données, et aux connaissances et compétences préalables (OCDE, 2015<sub>[1]</sub>). De telle sorte qu'aujourd'hui, les tentatives en vue de déterminer la valeur des données ne donnent que des approximations imparfaites. Une estimation montre par exemple que les produits numériques – et, indirectement, les données utilisées par et pour ces produits – génèrent un surplus du consommateur considérable (Brynjolfsson, Eggers et Collis, 2018<sub>[19]</sub>).

La notion de « propriété des données » fait débat. Les droits afférents au contrôle de l'accessibilité, à la copie, à l'utilisation et à la suppression des données – soit les principaux droits associés à cette notion de propriété – sont influencés de diverses façons, notamment par les cadres juridiques, tels que ceux régissant les droits d'auteur et autres droits connexes, les droits applicables aux bases de données d'un type particulier, les secrets commerciaux ou encore, lorsque des données à caractère personnel sont en jeu, la législation en matière de protection de la vie privée (OCDE, 2015<sub>[1]</sub> ; OCDE, à paraître<sub>[14]</sub>). En pratique, le maillage complexe de cadres juridiques, conjugué à la multiplicité de parties intervenant dans la création et la réutilisation des données, y compris à l'échelle transnationale, incite de nombreux acteurs à se référer au droit des obligations comme principale source juridique pour déterminer les droits de propriété inhérents à l'accès aux données et à leur utilisation (OCDE, à paraître<sub>[14]</sub>).

Les données s'imposent progressivement comme la force vive des échanges à l'ère du numérique, de sorte que toute mesure agissant sur les flux de données risque d'avoir des incidences, notamment sur le commerce. De telles mesures peuvent faire suite à des réglementations relatives aux données, comme des obligations de stockage local, des accords de protection des données à caractère personnel ou des accords commerciaux dont le périmètre couvre les flux transfrontières de données. Certaines mesures imposent d'ores et déjà des conditions sur des flux transfrontières de données ou en interdisent d'autres. (Casalini et López González, 2019<sub>[20]</sub>). Nombre d'entre elles concernent les données à caractère personnel, pour lesquelles la *Recommandation du Conseil concernant les Lignes directrices régissant la protection de la vie privée et les flux transfrontières de données de caractère personnel*, adoptée par l'OCDE en 1980, dispose que : « Toute restriction de flux transfrontières de données de caractère personnel devrait être proportionnée aux risques présentés, compte tenu du caractère plus ou moins sensible des données, ainsi que de la finalité et du contexte du traitement » (OCDE, 2013<sub>[21]</sub>).

La protection des données passe nécessairement par une gestion du risque. Les avantages liés au stockage, à l'utilisation, à l'accessibilité et au partage des données doivent être mis en perspective avec les risques que peuvent poser l'une ou l'autre de ces activités, et les risques doivent être bien gérés afin d'optimiser les avantages (OCDE, 2015<sub>[22]</sub>). Pour cet exercice d'équilibrage, il importe de tenir compte des coûts et des intérêts privés, nationaux et publics légitimes, notamment des droits et des intérêts des parties prenantes intervenant dans la production et l'utilisation des données. La vie privée et les droits de propriété intellectuelle doivent être protégés et respectés, sous peine de compromettre les effets des incitations à contribuer aux activités liées aux données et à investir dans l'innovation fondée sur les données, sans compter les préjudices directs que pourraient subir les détenteurs des droits – y compris les personnes concernées par les données – (OCDE, à paraître<sub>[14]</sub>).

Par ailleurs, il se peut que les données ne soient pas réparties équitablement. On observe par exemple une concentration dans des pays comptant un nombre élevé de sites hébergés sur le territoire national et de centres de données en colocalisation – il s'agit souvent de pays fortement peuplés et disposant de politiques uniformes. La concentration est également visible aux niveaux des secteurs et/ou des entreprises, certaines entités détenant des volumes disproportionnés de données par rapport à d'autres. Ces mêmes entités tendent d'ailleurs à concentrer également la capacité nécessaire à la création de valeur – informations et connaissances – à partir des données. Les asymétries d'informations et de connaissances pourraient à leur tour influencer sur la répartition du pouvoir, avec un transfert : 1) des individus vers les organisations (notamment des consommateurs vers les entreprises, et des citoyens vers les administrations) ; 2) des entreprises traditionnelles vers les entreprises axées sur les données ; 3) des administrations vers les entreprises axées sur les données ; et 4) des économies à la traîne vers celles tournées vers les données. Ces mutations pourraient, par ricochet, donner lieu à de nouvelles fractures, avec à la clé des incidences en termes de cohésion sociale et de résilience économique (OCDE, 2015<sub>[1]</sub>).

Les stratégies nationales en matière de données pourraient aider à exploiter le potentiel des données, notamment via le partage et la réutilisation. Pour l'heure, rares sont les stratégies visant à établir un équilibre entre les problématiques susmentionnées et parvenir à un contrat social à même de concrétiser le potentiel des données. En revanche, des pays ont entrepris de se doter de telles stratégies, et certains aspects liés aux données sont d'ores et déjà couverts par les stratégies sur les données publiques ouvertes, ainsi que par les stratégies nationales relatives à l'économie numérique et/ou à la sécurité numérique ; d'autres aspects devraient être traités dans les stratégies nationales de protection de la vie privée que les pays sont en train de mettre en place (OCDE, à paraître<sup>[23]</sup>). Faisant fond sur les stratégies existantes, les pouvoirs publics pourraient envisager d'élaborer des stratégies consolidées de plus grande ampleur liées aux données, dans le cadre d'une approche globale cohérente visant à optimiser le potentiel de création de valeur, tout en affrontant les défis connexes (OCDE, 2018<sup>[24]</sup>).

### Propriétés phares (« vecteurs ») de la transformation numérique et évolution des modèles économiques

L'utilisation des technologies numériques et des données sous-tend la révolution numérique à l'œuvre dans de nombreux secteurs et domaines d'action. Pour mieux appréhender les effets transversaux de cette transformation, l'OCDE a recensé sept « vecteurs de la transformation numérique », qui en reflètent les principales caractéristiques (OCDE, 2019<sup>[25]</sup>). Ces vecteurs donnent un aperçu général en décrivant la nature transversale sous-jacente des mutations induites par la transformation numérique et leurs implications dans les différents secteurs et domaines d'action. Ils remédient ainsi à la vision souvent parcellaire des problématiques de fond et aident à aborder la transformation numérique selon une approche globale, à l'échelle de l'ensemble de l'administration (voir chapitre 9).

De nombreuses propriétés de la transformation numérique, telles que les nouvelles sources de création de valeur, ont des incidences sur les modèles économiques et les organisations. Les entreprises qui utilisent les technologies numériques et les données opèrent souvent dans des domaines autrefois dominés par des grands acteurs historiques. Dans certains cas, les nouveaux venus créent des marchés qui n'existaient pas jusque-là ; dans d'autres, ils bousculent les marchés en place, impulsant des changements structurels et poussant les entreprises traditionnelles à se réinventer. Des modèles économiques ont émergé récemment, qui tantôt prennent appui sur des plateformes électroniques, tantôt conjuguent des activités en ligne et traditionnelles. Autre type d'innovation, de nouveaux mécanismes de paiement voient le jour pour accompagner les transactions numériques dans un certain nombre de modèles économiques.

### Échelle, portée et vitesse du changement

Les technologies et les données numériques permettent aux entreprises de créer des produits numériques ou de numériser des produits existants, de convertir des processus opérationnels au numérique, d'acheter et de vendre en ligne, et de mettre en œuvre de nouveaux modèles économiques et organisationnels. Ces possibilités sous-tendent la transformation numérique des produits, des entreprises et des marchés. Celle-ci présente trois grandes caractéristiques, à savoir des économies d'échelle sans masse critique, de nouvelles économies de gamme dans les environnements numériques, et une rapidité sans précédent, avec à la clé des incidences sur l'action des pouvoirs publics (voir tableau 1.1).

De nombreuses entreprises qui vendent des produits numériques se caractérisent en premier lieu par leur capacité à opérer rapidement à grande échelle, sans accumuler une masse importante. Contrairement aux produits physiques, qui impliquent généralement des coûts fixes élevés et des coûts marginaux substantiels qui diminuent à mesure que l'échelle augmente, les produits numériques présentent essentiellement des coûts fixes, les coûts marginaux restant faibles, voire proches de zéro. Grâce à cette particularité, alliée à la couverture mondiale que permet l'internet, les entreprises et les plateformes prospères peuvent atteindre rapidement une échelle internationale, parfois avec très peu d'employés ou d'actifs corporels, donc « sans masse critique » (Brynjolfsson et McAfee, 2014<sup>[26]</sup>). Si aucune ne saurait atteindre son échelle maximale sans une certaine masse, elles peuvent, avec les produits numériques, réussir à mondialiser leurs activités avec peu de sites de production (voire aucun) et des effectifs limités. A contrario, dans les secteurs traditionnels, l'expansion mondiale suppose au moins une présence physique.

**Tableau 1.1. Vecteurs de la transformation numérique : échelle, portée et vitesse**

Vecteurs	Description	Exemples d'incidences sur l'action des pouvoirs publics
<b>Changement d'échelle sans masse critique</b>	Les coûts marginaux des produits et services numériques de base, notamment des logiciels et des données, sont proches de zéro. Conjugué à la couverture mondiale de l'internet, cela permet à ces produits, ainsi qu'aux entreprises et aux plateformes qui y recourent, de prendre rapidement de l'envergure, souvent avec des effectifs et un volume d'actifs corporels limités et/ou avec une faible assise géographique.	L'effet d'échelle lié à l'adoption du numérique peut permettre de rapidement gagner des parts de marché, dont le niveau peut fluctuer ; par conséquent, les politiques devraient viser à limiter les barrières à l'entrée et les obstacles à l'innovation et intégrer des approches différenciées selon la taille, avec par exemple des seuils <i>de minimis</i> et la catégorisation en fonction de l'effectif.
<b>Portée panoramique</b>	Le numérique facilite la création de produits complexes intégrant de multiples fonctionnalités et caractéristiques (tels les smartphones) et offre la possibilité de décliner, de combiner et d'adapter à l'infini les services. Les normes d'interopérabilité permettent de réaliser des économies de gamme au niveau des produits, des entreprises et des secteurs.	Il pourrait être nécessaire de mettre en place des politiques couvrant plusieurs domaines d'action, ce qui supposerait de coordonner des problématiques jusque-là traitées séparément et d'adopter une approche pluridisciplinaire. On pourrait alors préférer aux règles spécifiques des principes de haut niveau, passer d'une harmonisation stricte à une interopérabilité, et faire converger les autorités chargées de la surveillance des politiques.
<b>Vitesse : dynamique temporelle</b>	Les activités que le numérique contribue à accélérer évoluent plus rapidement que les processus institutionnels délibératifs et les procédures et comportements figés, et se heurtent aux limites de l'attention humaine. En outre, la technologie permet de garder plus facilement trace des informations du présent et de sonder, d'indexer, de réutiliser à d'autres fins, de revendre et de mémoriser les informations passées.	Des principes directeurs pourraient s'avérer préférables à des règles spécifiques susceptibles d'être rapidement frappées d'obsolescence. Le recours à de nouvelles approches, telles les bacs à sable réglementaires et l'exploitation des flux de données et de l'analytique des données massives pourraient à la fois accélérer et favoriser une élaboration des politiques plus itérative et flexible.

Source : OCDE (2019<sub>[25]</sub>), « Vectors of Digital Transformation », <https://dx.doi.org/10.1787/5ade2bba-en>.

La deuxième caractéristique tient aux nouvelles économies de gamme dans les environnements numériques. Tandis qu'elles désignaient auparavant l'avantage que les conglomérats capables de gérer un grand nombre de lignes de produits tiraient de la mutualisation de certains coûts (frais juridiques et financiers, comptabilité et marketing) ou de l'intégration verticale, les économies de gamme tiennent, à l'ère du numérique, à la capacité de catégoriser, codifier et stocker l'information dans un format numérique standardisé, ce qui jette les bases d'interactions efficaces et contribue à réduire les coûts de transaction (Goldfarb et Tucker, 2017<sub>[27]</sub>). Les entreprises peuvent dès lors personnaliser les produits numériques en quasi temps réel, nouer et entretenir des relations pérennes avec les clients et vendre différents produits, tout en transcendant les frontières sectorielles (une entreprise peut par exemple intervenir dans les secteurs de la vente au détail, des services TIC et de la gestion de commandes/logistique).

Les économies de gamme résultent également de la capacité des technologies numériques à conjuguer de nombreuses fonctionnalités grâce aux possibilités de combinaison, d'intégration, de miniaturisation et de dématérialisation efficaces qu'elles offrent. Cela facilite l'innovation et l'ingénierie combinatoires, sources d'enrichissement fonctionnel (à l'instar d'un smartphone qui allie des fonctions de téléphonie, de navigation, de photographie et de musique, auxquelles les utilisateurs peuvent ajouter une kyrielle d'autres applications, le tout sur un seul et même appareil) (Varian, 2017<sub>[28]</sub>). Tandis que les modèles économiques fondés sur les données prolifèrent dans tous les secteurs, de l'agriculture à la finance en passant par les transports et la vente au détail, les entreprises expertes en données disposent d'un avantage compétitif, ce qui leur permet d'élargir leur champ d'action (et les incite à le faire) pour gagner de nouveaux secteurs soit en qualité de nouveaux entrants, soit via l'acquisition d'entreprises existantes.

La troisième caractéristique a trait à la vitesse, exprimée en termes d'accélération des activités économiques et sociales : les marchés s'équilibrent plus vite, les idées se propagent plus rapidement, les délais associés à la distance fondent, de même que le temps nécessaire pour mobiliser et développer une communauté ou pour commercialiser un produit. De plus en plus, l'avantage revient aux précurseurs ou aux plus réactifs et procède de l'agilité conférée par un apprentissage rapide et itératif. Cela donne lieu à trois types d'approches associées à l'ère du numérique ; on distingue ainsi : 1) les entreprises qui promettent d'« avancer vite et de casser les codes » (Taplin, 2017<sub>[29]</sub>) ; 2) celles qui opèrent un changement d'échelle sans attendre d'engranger des bénéfices<sup>5</sup>, une attitude facilitée par les coûts marginaux proches de zéro liés au partage de communications et d'informations numériques ; et 3) celles qui lancent une idée avant qu'elle soit aboutie, en tablant sur le fait que l'apprentissage itératif viendra de sa mise en pratique sur le marché. Ces caractéristiques motivent les entreprises à miser sur un apprentissage rapide – et chercher à exploiter au mieux un cadre d'action qui évolue lentement.

## Encadré 1.4. Modèles économiques fondés sur des innovations en matière de paiement numérique

Si de nombreuses entreprises bénéficient de l'un des trois vecteurs que sont l'échelle, la portée et la vitesse, d'autres tirent parti d'une combinaison quelconque des trois. Par exemple, le secteur financier a été l'un des premiers à adopter les technologies numériques et a vu émerger récemment des innovations majeures liées à des modèles économiques fondés sur les données. Les solutions numériques ont contribué au « dégroupage » de nombreuses fonctions qui étaient jusque-là essentiellement aux mains des banques, comme le paiement – notamment en numéraire, par carte de débit ou de crédit, ou par virement –, l'octroi de crédits, la négociation et la titrisation (OCDE, 2018<sup>[30]</sup> ; OCDE, 2018<sup>[31]</sup>).

Les innovations liées aux paiements dématérialisés, tels que les paiements mobiles (avec par exemple M-Pesa), par l'intermédiaire des opérateurs de réseaux mobiles, font leurs preuves, en particulier sur les marchés financiers moins développés. Certaines cryptomonnaies promettent la transparence et l'inviolabilité des transactions, tandis que grâce aux portefeuilles numériques, il devient possible de retirer ou de transférer des fonds à la demande au moyen d'appareils connectés, ce qui ouvre la voie à des paiements sans contact dans le monde physique.

De telles solutions peuvent être déployées sans investir dans des lecteurs de cartes de crédit, des DAB ou des agences bancaires physiques, y compris à l'échelle internationale (échelle) ; elles peuvent être intégrées à des points de vente en ligne et, de plus en plus fréquemment, utilisées dans des magasins physiques (portée) ; certaines peuvent être déployées rapidement et largement, garantissant souvent un service plus rapide que les solutions de paiement conventionnelles (vitesse).

## Propriété, actifs et valeur économique

Les avantages en termes d'échelle, de portée et de vitesse conférés par la numérisation et le passage au numérique des produits, processus et organisations incitent les entreprises à investir dans des actifs incorporels et de nouvelles sources de valeur. Ces entreprises peuvent être de purs acteurs du numérique, qui opèrent exclusivement en ligne. Mais les entreprises traditionnelles sont également de plus en plus nombreuses à investir dans des actifs incorporels en vue d'enrichir leurs produits physiques de fonctionnalités numériques et/ou d'y adjoindre des services auxiliaires. Enfin, certaines qui étaient présentes à l'origine uniquement sur l'internet étendent leurs activités au monde physique. En conclusion, les entreprises détiennent de plus en plus de capital incorporel et exploitent de nouvelles sources de création de valeur, avec à la clé des incidences sur l'action des pouvoirs publics (tableau 1.2).

Tableau 1.2. Vecteurs de la transformation numérique : propriété, actifs et valeur économique

Vecteur	Description	Exemples d'incidences sur l'action des pouvoirs publics
<b>Capital incorporel et nouvelles sources de création de valeur</b>	On note une progression des investissements dans les actifs incorporels tels que les logiciels et les données. Les capteurs qui génèrent des données permettent d'adjoindre aux machines et équipements (moteurs à réaction, tracteurs, etc.) de nouveaux services. Les plateformes permettent aux entreprises et aux individus de louer ou de partager facilement leurs actifs physiques, ce qui fait évoluer la nature de la propriété (de la détention d'un bien vers une utilisation sous forme de service, par exemple).	Les décideurs pourraient chercher à mieux aligner les incitations en faveur de l'investissement sur l'économie de l'innovation et de la production numériques (la R-D, les données, la propriété intellectuelle, par exemple). La capacité à commercialiser de manière efficiente les services dérivés des actifs physiques (par opposition aux investissements directs) pourrait avoir des incidences sur les incitations à investir et les mesures de l'investissement et de la productivité.

Note : R-D = recherche et développement.

Source : OCDE (2019<sup>[25]</sup>), « Vectors of digital transformation », <https://dx.doi.org/10.1787/5ade2bba-en>.

Depuis le milieu des années 2000, une part croissante des investissements des entreprises porte sur des actifs incorporels plutôt que sur des actifs physiques traditionnels (OCDE, 2013<sup>[32]</sup>). L'investissement dans les actifs incorporels a bondi au point de rattraper, voire de dépasser le capital traditionnel dans un certain nombre d'économies développées (Corrado, Hulten et Sichel, 2006<sup>[33]</sup>). De par leur nature incorporelle, les actifs de type savoir-faire ou processus d'entreprise peuvent être numérisés en tout ou partie – à savoir encodés dans des données et des logiciels –, ce qui permet aux entreprises d'adopter

de nouvelles formes d'organisation, des sources et des processus de création de valeur nouveaux, et des modèles économiques inédits.

La rentabilité des investissements dans les actifs incorporels et les produits numériques n'est plus à démontrer. Alors qu'il y a seulement dix ans, nombreux étaient ceux qui considéraient ce type d'investissement comme un pari risqué, les entreprises commercialisant des produits numériques sont devenues ces dernières années les plus valorisées au monde. En 2018, sept des dix plus grandes entreprises au monde tiraient la majorité (sinon l'intégralité) de leurs revenus des produits numériques, et six des dix entreprises de l'internet les plus valorisées opéraient exclusivement dans le secteur du numérique, que ce soit en qualité d'exploitants de plateformes électroniques, d'éditeurs de logiciels ou de prestataires de services financiers numériques (Meeker, 2018<sup>[34]</sup>).

Les entreprises plus traditionnelles commercialisant des biens physiques, ainsi que les détenteurs de capital, peuvent également exploiter de nouvelles sources de création de valeur. Par exemple, des entreprises comme Rolls Royce et John Deere utilisent les capteurs intégrés à leurs biens d'équipement physiques (moteurs à réaction ou tracteurs, par exemple) pour collecter et utiliser des données sur les performances des équipements et les conditions d'exploitation ; elles sont alors à même de fournir des services auxiliaires, souvent vendus conjointement avec les biens physiques (OCDE, 2018<sup>[6]</sup>). De même, les détenteurs d'actifs, tels que les acteurs des secteurs immobilier, automobile et informatique, tendent à utiliser leur capital en donnant accès à leurs actifs et en le commercialisant sous forme de services sur les plateformes électroniques.

Autre exemple, certains ateliers industriels et processus de production intègrent un « jumeau numérique » qui opère parallèlement au processus physique (OCDE, 2018<sup>[35]</sup>). Il est ainsi possible de collecter et d'analyser des données en vue d'améliorer les performances du processus de production. Les exploitants peuvent alors optimiser le contrôle des opérations de manière à accroître l'efficacité, prendre des décisions éclairées afin de concilier au mieux performances et durabilité, planifier la charge et la répartition des tâches, réaliser en temps utile les opérations de maintenance, anticiper les problèmes autrement coûteux et explorer l'avenir par la simulation.

### **Encadré 1.5. Modèles économiques alliant des fonctions en ligne et traditionnelles**

Les entreprises traditionnelles sont de plus en plus nombreuses à se tourner vers l'internet et à combiner des composantes numériques et physiques. Au contraire, certaines entreprises qui ont débuté avec des activités en ligne font aujourd'hui le chemin inverse. Il ne s'agit pas là du simple fait de disposer d'un site web, mais d'aborder les environnements en ligne comme une extension naturelle du magasin physique et inversement. D'une part, les détaillants traditionnels utilisent les sites internet, les applications mobiles, les caisses en libre-service, les bornes électroniques et les technologies de rayonnage intelligent ; d'autre part, les cybervendeurs ouvrent des magasins physiques adossés à des composantes numériques, fluidifiant ainsi les processus d'achat traditionnels et offrant à leurs clients la possibilité de commander en ligne et de récupérer leurs achats en magasin (avec les services de type *click and collect*).

Le comportement des consommateurs évolue lui aussi. Par exemple, ils peuvent rechercher un produit sur l'internet avant de l'acheter dans un magasin physique, tout en consultant les avis et en comparant les prix en ligne. De même, certaines entreprises mêlent des activités en ligne et en magasin, pour la vente de produits périssables (fruits et légumes, par exemple) ou de biens nécessitant des ajustements spécifiques qu'il serait difficile de jauger en ligne (tels que les vêtements sur mesure) (OCDE, 2019<sup>[36]</sup>).

## **Relations, marchés et écosystèmes**

La numérisation et la transformation numérique ne seraient rien sans l'internet. Le web permet en effet aux interactions, aux relations et aux flux de valeur numériques d'avoir lieu à tout moment, quelle que soit la distance ; il sous-tend la migration ou la création de marchés en ligne ; et il facilite l'émergence d'écosystèmes faisant intervenir une multitude d'acteurs, de communautés, de produits et de marchés souvent interdépendants. La transformation de l'espace, la montée en puissance de la « périphérie », ainsi que les plateformes et écosystèmes ont tous des incidences sur l'action des pouvoirs publics (tableau 1.3).

# 1. APPRÉHENDER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

**Tableau 1.3. Vecteurs de la transformation numérique : relations, marchés et écosystèmes**

Vecteurs	Description	Exemples d'incidences sur l'action des pouvoirs publics
<b>Transformation de l'espace</b>	Par nature immatériels et codés à l'usage de machines, les logiciels, les données et les ressources informatiques peuvent être stockés ou exploités n'importe où. La valeur est donc dissociée des frontières géographiques, ce qui met à mal les principes traditionnels de territorialité, de communautés locales et de souveraineté. Cette séparation ouvre la voie à des possibilités d'arbitrage juridictionnel.	Il pourrait s'avérer nécessaire de revoir les politiques fondées sur des spécifications géographiques telles que les critères de lien, les règles d'origine ou des marchés définis, afin de tenir compte d'autres aspects du processus de création et de distribution de la valeur (lieu de la création de valeur par rapport à la réalisation de la valeur, par exemple). Cette séparation entre la création de valeur et l'utilisation renforce la nécessité de veiller à l'interopérabilité des politiques entre les pays et les régions.
<b>Montée en puissance de la périphérie</b>	Le principe de « bout en bout » de l'internet a donné lieu à un déplacement de l'intelligence du centre vers la périphérie du réseau. Équipés de leur ordinateur et de leur smartphone, les utilisateurs peuvent désormais innover, et concevoir et bâtir leurs propres réseaux et communautés grâce aux listes de diffusion, aux hyperliens et aux médias sociaux.	Les politiques publiques doivent tenir compte de cette réorientation du centre (les grandes institutions) vers des unités plus granulaires, comme les individus. Cela concerne aussi bien les politiques en matière de sécurité numérique que les politiques du travail et sociales.
<b>Plateformes et écosystèmes</b>	Les coûts de transaction moindres des interactions numériques sont le résultat de l'essor non seulement des relations directes, mais aussi des plateformes multifaces adossées au numérique, qui à leur tour contribuent à faire baisser encore davantage les coûts de transaction sur de nombreux marchés. Plusieurs plateformes parmi les plus importantes font essentiellement office d'écosystèmes propriétaires, avec des degrés divers d'intégration, d'interopérabilité, de partage de données et d'ouverture.	Les politiques publiques doivent tenir compte de la dynamique des marchés de plateformes électroniques, qui peuvent certes ouvrir la voie à des gains d'efficacité, mais aussi rétablir des intermédiaires et induire une concentration des activités, avec à la clé des incidences possibles sur le maintien d'un niveau de concurrence suffisant. Les pouvoirs publics pourraient aussi être appelés à repenser l'offre de services publics pour davantage mettre à profit les plateformes.

Source : OCDE (2019<sup>[25]</sup>), « Vectors of digital transformation », <https://dx.doi.org/10.1787/5ade2bba-en>.

L'internet a des incidences sur des réseaux préexistants, provoque une migration de l'intelligence du centre vers la périphérie et favorise la convergence. Il y a trente ans, les réseaux étaient spécialisés dans un type de service ou de contenu. Ainsi, les réseaux téléphoniques commutés étaient utilisés pour transmettre des communications vocales, tandis que les réseaux de radiodiffusion transmettaient du contenu vidéo. Ces réseaux se caractérisaient par un centre intelligent, mais des terminaux utilisateurs « passifs », à l'instar des téléphones analogiques ou des postes de télévision. L'internet a changé la donne avec le principe de « bout en bout » sur lequel repose le protocole IP<sup>6</sup>. L'intelligence du réseau a migré du centre vers la périphérie ; par conséquent, « les fonctions propres aux applications résident aux extrémités d'un réseau (un smartphone, par exemple) et non au niveau des nœuds intermédiaires » (Saltzer, Reed et Clark, 1984<sup>[37]</sup> ; Estrin, 12 août 2015<sup>[38]</sup>). L'internet permet en outre la transmission de différents types de données et d'informations (textuelles, vocales, vidéos, etc.), favorisant par là même la convergence de réseaux à l'origine distincts.

À mesure que l'internet gagne du terrain et que les coûts d'utilisation diminuent, les utilisateurs peuvent communiquer avec des interlocuteurs multiples, tissant ainsi de nouveaux réseaux adossés à l'internet. Ces communications à interlocuteurs multiples court-circuitent d'autres structures hiérarchiques ou de commandement pour le traitement de l'information. Tout comme la révolution industrielle a donné lieu à l'invention de l'entreprise à responsabilité limitée moderne, l'ère du numérique pourrait mener à de nouvelles formes d'organisation flexibles, configurées à partir d'une myriade de petites entreprises et de particuliers quasiment indépendants. Décomposer et recombiner les petites composantes de valeur pourrait atténuer encore davantage la distinction entre les catégories économiques, à savoir entre entreprise et consommateur, travail et loisir, domicile et bureau.

Cette décentralisation des fonctions se traduit par l'autonomisation et l'élargissement des réseaux, des marchés et des communautés, ce qui a une incidence sur les lieux de pouvoir et d'influence, ainsi que sur les interactions entre les individus, les entreprises et les pouvoirs publics. La réduction des asymétries d'information crée des opportunités pour les individus et les communautés ; les régions peuvent se connecter aux chaînes de valeur mondiales ; les entrepreneurs peuvent entrer en relation avec des clients, des bailleurs de fonds et des fournisseurs du monde entier ; et les individus peuvent devenir des éditeurs ou des journalistes. En revanche, les communications multipartites et la décentralisation entraînent une fragmentation du contrôle de l'information et limitent l'influence des « arbitres » traditionnels ou des acteurs de référence comme la presse, la télévision et la radio, ou encore les pouvoirs publics.



## Encadré 1.6. Modèles économiques fondés sur les plateformes électroniques

S'il existe de nombreuses définitions de la notion de « plateforme électronique », on s'accorde sur le fait que ce type de plateforme s'apparente à un « service numérique facilitant les relations entre au moins deux ensembles d'utilisateurs distincts mais interdépendants (entreprises ou individus, par exemple) qui interagissent par l'intermédiaire de ce service, via l'internet » (OCDE, 2019<sup>[39]</sup>). Les plateformes électroniques sont de plus en plus utilisées pour faciliter et structurer les interactions et les transactions en ligne, mettre en relation l'offre et la demande sur des marchés d'information, de biens et de services, et rassembler un ou plusieurs réseau(x) (qui représentent les « faces » de ces marchés) (OCDE, 2016<sup>[40]</sup>). Par exemple, les moteurs de recherche aident les internautes à trouver des informations, mais servent également à rapprocher les annonceurs et les utilisateurs ; les plateformes de covoiturage mettent en relation conducteurs et passagers ; les réseaux sociaux permettent le dialogue, le partage de contenu et les échanges commerciaux entre des particuliers, des entreprises et des annonceurs ; et les plateformes de commerce électronique assurent l'interface entre acheteurs et vendeurs.

En particulier, les plateformes multifaces centralisent les interactions en ligne, même si celles-ci interviennent indépendamment au sein de réseaux séparés (du moins en apparence). Ces plateformes bénéficient d'effets de réseau à la fois directs (la valeur du service fourni augmente avec le nombre d'utilisateurs) et indirects (le nombre des utilisateurs d'un service accroît la valeur des services complémentaires). En réduisant les asymétries d'information et les coûts de transaction, les plateformes électroniques permettent par ailleurs aux marchés de gagner en efficacité. Les entreprises traditionnellement enclines à préférer la production à l'achat (Coase, 1937<sup>[41]</sup>) lorsque les informations et le prix des intrants sont incertains peuvent dès lors acheter directement sur le marché.

Source : OCDE (2019<sup>[39]</sup>), *An Introduction to Online Platforms and their Role in the Digital Transformation*, <https://doi.org/10.1787/53e5f593-en> ; OCDE (2016<sup>[40]</sup>), « New forms of work in the digital economy », <https://dx.doi.org/10.1787/5jlwnklt820x-en> ; Coase (1937<sup>[41]</sup>), « The nature of the firm », [https://www.jstor.org/stable/2626876?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2626876?seq=1#page_scan_tab_contents).

Alors que le déplacement de l'intelligence du centre vers la périphérie du réseau favorise la décentralisation, l'intermédiation sur l'internet crée au contraire des possibilités de centralisation. En particulier, les plateformes électroniques jouent ce rôle d'intermédiation en ouvrant la voie au commerce électronique, aux services de diffusion, de recherche et de stockage de contenu et aux réseaux sociaux (encadré 1.6). D'une part, les plateformes en ligne favorisent la décentralisation en réduisant les obstacles à la participation, renforçant souvent la montée en puissance de la périphérie. Par exemple, des plateformes comme Amazon, MercadoLibre et Alibaba contribuent à réduire les coûts de lancement d'une entreprise en offrant des moyens rapides et simples de mettre en place des vitrines en ligne, d'attirer des clients et d'exécuter des commandes. D'autre part, elles induisent une concentration du contrôle du service propriétaire proposé, puisqu'elles détiennent la technologie sous-jacente, fixent les règles d'interaction, et collectent des données auprès des utilisateurs et à leur sujet.

Au-delà de l'émergence des plateformes électroniques, les technologies numériques permettent le développement d'écosystèmes numériques et de modèles économiques connexes. Ces écosystèmes intègrent des combinaisons d'applications, de systèmes d'exploitation, de plateformes et/ou de matériel qui interagissent de manière à améliorer l'expérience des utilisateurs et/ou agréger des données (tel est le cas des tablettes Fire d'Amazon, avec la version modifiée Fire OS du système d'exploitation Android et les applications et livres numériques interopérables ; ou encore des iPhones et iPads d'Apple, avec leur système d'exploitation iOS et les applications interopérables proposées via le magasin d'applications Apple). Les écosystèmes offrent certes aux utilisateurs une facilité d'emploi, une commodité et une ergonomie à laquelle ils peuvent aisément s'habituer, mais peuvent également restreindre l'interopérabilité avec les éléments qui leur sont extérieurs. Ils confèrent par conséquent des avantages aux entreprises exploitant un modèle tirant parti de l'ensemble de leurs composantes, mais peuvent dans le même temps induire des coûts de transfert pour les utilisateurs si (et quand) un meilleur produit voit le jour. Cela permet aux entreprises en place de repousser les nouveaux entrants et de disposer d'un avantage compétitif sur leurs concurrents.

### Notes

#### Israël

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

1. Le processus de normalisation relève de la responsabilité du 3GPP. Une étape importante du processus de normalisation de la 5G a été franchie en juin 2018, avec la finalisation de la première phase de la norme, qui concerne l'ultra haut débit mobile. La deuxième phase, qui devrait s'achever en 2019, portera sur l'amélioration de l'écosystème 5G pour les communications massives de machine à machine et les applications IdO critiques.
2. Un pétaoctet correspond à peu près au volume de données produites au cours de 3.4 années d'enregistrements continus de vidéos en haute définition intégrale.
3. Les biens d'équipement sont des produits autres que les intrants de matières et le carburant, utilisés pour la production d'autres biens et/ou services.
4. Graphique 1.2 : Le segment « Grand public » inclut le trafic IP fixe généré par les ménages, les populations universitaires et les cybercafés ; le segment « Entreprises » comprend le trafic IP fixe WAN ou internet des entreprises et administrations ; « Internet » désigne l'ensemble du trafic IP transitant sur une dorsale internet ; « Réseau IP géré » comprend le trafic IP WAN d'entreprise et les flux sur IP de contenus TV et vidéo à la demande ; le type « Données mobiles » inclut les données mobiles et le trafic internet généré par les téléphones, ordinateurs bloc-notes et passerelles haut débit pour téléphonie mobile ; « Vidéos sur internet » comprend les vidéos en ligne en format court (vidéos YouTube, par exemple), les vidéos en ligne en format long (sur Hulu, etc.), les vidéos en direct sur internet, les vidéos internet diffusées sur TV (Netflix sur appareils Roku, par exemple), l'achat et la location de vidéos en ligne, la visualisation par webcam et la vidéosurveillance via le web (à l'exclusion des téléchargements de fichiers vidéos en mode pair à pair) ; « Web, messagerie et données » désigne le trafic lié à la navigation sur le web, aux applications de messagerie et de messagerie instantanée et autres flux de données (à l'exclusion du partage de fichiers) ; « Jeux en ligne » inclut les jeux vidéo en ligne simples, les jeux sur console en réseau et les jeux de monde virtuel multijoueurs ; « Partage de fichiers » inclut le trafic de pair à pair depuis tous les systèmes de pair à pair reconnus comme BitTorrent et eDonkey, ainsi que le trafic issu des systèmes de partage de fichiers basés sur le web.
5. « Depuis sa création, la Société [AMAZON.COM, INC.] a enregistré des pertes importantes et affichait au 31 mars 1997 un déficit cumulé de 9.0 millions USD. La Société estime que sa réussite dépendra dans une large mesure de sa capacité à (i) développer le positionnement de sa marque, (ii) offrir à ses clients une valeur hors pair et une expérience d'achat supérieure, et (iii) atteindre un volume de ventes suffisant pour réaliser des économies d'échelle. C'est pourquoi la Société entend investir massivement dans le marketing et la promotion, le développement de sites et le développement d'infrastructures technologiques et opérationnelles. Elle entend en outre mettre en place des programmes tarifaires attractifs, ce qui aura pour effet de réduire ses marges brutes. Parce qu'elle réalise des marges brutes relativement faibles sur ses produits et compte tenu des niveaux d'investissements prévus, sa rentabilité dépendra de sa capacité à générer et maintenir des revenus en hausse significative. En conséquence, la Société estime qu'elle enregistrera des pertes d'exploitation substantielles dans un avenir proche, et que celles-ci devraient augmenter sensiblement par rapport aux niveaux actuels » [traduction libre] (United States Securities and Exchange Commission, 1997<sup>[43]</sup>).
6. « [...] chaque appareil connecté à l'internet devrait être capable d'échanger des paquets de données avec n'importe quel autre appareil disposé à les recevoir » [traduction libre] (Drake, Vinton et Kleinwächter, 2016<sup>[42]</sup> ; Estrin, 12 août 2015<sup>[38]</sup>).

## Références

- Brynjolfsson, E., F. Eggers et A. Collis (2018), « Using massive online choice experiments to measure changes in well-being », *NBER Working Paper*, n° w24514, <https://ssrn.com/abstract=3163281>. [19]
- Brynjolfsson, E. et A. McAfee (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, WW Norton & Company, New York. [26]
- Casalini, F. et J. López González (2019), « Trade and Cross-Border Data Flows », *OECD Trade Policy Papers*, n° 220, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/b2023a47-en>. [20]
- CISCO (2018), « Visual networking index: Forecast and trends », <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.html> (consulté le 4 janvier 2019). [10]
- CISCO (2017), « The Byte Scale », CISCO, [https://www.cisco.com/c/dam/assets/sol/sp/vni/qa\\_c67-482177-1.jpg](https://www.cisco.com/c/dam/assets/sol/sp/vni/qa_c67-482177-1.jpg) (consulté le 4 octobre 2018). [9]
- Coase, R. (1937), « The nature of the firm », *Economica*, New Series, vol. 4, n° 16, pp. 386-405, [https://www.jstor.org/stable/2626876?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2626876?seq=1#page_scan_tab_contents). [41]
- Corrado, C., C. Hulten et D. Sichel (2006), « Intangible capital and economic growth », *NBER Working Paper* n° 11948, <https://www.nber.org/papers/w11948>. [33]
- Drake, W., C. Vinton et W. Kleinwächter (dir. pub.) (2016), *Internet Fragmentation: An Overview*, Forum économique mondial, Davos, [https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/121102/1/WEF\\_FII\\_Internet\\_Fragmentation\\_An\\_Overview\\_2016.pdf](https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/121102/1/WEF_FII_Internet_Fragmentation_An_Overview_2016.pdf). [42]
- Estrin, J. (12 août 2015), *Kodak's first digital moment*, *The New York Times*, [https://lens.blogs.nytimes.com/2015/08/12/kodaks-first-digital-moment/?\\_r=0](https://lens.blogs.nytimes.com/2015/08/12/kodaks-first-digital-moment/?_r=0) (consulté le 21 février 2019). [38]
- Goldfarb, A. et C. Tucker (2017), « Digital economics », *NBER Working Paper*, n° w23684, <https://www.nber.org/papers/w23684>. [27]
- Hofheinz, P. et D. Osimo (2017), *Making Europe a Data Economy: A New Framework for Free Movement of Data in the Digital Age*, Lisbon Council, Bruxelles, <https://lisboncouncil.net/publication/publication/143-a-new-framework-for-free-movement-of-data.html>. [12]
- Kommerskollegium (2014), *No Transfer, No Trade: The Importance of Cross-border Data*, National Board of Trade, Stockholm, [https://www.kommers.se/Documents/dokumentarkiv/publikationer/2014/No\\_Transfer\\_No\\_Trade\\_webb.pdf](https://www.kommers.se/Documents/dokumentarkiv/publikationer/2014/No_Transfer_No_Trade_webb.pdf). [13]
- Meeker, M. (2018), *Internet Trends*, [https://www.kleinerperkins.com/files/INTERNET\\_TRENDS\\_REPORT\\_2018.pdf](https://www.kleinerperkins.com/files/INTERNET_TRENDS_REPORT_2018.pdf). [34]
- Metodi, T., A. Faruque et F. Chong (2011), *Quantum Computing for Computer Architects*, Morgan & Claypool Publishers, San Rafael, CA. [7]
- Moore, G. (1965), « Cramming more components onto integrated circuits », *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, n° 1, pp. 82-85, <http://www.cs.utexas.edu/~fussell/courses/cs352h/papers/moore.pdf>. [2]
- OCDE (2019), *An Introduction to Online Platforms and their Role in the Digital Transformation*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/53e5f593-en>. [39]
- OCDE (2019), « The road to 5G networks: Experience to date and future developments », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, n° 284, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/2f880843-en>. [4]
- OCDE (2019), *Unpacking E-commerce: Business Models, Trends and Policies*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/23561431-en>. [36]
- OCDE (2019), « Vectors of digital transformation », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, n° 273, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5ade2bba-en>. [25]
- OCDE (2018), *Financial Markets, Insurance And Pensions: Digitalisation and finance*, OCDE, Paris, <https://www.oecd.org/finance/private-pensions/Financial-markets-insurance-pensions-digitalisation-and-finance.pdf>. [30]
- OCDE (2018), *La prochaine révolution de la production : Conséquences pour les pouvoirs publics et les entreprises*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264280793-fr>. [6]
- OCDE (2018), *OECD Equity Market Review: Asia 2018*, OCDE, Paris, <http://www.oecd.org/daf/ca/OECD-Equity-Market-Review-Asia-2018.pdf>. [31]
- OCDE (2018), *Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2017 : La transformation numérique*, Éditions OCDE, [https://doi.org/10.1787/sti\\_scoreboard-2017-fr](https://doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2017-fr). [35]
- OCDE (2018), *Vers le numérique dans un monde multilatéral*, OCDE, Paris, <http://www.oecd.org/fr/rcm-2018/documents/C-MIN-2018-6-FR.pdf>. [24]
- OCDE (2016), « New forms of work in the digital economy », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, n° 260, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5jlwnklt820x-en>. [40]

# 1. APPRÉHENDER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

## Notes et Références

- OCDE (2016), « The Internet of Things: Seizing the benefits and addressing the challenges », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, n° 252, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5j1wvzz8td0n-en>. [3]
- OCDE (2015), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-being*, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264229358-en>. [1]
- OCDE (2015), « Recommandation du Conseil sur la gestion du risque de sécurité numérique pour la prospérité économique et sociale », in *La gestion du risque de sécurité numérique pour la prospérité économique et sociale: Recommandation de l'OCDE et document d'accompagnement*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264246089-1-fr>. [22]
- OCDE (2014), « Cloud computing: The concept, impacts and the role of government policy », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, n° 240, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5jxzf4lcc7f5-en>. [5]
- OCDE (2013), « Exploring data-driven innovation as a new source of growth: Mapping the policy issues raised by 'big data' », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, n° 222, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5k47zw3fcp43-en>. [32]
- OCDE (2013), « Exploring the economics of personal data: A survey of methodologies for measuring monetary value », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, n° 220, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5k486qtxldmq-en>. [17]
- OCDE (2013), « Privacy Expert Group report on the review of the 1980 OECD Privacy Guidelines », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, n° 229, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5k3xz5zmj2mx-en>. [21]
- OCDE (2013), *Recommandation du Conseil concernant les Lignes directrices régissant la protection de la vie privée et les flux transfrontières de données de caractère personnel*, OCDE, Paris, <https://legalinstruments.oecd.org/public/doc/115/115.fr.pdf>. [15]
- OCDE (2013), *Supporting Investment in Knowledge Capital, Growth and Innovation*, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264193307-en>. [18]
- OCDE (2011), *Quality Framework and Guidelines for OECD Statistical Activities*, Éditions OCDE, Paris, [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=std/afs\(2011\)1&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=std/afs(2011)1&doclanguage=en). [16]
- OCDE (à paraître), *Enhanced Access to and Sharing of Data: Reconciling Risks and Benefits of Data Re-use across Societies*, Éditions OCDE, Paris. [14]
- OCDE (à paraître), « Towards national privacy strategies », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, Éditions OCDE, Paris. [23]
- Saltzer, J., D. Reed et D. Clark (1984), « End-to-end arguments in system design », *ACM Transactions on Computer Systems*, vol. 2, n° 4, pp. 277-288, <http://dx.doi.org/10.1145/357401.357402>. [37]
- Siegler, M. (2010), Eric Schmidt: « Every 2 Days, We Create As Much Information As We Did up to 2003 », *Tech Crunch*, <https://techcrunch.com/2010/08/04/schmidt-data/?guccounter=1> (consulté le 4 octobre 2018). [8]
- Taplin, J. (2017), *Move Fast and Break Things: How Facebook, Google, and Amazon Cornered Culture and Undermined Democracy*, Little, Brown and Company, Boston. [29]
- United States Securities and Exchange Commission (1997), *Amazon Annual Report 1997*, <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1018724/0000891020-97-000603.txt>. [43]
- Varian, H. (2017), *Measurement Challenges in High Tech*, <https://www2.census.gov/adrm/fesac/2017-06-09/Varian-Presentation.pdf>. [28]
- Weller, D. et B. Woodcock (2013), « Internet traffic exchange: Market developments and policy challenges », *Documents de travail de l'OCDE sur l'économie numérique*, n° 207, Éditions OCDE, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5k918gpt130q-en>. [11]



Extrait de :

## Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264312012-en>

### Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2019), « Appréhender la transformation numérique », dans *Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/c9bc73c5-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org). Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com) ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) [contact@cfcopies.com](mailto:contact@cfcopies.com).