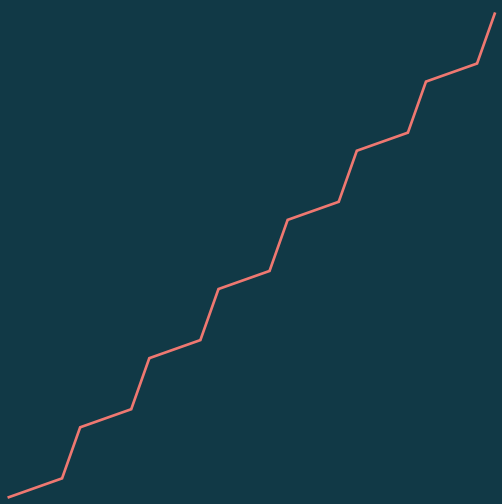
Rapport d'orientation stratégique **2020**

L'âge de raison… et après ?

Pour un numérique durable, responsable et de confiance : éclairages prospectifs à l'horizon 2025-2030



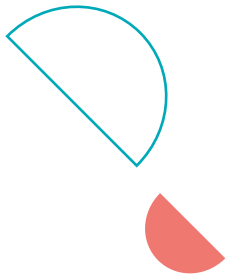
Cigref
RÉUSSIR LE NUMÉRIQUE
50 ANS

Avant-propos

Bernard Duverneuil,
Président du Cigref

Lors de son Assemblée générale d'octobre 2019, le Cigref annonçait que le numérique entrait dans son âge de raison. Nous appelions alors notre écosystème à une prise de conscience de la nécessité de construire, ensemble, un numérique durable, responsable et de confiance. Dans le prolongement de cette prise de position, nous avons souhaité donner une nouvelle impulsion et engager une réflexion de fond sur le nouvel âge numérique et ses perspectives d'évolution.

Jusqu'à l'an dernier, les orientations stratégiques du Cigref était le fruit d'un travail de recherche en amont qui donnait lieu à la rédaction d'un plan stratégique à cinq ans. Le plan stratégique Cigref 2020, que notre association a pu déployer depuis 2016, était ainsi le fruit des travaux effectués entre 2010 et 2015 dans le cadre de la Fondation Cigref. Il nous a ensuite paru intéressant, mais sans doute aussi nécessaire, d'introduire plus de dynamisme et d'agilité dans notre réflexion stratégique et avons souhaité nous appuyer sur la méthode de raisonnement prospectif.



Cette nouvelle approche a pour objectif d'éclairer les réflexions du Cigref par des prospectives plus larges et de faire émerger des thématiques qui devront être abordées dans le cadre de nos travaux d'intelligence collective. Elle est fondée sur un cycle annuel, et repose sur deux outils clés et une méthodologie rigoureuse. Le premier de ces outils est le Conseil d'orientation stratégique, composé à parité de représentants de membres du Cigref et de personnalités qualifiées. Je saisis l'occasion pour les remercier sincèrement du temps qu'ils ont consacré à cet exercice, particulièrement enrichissant pour le Cigref et, nous l'espérons, source de réflexion complémentaire pour eux également. Le second outil est ce rapport d'orientation stratégique, première édition de ce travail annuel. Rédigé sous le pilotage du Conseil d'orientation stratégique, nous avons fait des choix et adopté des partis pris, pour présenter la vision prospective du Cigref sans ambition d'exhaustivité. Ce document permettra désormais d'orienter la stratégie d'action de notre association et de structurer son plan d'activité annuel.

La prospective est un exercice complexe, particulièrement en des temps troublés tels que ceux que nous connaissons actuellement. La crise actuelle a perturbé tous les secteurs d'activités, l'incertitude s'est accrue, renforçant la nécessité de se doter d'outils permettant d'éclairer l'avenir. Nous nous sommes beaucoup interrogés sur la pertinence de nos réflexions au fur et à mesure que la crise sanitaire et économique se développait. Nous pensons néanmoins que la plupart des sous-jacents sociétaux identifiés resteront à l'œuvre sur le long terme, et que les perturbations énormes induites par le Covid ne feront qu'ajouter à la complexité de notre démarche dans les années à venir. La prospective ne consiste pas à faire des prédictions sur le futur mais à donner un coup d'avance à l'organisation qui effectue l'exercice et d'anticiper des évolutions avant que les événements ne la contraignent. Nous sommes heureux d'avoir pu mener ce travail avec Futuribles, l'un des partenaires historiques du Cigref, afin de bénéficier de son apport méthodologique et de son expérience en prospective.

Je vous souhaite une excellente lecture de ce premier rapport d'orientation stratégique du Cigref !

Introduction

par **Henri d'Agrain,**
délégué général du Cigref

Contexte

Le Cigref présente dans cet ouvrage son premier exercice de prospective à horizon de 10 ans, mené dans le cadre de sa nouvelle démarche stratégique. Le contexte dans lequel nous avons finalisé ce travail de prospective, entre les mois de mars et de juillet 2020, cela n'aura échappé à personne, est tout à fait inédit. Il a considérablement accru l'incertitude qui entoure les analyses formulées dans chacun des champs de transformation que nous avons retenus, sans toutefois en invalider, à notre sens, la pertinence. Cette incertitude, liée à la situation globale dans laquelle s'insèrent les enjeux numériques que nous avons tenté de décrire et d'analyser, mérite que nous lui accordions un chapitre préliminaire afin d'en proposer quelques caractéristiques qui pourront s'avérer nécessaires, en complément de notre propos ultérieur. Nous n'évoquerons que peu le numérique dans ce chapitre de contextualisation. En revanche, nous tenterons, avec beaucoup d'humilité et de prudence, de mettre en lumière quelques-unes des lignes de force stratégiques qui structureront, dans les années qui viennent, l'activité numérique des grandes entreprises et des grandes administrations publiques pour lesquelles nous avons réalisé ce travail de prospective.

Toute réflexion portant sur les conditions de sortie de la crise sanitaire et de son corolaire en matière de reprise d'activité et de redémarrage de l'économie, doit s'accompagner d'un travail exigeant de prospective, notamment en raison des nombreuses incertitudes qui demeurent encore. Incertitudes scientifiques d'abord, lesquelles commandent toutes les autres, sur la contagiosité, sur la létalité, sur les mutations possibles du SARS-CoV-2, et sur la rapidité de mise au point d'un traitement ou d'un vaccin. Incertitudes économiques et politiques ensuite, qui oscillent entre deux scénarios extrêmes.

Le premier scénario, optimiste, décrit un épisode brutal certes, mais passager, suivi d'un retour à la normale dans le fonctionnement de l'économie et des institutions au tout début de l'année 2021. A l'opposé, le second scénario, pessimiste, dessine une situation où les mesures prises pour freiner l'épidémie, d'une ampleur inédite, entraîneront un ébranlement et une mutation profonde de l'économie mondiale, ainsi que des systèmes politiques et sociaux. Quant aux projections de long terme, elles dépendront beaucoup de l'intensité et de la durée du triple choc sanitaire, économique et social, et de ses éventuelles répliques. Les conditions de la sortie de crise vont donc rester, probablement pour de longs mois encore, très incertaines. Beaucoup de temps va passer avant que nous puissions établir le scénario de sortie le plus probable, entre ces deux scénarios extrêmes, autrement que par une conviction intime et non étayée.

Nous retenons, pour la description du contexte dans lequel s'inscrit notre travail de prospective, quatre champs de référence : la géopolitique et les relations internationales, l'environnement et le changement climatique, la crise sanitaire provoquée par le virus SARS-CoV-2, enfin l'économie et les effets de sa globalisation. Ces champs ne sont bien entendu pas indépendants les uns des autres, et nous sommes amenés à faire des allers et retours fréquents entre chacun d'eux. Mais ils permettent de donner quelques clés de lecture pour la suite, malgré les partis pris que nous avons adoptés. Par ailleurs, il est toujours intéressant, dans une perspective archivistique et historique, de décrire le contexte tel qu'il a été perçu et compris, ayant servi de toile de fond à un travail de prospective au moment où celui-ci a été mené.

Géopolitique et relations internationales

La question géopolitique et les relations internationales demeurent des déterminants majeurs du contexte dans lequel se déploient les activités économiques, industrielles et commerciales. Le système international est principalement organisé par les Etats, qui en sont les principaux sujets de droit. La crise sanitaire n'a pas modifié cette situation de manière significative. En revanche, elle a mis en relief certaines tendances, et a participé à l'accélération de certaines d'entre elles. Nous en retiendrons quatre principalement.

Première observation, la Chine et sa montée en puissance depuis au moins trente ans. Cette ascension de la Chine, comme toute ascension d'une nouvelle puissance, génère des craintes de la part des autres grandes puissances qui se sentent menacées. En 2001, le directeur de la CIA, sous la présidence de George W. Bush, désignait la Chine comme la principale menace pour les Etats-Unis. Les événements dramatiques du 11 septembre 2001 devaient distraire les Etats-Unis de cette menace pendant une quin-zaine d'année jusqu'à l'élection du Président Trump. Parallèlement, les économies occiden-tales, sous l'influence de l'idéologie du mondia-lisme libéral, se sont largement accommodées de l'ouverture du marché chinois, et se sont engagées dans des stratégies de production à bas coût en Chine. Elles ont par ailleurs été assez négligentes avec les transferts technologiques vers la Chine. Ce facteur est l'un des principaux éléments de la modification du système international que le Pré-sident Trump a dénoncé dès le début de son man-dat et a attaqué au plan commercial. Accélération considérable des tensions, notamment autour de Taïwan et de Hong Kong, délocalisations et transferts technologiques ont mis l'essentiel de l'économie mondiale en situation d'extrême dépendance vis-à-vis de la Chine. L'actuelle pandémie a eu pour effet d'amplifier une crise inéluctable et de montrer que la Chine de Xi Jinping met en œuvre, finalement, une pratique assez banale de l'impérialisme, celle de garantir son accès aux ressources matérielles et spatiales dont elle a besoin, raison pour laquelle notamment elle a jeté son dévolu sur l'Afrique, renforce son hégémonie sur la mer de Chine, déploie ses « routes de la soie », ou développe une communication agressive et jalouse de sa souveraineté. La situation à moyen terme de la Chine reste néanmoins compliquée. Elle compte entre 300 à 500 millions d'habitants qui ont accédé à un niveau correspondant à celui des classes moyennes occidentales. Mais il reste environ 900 millions de chinois qui vivent dans une situation de relative ou grande précarité. Par ailleurs, les données de sa démographie se dégradent encore, avec une natalité au plus bas historique et une accélération du vieillissement de la population, entrainant une inversion progressive de la pyramide des âges. Le besoin de fermeté du régime s'accroit pour maintenir la stabilité du pays et poursuivre sa mutation dans un contexte beaucoup moins favorable qu'au cours des trente dernières années.

Deuxième observation majeure, l'affaiblissement progressif du multilatéralisme, dont le système juridique s'est construit autour de l'ONU au milieu du vingtième siècle. Il s'affaiblit à un moment où la communauté internationale en aurait de plus en plus besoin dans le triple contexte de pandémie planétaire, de dégradation des relations entre la Chine et les Etats-Unis, et d'accélération du changement climatique. Le leader historique

du système multilatéral, les Etats-Unis, s'en détourne, depuis une décennie en contrepoint du déplacement de son centre de gravité stratégique de l'Atlantique vers le Pacifique. La présidence Trump a accéléré cette tendance, l'a érigée en principe explicite, et les alliances comme l'OTAN même sont désormais en voie de dégradation. A cet égard, l'attitude de la Turquie en Méditerranée orientale, et au sein de son aire d'influence turcophone et islamique, membre de l'OTAN et candidate à une adhésion à l'Union européenne, est proprement stupéfiante, et illustre cet affaiblissement des organisations supranationales de régulation des relations internationales. Nous sommes confrontés dès maintenant, et pour la décennie qui vient, à un système mondial toujours plus interdépendant mais de moins en moins organisé et régulé, dans lequel le risque de chaos est croissant et où les risques d'affrontement s'accroissent même s'ils restent limités.

Troisième observation majeure, le renforcement inattendu de l'Union européenne à la faveur de la crise sanitaire qui aura servi d'accélérateur dans la douleur. L'histoire de l'Union s'est toujours faite sur le front des crises, et c'est ce qui se passe actuellement. C'est à la suite de la chute de l'URSS que s'est opéré l'élargissement aux pays de l'Est et la création de la monnaie unique. La crise financière de 2008, elle, a permis la mise en œuvre d'une série de mesures de consolidation de l'euro. Et il est très probable qu'à la faveur de cette crise Covid-19, les politiques sanitaires soient incluses dans les politiques communes. Par ailleurs, le plan de sauvetage financier de l'Union est sans précédent, plan pour lequel la Chancelière Merkel et la Présidente von der Leyen ont bravé le juridisme de la Cour de Karlsruhe ! L'Union européenne est désormais engagée, semble-t-il, dans une dynamique existentielle de puissance, et non plus de sujet passif des relations internationales. D'ailleurs, les concepts de souveraineté et d'autonomie stratégique ne sont plus des gros mots mais des options politiques identifiées et inscrites dans la feuille de route de la Commission pour les cinq prochaines années.

Notre quatrième observation majeure porte sur la place systémique, voire totalisante, qu'occupe désormais le cyberespace dans le monde, dans les affaires des Etats comme des entreprises, mais également dans la vie personnelle voire intime de plus de la moitié des êtres humains. Commun global pour les uns, et à ce titre vecteur de développement et d'opportunité à l'échelle de l'humanité, nouvel espace de conflictualité pour les autres dans lequel se déploieraient essentiellement des stratégies de pouvoir et d'affrontement, la place du cyberespace dans les relations internationales est encore en pleine construction. Cet espace, qui ne répond pas aux catégories traditionnelles du territoire, de la frontière, de la souveraineté, ne dispose pas encore d'un droit international public permettant de réguler son usage au profit du plus grand nombre et l'affranchissant des appropriations illégitimes par des intérêts étatiques ou privés. A cet égard, nous retenons, pour la soutenir, l'initiative engagée par la France, sous le nom d'Appel de Paris, et lancée par le Président de la République Emmanuel Macron le 12 novembre 2018 en faveur de la confiance et de la sécurité dans le cyberespace. L'Appel de Paris porte les prémices et l'espoir d'un nouvel ordre mondial au sein du cyberespace, au profit de son développement comme vecteur de progrès pour l'humanité.

Environnement et changement climatique

L'évidence est désormais acquise du caractère anthropocène du réchauffement climatique ainsi que l'urgence à mettre en œuvre toutes les mesures qui auront pour effet de réduire les émissions de gaz à effet de serre. L'actualité nous le rappelle en effet, et jour après jour, les prévisions concernant l'avenir du climat sont bien sombres. Il apparaît peu probable que l'humanité réussisse à s'affranchir des conséquences lourdes de ce changement climatique en préservant son modèle de croissance. Si la science et la technologie sont mobilisées pour tenter de fournir des solutions, elles ne pourront enrayer le développement des scénarios les plus pessimistes à elles seules. Il semble de plus en plus probable que nous soyons inéluctablement confrontés à l'exigence d'une inflexion profonde de nos modes de pensée, à l'impérieuse nécessité de modifier notre façon de vivre, nos pratiques professionnelles, et notre modèle de croissance. Tous les Etats européens, toutes les entreprises globales, tous les grands organismes ont désormais intégré cette exigence dans leur stratégie et leur communication, avec un résultat bien faible pour le moment si l'on s'en tient aux seuls chiffres des modèles climatiques et de consommation des énergies fossiles. A l'évidence, seule la réduction drastique d'utilisation de ces dernières serait de nature à avoir un effet concret sur l'évolution du climat, et l'humanité ne semble pas en prendre le chemin. L'utilisation du charbon et des hydrocarbures, notamment non conventionnels, est en augmentation constante, particulièrement en Chine et aux Etats-Unis, lesquels concentrent, à eux deux, entre 40 et 45 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

La question environnementale ne se réduit pas au seul changement climatique, même si celui-ci semble constituer la principale menace de long terme qui pèse sur l'humanité. L'exploitation des matières premières, la préservation des espaces naturels et de la biodiversité, la gestion des déchets et leur recyclage, la disponibilité et la qualité de l'eau pour ses différents usages et les conflits associés, sont quelques-unes des multiples difficultés que les acteurs politiques, économiques et sociaux vont devoir affronter, de manière massive et coordonnée, dans les décennies qui viennent. Et les 10 prochaines années seront, à n'en pas douter, déterminantes pour la définition de la trajectoire que la communauté internationale s'accordera à adopter.

Les efforts à fournir pour modifier et réorienter le modèle de développement carboné, que l'humanité a emprunté au cours du 19e siècle, sont colossaux. De nombreux commentateurs, surfant sur la sidération provoquée par la crise sanitaire, tentent de recycler les idées d'hier, comme le concept de décroissance ou l'abrogation du capitalisme, voire la mise entre parenthèses de la démocratie au regard de l'urgence environnementale. Ces approches, aux connotations très idéologiques, essentiellement malthusiennes, et pour certaines démagogiques et non étayées par les faits et la science, entreront, au cours des prochaines années, en compétition croissante avec des approches de croissance raisonnée, articulant des stratégies volontaristes de sobriété environnementale avec une recherche scientifique et une innovation technologique, vigoureusement orientées pour apporter des solutions concrètes à la question environnementale et climatique.

Pandémie et crise sanitaire

La situation pandémique provoquée par l'émergence du virus SARS-CoV-2 est probablement, pour les prochaines années, l'un des principaux facteurs qui va régir et structurer le contexte dans lequel les entreprises vont devoir repenser leurs activités. Tout d'abord, alors que le monde n'est pas sorti de cette crise sanitaire, et qu'elle devrait pour de longs mois encore avant qu'un hypothétique vaccin ne soit mis sur le marché, conditionner toutes les relations professionnelles, avec la menace toujours présente, d'un reconfinement sévère, les entreprises dépensent une énergie considérable à mettre en place les conditions et protocoles leur permettant de poursuivre au moins partiellement leurs activités. Certains secteurs, à commencer par l'aéronautique, mais aussi le tourisme, la restauration ou la culture, sont profondément et durablement touchés. Ces secteurs n'échapperont probablement pas à des restructurations drastiques si les conséquences de la pandémie sur leurs activités devaient s'inscrire dans la durée, comme cela semble se dessiner pour certains d'entre eux.

Les pouvoirs publics, tout au moins dans les pays occidentaux, ont massivement soutenu les entreprises, au prix d'une croissance vertigineuse des dettes publiques et des émissions monétaires. Ils ont dû faire face à des augmentations soudaines et importantes des besoins d'emprunt et à la volatilité des conditions du marché. La capacité des Etats à trouver des solutions dans la durée à ces défis de liquidité et de financement est essentielle pour soutenir à la fois l'efficacité de leur réponse d'urgence et le bon fonctionnement des marchés financiers. A cet égard, nous noterons la réponse inédite de l'Union européenne, laquelle s'est dotée pour la première fois de son histoire, contre la doctrine maintes fois rappelée de la Cour constitutionnelle allemande de Karlsruhe, et en dépit de l'opposition de quatre Etats membres du groupe dit des « frugaux », d'un instrument de mutualisation des dettes. Même si certains observateurs estiment que l'ambition de cette mesure reste modérée, elle est clairement d'inspiration fédéraliste, ce qui pourrait engager l'Union européenne dans une nouvelle étape de l'approfondissement de ses institutions, comme bien souvent dans son histoire à la faveur d'une crise.

Les conséquences sociales de la pandémie devraient également se révéler particulièrement sévères. Nous voyons se profiler le spectre de la récession, avec son cortège de faillites, une hausse massive du nombre de chômeurs, et l'extension de la précarité, de la pauvreté et de la misère, malgré les efforts sans précédent, particulièrement en Europe, des solidarités nationales. Cette hausse du chômage aura notamment des effets délétères sur l'emploi des étudiants qui sortent de l'enseignement supérieur et tentent de s'engager sur le marché du travail. Les jeunes diplômés de 2008 ont subi les conséquences de la crise financière, en termes de carrière et de rémunération pendant une dizaine d'années. Il est à craindre que les générations diplômées en 2020 et les années suivantes ne connaissent le même sort dans des proportions beaucoup plus importantes, malgré les dispositifs mis en place pour favoriser leur employabilité à coût réduit pour l'entreprise.

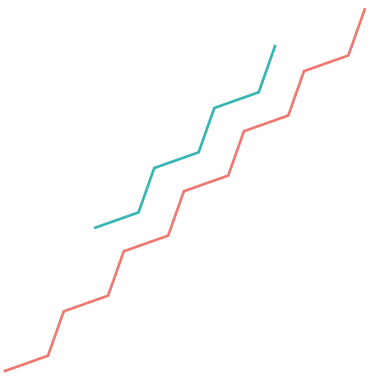
Economie et effets de sa globalisation

Au cours des 15 à 20 dernières années, l'économie mondiale a connu une amplification massive de la globalisation des chaînes de valeur, de leur extension à l'échelle planétaire. Ce phénomène, qui a touché pratiquement tous les secteurs d'activité, a bénéficié de la convergence de plusieurs facteurs dont les effets cumulatifs furent de nature exponentielle. Le premier facteur, à l'évidence, c'est l'ouverture de la Chine et la mise à disposition de l'économie mondiale de coûts industriels particulièrement bas, entraînant un basculement massif de nombreuses opérations de production vers l'Asie. Deuxième facteur, ce mouvement a été amplifié, en moins de deux décennies, par la croissance fulgurante des moyens de communication grâce à l'Internet, offrant la capacité d'une production ubiquitaire de biens comme de services à l'échelle de la planète. Enfin, troisième facteur, nous avons assisté, au cours de cette même double décennie, à l'effondrement des coûts du transport. Entre le début des années 2000 et aujourd'hui, la taille des plus gros porte-conteneurs a plus que doublé, passant de 8 000 conteneurs équivalents vingt pieds à plus de 20 000 !

L'une des principales conséquences de cette globalisation des chaînes de valeur aura consisté en une optimisation des flux et une élimination progressive des stocks. Cette situation rend l'ensemble de ces chaînes de valeur extrêmement vulnérables à une rupture, même minime, de l'un de ses maillons. Le confinement de certaines régions du monde, singulièrement en Chine et dans la région de Wuhan, pour faire face à l'épisode pandémique de 2020 a provoqué l'arrêt de nombreuses usines et entraîné de graves conséquences sur la production de biens d'un nombre considérable d'entreprises. Par exemple, cela a impacté l'approvisionnement de certains médicaments ou préparations pharmaceutiques, ou encore de simples masques chirurgicaux que de nombreux pays ne savaient plus fabriquer ou approvisionner.

Une autre conséquence de taille de la globalisation des chaînes de valeur porte sur le glissement progressif d'une interdépendance des économies nationales vers une dépendance systémique, voire une sujétion, de celles-ci aux économies les plus puissantes, notamment celles de la Chine et des Etats-Unis. Dès lors, certaines économies, notamment celles des Etats européens, sont d'une extrême sensibilité à l'ordre géopolitique. Et la guerre économique que se livrent depuis quelques années les Etats-Unis et la Chine, est une illustration frappante de leur course à l'hégémonie technologique.

Il est donc raisonnable de penser que de nombreuses chaînes de valeur vont se réorganiser, dans les 10 prochaines années, pour renforcer leur résilience face à certains risques majeurs, qu'ils soient de nature géopolitique, sanitaire ou environnementale.



Pour conclure

En guise de conclusion de ces éléments contextuels, et afin de nous ramener vers notre sujet, le numérique, je vous propose un petit retour en arrière avec l'anecdote suivante. En 1994, l'ingénieur général des télécommunications Gérard Théry, grand commis de l'Etat, remettait à Edouard Balladur, le Premier Ministre de l'époque, son rapport dont le titre seul est resté fameux, « Les autoroutes de l'information », que le Gouvernement lui avait commandé. Dans la lettre de mission que le Premier ministre lui avait adressée, il lui demandait de l'éclairer *« sur les objectifs que devrait se fixer la France dans le domaine des autoroutes de l'information, ainsi que sur les responsabilités et les moyens de l'action publique à cet égard. »* Dans ce rapport, Gérard Théry tentait un exercice de prospective en exposant sa vision du rôle futur de l'Internet. Il écrivait ainsi à propos de ce réseau encore en devenir à l'époque, que *« son mode de fonctionnement coopératif n'est pas conçu pour offrir des services commerciaux. Sa large ouverture à tous types d'utilisateurs et de services fait apparaître ses limites, notamment son inaptitude à offrir des services de qualité en temps réel de voix ou d'images. »* Il concluait son analyse des faiblesses de l'Internet de l'époque en affirmant que ce *« réseau est donc mal adapté à la fourniture de services commerciaux. »* Au mois de juillet de cette même année 1994, au moment où Gérard Théry rendait son rapport à Edouard Balladur, Jeff Bezos créait à Seattle la société Amazon qui allait devenir, en moins de quinze ans, l'un des leaders mondiaux de la fourniture de services commerciaux par l'Internet.

Il n'est pas dans notre intention d'accabler Gérard Théry, mais bien de se rappeler, à travers ce qui n'est finalement pas qu'une anecdote, que la prospective est un exercice délicat qu'il convient d'aborder avec humilité et méthode. La prospective ne consiste pas à faire des prédictions ou à décrire l'avenir, mais à poser des hypothèses qui permettent d'éclairer la prise de décision et d'anticiper les difficultés. Nous espérons que la suite de ce travail répondra, au moins pour partie, à cette exigence.

Henri d'Agrain,
Délégué général du Cigref

Champs de transformation

Avant-propos 2
Introduction "Contexte" 4
Champs de transformation 12
Méthodologie 13

CHAMP **1** 14
Enjeux technologiques et nouveaux usages

CHAMP **2** 32
Numérique et environnement

CHAMP **3** 44
Risques cyber et enjeux géopolitiques

CHAMP **4** 56
Fournisseurs et services numériques

CHAMP **5** 70
Nouvelles formes de travail et engagement des collaborateurs

Membres du Conseil d'orientation stratégique 84
Remerciements 86
Equipe de publication 87

Méthodologie

Pour élaborer ce document, le Cigref, grâce à son Conseil d'orientation stratégique, a d'abord identifié puis sélectionné cinq grands champs de transformation du numérique. Ces champs réfèrent aux domaines où des évolutions majeures semblent à l'oeuvre et où le jeu d'acteurs apparaît mouvant, exigeant ainsi du Cigref et de ses entreprises membres une attention particulière. Les discussions et apports du Conseil, les travaux d'intelligence collective du Cigref, ainsi que la veille effectuée par l'équipe de publication a ensuite permis, pour chacun des champs, d'effectuer un travail d'identification des signaux forts et faibles de changements : les **tendances structurantes**, façonnant en profondeur leurs évolutions, les phénomènes nouveaux, susceptibles de changer significativement la donne d'ici 5 à 10 ans (dits "**émergences**"), les **incertitudes majeures**, et enfin les événements à faible probabilité mais à forts impacts s'ils arrivaient (**wild cards**).Dans chacune de ces catégories et particulièrement pour les incertitudes majeures, une approche PESTEL (dimension Politique, Économique, Sociale, Technologique, Environnementale et Légale ou réglementaire) a été adoptée pour s'assurer de couvrir l'ensemble des dimensions propres à chaque élément. L'ensemble de cette démarche a pour objectif de donner au lecteur un aperçu global et prospectif de ce que l'on considère cette année au Cigref comme les principales thématiques à aborder pour les prochaines années.

TENDANCE **STRUCTURANTE**

Tendance qui possède une forte inertie, ancrée dans un passé plus ou moins lointain, et particulièrement impactante pour le sujet étudié.

ÉMERGENCE

Phénomène aujourd'hui minoritaire, souvent nouveau, qui peut, s'il se confirme et se développe, entraîner une inflexion de tendance structurante ou donner lieu à une nouvelle tendance.

INCERTITUDE MAJEURE

Question déterminante pour l'avenir du champ, mais pour laquelle il n'existe pas de réponse aujourd'hui. Les différentes réponses envisageables peuvent conduire à différents scénarios pour l'avenir.

WILD **CARD**

Phénomène dont la probabilité d'occurrence est très faible mais dont les impacts seraient majeurs sur le sujet étudié.

Enjeux technologiques et nouveaux usages

1.

Les technologies jouent un rôle majeur et indispensable dans la transformation des organisations depuis leurs infrastructures et outils de fonctionnement jusqu'à leurs modèles d'affaires et relations clients. On identifie de nombreux impacts du numérique sur les organisations : optimisation de leurs moyens de production, diversification de leurs services, personnalisation de leurs offres, redéfinition des relations avec leurs écosystèmes.

La crise Covid-19 a mis en lumière la maturité d'un nombre important d'organisations, qui ont su passer très rapidement au travail à distance généralisé. Elles ont ainsi actionné les possibilités offertes par les outils collaboratifs en ligne et les systèmes gérés à distance. Cette transition s'est faite relativement rapidement, et ce malgré les freins qui préexistaient à la crise. D'après une enquête du Forum Vies Mobiles d'avril 2020[1], 33 % des actifs travaillent à distance, alors que selon l'INSEE, il n'y en avait que 7 % avant la crise. De même, face aux restrictions de déplacements, de nombreux acteurs ont proposé de nouveaux services ou des services renouvelés, pour continuer à répondre aux attentes de leurs clients (on pense notamment à la grande distribution alimentaire, qui a mis en place un service hebdomadaire de paniers-repas, livrés directement chez les clients).

Il est évident que, dans de telles transformations, le numérique a joué un rôle clé. **Ces transformations trouvent toutefois leurs ancrages dans le temps long.** C'est bien l'intégration progressive des nouveautés technologiques dans les organisations et **la longue imprégnation du numérique dans les pratiques individuelles et entrepreneuriales** qui ont permis aujourd'hui un tel basculement. Malgré les qualités évidentes des technologies numériques, démontrées dans un contexte difficile, il subsiste toutefois un certain nombre d'interrogations sur les évolutions technologiques à venir.

[1] Enquête sur les impacts du confinement sur la mobilité et les modes de vie des Français, Avril 2020 https://fr.forumviesmobiles.org/projet/2020/04/23/enquete-sur-impacts-confinement-sur-mobilite-et-modes-vie-des-francais-13285

TENDANCES STRUCTURANTES

Technologies matures, susceptibles de transformer en profondeur les organisations

Il s'agit ici d'identifier les technologies qui apparaissent les plus matures à la date de rédaction de ce document et donc les plus susceptibles de jouer un rôle majeur dans la structuration et les activités des organisations. Certaines technologies ont déjà fait évoluer les pratiques et les offres.

Parmi les plus matures, on retient donc en particulier :

Le développement du *cloud computing* et la conteneurisation des services

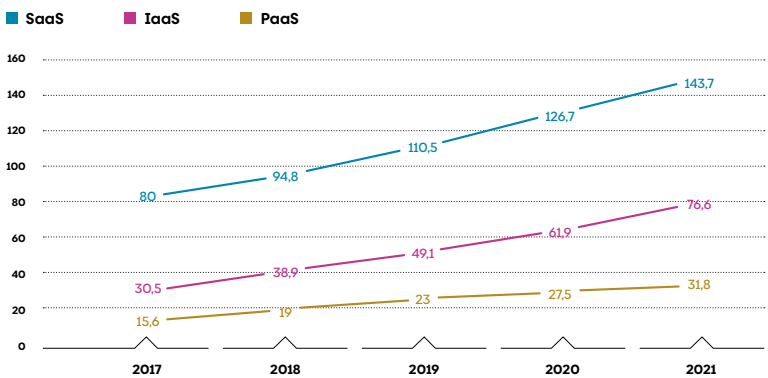
Le *cloud computing* est l'accès via un réseau de télécommunications, à la demande et en libre-service, à des ressources informatiques partagées configurables. Le *cloud* offre de la puissance informatique pour industrialiser, standardiser et faire des économies d'échelle par la mutualisation des ressources de stockage et de calcul. Le *cloud* permet aussi de mutualiser leur maintenance, tout en faisant bénéficier de la facturation à l'usage. Cela participe à l'optimisation des ressources et des coûts. La proposition de services *cloud* sur-mesure facilite la prise en main, l'utilisation, et l'évolution des infrastructures ou des applications par l'utilisateur. Les entreprises utilisatrices sont ainsi capables de rendre leur architecture SI plus flexible et résiliente mais également de délivrer des services « agiles » (« *Business As a Service* »), et donc d'innover. La plupart des entreprises adopte des stratégies hybrides entre plusieurs fournisseurs *cloud*. L'enjeu de l'interopérabilité devient alors crucial. Quelques plateformes proposent déjà de rassembler les accès à plusieurs fournisseurs *cloud*, à la demande.

Quelques freins subsistent à la pleine adoption du *cloud*. Parmi eux, le processus de migration des données est parfois un facteur bloquant. Pour l'accélérer, certaines entreprises proposent des outils d'automatisation.

Une autre limite au développement du *cloud computing* et à la virtualisation du SI dans le *cloud* est la complexité croissante des modèles de tarification qui rendent plus difficile le contrôle financier des serveurs et applications hébergées. Cela risque fort de devenir un frein car les entreprises auront peu les moyens de piloter les coûts d'exploitation. Cela peut être un blocage majeur dans un contexte de crise.

Avant la crise, Gartner envisageait une augmentation des revenus du secteur du *cloud* de 17 % en 2020. Le développement croissant de l'usage par les outils collaboratifs SaaS, accéléré pendant la crise Covid-19, va probablement augmenter l'adoption du *cloud* public. Selon Microsoft, l'usage de la plateforme collaborative Teams a connu une croissance de 775 % en Italie depuis le début de la pandémie. Comme les besoins de mutualisation des ressources devraient se maintenir sur le long terme, le développement du *cloud* pourra se conforter dans les dix prochaines années.

CLOUD MARKET REVENUE (IN BILLIONS OF DOLLARS)



Worldwide Public Cloud Service Revenue Forecast, par Gartner [2]

[2] Worldwide Public Cloud Service Revenue Forecast 2019, https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-04-02-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-revenue-to-g

Problématique du stockage des données dans le *cloud*

En 2025, environ 80 % des données pourront être stockées et traitées dans le *cloud*[3]. Mais la croissance exponentielle de la quantité de données produites interroge la soutenabilité du modèle *cloud*, tant au niveau économique et stratégique qu'énergétique. La mutualisation des ressources permise par le *cloud* ne réduit pas toutes les externalités environnementales *in fine*.

En fonction des secteurs d'activité et d'après le retour de certaines entreprises, entre 10 et 30 % de données stratégiques devraient rester en interne (*cloud* privé) ou dans un *cloud* de confiance qui assure alors la sécurité technique et juridique. Pour ce faire, le fournisseur du *cloud* ne doit être soumis à aucune loi d'extraterritorialité. Certaines entreprises fournissant un *cloud* sont en effet dépendantes des lois et des normes du pays où est situé leur siège social. De telles contraintes juridiques peuvent être problématiques pour les clients de pays étrangers, souhaitant bénéficier de leurs services, sans pour autant pâtir de telles restrictions.

Déploiement de la fibre optique et des câbles sous-marins

La partie physique du numérique repose également sur le développement et la pose de la fibre optique. La fibre permet de connecter plus rapidement les territoires au réseau. De même, les câbles sous-marins permettent la liaison entre continents, et utilisent également de la fibre optique. Ces quelques 400 liaisons intercontinentales sont indispensables pour le fonctionnement d'Internet. Elles représentent un **véritable enjeu stratégique invisible. Elles sont très convoitées** pour les capacités de contrôle des flux et de surveillance qu'elles permettent. La question de leur bonne maintenance et les risques de sabotage sont tout aussi cruciaux. Quelques acteurs puissants se positionnent sur leur déploiement : Google côté États-Unis, mais aussi l'équipementier chinois Huawei, le russe Yandex ainsi que l'européen Orange qui collabore avec différents partenaires (Google, Facebook) sur des câbles transatlantiques.

L'Internet des Objets

L'Internet des Objets est une expression qui décrit **l'interconnexion entre des objets, des lieux et des environnements physiques et virtuels.** La connexion des objets entre eux et au réseau génère et génèrera des transformations de plus en plus profondes des usages, des pratiques et des nouveaux possibles (et donc services) que ces interconnexions permettent. **La multiplication de capteurs** dans l'environnement physique, corrélée à cette expansion de l'Internet des Objets, est elle-même source d'opportunités de nouvelles offres de services personnalisés d'optimisation des infrastructures et des réseaux.

Parmi les objets connectés, on identifie en particulier ceux à usage professionnel ou de santé. Certains objets connectés sont ainsi essentiels aux entreprises ou aux autorités publiques pour superviser des infrastructures à distance, ou télé-maintenir des équipements critiques. D'autres servent à monitorer l'état de santé d'un individu et permettent un lien nouveau et plus précis entre le patient et les services de soins. Mais les objets connectés tendent à s'intégrer complètement dans le quotidien d'une grande majorité d'utilisateurs. Parmi les premiers de son espèce, le *smartphone* apparaît aujourd'hui indispensable pour beaucoup d'usagers. Il est probable que certains objets connectés vendus et utilisés à des fins de loisir ou de divertissement deviennent peu à peu eux aussi largement adoptés.

[3] Interview de Thierry Breton sur le marché européen, Janvier 2020, https://www.lesechos.fr/monde/europe/thierry-breton-pour-acceder-au-marche-europeen-il-faudra-accepter-nos-regles-1161004 et https://www.linkedin.com/pulse/bienvenue-dans-l%C3%A8re-du-post-cloud-thierry-breton

Parmi les technologies moins matures, toujours en cours de développement, mais dont les progrès apparaissent continus et exponentiels, on identifie :

L'Intelligence Artificielle, le *machine learning*, et l'usage du *Big Data*

L'Intelligence Artificielle (IA) fait référence à des modèles et des technologies permettant le raisonnement et l'interaction à travers l'apprentissage à partir de données. Parmi ces modèles, le *machine learning* (ML), en particulier, s'est fortement développé. S'appuyant sur la croissance exponentielle des bases de données (*Big Data*), il se base sur des modèles algorithmiques de plus en plus prédictifs. Le développement de l'IA repose sur l'articulation entre la puissance de calcul, de stockage et du réseau. L'**accès à des bases de données exponentielles, avec une capacité de traitement, d'inférence et d'analyse toujours plus puissante**, permet la croissance des capacités actuelles de l'IA. Si l'IA est loin d'être à proprement parler « intelligente », ses algorithmes et modèles d'apprentissage devraient sans aucun doute continuer à s'améliorer et ses applications se diversifier dans les années à venir. Ainsi, l'usage de l'IA devrait s'étendre, notamment en réponse à de nouveaux enjeux, en particulier dans la robotique, l'industrie 4.0 et le secteur médical [4].

Amélioration continue des processeurs : enjeux stratégiques de la R&D

La dématérialisation supposée des technologies mentionnées ne doit pas faire oublier **l'importance du *hardware***, au cœur même de la conception et fonctionnement. De fait, la sécurité du numérique passe par la maîtrise de l'industrie du silicium, afin de disposer de processeurs solides, autonomes et fiables. Ces processeurs garantissent le respect des fonctionnalités demandées. Ces processeurs sont des composants essentiels au développement des algorithmes et des puissances de calcul. Si les processeurs n'ont cessé d'être améliorés (Loi de Moore) ces dernières décennies, il semblerait que la croissance des performances ait ralenti. Si cette tendance se poursuivait, cela remettrait en cause un grand nombre de modèles d'affaires, basés sur leur puissance exponentielle. Quoiqu'il en soit, la bataille fait rage pour dominer le marché. Les acteurs américains Intel et Qualcomm pour les ordinateurs et ARM pour les mobiles ont été leaders jusqu'à présent. On voit émerger d'autres acteurs majeurs tels que le singapourien Nvidia dans les processeurs d'IA et d'IA embarquée particulièrement ou réémerger d'autres acteurs comme ADM. Toutefois, la Russie fabrique son propre processeur, et la Chine tente de rattraper son retard.

Le réseau 5G, cinquième génération des standards en matière de téléphonie mobile

D'ici 2025-2030 [5], la 5G pourrait succéder à la 4G, et s'ajouter aux réseaux mobiles 2G, et 3G existants. Elle apporte, notamment, des débits plus importants encore que la 4G et un temps de latence bien plus faible. La 5G a de fait été conçue pour satisfaire les besoins d'une communication toujours plus rapide entre objets. La 5G est aussi pensée pour servir, dès le départ, les grands secteurs économiques de la société. La 5G permettrait, en effet, de connecter la voiture, la ville ou encore l'usine au réseau. Ce sont principalement les **infrastructures critiques et le secteur de la mobilité** qui pourraient bénéficier de cette connexion continue. Elle pourra également offrir de nouvelles possibilités concernant l'interaction *machine-to-machine* et les outils de production (industrie 4.0, robotisation…). On pense atteindre une maturité significative à partir de 2025-2030.

Toutefois, la capacité des opérateurs européens à déployer la 5G en conservant leur souveraineté est remise en question dans un contexte de crise économique, où les investissements pourraient être limités.

LES 8 INDICATEURS DE PERFORMANCE 5G ÉTABLIS PAR L'UIT - IMT-2020

Performances / Génération	4G	5G
Débit maximal (Gbit/s)	1	20
Débit aperçu par l'utilisateur (Mbit/s)	10	100
Efficacité spectrale	1x	3x
Vitesse (km/h)	350	500
Latence (ms)	10	1
Nombre d'objets connectés sur une zone (quantité d'objets/km²)	10^5	10^6
Efficacité énergétique du réseau	1x	100x
Débit sur une zone (Mbit/s/km²)	0,1	10

[4] Rapport Cigref : Stratégies, gouvernances et challenges de l'intelligence artificielle en entreprise, 2018, https://www.cigref.fr/publication-intelligence-artificielle-en-entreprise-strategies-gouvernances-et-challenges-de-la-data-intelligence

[5] Rapport Cigref : 5G, anticipation et opportunités, 2020, https://www.cigref.fr/5g-anticipation-opportunites-influence-sur-architectures

Usages, moteurs de développement et pratiques qui apparaissent comme des tendances lourdes, susceptibles d'accélérer l'adoption et le progrès de ces technologies

Plusieurs phénomènes sociaux et économiques expliquent aussi le développement des technologies ainsi que les arbitrages réalisés pour décider de leurs usages. Les identifier permet de mieux comprendre les comportements humains qui accompagnent et motivent le développement de ces technologies. Ainsi est-il possible de contextualiser les outils technologiques et de les comprendre comme produits d'un contexte socio-culturel et non comme données naturelles.

Ainsi, il apparaît en particulier que :

Pour les entreprises, plusieurs enjeux favorisent le développement et l'adoption croissante de certaines technologies. Tout d'abord, l'intégration des technologies dans le fonctionnement interne des organisations a pour objectif de **réduire les coûts** et d'**optimiser les processus**. Avec ces technologies, les activités économiques et/ou commerciales devraient être plus fluides et donc plus rentables. Par ailleurs, les technologies sont utilisées pour **améliorer l'offre**. Elles peuvent ainsi servir à **personnaliser** les produits et services aux clients et **diversifier** les activités de l'entreprise. Enfin, ces outils peuvent permettre d'**améliorer le cadre de vie des salariés**.

Pour les consommateurs et la société, la **généralisation du *smartphone*** a provoqué une **augmentation exponentielle** du nombre de données produites en temps réel, augmentation amplifiée par les milliards d'objets connectés implantés chaque année dans les entreprises, les foyers et les villes. Dans un monde hyper-connecté, chaque activité humaine produit donc des informations. Les capteurs, les réseaux de télécommunication, les serveurs, les algorithmes de traitement et les interfaces homme/machine variées constituent un système puissant et global dont les capacités s'étendent constamment. Ces capacités viennent alors **répondre à des besoins individuels** et collectifs, mais génèrent aussi de **nouveaux usages**. Travail à distance, santé connectée et personnalisée, nouveaux loisirs sur-mesure, nouvelles possibilités d'achat, exigences de relations sociales permanentes et variées, systèmes de décision plus inclusifs… autant de **possibles ouverts** et **façonnés** par les outils technologiques.

Les convergences majeures de deux ou plusieurs technologies, convergences qui accroissent leurs impacts, apparaissent aussi comme des tendances structurantes pour les enjeux et défis technologiques de demain

-

Robots conversationnels / *Chatbots* : convergence de l'IA, du langage naturel, et de l'*hardware*

Les assistants conversationnels (ou *chatbots*), de type Amazon Alexa ou Google Echo, se sont progressivement développés ces dernières années. Ils permettent notamment d'**alléger de certaines tâches répétitives** les chargés de clientèle. Ils **proposent aussi de nouveaux services à des publics spécifiques** : usage RH pour les nouveaux collaborateurs, orientation des voyageurs, enseignement, apprentissage des langues, etc. Les nouvelles contraintes que peut générer une situation de crise épidémique comme celle débutée au printemps 2020 mettent en lumière le rôle crucial que jouent et pourront jouer à l'avenir ces *chatbots*. Ainsi, ils peuvent permettre de sécuriser les échanges d'informations et de services, grâce à l'assistance vocale dans les lieux publics, gares, aéroports, ou supermarchés, et d'accompagner de manière plus intuitive des publics vulnérables, en permettant par exemple aux personnes âgées, peu à l'aise avec les interfaces numériques, d'interagir avec des robots [6].

Robotisation : convergence de l'IA et du *hardware*

La fusion de plus en plus marquée entre *hardware* et intelligence artificielle permet d'envisager la production à plus grande échelle de robots autonomes, capables de pallier des impossibilités, manquements ou défaillances humaines sur certains territoires d'action. Ainsi, des drones aident déjà à atteindre des lieux inaccessibles, à surveiller les installations industrielles type barrages ou lignes haute tension, à faire le suivi de chantiers, à transporter des équipements, à livrer de la nourriture, ou encore à transmettre des informations vitales (en cas de catastrophe naturelle notamment). Les progrès de l'intelligence artificielle dans les interactions NPL (*Natural Language Processing*) ainsi que l'automatisation mécanique devraient permettre, dans les années à venir, des évolutions majeures de cette robotisation. Certaines avancées actuelles peuvent accélérer ce passage à l'échelle ce qui pourrait progressivement conduire à la maintenance des machines par robots interposés et à des enjeux d'interactions humain/robot améliorées. L'autre question majeure posée par la robotisation reste l'éthique de leurs fonctionnalités et usages. Les débats autour des SALA (systèmes d'armes létales autonomes) sont par exemple révélateurs des enjeux posés par le remplacement de l'humain par des robots, ici dans le domaine militaire.

[6] Robot caregivers are saving the elderly from lives of loneliness, 2017, https://www.engadget.com/2017-08-29-robot-caregivers-are-saving-the-elderly-from-lives-of-loneliness.html

Point de vue

« En cherchant les ruptures technologiques et les ruptures d'usage qu'elles provoquent, trois technologies me semblent primordiales pour la prochaine décennie : l'IoT, la capacité à créer des jumeaux numériques et surtout la promesse de « dépasser la frontière de la loi de Moore » grâce à l'usage de l'informatique quantique. Le marché des objets connectés se structure, à mon sens, en deux grandes catégories. La première regroupe les objets qui deviennent naturellement connectés sans retour arrière possible à l'image des moyens de transport, les équipements particuliers ou industriels du quotidien. Ils deviennent connectés comme un standard : robots ménagers, aspirateurs, purificateurs d'air, mais aussi alarmes incendies, ... et cela de plus en plus directement, c'est-à-dire en autonomie de connectivité. L'usage était jusqu'à présent souvent limité à une seule interface de commande comme le smartphone, cependant la multiplication des écrans embarqués dans les produits connectés va encore s'accélérer... La deuxième catégorie, ce sont les objets qui restent dans des fonctions non indispensables de type « gadget », comme les montres, qui ne seront pas prêts à entrer dans la première catégorie sauf à trouver une valeur ajoutée de service et de confort d'usage qui crée l'irréversibilité !

Coté industriel, associé à l'usage des machines connectables pour « lire » chacune de leurs activités et paramètres dans la recherche d'une meilleure utilisation des ressources rares, la modélisation des environnements matériels et physiques complexes via la 3D est une avancée majeure. La capacité à étudier, modéliser l'impact des changements de matériaux ou de systèmes sur les structures globales mais également sur des chaînes d'approvisionnement est un enjeu pour demain et étudier plus systématiquement et de manière approfondie avant de construire ou d'investir...

Mais c'est l'informatique quantique qui va nous faire entrer dans un nouveau monde ! Avec une puissance de calcul démultipliée et temps réel, le slogan si souvent entendu du « en même temps » prendra tout son sens grâce à l'informatique quantique. Cette rupture technologique majeure aux domaines d'application très variés va permettre des calculs impossibles jusqu'alors et en temps réel. A l'image d'une application de navigation routière, nous aurons d'autres applications de la maximisation sous contrainte avec plus de paramètres comme l'itinéraire le plus rapide avec le moins de dénivelé ou le moins d'énergie cinétique et avec un temps de traitement immédiat. Cela va générer de nouvelles manières de penser la recherche d'optimum, de l'économie d'énergie jusqu'à la sécurité de nos clés de cryptage des flux internet. Cela ouvrira nos équipes informatiques à de nouvelles compétences pas seulement mathématiques, physiques ou informatiques mais aussi littéraires et sémantiques pour mieux décortiquer le monde qui nous entoure, mieux l'observer, le définir et le ou se ...réinventer. »

Jean-Michel André,
CIO VP Information Systems, Groupe SEB

ÉMERGENCES

Les technologies émergentes

Certaines technologies sont en cours de développement et recèlent un fort potentiel de transformation des pratiques et des services. Cependant, il n'existe pas encore de consensus sur leur date de mise sur le marché, ni même sur la faisabilité réelle de certaines d'entre elles à grande échelle.

On retiendra parmi les technologies les plus susceptibles d'apporter un changement majeur :

L'*edge computing*

L'*edge computing* permet un **traitement de données au plus près** de la source de données, permettant leur gestion en temps réel et une augmentation de la performance des traitements. L'*edge computing* promet de **réduire les besoins en bande passante du réseau et le trafic des données**, mais pourrait, en parallèle, entraîner une multiplication des points de calcul et de stockage et donc une moindre optimisation des datacenters. La plupart des données qui proviendront de l'IoT, de l'industrie 4.0 ou des véhicules connectés par exemple, n'auront pas vocation à être stockées ou traitées dans le *cloud*. Les cas d'usage actuels incluent la gestion en temps réel et locale des données, la gestion des alertes pour optimiser les traitements, la maintenance et les enjeux de sensibilité des données. Comme les données sont utilisées et analysées là où elles sont produites ou au plus près, elles ne sont alors pas soumises aux mêmes règlementations que les données dans le *cloud* (ex : CLOUD Act américain et l'équivalent chinois). L'*edge computing* pourrait ainsi permettre de répondre à l'**enjeu grandissant de maîtrise des données**, notamment pour les entreprises européennes. Certains réseaux privés, industriels ou régaliens, et les infrastructures intelligentes nécessaires aux véhicules autonomes exigeront une résilience des réseaux garantie seulement par une gestion locale, avec une **intégration sécurisée entre les objets connectés, l'*edge computing* et les offres de *cloud***. De **nombreux acteurs cherchent à se positionner sur ce marché très prometteur** : acteurs du *cloud*, de l'industrie, opérateurs d'infrastructures de mobilité, équipementiers et des télécommunications. L'enjeu des prochaines années sera le passage à l'échelle de l'*edge computing*, et la maintenance des objets connectés et capteurs. Cette transition pourrait s'opérer progressivement dans les 5 prochaines années mais connaîtra son essor avec le déploiement de la 5G.

Blockchain : convergence du stockage de données, des systèmes distribués et de la cryptographie

La *Blockchain* est l'**assemblage de technologies de stockage de données, de systèmes distribués et de cryptographie**, qui donne naissance à un protocole innovant d'échange d'informations. C'est un système transactionnel dans lequel la traçabilité est répartie chez tous les acteurs, avec la création de chaines de blocs de transactions infalsifiables. La *Blockchain* peut également permettre de mettre en place des « *smart contracts* », programmes autonomes qui, une fois démarrés, exécutent automatiquement des conditions définies au préalable et ainsi inscrites dans la *Blockchain*[7]. On observe principalement des usages dans la monnaie avec le bitcoin. La *Blockchain* est aussi développée pour améliorer la traçabilité des biens, alimentaires ou matériels. Pour certains secteurs, la *Blockchain* représente une menace (par le risque de désintermédiation, voire d'obsolescence potentielle du modèle d'affaires), pour d'autres, une opportunité (par la simplification des échanges, avec des transactions directes). Les professionnels envisagent, de manière inégale selon les secteurs, d'autres applications dans la banque, dans le domaine médical, dans l'énergie, et le tourisme ou même dans l'art. Enfin, c'est potentiellement grâce à la *Blockchain* que pourrait être mise en œuvre une véritable interopérabilité des objets connectés (IoT). Cette technologie suscite de l'intérêt mais aussi des doutes et de la méfiance. Ainsi, la suppression des tiers de confiance dans les transactions d'ici 5 ans apparaît encore peu probable, malgré l'intérêt grandissant pour les systèmes distribués témoigné même par certaines banques centrales (Central Bank Digital Currency). Mais les enjeux institutionnels, complexes, n'évoluent pas aussi vite que l'outil. Actuellement, la *Blockchain* fait donc principalement l'objet d'études exploratoires et se développera selon la réussite de ses promesses.

[7] Rapport Cigref : Blockchain, de la théorie à la pratique, 2018, https://www.cigref.fr/publication-blockchain-theorie-pratique-entreprises-enjeux-transformation-reussir-numerique

L'impression 3D/4D

L'impression 3D est une technologie qui permet d'imprimer les objets en trois dimensions. **L'impression 4D permettrait de rajouter une dimension mécanique à l'objet 3D** comme des impulsions physiques à certains matériaux (gravité, magnétisme, mouvement, etc.) De multiples applications sont envisagées telles que l'adaptation des objets au terrain, à la pression aérodynamique, ou aux tissus vivants (dans le domaine médical notamment)[8]. Ces applications pourraient être développées dans les 5 à 10 prochaines années.

Existant depuis une quarantaine d'années, et de plus en plus répandue, l'impression 3D reste pourtant encore aujourd'hui au rang des technologies émergentes, **sous-tendue principalement par des usages professionnels précis**[9]. Les quelques cas d'usage européens, pendant la pandémie de coronavirus, ont permis de rappeler cette technologie au grand public, en permettant de répondre rapidement et de manière locale aux pénuries de matériel médical. Pour tout besoin de **production de pièces très spécifiques**, du ressort de la maintenance et de la réparation notamment, l'usage des impressions 3D et 4D apparaît comme véritablement novateur.

Plus émergentes, les technologies suivantes seraient tout aussi disruptives si elles parvenaient à être mise en application :

L'informatique quantique

Avec la maîtrise du calcul et de l'information au niveau des particules, l'informatique quantique porte la promesse de pouvoir résoudre tous les problèmes auxquels les calculateurs actuels ne sauraient répondre, au travers d'un possible **"calculateur quantique universel", promesse de la suprématie quantique**[10]. Ce calculateur ne remplacera pas partout les ordinateurs classiques, meilleurs dans des tâches bureautiques courantes, mais excellera dans la résolution de problèmes nécessitant de la puissance de calcul. **Cette révolution quantique va probablement bouleverser la programmation et les algorithmes,** mais aussi la sécurité de l'information. L'informatique quantique est encore en phase de recherche et les progrès réels sont difficilement mesurables. Néanmoins, les premières applications arriveront d'ici 5 à 10 ans. L'enjeu n'est plus de savoir s'il y aura un ordinateur quantique mais qui le construira et en tirera profit dans des domaines aussi variés que la métrologie, **l'optimisation des ressources, la simulation, l'analyse des données et l'intelligence artificielle**. Ces dernières années, de nombreux acteurs du numérique dans le *hardware*, *software, cloud,* intelligence artificielle, *big data*..., ou dans d'autres secteurs (chimie, finance, communication, transport, armement...) y investissent de plus en plus. L'informatique quantique a le **potentiel de modifier les rapports de force dans l'industrie,** mais aussi dans le renseignement, les affaires militaires et les équilibres stratégiques. Dans le monde de la sécurité, la cryptographie quantique permet une communication dite "inviolable" connaissant déjà d'importantes avancées. Un sujet clé est d'**assurer l'évolution des techniques de chiffrement** utilisées aujourd'hui pour résister à l'informatique quantique. Les entreprises doivent donc s'y préparer pour inventer des nouveaux usages et nouveaux business models et pour accompagner vers de nouvelles manières de penser, dans de nouvelles méthodes de travail et de nouveaux outils, ainsi que de nouvelles compétences, tous encore inconnus[11].

"Swarm intelligence"

D'après un rapport de **la Commission européenne**[12], l'intelligence distribuée, ou *swarm intelligence*, fait référence au « comportement collectif de divers objets, chacun remplissant un certain nombre de fonctions simples et interagissant avec les autres dans le processus ». Comme les insectes ou une volée d'oiseaux, les systèmes d'information conçus selon ce principe gèrent les processus de manière décentralisée, par l'auto-organisation de tous leurs éléments. Les perspectives de développement de tels systèmes sont liées aux applications dans les voitures sans conducteur, les réseaux d'énergie avec des sources d'énergie distribuées, les robots de recherche et de sauvetage. Les investissements dans ce domaine sont déjà importants. On peut s'attendre à une expansion du domaine dans les années à venir, en fonction des progrès de l'IA, de l'Internet des Objets et de la 5G.

[8] En quoi l'impression 4D influencera-t-elle les techniques de fabrication actuelles ? Septembre 2019, https://www.3dnatives.com/impression-4d-technologie-23092019/
[9] L'impression 3D tirée par l'industrie, pas par les particuliers, Juin 2019, https://www.futuribles.com/en/article/limpression-3d-tiree-par-lindustrie-pas-par-les-pa/
[10] Vers la suprématie quantique, Décembre 2019, https://www.futuribles.com/fr/article/vers-la-suprematie-quantique/
[11] Rapport Cigref : comprendre l'informatique quantique, 2020, https://www.cigref.fr/quantum-computing-comprendre-informatique-quantique
[12] 100 Radical Innovation Breakthroughs for the future, 2019, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/knowledge_publications_tools_and_data/documents/ec_rtd_radical-innovation-breakthrough_052019.pdf

Adoption progressive de nouvelles pratiques, usages et services permis par les technologies

-

Collaboration virtuelle

Au cours du confinement d'une grande partie des pays développés à l'hiver et au printemps 2020, certains secteurs de l'économie, notamment asiatique, européenne et américaine, ont rapidement adopté le travail à distance et les technologies virtuelles, favorisant le travail collaboratif à distance (via réalité virtuelle). Ces usages, s'ils s'ancraient dans le temps, pourraient favoriser l'amélioration exponentielle de technologies révolutionnaires, y compris dans le secteur industriel. Certains projets envisagent même de combiner **réalité virtuelle, réalité augmentée, et capteurs intelligents pour générer des espaces de téléprésence immersifs**, permettant de sentir physiquement des personnes malgré la distance. Ces technologies, encore coûteuses, pourraient révolutionner le travail à distance. Elles pourraient aussi permettre de développer de nouvelles pratiques à distance, notamment dans le domaine médical.

Réalité virtuelle

La réalité virtuelle est une technologie qui permet de **plonger un individu dans un monde virtuel**, créé numériquement. Cette immersion se fait par le biais d'un masque ou d'une salle, qui reproduit en hologramme 3D l'environnement souhaité. Principalement répandue dans le domaine des loisirs, la réalité virtuelle se veut de plus en plus professionnelle. Elle pourrait ainsi être utilisée pour améliorer la collaboration à distance. Elle est déjà utile à la formation de certains salariés, notamment dans le domaine de la maintenance ou de la simulation de situations à risque.

Réalité augmentée

La réalité augmentée est une version allégée de la réalité virtuelle, qui projette, dans l'environnement physique, des éléments virtuels, par le biais de lunettes spécifiques ou d'écrans. Outre les usages de loisirs, on observe le développement d'usages médicaux (pour traiter des phobies, pour simuler des actes chirurgicaux), industriels (pour accompagner le travail des ingénieurs par exemple), de formations (entraînements de secouristes, militaires…), etc. Si ces outils ne sont pas encore totalement démocratisés, en raison de leur coût, ils pourraient l'être de plus en plus dans les années à venir, au vu des nombreux possibles qu'ils ouvrent. Son développement dépendra en partie de la 5G car sans celle-ci, les lunettes connectées ne seront pas capables de traiter simultanément la voix et les données (IA) pour une expérience utilisateur fluide.

Low-code : nouvelles applications programmées sans développeur

Les outils *low-code* sont des **plateformes de développement** qui permettent de ne pas avoir à recourir à des langages de programmation. Dans un contexte de pénurie de développeurs, ces outils émergent dans quelques entreprises. Ils permettent en effet de créer une application sans aucune compétence préalable. Suivant la même perspective, l'IA DeepCoder de Microsoft serait capable d'écrire son propre code. De telles plateformes devraient **faciliter les processus habituels de développement, de débogage et de revue du code**. La fiabilité du traitement des données sur ce genre de plateforme reste un frein majeur à leur déploiement. Autre enjeu : l'importante consommation en ressources de calcul de ce genre de programme interroge sur leur impact écologique à moyen terme. Ce genre d'outils ou techniques pourraient toutefois transformer les métiers de tout le secteur de la programmation d'ici 5 ans. Cela aura des répercussions géopolitiques majeures notamment vis-à-vis de l'actuel recours aux sociétés de programmations localisées dans les pays à bas coût (*offshoring*).

Convergence IT/OT et jumeaux numériques

-

Convergence IT/OT : rapprochement des systèmes d'information (IT) et des systèmes industriels (OT)

Les entreprises cherchent à exploiter pleinement le potentiel de leurs données et à s'approprier les possibilités grandissantes d'**optimisation et de valorisation apportées par le traitement des données**, en particulier en faisant fructifier leurs données industrielles. Pour répondre à ces besoins, des plateformes ont été développées dans le but de collecter, qualifier, traiter, croiser et analyser ces données. Les processus de l'entreprise et de l'expérience client sont ainsi améliorés. Cette convergence, d'abord technologique, en créant des passerelles entre les deux mondes initialement très séparés, accroit les risques de cyberattaques. Mais elle fait collaborer également des personnes de compétences différentes. Outre la sécurité, l'enjeu principal pour les entreprises est donc de trouver l'organisation la plus optimale possible pour faire coopérer les équipes. Une fois cette organisation trouvée, la convergence pourra s'accélérer en quelques années.

Modélisation des flux et jumeaux numériques

La création de jumeaux numériques d'objets représente une avancée technologique majeure. Il est maintenant possible de simuler des environnements matériels et physiques complexes et souvent longs et coûteux à mettre en place. L'utilisation de la 3D permet désormais de modéliser une machine, une automobile, un navire, un immeuble avant de le construire… Le jumeau numérique permet de créer et de simuler de milliers d'hypothèses avant de passer au monde réel : simuler un changement d'architecture pour un bâtiment, ou d'un intérieur automobile pour un pilote professionnel. Le jumeau permet ainsi d'anticiper les changements et leurs répercussions sur le système, offrant ainsi de très nombreuses applications professionnelles.

INCERTITUDES MAJEURES

Vers de la *hard law* dans la régulation de certaines technologies polémiques ?

La *hard law* se distingue de la *soft law* en ce qu'elle impose des règles de droit obligatoires. Ainsi, le Règlement Général de la Protection des Données personnelles (RGPD) est une *hard-law* du fait de son caractère contraignant pour les organisations. La Commission européenne travaille également sur **d'autres lois contraignantes autour des questions du numérique** tels que e-privacy et le Digital Services Act (DSA). Le DSA serait une évolution de la directive e-commerce de 2001 et deviendrait un nouveau Règlement européen pour « établir les responsabilités et principes de sécurité pour les plateformes, services et produits numériques, et venir compléter le marché unique numérique (*Digital Single Market*) »[13].

Toutefois, il est aussi possible de **privilégier l'auto-régulation (ou *soft law*).** C'est ainsi que fonctionne le marché du *cloud*, où réversibilité et portabilité des données sont laissées à la libre appréciation des fournisseurs. Cette stratégie montre ses limites pour les utilisateurs finaux, qui parviennent rarement à voir leurs droits respectés. La Commission européenne fera-t-elle le choix d'une auto-régulation du marché des algorithmes et des acteurs de l'intelligence artificielle (IA) ? Ou pourrait-elle mettre en place des lois plus restrictives pour l'IA à la manière du RGPD ?

De **nombreux acteurs et innovateurs s'y opposent**, comme l'association Tech in France[14], qui a mis en garde contre l'imposition de « contraintes disproportionnées » qui pourraient « brider l'innovation », creuser les retards avec les pays concurrents, voire fragiliser la souveraineté des nations les plus restrictives. Ainsi dans le contexte d'urgence sanitaire et sociale actuel, les choix des États et/ou de l'Europe, notamment dans le développement d'une application de suivi individuel, pourraient être décisifs en ce qu'ils feraient ensuite office de jurisprudence en matière de régulation des usages de technologies. Plusieurs activistes critiquent fortement les **possibles dérives d'une mise en service irraisonnée d'une technologie de suivi** de l'ensemble de la population.

[13] Site de la conférence européenne dédié au DSA, https://dsaconference.com/

[14] Tech in France met en garde sur les dispositions européennes sur la régulation de l'intelligence artificielle, 2020, https://www.lesechos.fr/tech-medias/hightech/regulation-de-lintelligence-artificielle-lavertissement-de-lindustrie-du-logiciel-1182077

Vers un devoir d'explicabilité des algorithmes ?

La problématique d'explicabilité des algorithmes s'est cristallisée ces dernières années, tandis que se sont développés les usages du *machine learning* notamment. Alors qu'il était possible jusqu'alors d'expliquer les résultats des calculs, de les étalonner et de justifier les choix préalables (humains) à la conception des algorithmes d'analyse, l'émergence et le développement de tels outils posent la **question de la « *black box* »**, cette fameuse boîte noire d'où sortent des résultats que l'on ne peut plus expliquer. Si l'intelligence artificielle est appelée à s'améliorer, notamment sous l'impulsion de l'ordinateur quantique, quels risques pour la compréhension des individus soumis aux **« décisions» de la machine** ? Ici, c'est bien le **dilemme « efficacité / explicabilité »** qui se pose, puisqu'une plus grande puissance de l'outil menace en parallèle l'intelligibilité de son fonctionnement.

Ces questions agitent de nombreux consortiums qui cherchent à élaborer une éthique des algorithmes. Ainsi, à l'occasion du dévoilement de la stratégie IA de l'Europe, le Bureau européen des unions de consommateurs (BEUC) a exigé, en février 2020[15], des garanties pour atténuer les risques liés à l'IA, notamment en établissant des processus pour assurer l'explicabilité des algorithmes. Toutefois, ces processus relèvent à ce jour **moins de dispositifs techniques et plus de bonnes pratiques** de la part des ingénieurs en charge du développement de l'algorithme. Ces controverses et recherches de solutions techniques devraient donc se poursuivre à l'avenir.

Vers une accentuation de la défiance envers le "tout numérique" ?

Le passage au « tout numérique » est vecteur de risques et d'inquiétudes. **Risques de cyber-malveillance,** bien sûr, mais aussi **risques d'atteintes aux données personnelles** et à **la liberté de chacun**. Les débats se cristallisent autour d'outils numériques pour la population comme par exemple, les applications de suivi dans le cadre de la pandémie Covid-19, diminuant la confiance envers le numérique. Inquiétudes aussi liées à la **déshumanisation des rapports sociaux**, de plus en plus filtrés et gouvernés par des interfaces automates et autonomes. Inquiétudes enfin de voir s'accentuer **le découplage** entre ceux qui disposent de l'accès au numérique et de sa compréhension, et peuvent ainsi s'en servir à bon escient, et ceux qui en sont privés ou y sont soumis sans pouvoir se défendre contre les potentielles dérives, **accentuant alors la fracture numérique**. Or, risque majeur et gravement sous-estimé, **l'illettrisme numérique**[16] pourrait aggraver la stratification sociale, entre les plus aisés et les plus pauvres, les plus éduqués et les moins acculturés au numérique. Cette situation soulève des enjeux colossaux, dans un contexte où le numérique s'impose comme **solution préférentielle** dans de nombreuses institutions et administrations, notamment en temps de crise. Ce sous-investissement dans la formation, en France notamment, sera plus difficile à rattraper que celui manqué dans les infrastructures.

On pourrait également observer des résistances pouvant aller jusqu'à des conflits, vis-à-vis de l'imposition de l'usage du numérique par des entreprises et des pouvoirs publics (pratiques de surveillance, enjeux sanitaires). Il apparaît nécessaire de prendre en compte ces signaux pour travailler à développer une **confiance forte entre usagers, bénéficiaires et fournisseurs**.

[15] Europe's digital future must benefit consumers, Février 2020, http://www.beuc.eu/publications/europe%E2%80%99s-digital-future-must-benefit-consumers/html
[16] Livre blanc contre l'Illectronisme, Octobre 2019, https://sps.fr/wp-content/uploads/2020/01/SPS_Livre_Blanc_Contre_Illectronisme_Octobre2019.pdf

Quels impacts des enjeux environnementaux sur le secteur du numérique ?

Les enjeux environnementaux pourront avoir un rôle majeur sur le développement des nouvelles technologies dans les années à venir. En effet, les questions environnementales pourront accentuer la **défiance d'une partie de la société contre le numérique**, comme en témoignent les nombreuses oppositions au développement de la 5G. Ces questions pourront aussi conduire à instaurer des lois contraignantes pour diminuer ces impacts négatifs du numérique, notamment via la mise en place de « taxe verte »[17] par exemple ou **« taxe environnementale »**[18].

Par ailleurs, et précisément parce que le numérique est effectivement fortement dépendant de ressources naturelles et de matériaux rares, les technologies pourraient voir leur croissance exponentielle de ces dernières années **fortement ralentie par un accès de plus en plus restreint ou coûteux aux matériaux nécessaires** à son bon fonctionnement et/ou par un renchérissement des coûts énergétiques (cf. Champ 2 "Numérique et environnement").

[17] Can a "green tax" be an incentive to reduce pollution in your country? https://www.researchgate.net/post/Can_a_green_tax_be_an_incentive_to_reduce_pollution_in_your_country

[18] Site de la taxe environnementale de l'OCDE, https://www.oecd.org/environment/tools-evaluation/environmentaltaxation.htm

WILD CARDS

Effondrement de tout ou partie de l'Internet dû à une vulnérabilité des infrastructures

Les câbles sous-marins, notamment africains, ont subi de multiples défaillances ces dernières semaines, et la question de leur entretien déjà difficile en temps normal du fait de l'accès et des lourds investissements à faire est rendue encore plus problématique, dans le contexte d'une crise mondiale, qui paralyse une partie de la main d'œuvre et des déplacements[19]. De plus, les actes de malveillance ayant eu lieu durant la crise sont très révélateurs des faiblesses du réseau. Ces faiblesses ne concernent pas sa capacité mais bien son intégrité physique et logicielle, et la sécurité physique des infrastructures mobiles et réseaux.

Par ailleurs, le déploiement du réseau Starlink d'Elon Musk[20] interroge sur les risques à venir liés à l'usage de satellites pour garantir la couverture réseau de la planète.

Disponibilité rapide de l'informatique quantique opérationnelle

L'informatique quantique pourrait être opérationnelle plus vite que prévu (à horizon 5-10 ans plutôt que dans 20 ans). L'anticipation d'une arrivée rapide devrait conduire les organisations mondiales à s'interroger dès maintenant sur les enjeux d'une gouvernance internationale de l'informatique quantique, en prenant en compte les conséquences déjà connues (déchiffrement des algorithmes de sécurité...) et en anticipant les risques éventuels sur les SI.

On anticipe déjà l'impact très important de l'informatique quantique sur les sujets de sécurité et de chiffrement, via la cryptographie quantique. La sécurité des échanges numériques et parfois même des infrastructures vitales reposant sur le numérique serait alors fortement mise en danger. L'émergence de cette technologie de déchiffrement des algorithmes de communication bouleverserait tous les systèmes de chiffrement avec des risques élevés pour les entreprises, et les États. Le marché de chiffrement post-quantique est dès à présent en train de se développer pour répondre à ce qui encore aujourd'hui une *wild card*.

Cette wild card se retrouve également dans le Champ 3 "Risques cyber et enjeux géopolitiques".

[19] Opérations de maintenance des câbles sous-marins compliquées par le Covid-19, 2020, https://www.lefigaro.fr/societes/cables-sous-marins-les-operations-de-maintenance-compliquees-par-le-coronavirus-20200404

[20] Encombrement spatial et risques liés aux ambitions, https://www.futuribles.com/fr/article/encombrement-spatial-et-risques-lies-aux-ambitions/

Révolution *low cost* des composants électroniques à performance égale

Si des chercheurs arrivaient à trouver le moyen de faire des composants à très faible consommation énergétique et avec des matériaux communs (notamment organiques), l'électronique pourrait alors s'extraire de sa dépendance aux terres rares. Économique en termes de coûts de production et de consommation énergétique, cette révolution engendrerait alors de nombreux bouleversements sur le marché des composants électroniques et challengerait les fournisseurs actuels bien établis (Intel, Qualcom, AMD, Nvidia, etc.).

Cette wild card se retrouve également dans le Champ 2 "Numérique et environnement".

Développement d'une interface cerveau/machine

Après les descriptions de la science-fiction, plusieurs initiatives d'acteurs de la *Silicon Valley* cherchent à concrétiser une possible connexion humain/machine. Ray Kurzweil, auteur de plusieurs livres sur le futur des machines, évoque dès 2015, deux ans après son arrivée chez Google, que l'on approcherait de la connexion entre le cerveau et l'intelligence artificielle dans les années 2030[21]. Plus récemment, le projet Neuralink d'Elon Musk consiste à construire des implants cérébraux pour aider les hommes à communiquer avec des machines[22]. À ce jour, peu d'experts accordent du crédit à ce projet. Mais, mené à bien, ce serait une véritable révolution des neurosciences, des pratiques professionnelles, mais aussi du quotidien. En revanche, en termes d'horizon temporel, sa réalisation apparait, a priori, plus éloignée que 2030[23].

[21] Artificial intelligence, human brain to merge in 2030s, says futurist Kurzweil, 2015, https://www.cbc.ca/news/technology/artificial-intelligence-human-brain-to-merge-in-2030s-says-futurist-kurzweil-1.3100124

[22] Neuralink présente ses prototypes d'implants, 2019, https://www.lemonde.fr/pixels/article/2019/07/17/elon-musk-et-neuralink-presentent-leur-prototype-d-implants-cerebraux_5490344_4408996.html

[23] Neuralink, rêve ou réalité ? Septembre 2017, https://www.futuribles.com/fr/article/le-projet-neuralink-reve-ou-realite/

Point de vue

« Ma vision du Numérique de demain se résume en 3 mots clés : agilité, frugalité et responsabilité.

Je suis convaincu que la crise inédite que nous traversons marque un tournant dans la gestion des investissements informatiques : l'IT est désormais une ressource rare pour la Banque. Nous allons dès lors vers une simplification de nos modèles opérationnels : les méthodes agiles, visant des cycles de développement courts et permettant une meilleure appréhension des besoins, vont être généralisées et poussées jusqu'à leur niveau le plus élevé.

Dans le même temps, les DSIs devront se montrer plus disciplinées sur les normes, standards, règles d'architecture, de sécurité, sur leur capacité à réutiliser et éviter les duplications dans le parc applicatif, autant d'éléments qui concourront à assurer des fondations technologiques dans les entreprises assurant l'interopérabilité et la frugalité « by design ».

Enfin, cette transformation s'accompagnera d'un mouvement de fond vers un Numérique plus responsable, avec une prise de conscience de notre empreinte environnementale (consommation d'énergie, gestion des déchets) et sociale (inclusion, éthique). A ce titre, je suis fier d'avoir signé, au nom de la Société Générale, la « Charte Numérique Responsable » de l'INR, en novembre dernier. »

Christophe Leblanc,
Directeur des Ressources et de la Transformation Numérique,
Groupe Société Générale

Numérique et environnement

2.

La transformation numérique et la transition écologique sont intimement liées :

- Le secteur du numérique est à l'origine de la consommation de ressources naturelles et d'énergie, et responsable d'externalités (émissions de CO2, pollutions...). Il est de ce fait directement concerné par l'objectif de transition écologique.

- À l'inverse, le numérique peut également être à l'origine d'innovations et de technologies permettant d'accélérer ou de retarder la transition écologique.

- L'objectif du progrès technologique tel qu'on l'entend majoritairement aujourd'hui est d'augmenter la performance, laquelle augmente les possibilités d'usage, ce qui accroît alors nécessairement la consommation énergétique. Globalement, les volumes d'activités numériques et des usages augmentent plus vite que les progrès d'efficacité énergétique des technologies.

Point de vue

« Passé en une vingtaine d'années du rang de technologie facilitatrice à celui de dimension supplémentaire dans nos existences et nos systèmes de pensée, identifié comme l'élément central de la 4ème révolution industrielle qui permettra de relancer la croissance, catalyseur de la globalisation, promesse d'émancipation mais menace d'hypercontrôle, le Numérique se trouve naturellement au centre des réflexions lorsque nous sommes confrontés à des disruptions majeures. La plus importante à court terme est l'obligation de diminuer par deux nos émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 si nous voulons limiter le réchauffement climatique à 2°C.

Afin de préserver la capacité du Numérique à aider à la mise en place des modes de vie qui sont compatibles avec cette contrainte, il est indispensable tout à la fois de prioriser les usages numériques et de limiter l'impact environnemental direct du numérique, donc d'effectuer une véritable bifurcation par rapport aux habitudes (somme toute récentes) que nous avons prises. Cette remise en perspective, voire cette remise en cause, concerne les consommateurs, les entreprises, les régulateurs et, in fine, les fournisseurs. Alors que cette nouvelle dynamique s'amorce en France, il va être crucial de l'étendre à l'échelle européenne, dès cette année. »

Hugues Ferreboeuf,
Chef de Projet, The Shift Project

TENDANCES STRUCTURANTES

Contexte global : aggravation des tensions sur le climat, les ressources naturelles et les écosystèmes

Augmentation de la température moyenne mondiale

Les dernières projections du GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat) indiquent que la température moyenne à la surface du globe pourrait **croître de 1,1 à 6,4 °C supplémentaires** d'ici la fin du XXIe siècle[24]. Les modèles les plus récents (de l'IPSL par exemple) montrent que les 2°C seront atteints avant 2050. Ce phénomène est directement lié à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, notamment de CO_2, qui ont presque doublé en 30 ans et continuent à augmenter, alors que le non-dépassement des 2°C exige une réduction de moitié dans les 10 ans à venir.

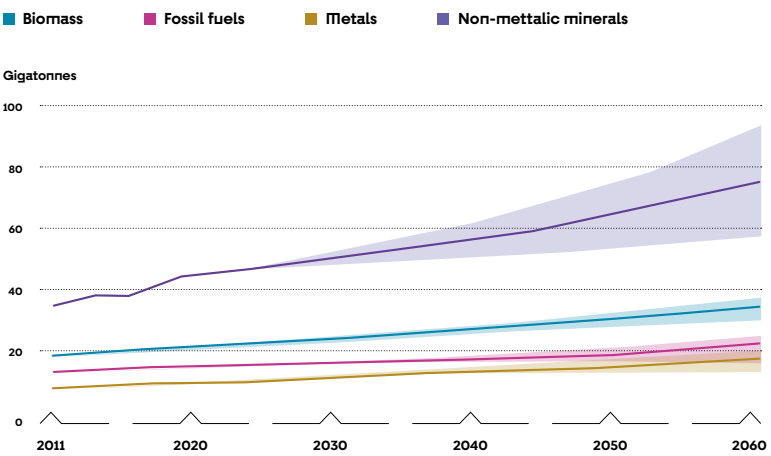
Explosion de la consommation mondiale de ressources naturelles

Parallèlement, depuis 50 ans, **la consommation mondiale de ressources a triplé** alors que, sur la même période, **la population a doublé** et **le PIB a quadruplé**. Pour exemple, depuis 1970, l'extraction de minerais métallifères (nécessaires à l'industrie et aux TIC notamment) a plus que doublé.

Déclin de la biodiversité mondiale

Enfin, toutes les publications scientifiques enregistrent une accélération du **déclin de la biodiversité** à l'échelle mondiale, allant de pair avec une **dégradation massive** des écosystèmes.

GROWTH IN MATERIALS USE DEPENDS ON POPULATION AND ECONOMIC GROWTH ASSUMPTIONS



Source : Global Material Resources Outlook to 2060 - Economic Drivers and Environmental Consequences[25]

[24] Les deux modèles de climat français s'accordent pour simuler un réchauffement prononcé, http://www.cnrs.fr/fr/les-deux-modeles-de-climat-francais-saccordent-pour-simuler-un-rechauffement-prononce

[25] Global Material Resources Outlook to 2060, OCDE, 2019, https://read.oecd-ilibrary.org/environment/global-material-resources-outlook-to-2060_9789264307452-en#page1

Le numérique : entre outil de réponse aux enjeux environnementaux et risques d'impacts négatifs

Le numérique, outil de la transition verte

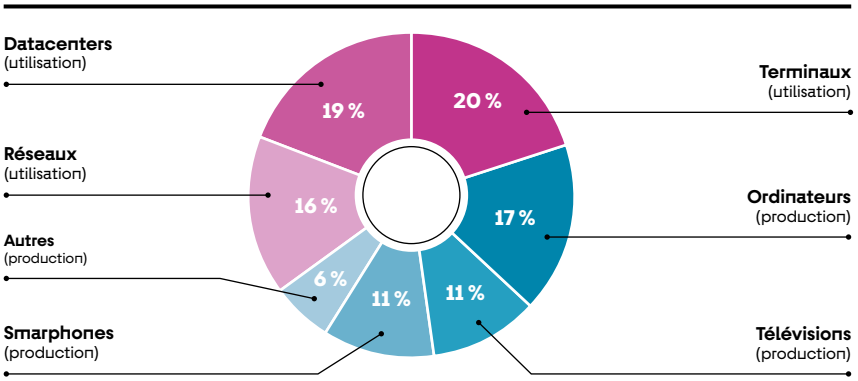
Le numérique via les **capteurs et la modélisation** des phénomènes passés, actuels et futurs permet d'avoir une meilleure **connaissance de la situation environnementale** et de l'état de la planète. La captation des données et les modèles se développent dans les années 1960 pour créer les premiers modèles de l'atmosphère. Depuis, ils intègrent plus de paramètres, de puissance de calcul, et rendent possible des modèles prédictifs.

Il est aussi possible d'utiliser le numérique pour aider à **une rationalisation, à la surveillance et à l'optimisation de l'énergie** et ainsi réduire l'empreinte carbone. Les capteurs IoT, par exemple, peuvent être précieux pour la gestion et l'optimisation des ressources, et ce dans de nombreux domaines (agricole, thermique, mobilité, etc.). La crise Covid-19 a montré comment le travail à distance et les outils collaboratifs peuvent être des alternatives aux déplacements consommateurs de CO_2 que ce soit localement (voiture), ou mondialement (avion). La dématérialisation rendue possible par le numérique s'est accélérée également durant cette crise. Enfin, de nombreux outils d'analyse (IA, *Big Data*, système de géolocalisation, centres d'appels hautement professionnalisés) ont permis d'améliorer la prise de décision, pouvant donc optimiser la consommation de ressources.

Croissance de l'impact environnemental du numérique

Cependant, l'impact du numérique sur l'environnement commence seulement à être pris en compte. **L'approvisionnement en ressources, que ce soit les matériaux rares ou l'eau, pose problème.** Les matériaux rares, essentiels à ce jour pour produire certains composants des appareils du numérique, ne sont pas disponibles, par nature, de manière illimitée. Or le numérique exige toujours plus de ressources pour permettre la fabrication des équipements, des infrastructures, des datacenters... Par ailleurs, **la question de la forte consommation en eau et, en fin de vie, celle du recyclage ne sont pas prises en compte.** 15 % seulement des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E) sont recyclés dans le monde. Enfin, **l'utilisation même des outils numériques consomme de l'énergie et génère des gaz à effet de serre (GES).** Ainsi, Internet représenterait à lui seul 10 % à 13 % de la consommation mondiale d'électricité, et 3 % à 4 % des émissions mondiales de GES, soit plus que l'aviation civile. En France, le numérique a compté pour 2 % des émissions de gaz à effet de serre en 2019[26]. À l'horizon 2030, jusqu'à 100 milliards d'objets connectés pourraient être en fonctionnement sur la planète, ce qui signifie que près de la moitié de l'électricité mondiale pourrait être consommée par le numérique[27]. Selon la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique du Sénat français, les terminaux du numérique comptent déjà pour 70 % du bilan carbone en 2019.

Distribution de la consommation énergétique du numérique par poste pour la production (45 %) et l'utilisation (55 %) en 2017



Source : *The Shift Project* 2018

Il y a donc bien une tension entre les **deux transformations, numérique et énergétique,** partiellement antinomique. Les plus gros acteurs du numérique semblent refuser de l'aborder à ce jour. Les projections des GAFAM ou des BATX n'incluent pas la question de la soutenabilité de leurs modèles et services, notamment parce que les consommateurs finaux restent encore peu conscients de l'impact qu'ont ces services dématérialisés sur leur environnement physique.

[26] Rapport du Sénat français, 24 juin 2020, http://www.senat.fr/fileadmin/Fichiers/Images/redaction_multimedia/2020/2020-Documents_pdf/20200624_Conf_presse_Dev_Dur/20200624_Conf_Dev_Dur_RI_empreinte_environnementale.pdf

[27] Livre : Pour une écologie numérique, Eric Vidalenc, Les Petits Matins / Institut Veblen, 2019

Aggravation de la situation environnementale, du fait des nouvelles technologies envisagées

À l'heure actuelle, où l'on génère, suite à l'intensification des usages, 30 % de données en plus chaque année, le progrès technologique absorbe une partie de la croissance à énergie constante.

Concernant l'Internet des objets (IoT), The Shift Project[28] estime que l'énergie nécessaire pour faire fonctionner les objets connectés est unitairement assez faible. Toutefois, du fait du nombre d'objets déployés, la consommation actuelle pourrait croître de + 25 % d'ici 2025. Le surcroît de consommation d'énergie venant de l'IoT en 2025 pourrait donc être de l'ordre de 200 TWh, sans compter l'impact indirect sur la consommation des réseaux et des *datacenters*. L'IA conduit de la même manière à une plus grande consommation.

Côté réseau, pour obtenir une couverture similaire à la 4G, il faudra plus de sites pour la 5G (environ un facteur 3). Par ailleurs, la consommation d'énergie d'un site augmenterait d'un facteur 2 à 3 au bout de quelques années. Il y aura donc une augmentation de la consommation électrique venant de la couverture radio des équipements mobiles. L'*edge computing* est également au cœur des débats : entre réduction des débits d'un côté et multiplication de petits *datacenters* fortement consommateurs d'énergie de l'autre.

En réponse à ces enjeux, les cadres de régulations se multiplient et se durcissent

Politiques climatiques

En réponse à l'accélération du changement climatique, des stratégies sont mises en place par les États mais aussi par les collectivités pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES). La France, qui s'était **engagée en 2007 à diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre**, vise désormais à atteindre un équilibre, une « neutralité carbone », entre émissions de GES et réductions ou absorption de ces GES à l'horizon 2050[29]. Le gouvernement a intégré cet objectif dans la loi "Énergie et climat", promulguée le 8 novembre 2019. Les régions mettent, quant à elles, en place des stratégies d'adaptation au changement climatique, alors que les intercommunalités doivent toutes disposer d'un plan climat air énergie. A l'échelle internationale, les négociations climatiques ont été marquées par la signature de l'**Accord de Paris en 2015.** Ce dernier n'a toutefois été ratifié que par 55 pays. Les politiques publiques climatiques avancent donc, à des rythmes inégaux selon les pays et les régions, et ne suffisent pas pour l'instant à enrayer la croissance des émissions de gaz à effet de serre. Ces politiques pourraient être réaffirmées dans le cadre de la relance de l'autonomie européenne en réponse à la crise Covid-19, ou bien, à l'inverse, être reléguées à plus tard, si les chocs économiques et sociaux prenaient le pas sur les priorités énergétiques.

Poids croissant de l'évaluation de l'impact environnemental des entreprises par leurs dirigeants et dans les décisions des investisseurs

De plus en plus d'entreprises portent une attention particulière aux changements climatiques, à leur impact sur l'environnement, et cherchent à mesurer et reporter leurs externalités négatives régulièrement. Certaines s'engagent même, à leur échelle, dans des stratégies « neutralité carbone[30] ».

En parallèle, dans le secteur financier, les investisseurs considèrent de plus en plus ces aspects. Ils les intègrent dans leurs modèles d'investissements, marquant ainsi leur prise de conscience du rôle qu'ils peuvent eux-mêmes jouer dans **la transformation** des activités les plus polluantes, voire dans **leur suppression**. La banque JP Morgan Chase a ainsi annoncé en février 2020 se retirer de tout financement de projets d'extraction de gaz et de pétrole en Arctique[31]. Ce phénomène pourrait, par ailleurs, s'accentuer, si le cours des matières premières continuait à se dégrader dans un climat de crise économique mondialisée. La chute du prix du pétrole lors de la crise Covid-19 en est une illustration, et oblige à repenser la structuration des actifs financiers, fortement dépendants du secteur pétrolier à ce jour.

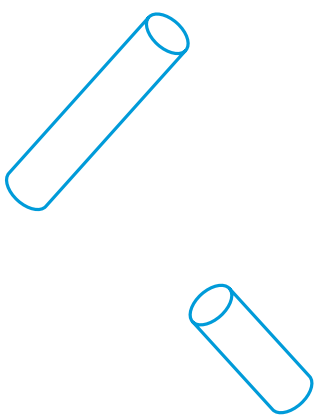
[28] Déployer la sobriété numérique, The Shift Project, https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2020/01/2020-01.pdf
[29] Stratégie nationale bas carbone, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc
[30] Neutralité carbone, https://www.novethic.fr/actualite/environnement/climat/isr-rse/neutralite-carbone-ou-en-sont-les-entreprises-francaises-147765.html
[31] Quand les banquiers se désengagent du pétrole, Science Presse, https://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/2020/02/24/quand-banquiers-se-desengagent-petrole

ÉMERGENCES

Sensibilisation accrue de l'opinion publique aux impacts des technologies sur l'environnement

Le nombre croissant d'études et de chiffres (The Shift Project, Fing, Green IT), démontrant l'impact négatif du numérique sur l'environnement, conduit à une **prise de conscience progressive** du grand public. De plus en plus d'associations et de collectifs s'emparent du sujet pour sensibiliser sur ces enjeux et responsabiliser la population et les dirigeants.

En écho à ces injonctions citoyennes, plusieurs grands dirigeants d'entreprises françaises se sont mobilisés dans une tribune au cœur de la crise Covid-19, invoquant la nécessité de faire de la relance économique un accélérateur de la transition écologique[32]. C'est ainsi que le Conseil National du Numérique a publié en juilllet 2020 une feuille de route pour un agenda national et européen sur un numérique responsable et sur la convergence des transitions numérique et écologique[33].



Volonté croissante des travailleurs de rejoindre des entreprises plus durables

Depuis quelques années, les attentes des travailleurs, notamment des jeunes, envers leur employeur semblent évoluer. En France, en 2018, près de 30 000 étudiants et jeunes diplômés ont ainsi signé le "**Manifeste étudiant pour un réveil écologique**"[34]**,** dans lequel ils s'engagent à ne pas travailler pour des entreprises irrespectueuses de l'environnement. Les entreprises de la Silicon Valley, y compris Google, doivent aussi faire face à **des protestations de leurs salariés** lorsqu'elles prennent des décisions qu'ils jugent contraires aux principes de la RSE (responsabilité Sociétale des entreprises). Ces aspirations sont progressivement prises en compte par certaines entreprises qui cherchent à y répondre et à mettre en avant, notamment, des valeurs écologiques.

Intérêt émergent pour les *low tech* notamment dans les pays en développement

En réponse à la dépendance croissante envers le numérique et à ses impacts environnementaux, des acteurs valorisent désormais les "*low tech*". Ces "basses technologies" sont des techniques à la fois pratiques, peu chères et faciles à utiliser. Elles permettent aussi de **réduire la consommation de ressources,** car elles reposent sur des matériaux de seconde main ou recyclés, et **valorisent l'usage d'énergies renouvelables.** Les *low tech* sont traditionnellement développées dans les pays les plus pauvres et en développement. Mais elles connaissent un intérêt nouveau dans les pays riches depuis quelques années. En France, elles ont été popularisées en 2014 par l'ingénieur Philippe Bihouix dans son livre *L'Âge des low tech*[35].

[32] Entreprises de l'industrie (Thales, Airbus, Renault, Michelin), de banques et d'assurance (Axa, Société générale), des transports (SNCF, RATP), du luxe (Kering, Chanel), de l'énergie (EDF), de l'agroalimentaire (Danone). « Mettons l'environnement au cœur de la reprise économique », 3 mai 2020, https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/05/03/mettons-l-environnement-au-c-ur-de-la-reprise-economique_6038523_3232.html

[33] Feuille de route du Conseil National du Numérique sur le numérique et l'environnement, Juillet 2020, https://cnnumerique.fr/files/uploads/2020/CNNum%20-%20Feuille%20de%20route%20sur%20l'environnement%20et%20le%20numerique.pdf

[34] Manifeste étudiant pour un réveil écologique, https://pour-un-reveil-ecologique.org/fr/

[35] L'Âge des low tech, Philippe Bihouix, 2014, https://www.babelio.com/livres/Bihouix-Lage-des-low-tech/608632

Point de vue

« Comme toute discipline nouvelle pleine d'espoir et de risques (« science sans conscience n'est que ruine de l'âme » disait Rabelais), le Digital apporte sa propre cohorte et n'échappe pas au bilan et au repositionnement. Dans une vision encore plus holistique, la crise sanitaire actuelle, le cataclysme environnemental qui nous menace et la sensibilité croissante de l'humanité face à des sujets de liberté et de responsabilité doivent nous pousser à reconsidérer en permanence la valeur globale de nos investissements et de nos usages numériques.

On peut effectuer un recensement simple de bonnes pratiques numériques à diffuser dans nos entreprises. Certaines d'entre elles devraient devenir systématiques : mesure de la performance environnementale du code, croissance du taux de réutilisation des actifs IT et digitaux, extension de la durée de vie des actifs en fonction de leur sobriété, mesure systématique et détaillée des taux d'usage de ces actifs, contribution réelle d'une solution nouvelle à la protection de l'environnement. De façon plus industrielle, performance optimale des datacenters, des réseaux, des composants et des postes de travail.

Mais aussi je reste convaincu que le numérique est un levier fondamental de protection de l'environnement et que ce sont dans ces projets que se trouve la vraie valeur des investissements de demain. Citons à titre d'exemple : outils de gestion optimale des ressources tirant profit de l'IA, des données multiples et de l'aide à la décision instantanée ; suivi et optimisation en temps réel de nos consommations d'énergie ; suivi des chaînes de transformation (logistiques, alimentaires, industrielles, santé, ...) dans le but de réduire la consommation d'énergie.

Et si de deux maux il faut choisir le moindre, il est fortement possible que les soutiens de la cause environnementale finissent par considérer que le Digital, malgré son impact négatif réel sur l'environnement, demeure une excellente alternative et un allié de choix dans la lutte qu'ils mènent pour le futur de la planète. A nous de leur donner raison en faisant preuve de maturité et de raison. »

Jean-Christophe Lalanne,
EVP IT, Air France-KLM

INCERTITUDES MAJEURES

Vers un meilleur usage des produits numériques, vers une plus grande sobriété numérique ?

-

Aujourd'hui, les consommateurs ne sont pas en mesure de visualiser efficacement le **coût environnemental réel** du numérique. Il est difficile, par exemple, de connaître l'impact du stockage d'un mail ou de l'envoi d'un SMS sur les ressources disponibles et sur les écosystèmes, impact plus aisément perceptible en revanche pour le trafic aérien par exemple. À l'avenir, cette conscience pourrait-elle être accrue grâce à des campagnes de communication, ou grâce à des **outils de traçabilité sur la réalité de la consommation GES d'un produit digital ?** Qui pourraient être les acteurs en charge de telles actions de pédagogie ?

De plus, l'utilisation massive des outils numériques, que ce soit en situation de travail à distance ou en présentiel, ne semble pas aller dans le sens d'une sobriété numérique, sauf à être fortement compensée par une diminution d'autres consommations. Si certaines pratiques devaient persister dans les entreprises et au sein de la société sur du plus long terme, notamment dans le cas où il s'agirait de maintenir des règles de distanciation physique, il est évident qu'elles devront s'accompagner d'une nécessaire réflexion sur une adaptation écologique et raisonnée des outils et des usages.

Vers des normes ou taxes contraignantes pour les entreprises en matière de numérique ?

-

La croissance de la consommation d'énergie et des émissions de GES générées par le numérique a été particulièrement rapide, mais est aussi très récente.

De plus, les bénéfices apportés par le numérique sont valorisés aussi bien par les entreprises que par les consommateurs et les pouvoirs publics. En conséquence, ces derniers n'ont pour l'instant pas cherché à réduire l'impact environnemental du numérique. Mais, à l'avenir, la donne pourrait changer, compte tenu de la croissance encore attendue des externalités négatives du numérique, et de l'accélération des problématiques climatiques et environnementales. Les pouvoirs publics français, mais aussi l'Union européenne, pourraient donc progressivement imposer de **nouvelles normes aux gestionnaires de réseaux et/ou aux utilisateurs d'équipements et de services numériques.**

Vers de nouveaux outils technologiques permettant de réduire efficacement les consommations d'énergie ?

Aujourd'hui, il n'existe pas de solutions satisfaisantes pour réduire les consommations de ressources naturelles du numérique. L'entreprise Fairphone, par exemple, s'emploie à développer des outils plus durables, et plus respectueux de l'environnement, mais ne parvient pas à restreindre totalement les externalités négatives de ses produits.

Les technologies pourraient aussi aider à produire ou à exploiter d'autres sources d'énergie. Par exemple, **les batteries lithium-ion** permettraient, à terme, de stocker à grande échelle de l'énergie solaire avec une autonomie de plus en plus forte[36]. **L'utilisation de cellules comme organes de calcul** avec un bilan énergétique très performant ou le **stockage des données électroniques dans l'ADN** sont d'autres pistes explorées[37]. En effet, le stockage des données tel qu'il existe aujourd'hui n'est pas pérenne dans la mesure où il est énergivore et sera vite limité en termes d'espace de stockage. La densité de données pouvant être stockées sur un gramme d'ADN est énorme (215 pétaoctets) et permettrait un stockage quasi illimité. En revanche, la commercialisation de cette technologie apparait encore lointaine (nécessité de développement et coût élevé) et en tout cas décalée par rapport à l'objectif de réduire de moitié les émissions de GES d'ici 10 ans.

Vers un consortium international des entreprises du numérique pour l'environnement ?

Aujourd'hui, les acteurs du numérique **manquent d'une culture commune sur l'écologie,** et ont tendance à aborder les problématiques environnementales comme une succession de défis, d'objectifs et de problèmes à résoudre, sans adopter une **approche plus écosystémique**[38]. Or le numérique ne peut proposer une solution universelle à tous les enjeux environnementaux. Il doit être pensé comme un outil au sein d'une démarche collective, où la gouvernance est partagée, notamment avec la société civile. À l'avenir, les entreprises du numérique, parce qu'elles ont en leur possession les instruments permettant d'organiser une réflexion commune, pourraient décider d'offrir les cadres et les moyens pour réfléchir collectivement, et de façon holistique, aux enjeux environnementaux.

[36] Will climate change derail the Asian Century, 2020, https://thediplomat.com/2020/02/will-climate-change-derail-the-asian-century/
[37] 100 Radical Innovation Breakthroughs for the future, 2019, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/knowledge_publications_tools_and_data/documents/ec_rtd_radical-innovation-breakthrough_052019.pdf
[38] Réconcilier transition écologique et numérique, https://www.futuribles.com/fr/article/reconcilier-transition-ecologique-et-numerique/

WILD CARDS

Non-disponibilité des ressources naturelles stratégiques

-

Le secteur du numérique a pu se développer grâce au **faible coût de ressources** qui ne sont pourtant pas renouvelables. La croissance de la consommation mondiale de certaines d'entre elles (notamment les terres rares), tirée également par d'autres secteurs (comme les énergies renouvelables) pourrait générer des **tensions sur leur accessibilité à moyen terme**. Certaines de ces tensions pourraient être ponctuelles (temps d'ajustement de l'offre, nécessaire à l'exploitation de nouveaux gisements), mais d'autres pourraient être pérennes, résultant de l'épuisement de certaines ressources ou de tensions géopolitiques. On envisage un effondrement des ressources naturelles et notamment des terres rares pour plusieurs raisons. **L'impossibilité d'extraire** des ressources naturelles stratégiques, en raison d'outils peu ou pas assez puissants, **la diminution des investissements**, ou encore **l'impossibilité de maintenir l'activité** de certaines filières stratégiques, dans le cas d'une récession économique mondiale par exemple, sont autant de motifs à une brutale diminution de l'accessibilité aux ressources stratégiques.

Par ailleurs, la Chine, par exemple, pourrait brutalement décider de retenir les terres rares, (elle en détient 90 % [39]), provoquant, de fait, une **rupture géopolitique majeure.** Il en résulterait a minima une flambée des prix, mais aussi probablement des pénuries. Cette situation encouragerait les acteurs à accroître la capacité de recyclage des matériaux considérés, à augmenter la durée de vie des composants et/ou à rechercher des substituts.

Développement d'une intelligence artificielle frugale et bio-inspirée

-

L'intelligence artificielle, et particulièrement les algorithmes de *deep learning*, ont besoin d'une **quantité très significative de données** pour pouvoir être entraînés et devenir pertinents pour la tâche qu'on leur a donnée. **La consommation énergétique** nécessaire aux machines permettant l'apprentissage de l'IA est donc également très conséquente : en effet, la machine AlphaGo consommait de l'ordre de dizaines de kilowatts face à un joueur de go dont le cerveau (organique) ne dépense que quelques dizaines de watts. Les chercheurs de DeepMind, concepteur d'AlphaGo, travaillent régulièrement à l'amélioration continue des performances énergétiques de leur machine, mais avec les mêmes types d'algorithmes [40]. Dans plusieurs domaines tels que l'armement et l'aéronautique, les développeurs conçoivent déjà leur informatique embarquée, pour consommer le moins possible, grâce à la miniaturisation, version ancienne de la frugalité. Certains acteurs ont pour objectif de développer des algorithmes alternatifs beaucoup plus frugaux et bio-inspirés.

[39] Les terres rares sont rares, Mars 2016, https://www.connaissancedesenergies.org/les-terres-rares-sont-rares
[40] AlphaGo Zero: Starting from scratch, https://deepmind.com/blog/article/alphago-zero-starting-scratch

Rejet violent du numérique motivé par des enjeux environnementaux

Si les produits numériques restent encore largement consommés et désirés, la multiplication de mouvements citoyens militants et fortement engagés pour la cause environnementale (comme Extinction Rebellion[41]), notamment chez les populations jeunes (cf. les grèves pour le climat, lancées par Greta Thunberg) pourrait être le signal faible d'un rejet radical du numérique. Face à l'inaction des pouvoirs publics pour réguler le secteur du numérique, et à l'incapacité des entreprises du numérique à proposer des solutions plus écologiques, une partie croissante de la population, en Europe par exemple, pourrait restreindre fortement son usage ou sa détention d'outils numériques (*smartphones*, ordinateurs, mais aussi *cloud*, *drive,* etc.) et se tourner vers plus de *low-tech*. Ce rejet violent du numérique pourrait conduire à des contraintes règlementaires drastiques sur l'impact environnemental du numérique.

Contraintes règlementaires drastiques sur l'usage du numérique pour des raisons environnementales

Le numérique, du fait de la forte croissante annuelle de sa consommation énergétique, pourrait être amené à être beaucoup plus réglementé par des mesures de contrôle coercitives de réduction de l'empreinte carbone. Ces mesures s'appliquent actuellement au secteur de l'automobile, contraint d'adopter une pente décroissante de son empreinte carbone avec des lois très exigeantes. Sous les coups d'annonces pessimistes du GIEC, le Green Deal européen[42] pourrait décider de contraindre fortement tout le secteur du numérique. Dans ce cas, on peut imaginer, par exemple, que finalement la 5G ne peut se déployer ou qu'il est nécessaire d'enlever les couches précédentes 2G/3G avant d'être déployée, une limitation forte du téléphone portable, une diminution forte de la consommation énergétique des datacenters et des usages numériques.

Vers une société de contrôle numérique pour la transition écologique

Par ailleurs, l'utilisation du numérique comme moyen de la transition écologique pourrait passer par l'usage du numérique comme outil de contrôle des comportements non responsables. Ainsi l'émergence d'une civilisation plus écologique pourrait être construite à partir des outils développés par les grands acteurs du numérique, pour responsabiliser les citoyens et pénaliser la consommation jugée néfaste pour l'environnement. Le *social scoring* chinois va bientôt intégrer les données de santés récoltées dans le cadre de la crise Covid-19. Il pourrait être appliqué aux enjeux environnementaux et associer directement les citoyens dans la réduction de l'impact environnemental.

[41] Revendications d'Extinction Rebellion, https://extinctionrebellion.fr/revendications/
[42] Un pacte vert pour l'Europe, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr

Risques cyber et enjeux géopolitiques

3.

L'utilisation croissante du numérique par les entreprises, si elle est source d'opportunités, renforce aussi les risques de toutes sortes, et en particulier les risques cyber. Qu'elles soient criminelles ou à des fins géopolitiques, les attaques que peuvent subir les entreprises sont nombreuses et se multiplient à mesure que le champ du digital s'élargit. En plein cœur de la crise Covid-19, la mise en réseaux parfois non sécurisés d'un certain nombre d'activités critiques, la multiplication de la collecte de données par la dématérialisation accélérée d'un certain nombre de processus et de services ont posé de manière plus sensible la question des nouveaux cyber-risques alors occasionnés. Par ailleurs, l'inscription forte des entreprises au cœur des enjeux géopolitiques est ainsi un facteur de déstabilisation potentielle, comme en témoignent les stratégies commerciales de la Chine, des États-Unis et de l'UE. Les entreprises s'intègrent de plus en plus fortement dans les ambitions politiques de ces États. La capacité des organisations à se protéger de ces menaces, et en dernière instance à travailler en condition dégradée en cas de besoin est un grand défi. Ici aussi, la question de la résilience de l'entreprise, devient donc cruciale et suppose pour l'organisation d'améliorer à la fois sa capacité d'anticipation de ces risques et ses protocoles d'adaptation.

Dans ce document, la cybersécurité sera comprise comme l'ensemble des activités techniques, juridiques et humaines permettant de faire face aux risques de fraude et de piratage informatique portant atteinte aux intérêts d'autrui. Elle vise à se protéger de la cyberconflictualité étatique, de la cybercriminalité, du cyberactivisme, du cyberterrorisme, de l'escroquerie informatique. Les capacités offensives restent du ressort des services nationaux.

Point de vue

« Avec la crise sanitaire, les entreprises ont subi un choc important qui comportera des conséquences sur leurs équilibres économiques dans les mois et années qui viennent, avec un risque de baisse des budgets SI et de ceux consacrés à la cybersécurité. Pourtant, dans ce contexte économique difficile, on observe une montée des tensions diplomatiques, sur fond de guerre commerciale sino-américaine, et de ce fait une cybermenace inter-étatique croissante. Et les services spécialisés nationaux renforcent actuellement leurs capacités cyberoffensives. De plus, la crise Covid-19 elle-même est utilisée de façon intensive par les cyberattaquants et fait suite à une période d'augmentation constante du nombre d'attaques. Depuis décembre 2019, on a vu une explosion du nombre de cyberattaques sur des grands groupes et des organisations publiques.

Et parallèlement, la massification du travail à distance a conduit à l'ouverture en grand des systèmes d'informations mettant en danger les systèmes d'entreprise. Cette période a révélé que le télétravail peut être une des modalités de travail appelée à se pérenniser. Pour les organisations, cela exige de pouvoir sécuriser l'ouverture des applications d'entreprise et de mettre à disposition des outils collaboratifs sécurisés et des systèmes de supervision et de contrôle appropriés, notamment pour la gestion à distance des parcs de postes de travail. L'usage du cloud allant probablement s'accroître, les questions de cybersécurité liées au cloud vont nécessairement aussi prendre de nouvelles dimensions. Enfin, il s'agira pour les organisations de se préparer à gérer une crise multiple, sanitaire et cyber. Compte tenu de ce qui précède, les organisations vont devoir consacrer une partie de leur effort de relance à la cybersécurité, parce qu'il y a là désormais un enjeu vital pour elles. »

Jean-Claude Laroche,
DSI Enedis

TENDANCES STRUCTURANTES

Augmentation exponentielle de la cybermenace

Le développement de nouveaux outils et de nouvelles pratiques génère des vulnérabilités, au fur et à mesure que **les réseaux** (Internet des objets, 5G) et **les points de contacts et d'échanges** (collecte et stockage de données) **s'étendent et se complexifient**. Ces vulnérabilités sont parfois méconnues par les entreprises, et de ce fait peuvent être mal anticipées.

Par exemple, le passage en travail à distance massif pendant le confinement forcé par l'épidémie de Covid-19 et la subite explosion du nombre de connexions, d'échanges de données et de pratiques en ligne qui en a découlé ont été exploitées immédiatement par de multiples cyberattaquants aux objectifs surtout criminels (campagnes de *phishing*, usurpation d'identités, fort développement de réseaux mafieux, etc.). Cette situation exceptionnelle est toutefois archétypale des nombreuses menaces qui pèsent sur les entreprises et les individus dans le cyberespace. On a ainsi pu voir des tentatives d'espionnage industriel (voler des identifiants voire des secrets d'entreprise) ou de déstabilisation politique (l'OMS, les laboratoires ou les hôpitaux ont été particulièrement touchés).

Cette variété d'incidents, condensés sur un temps court, témoigne bien de **la complexité et de la durabilité des cybermenaces** qui peuvent provenir d'acteurs aux intentions variées, avec des conséquences plus ou moins graves. De fait, l'ANSSI identifie parmi les principales menaces numériques pesant sur les citoyens, les entreprises et les États :

- L'exfiltration de données stratégiques, à des fins d'espionnage
- Les opérations de déstabilisation ou d'influence, visant à paralyser ou saboter les activités de l'entité visée
- La génération de cryptomonnaie de manière illégale à des fins lucratives
- La fraude en ligne, dont le *ransomware* est un bon exemple
- Les attaques indirectes, qui exploitent les relations de confiance pour contourner les mesures de sécurité et accéder à des informations sensibles.

En 2019, en France, plus de la moitié des fuites de données ont été d'origine malveillante (54 %)[43]. Au premier semestre 2019, ce sont près de 812 000 personnes dont les données ont fuité et seulement 1 035 notifications de violation de données ont été réalisées auprès de la CNIL. En France, on compterait 69 attaques d'ampleur en 2019.

[43] En 2019, plus de la moitié des fuites de données ont été d'origine malveillante, https://www.usine-digitale.fr/article/fic-2020-en-2019-plus-de-la-moitie-des-fuites-de-donnees-ont-ete-d-origine-malveillante.N924504

Structuration du marché souterrain du *darkweb*

Parmi ces menaces, plusieurs paraissent s'aggraver, du fait de la forte implication de certains acteurs criminels. Les transactions illégales bitcoin sur le darkweb étaient estimées à 283 Md$ en 2019, après avoir réalisé un pic de 875,5 Md$ en 2018, d'après une société d'analyse spécialisée dans la *Blockchain*. Autre donnée intéressante, *les ransomwares* auraient rapporté au moins 6,6 Md$ en 2019[44]. Le développement de ce véritable marché souterrain dans le *darkweb* est préoccupant. S'y retrouvent tous types d'acteurs, s'y vendent toutes sortes d'informations, s'y développe même une blockchain des bases de données et s'y préparent les prochaines attaques. Cet espace s'organise autour de schémas de protection qui rappellent les organisations mafieuses. La connaissance de ces réseaux commence à faire partie des priorités adoptées par les entreprises via des sociétés partenaires ou des experts freelance pour anticiper les attaques, se tenir au courant des nouveaux types d'attaques, ou identifier de nouveaux comportements des cyberattaquants.

L'économie du cyber-risque et du *darkweb*[45] se développe, car elle est un business très lucratif et relativement accessible. Les organisations criminelles en Italie, dans certains pays d'Europe de l'Est, de l'Afrique de l'Ouest mais aussi des réseaux de narcotrafiquants en Amérique latine se reconvertissent dans ce marché rentable et à moindre risque. On observe aussi des liens forts entre les bases de ces réseaux et les régimes politiques ou la réglementation de certains pays. Nul n'est épargné par des risques qui sont, par définition, aussi internationaux que l'est Internet. Ainsi, pendant la crise Covid-19, des détournements de trafic Internet par des acteurs étatiques ont inquiété les entreprises. Par ailleurs, tous les pays, même ceux aux infrastructures cyber les plus développées, même ceux accusés de conduire eux-mêmes des attaques, se font attaquer par d'autres acteurs.

Des entreprises et États mal outillés juridiquement pour faire face aux cybermenaces

Le manque d'outils juridiques, techniques, éducatifs, prédictifs et réactifs, et **de sensibilisation** des populations, des entreprises et des États concernés, explique en partie les difficultés rencontrées par les acteurs soumis aux cyber-risques. Les échecs des négociations multilatérales, mis en exergue par l'impossibilité d'arriver à un document consensus pour le Groupe d'experts gouvernementaux des Nations unies (UN GGE) sur l'information et les télécommunications, illustrent la difficulté à réguler le cyberespace par un droit international. Les États, déchirés entre des intérêts divergents, ne sont pas alignés sur les objectifs et moyens à mettre en œuvre. Pour le moment, la compétition économique internationale ne fait pas de la sécurité un élément véritablement différenciant pour les États. Certes, les politiques de l'UE commencent progressivement à soutenir les États dans leur capacité à faire face aux menaces (*EU Cybersecurity Act*) et à élaborer des dispositifs de sécurité pour les entreprises européennes telles que la *Directive Network and Information Security*. Néanmoins, cela ne leur donne pas nécessairement les moyens de lutter contre les cyberattaques. Les PME/TPE sont particulièrement vulnérables. Les PME/TPE sont particulièrement vulnérables, "notamment du fait du manque de compétences, qui est renforcé par une pénurie croissante d'experts en cybersécurité."

Inégalités croissantes entre les pays en termes de cybersécurité

Bien que tous les acteurs soient soumis aux risques cyber, y compris les plus avancés dans la recherche et la protection, voire dans l'attaque, certains pays et régions entières ont des infrastructures numériques particulièrement vulnérables. Plusieurs États africains sont dans ce cas, mais aussi certains pays européens comme la Géorgie[46] ou l'Ukraine, souvent attaqués de manière massive et hautement paralysante. Or **la présence de « maillons faibles » sur le réseau Internet mondial a un impact fort** sur les capacités de défense de toutes les entités interconnectées. Cette caractéristique est fondamentale pour comprendre la nécessité vitale d'établir certaines règles de sécurité internationale communes.

[44] 2019, une année record pour les cyberattaques sur les cryptomonnaies, https://www.zdnet.fr/actualites/2019-une-annee-record-pour-les-cyberattaques-sur-les-cryptomonnaies-39898811.htm

[45] Welcome to the darknet, Janvier 2019, https://futuristspeaker.com/business-trends/the-future-of-the-darknet-9-critically-important-predictions/

[46] La Russie accusée par les Etats-Unis et le Royaume Uni d'une cyberattaque en Géorgie, Février 2020, https://www.lemonde.fr/pixels/article/2020/02/20/la-russie-accusee-par-les-etats-unis-et-le-royaume-uni-d-une-cyber-attaque-en-georgie_6030258_4408996.html

Besoin de renforcement des capacités de cybersécurité de tout l'écosystème, particulièrement les PME et TPE

Dans la même optique, et au vu de l'extension exponentielle du champ de la menace, l'un des enjeux majeurs de la lutte contre les cyberattaques et une façon de s'y défendre est aussi de sécuriser tous les maillons de la chaine à l'échelle des acteurs privés. Les grandes entreprises renforcent les capacités de défense de leurs systèmes mais restent tout de même dépendantes des ouvertures et interconnexions avec les autres systèmes ; depuis leurs sous-traitants jusqu'à leurs clients. Les sous-traitants ont parfois moins de moyens pour se protéger. Ces vulnérabilités doivent être prise en compte.

Dépendance aux solutions des géants du numérique

La soudaine surconsommation massive des services proposés par Google, Amazon ou Microsoft, suite aux confinements successivement décrétés dès mars 2020, a mis en lumière le **quasi-monopole** que ces entreprises détiennent **sur l'infrastructure, les systèmes d'exploitation et les solutions collaboratives** en Amérique du Nord et en Europe. Il apparaît, en outre, que la stratégie de ces fournisseurs s'oriente vers une prise en main progressive des systèmes proposés aux entreprises stockant les données, les traitements et analyses de ces données, opérant donc à la place des organisations sur leurs systèmes d'information.

Cette situation de dépendance à un acteur étranger, qui pourrait faire défaut ou décider d'instrumentaliser sa position de force (augmentation des prix, nouvelles conditions d'accessibilité des données…) soulève de nombreuses interrogations quant à l'avenir de l'usage de ces services et aux possibles développements de solutions alternatives garantissant une souveraineté numérique nationale ou européenne.

Disparité des politiques américaines, chinoises et européennes en termes de protection des données personnelles

Les Européens ont été les premiers à pointer **les pratiques peu respectueuses** des acteurs américains vis-à-vis du consommateur final **en matière de données personnelles**. Les nombreuses réactions négatives des entreprises américaines face au Règlement Général de Protection des Données illustrent le décalage de considération de la vie privée ("*privacy*") entre les deux cultures. L'adoption du *CLOUD Act*, dans le sillage du *Patriot Act*, oblige, de fait, les fournisseurs de services américains à divulguer les données personnelles qu'elles possèdent dès lors que les autorités américaines le leur demandent.

Néanmoins, le sujet de la protection des données personnelles commence à être pris en considération outre-Atlantique. En juillet 2019, la *US Federal Trade Commission* a attribué une amende de 5 milliards de dollars à Facebook suite à l'affaire *Cambridge Analytica*, ce qui représenterait environ 9 % du chiffre d'affaires de Facebook en 2018 (alors que le RGPD autorise jusqu'à 4 % du chiffre d'affaires). L'utilisation de la reconnaissance faciale dans les aéroports aux États-Unis a aussi conduit l'*US Privacy and Civil Liberties Oversight Board* à lancer une enquête sur ces pratiques[47].

En parallèle, la Chine développe également ses propres politiques de données, avec la *Cybersecurity Law*[48], qui permet d'imposer un stockage des données sur son territoire et de contrôler les données sur ses citoyens et ses entreprises, notamment via le filtrage des informations par le *Great Firewall*, mis en place depuis deux décennies maintenant.

[47] Examine Use of Facial Recognition and Other Biometric Technologies in Aviation Security, June 2019, https://documents.pclob.gov/prod/Documents/EventsAndPress/eb140554-4fc7-4700-88d2-197d7fe45770/New%20projects%20announcement%20June_25_%202019%20Final.pdf

[48] China's Cybersecurity Law: What You Need to Know, 2017, The Diplomat, https://thediplomat.com/2017/06/chinas-cybersecurity-law-what-you-need-to-know/

ÉMERGENCES

Balkanisation d'Internet

Aujourd'hui, les droits nationaux, régionaux et internationaux se superposent et se concurrencent car Internet est un **espace transfrontalier, et même « afrontalier »**. Demain, les États pourraient décider de fermer définitivement leurs frontières aux ingérences étrangères. C'est déjà partiellement le cas : la Russie et la Chine imposent en effet leurs propres technologies en matière de SI sur leur territoire. On assiste à une montée en puissance de certains pays et regroupements de pays autour de mêmes régulations numériques. Cette situation pourra avoir des **conséquences économiques et réglementaires importantes à long terme.**

Du côté européen, le Règlement général sur la protection des données (RGPD), au travers de son application via le *Privacy Shield*, est une tentative européenne **d'étendre le droit des données personnelles hors de ses frontières**. Toutefois, si le *Privacy Shield* prévoit une application du droit de la vie privée européen sur le sol américain quand les données concernées sont celles de citoyens européens, les différentes législations américaines sur la sécurité nationale s'appliquent en réalité avant le *Privacy Shield*. Le *Patriot Act* de 2001 puis le *CLOUD Act* de 2018 offrent ainsi au gouvernement américain la possibilité de contourner le RGPD selon les besoins nationaux.

Selon les défenseurs d'un Internet "libre"[49] le monde s'achemine bien progressivement vers un "*splinternet*", mot-valise constitué de "*splinter*" ("fragmenter" en anglais) et d'Internet. Alors que le *world wide web* visait à mondialiser l'accès au web et à son contenu, et ainsi à la connaissance en dépassant les frontières nationales, les règles peu à peu mises en place pour limiter les dérives (ou dans d'autres cas, mettre en place une censure) apparaissent comme **un facteur de fragmentation**.

À l'avenir, les groupes internationaux pourraient avoir à opérer dans un monde de plus en plus balkanisé, soulevant des enjeux particulièrement complexes pour les multinationales.

DIFFÉRENCES ENTRE L'INTERNET ET LE "*SPLINTERNET*" D'APRÈS FORRESTER[50]

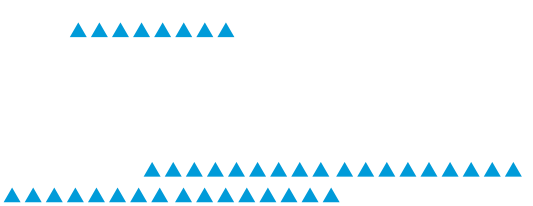
PLATFORM CHARACTERISTICS	INTERNET	SPLINTERNET
Technology standards	Controlled by open standards bodies (e.g. W3C)	Controlled by platform vendors (e.g. Apple, Facebook)
Screen format	PC-screen sized	Varies from large to small, landscape or portrait
Interactive applications	Based on Flash, Java, etc.	Based on proprietary platform kit
Permitted applications	Any	Only those permitted by platforms
Searchability	All sites	Only site elements not behind a password; applications not included in searches

[49] Défenseur d'un Internet libre, vers la balkanisation d'Internet, Avril 2019, https://lexpansion.lexpress.fr/actualites/1/actualite-economique/la-regulation-croissante-d-Internet-fait-craindre-une-balkanisation-du-web_2072146.html

[50] The Splinternet and Travel Distribution, June 2020, https://www.traveltechnology.com/2010/03/791/

Utilisation du cyberespace comme moyen de pression politique

Le cyberespace est de plus en plus utilisé comme un terrain de conflit et de pression politique entre États. De nombreuses actions d'espionnage et les cyberattaques mettent en danger les systèmes vitaux des pays. Certaines servent même de leviers de négociation. En conséquence, les États-Unis, la Chine, la Russie mais également la France, investissent dans des moyens offensifs cyber afin de structurer leurs moyens de dissuasion. Une évolution explicite des doctrines militaires de certains pays (en particulier aux États-Unis[51]) considère par ailleurs qu'une attaque militaire peut être menée à la suite d'une cyberattaque. On assiste ainsi à une militarisation progressive du cyberespace.



Besoin croissant de compétences en cybersécurité adaptées

Pour faire face aux enjeux de cybersécurité, les entreprises doivent agir à plusieurs échelles, chacune nécessitant des compétences spécifiques. Il est bien sûr essentiel de disposer d'une équipe capable de réagir en cas de menace cyber. Mais les entreprises doivent aussi développer des solutions intégrant des dispositifs cybersécurité « *bydesign* », notamment en mettant en place des authentifications à multi-facteurs ou des VPN. Enfin, elles doivent mener un véritable travail d'éducation auprès de leurs salariés, les erreurs individuelles et les *malware* ou *phishing* étant responsables de plus de la moitié des violations de données recensées.

En ce qui concerne les ressources humaines, en France, le savoir-faire « anti-hackers » était déjà, en 2018, le talent numérique le plus recherché par les entreprises. 68 % d'entre elles soulignent leur besoin de recruter un spécialiste cyber. Selon le CESIN, en 2020, 6 entreprises sur 10 se déclarent de fait incapables de gérer une attaque de grande ampleur[52]. Or pour 79 % des entreprises interrogées par le CESIN, la sécurité ne compte que pour 5 % du budget IT, ce qui limite les possibilités de recrutement. De fait, seule une entreprise sur deux cherche à augmenter les effectifs de sécurité, beaucoup justifiant ce manque par les difficultés à trouver des profils qualifiés.

Il s'agit donc pour les entreprises de recruter des profils d'ingénieurs mais aussi de participer à la formation de (futurs) employés qui seront alors à même de relever l'ensemble de ces défis.

[51] Aux États-Unis, un groupe d'experts fait 80 propositions sur les cyberrisques, https://www.acteurspublics.fr/articles/aux-etats-unis-un-groupe-dexperts-fait-80-propositions-sur-les-cyberrisques

[52] Cybersécurité : comment les entreprises françaises gèrent le risque, Janvier 2020, https://www.silicon.fr/cybersecurite-entreprises-francaises-gerent-risque-333293.html

INCERTITUDES MAJEURES

Vers la création d'un droit international du cyberespace ?

La difficulté à faire face à **l'augmentation et à la professionnalisation des attaques** en matière de cybersécurité interroge sur le rôle des organes de régulation permettant de sécuriser l'espace numérique, tout en assurant une liberté des individus. Ce manque de droit international du numérique ne permet pas de mettre en place une police dédiée du numérique.

L'Appel de Paris[53], signé par un grand nombre d'organisations et de pays, tente de poser des limites mais s'inscrit dans un temps très long. Cette question de droit international du cyberespace est nécessaire à une régularisation du secteur. Sans réglementation prochaine, cette situation laisse chaque acteur public et privé libre de faire sa propre justice, via des pratiques de "*hack-back*" (riposte), extrêmement dangereuses pour le maintien des relations internationales. La régulation du cyberespace semble ainsi être progressivement mise entre les mains de grands acteurs privés, comme les GAFAM et les BATX, ou d'États nourrissant une réelle pensée stratégique de cet espace (Chine, États-Unis, Russie…). Ceux qui peinent à nourrir de telles réflexions (et notamment l'Union européenne) prennent alors fortement le risque de voir se cristalliser un cyberespace échappant totalement à leur volonté de contrôle et de protection des citoyens.

Quelle répartition des compétences de régulation ?

Une régulation par le secteur privé ? Les grands acteurs de l'Internet affirment leur disponibilité pour assumer certains attributs de la souveraineté des Etats ou pour s'attribuer des responsabilités de nature régalienne. Portée par Microsoft, une « convention de Genève du cyberespace » est destinée à réunir les signatures de l'ensemble des acteurs étatiques. L'idée est simple et séduisante, mais difficilement applicable au cyberespace. Les États seraient ainsi responsables et devraient alors s'engager à stopper toute activité conflictuelle au sein du cyberespace, en dehors du cadre des conflits armés. À l'image des différentes conventions de Genève, celle-ci viserait une limitation puis une éradication des attaques sponsorisées par les États, se fondant sur la bonne volonté de ceux-ci.

Une régulation par le secteur public ? L'Appel de Paris lancé par la France en novembre 2018, prend, d'une certaine manière, le contrepied de l'initiative de la convention de Genève du cyberespace puisqu'il vise à responsabiliser les principaux acteurs économiques, en particulier dans la maturité de la sécurité de leurs produits et dans le cadre de la lutte contre la cybercriminalité.

Le sujet devenant de plus en plus sensible, les pouvoirs publics vont progressivement s'en emparer et imposer des contraintes réglementaires au niveau national également. Selon le contexte toutefois, il faut rester vigilant à ce que ces règles répondent bien aux enjeux des entreprises et ne pas générer, à l'inverse, une perte d'énergie au sein des firmes qui devraient s'y plier.

[53] Appel de Paris, https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/diplomatie-numerique/la-france-et-la-cybersecurite/article/cybersecurite-appel-de-paris-du-12-novembre-2018-pour-la-confiance-et-la

Quelles évolutions de la culture cyber dans les entreprises ? dans la société civile ?

Les entreprises doivent **sensibiliser leurs utilisateurs, clients comme salariés, aux risques cyber.** La création d'une vraie culture d'entreprise est essentielle mais difficile à mettre en place. Lors de la généralisation massive du travail à distance, il a été nécessaire de rappeler beaucoup plus fréquemment les gestes « barrières » cyber pour tenter d'éviter des attaques et intrusions dans les systèmes des entreprises. Cette communication cyber a souvent été intégrée à la communication groupe sur la situation sanitaire pour lui assurer la plus grande visibilité. La crise Covid-19 va-t-elle permettre une prise de conscience des risques cyber ou au contraire reléguer cette préoccupation au second plan ?

Certains pays commencent déjà à intégrer l'enseignement des enjeux et concepts numériques (depuis l'intelligence artificielle jusqu'aux risques de cybersécurité) dès l'éducation primaire et secondaire, comme en Israël[54]. La France vient de modifier certains programmes du lycée en ce sens et d'ouvrir un diplôme d'enseignement dédié à l'informatique. Toutefois, ces démarches sont très longues à produire des effets à grande échelle. La question de savoir qui pourra se charger d'éduquer les citoyens sur les risques cyber reste entière.

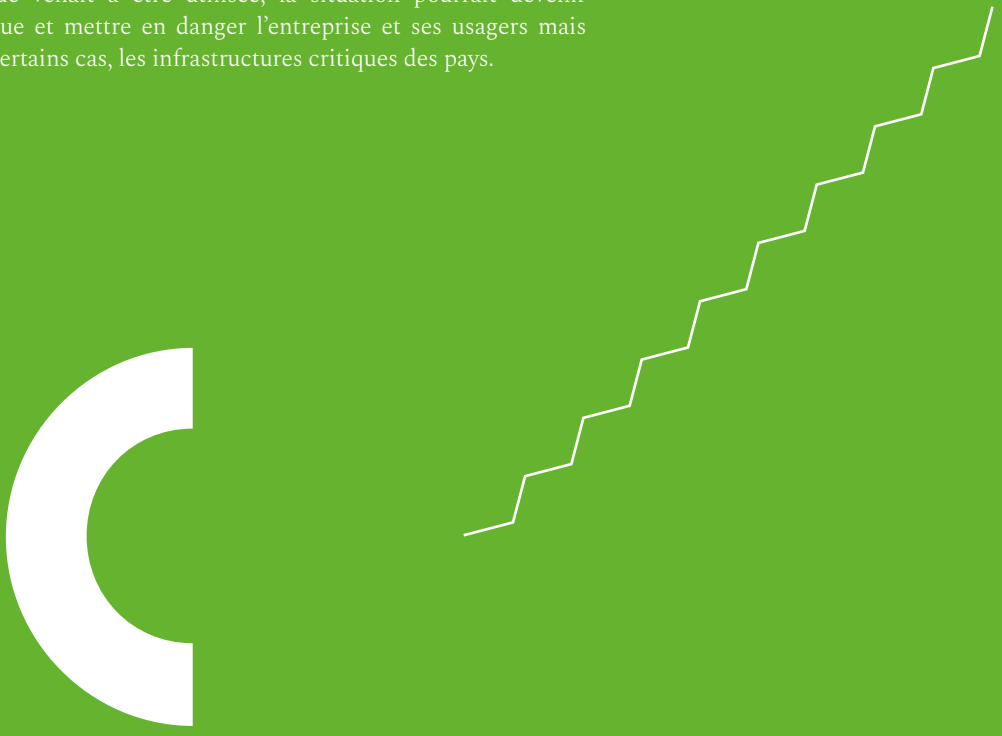
[54] Israël forme à la cybersécurité des adolescents de milieux défavorisés, Septembre 2016, http://www.slate.fr/story/122645/israel-cybersecurite

WILD CARDS

Exploitation d'une faille de sécurité majeure et systémique dans un système ou application massivement utilisé

-

Le nombre de failles de sécurité découvertes augmente progressivement. Les vulnérabilités des entreprises et administrations publiques sont de plus en plus visibles. À l'heure de la crise Covid-19, il apparaît que certaines entreprises s'appuient particulièrement sur un nombre limité de solutions et de fournisseurs pour faire fonctionner leurs services minimums et assurer la collaboration des équipes. Si une faille majeure et systémique venait à être utilisée, la situation pourrait devenir catastrophique et mettre en danger l'entreprise et ses usagers mais aussi, dans certains cas, les infrastructures critiques des pays.



Effondrement du système financier suite à une cyberattaque de grande ampleur

Pour illustrer cette menace, Christine Lagarde a pris l'exemple d'une cyberattaque qui détruirait ou chiffrerait les soldes des comptes bancaires[55]. Les cybercriminels les mieux organisés parviennent à déployer ce genre de logiciels malveillants dans des réseaux d'entreprise. Ils utilisent ensuite une « prise d'otage » des données pour demander une rançon. Dans le cas où les soldes des comptes seraient inaccessibles, il serait impossible de savoir où se trouve l'argent. Cette situation pourrait générer une crise des liquidités. Les clients se ruant aux guichets pour retirer physiquement l'argent de leur compte, de peur qu'il disparaisse sous sa forme informatique.

Effondrement du Great Firewall chinois

Aujourd'hui, le « Great Firewall » chinois peut être comparé à un mur de Berlin numérique. Il s'agit d'un dispositif de contrôle disposant d'un droit de regard sur toutes les informations qui circulent entre l'Internet mondial et l'Internet chinois interne. Ce dispositif supprime ou empêche l'accès au territoire national des contenus, services et entreprises allant à l'encontre de la politique gouvernementale chinoise. Il génère, de fait, d'importantes contraintes pour les entreprises mondialisées. C'est aussi un outil commercial puissant pour la Chine, garantissant en effet la souveraineté numérique aux champions chinois.

[55] Christine Lagarde : « la prochaine crise économique pourrait venir d'une cyberattaque », Février 2020, https://cyberguerre.numerama.com/2855-pourquoi-christine-lagarde-dit-que-la-prochaine-crise-economique-pourrait-venir-dune-cyberattaque.html

Fournisseurs et services numériques

4.

Le numérique a un impact global sur les modèles d'affaires des entreprises, mais aussi sur les relations entre les acteurs de l'écosystème numérique, entre les fournisseurs de services et les utilisateurs, entre les acteurs historiques et les nouveaux entrants. Les nouveaux services autour de la donnée, associés au développement de technologies telles que le *cloud*, l'intelligence artificielle et la 5G, font apparaître de nouveaux acteurs internationaux et tout particulièrement asiatiques. Ces fournisseurs déploient leurs outils et leurs offres à tous les niveaux de la société, des États aux entreprises, en passant bien sûr par les services proposés aux individus directement, y compris au sein même de l'Union européenne, pourtant connue pour ses fortes ambitions régulatrices.

Les GAFAM, particulièrement puissants, ont acquis une influence certaine sur les entreprises et les usagers, au point de remettre en cause les capacités d'action des États pour limiter ou contrôler leurs opérations. Les BATX, quant à eux, s'imposent progressivement comme de nouveaux leaders susceptibles de générer des changements majeurs dans les infrastructures européennes, notamment en ce qui concerne le développement de la 5G. Il est essentiel de questionner les évolutions des jeux d'acteurs car elles auront des conséquences fondamentales sur les outils, les services, mais aussi les risques de demain.

Point de vue

« Issu de la philosophie politique, le concept de la souveraineté joua un rôle central dans la mise en place d'États de droit au XVIIIe siècle. L'évolution contemporaine consécutive au déploiement mondial du numérique met la souveraineté des États en défaut, qu'il s'agisse de la souveraineté sur le numérique, à savoir de la souveraineté sur les infrastructures, de la souveraineté sur les données, de la souveraineté des terminaux (téléphones ou chatbots), etc., ou de la souveraineté au sens classique. Sur ce dernier point, la crise COVID-19 agit comme révélateur des évolutions en cours : songeons à la fin de non-recevoir adressée par le consortium Apple-Google à la demande d'ouverture des fonctionnalités Bluetooth formulée par les États européens pour mettre en place une application de traçage. Décrété unilatéralement par Amazon, et quoi que l'on pense du bien-fondé de ses motivations, le moratoire d'un an sur les services de reconnaissance faciale fournis à la police américaine apparaît elle aussi comme un défi lancé par une société privée à la police et, plus généralement, à la sécurité intérieure des États-Unis.

Partout, l'exercice de la souveraineté par les États est contesté par les géants américains du web aujourd'hui qui se proposent d'en assumer les prérogatives, et il y a fort à parier qu'elle le soit par les entreprises chinoises de demain... La communauté européenne montre sa grande faiblesse, par exemple lorsqu'elle ouvre chacune de ses consultations à tous les acteurs, d'où qu'ils viennent, en particulier aux géants du web qui disposent de pouvoirs financiers considérables pour accroître leur pouvoir d'influence (lobbying en anglais).

Devons-nous, en France et en Europe, accepter d'être dominés par des acteurs étrangers, sans aucun contrôle démocratique ? Entrons-nous, après la domination des États-Nations, dans un nouveau féodalisme, où se superposeraient les influences de puissances industrielles ? Telles sont les questions qui s'ouvrent à nous aujourd'hui. »

Jean-Gabriel Ganascia,
Sorbonne Université, Comets (CNRS), CERNA

TENDANCES STRUCTURANTES

Concentration des fournisseurs de services numériques

Les grands fournisseurs, notamment du *cloud*, ont **une croissance organique** interne mais aussi une croissance externe, basée sur les acquisitions de concurrents et de startups. Cette stratégie contribue à assécher le marché et **à réduire le nombre de petits fournisseurs**. Le grand nombre de fusions-acquisitions du secteur amène à **une concentration du marché et à des positions hégémoniques**.

Chacune des cinq grandes entreprises américaines (GAFAM) a fait au moins **une acquisition très importante depuis 10 ans, se comptant en milliards de dollars**. L'acquisition de Motorola par Google pour 12,5 milliards de dollars dès 2011, le rachat de WhatsApp par Facebook pour 19 milliards de dollars en 2014, ou encore l'acquisition de LinkedIn (26,2 milliards de dollars) puis GitHub (7,5 milliards de dollars) en 2017 et 2018 par Microsoft font partie des exemples les plus éclairants. Par ailleurs, certains acteurs n'hésitent pas à sortir de leur domaine traditionnel. Ainsi Amazon rachète Whole Foods pour 13,7 milliards de dollars en 2017, bouleversant le monde de la grande distribution [56].

Selon l'impact économique de la crise Covid-19, il est possible que cette consolidation se renforce si certains petits acteurs en difficulté se voyaient forcés d'accepter l'offre de rachat des « géants ». À l'inverse, **la nécessité d'une autonomie et d'une résilience nationale**, brutalement rappelée par la rupture partielle des chaines de production et d'approvisionnement dans le domaine physique, pourrait pousser les États à soutenir **le développement de « champions locaux »**, à même de fournir des solutions aussi performantes que les géants actuels.

Un marché du logiciel dominé par quelques acteurs

L'oligopole en matière de logiciels a progressivement changé. Le monopole d'IBM a d'abord cédé ses parts de marché à Microsoft, puis le marché de l'ERP s'est partagé entre SAP et Oracle. Le développement d'environnements attractifs a permis à Microsoft de dominer le marché du *cloud* public. Aujourd'hui, Google et Amazon investissent ce segment. Il n'est pas évident d'anticiper l'émergence d'autres acteurs dans le monde du logiciel. Google et Amazon déploient des moyens financiers et humains massifs pour rattraper la concurrence dans ce domaine. Reste que la **logique de rachats d'entreprises innovantes** pourrait finir par **étouffer le marché** et donc les acteurs dominants eux-mêmes. Malgré la difficulté à se faire une place, les acteurs aujourd'hui dominants pourraient se voir concurrencés à l'avenir. De plus petits acteurs encore peu visibles arrivent en effet de plus en plus à se positionner, notamment dans les solutions *as a service* de niche (Slack, Zoom, ServiceNow), même si, à ce jour ils sont rapidement rachetés.

En parallèle, les jeux politiques des États commencent aussi à influencer lourdement les choix technologiques des entreprises. Internet devient de plus en plus régulé. C'est un risque pour les GAFAM qui subiraient alors fortement les politiques de relocalisation et de souveraineté numérique.

Cette idée de « nationalisation » des choix technologiques ou des fournisseurs amène aussi à une décentralisation progressive des architectures. Ce phénomène pourra être renforcé par les défaillances mises en lumière par la crise Covid-19 et détaillées précédemment.

[56] Données Wikipedia sur les pages des différents acteurs

Tensions sur le marché des compétences pour l'intégration des solutions éditeurs

Les fournisseurs de services font appel à un large écosystème pour pouvoir implémenter leurs solutions dans les organisations. Les intégrateurs, notamment, sont des acteurs clés dans la mise en place et la gestion des solutions. Or la pénurie de compétences numériques touche également ces acteurs ainsi que les entreprises devant intégrer ces solutions dans leurs systèmes d'information, ce qui complique fortement leur mise en place. Cette tension nuit au déploiement des éditeurs de solutions telles que Salesforce et SAP.

Fort lobbying des géants américains du numérique

La concentration du marché du numérique autour de quelques acteurs américains leur permet de s'imposer sur ce marché et d'être **des acteurs incontournables dans le paysage technologique mondial**. Ils se positionnent **aux premiers rangs des négociations politiques européennes**[57] **et internationales** via des dépenses en lobbying très significatives, en progression chaque année[58]. Aux États-Unis, les grands industriels se sont organisés et financent leur présence auprès des représentants des institutions. Cette puissance financière leur permet de participer activement à l'écriture des lois et de standards ou au développement de futurs projets. Ils peuvent ainsi imposer leur vision et servir leurs intérêts.

Selon les chiffres de l'ONG the Center for Responsive Politics[59], en 2019, Facebook et Amazon ont ainsi dépensé environ 16,7 millions de dollars (M$) en lobbying aux États-Unis, alors que Facebook avait dépensé 12,6 M$ l'année précédente, et 9,85 M$ en 2015. Google a diminué par rapport aux 21,7 M$ en 2018 pour investir seulement 12,5 M$. Dans la catégorie, « Electronics & Equipement », Microsoft dépasse légèrement les 10 M$. Apple passe de 6,7 M$ à 7,4 M$. Ces chiffres montrent le poids très important de ces acteurs dans les choix politiques et la définition des standards technologiques.

Déséquilibre grandissant des relations avec les grands fournisseurs

Avec les opportunités qu'apportent le *cloud*, les fournisseurs de services numériques font peser de manière disproportionnée sur leurs clients **le coût de leur conversion dans le *cloud*.** Leur stratégie les amène à adopter des comportements commerciaux de « **chasseurs de prime** » qui sont favorisés par un modèle de rémunération valorisant davantage le « vendre plus » que le « vendre mieux » (c'est-à-dire le conseil et la valeur ajoutée pour le client).

Le manque de clarté, volontaire, des clauses contractuelles et de certaines métriques permet de les interpréter à l'avantage des fournisseurs. Les entreprises utilisatrices demandent[60] aux fournisseurs de revenir à un modèle d'affaires équilibré et aligné sur la valeur réelle. Ce modèle d'affaires est également questionné au regard des défis économiques et socio-environnementaux à relever (utilisation massive du *cloud*, archivage extrême, etc.).

La crise Covid-19 a montré la dépendance de l'Europe vis-à-vis des fournisseurs de technologies numériques pour la plupart basés aux États-Unis. Microsoft a dû équilibrer la charge entre ses environnements pour donner plus de puissance à Office 365 et moins aux usages d'Azure. A l'échelle des pays, cela aurait pu alors se traduire par une redirection des connexions d'un pays vers un autre pays. De telles stratégies préférentielles représentent, à terme, une menace pour l'indépendance numérique de l'Europe.

[57] Petit guide de lobbying dans les arènes de l'Union européenne, Mai 2019, https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2019/05/23/petit-guide-de-lobbyisme-dans-les-arenes-de-l-union-europeenne_5466056_4355770.html
[58] Plusieurs indicateurs disponibles : https://lobbyfacts.eu/ et https://www.integritywatch.eu/
[59] OpenSecrets.org - Center for responsive Politics, https://www.opensecrets.org/federal-lobbying/industries/summary?cycle=2019&id=B13
[60] Communiqué de presse Cigref, Juin 2019, https://www.cigref.fr/wp/wp-content/uploads/2019/07/Communique_presse_Cigref_relations_fournisseurs_1_juillet_2019_VF.pdf

Croissance régulière de l'adoption de l'open source

Red Hat a révélé que **plus de la moitié des logiciels des entreprises interrogées** dans une enquête de 2019 [61] **étaient encore propriétaires**. Cette année, les logiciels propriétaires seraient descendus à 42 %. Dans deux ans, l'enquête estime que la part des logiciels propriétaires va descendre à 32 %. En revanche, les répondants ont indiqué que 36 % des logiciels de leur organisation sont des logiciels libres d'entreprise et qu'ils s'attendent à ce que cette proportion passe à 44 % dans deux ans.

Il y a tout de même une importante différence d'adoption entre **l'open source d'infrastructure** par rapport aux outils open source pour les applications métiers ou bureautique. Les géants du numérique eux-même comme Amazon, Google, Microsoft sont des contributeurs actifs de la communauté open source dans le développement des infrastructures, mais proposent ensuite des solutions clé en main propriétaires à leurs clients.

Les entreprises utilisatrices sont de plus en plus nombreuses **à réduire l'empreinte des grands fournisseurs dans leur système d'information** et à réfléchir à des stratégies de sortie par la recherche d'alternatives, recourant à l'open source notamment. Du fait des stratégies des fournisseurs menant à l'explosion du coût de licences et de leur support, ces démarches de sortie deviennent progressivement plus attractives et économiquement viables, même si la démarche est longue et les efforts à fournir par l'entreprise sont très conséquents.

Renforcement des entreprises « plateformes » par la rétention des utilisateurs

Les entreprises « plateformes » ont la capacité de **renforcer leur position sur le marché et de devenir incontournables** en s'appuyant sur « l'effet réseau ». Par exemple, le service de taxi Uber doit disposer d'assez de chauffeurs pour répondre à la demande des clients qui, en retour, seront satisfaits du service s'il y a le moins d'attente possible, donc plus il y a de chauffeurs, plus il y a de clients et donc de courses permettant à Uber de se rémunérer par les commissions de chaque transaction. Ainsi, plus il y a d'utilisateurs sur la plateforme, plus elle est performante, sa performance rend plus difficile de la quitter ou de s'en passer, ce qui permet à la plateforme d'attirer plus il y a d'utilisateurs. Ces entreprises proposent une mise en relation d'au moins deux types de populations, chacune attirée par la multiplication de l'autre. Les plus grandes plateformes américaines et chinoises représentent une masse considérable d'utilisateurs, environ plus d'un milliard d'utilisateurs chacune. Cet « effet réseau » explique **l'émergence d'acteurs en position dominante** de type Uber et Didi (chauffeurs et clients), Amazon et Alibaba (marchands et clients), Facebook, Google, Baidu (publicitaires et utilisateurs), Spotify (producteurs et abonnés), Airbnb et Booking (hébergeurs et voyageurs). Les utilisateurs étant réticents à changer pour un service moins intuitif et efficace, il est compliqué de faire émerger de nouveaux entrants sur le marché. Ces plateformes cherchent bien à devenir incontournables, tant en BtoB qu'en BtoC. Autre pratique allant dans ce sens, la diversification de leurs activités leur permet de couvrir un spectre toujours plus large dans la vie quotidienne des consommateurs. Leur couverture des chaines de valeur s'accroit. Le chinois WeChat et maintenant Facebook offrent, par exemple, la possibilité d'utiliser la messagerie pour payer, rembourser leurs proches, ou accéder à des sites de e-commerce [62].

[61] Red Hat finds adoption of open-source software at a rapid pace, Février 2020, https://www.zdnet.com/article/red-hat-finds-enterprise-users-are-adopting-open-source-software-at-a-rapid-pace/

[62] Les secrets de la messagerie chinoise Wechat décryptés, 2019, https://www.usinenouvelle.com/editorial/les-secrets-de-la-messagerie-chinoise-wechat-decryptes-par-fabernovel.N799920

ÉMERGENCES

Plateformisation de l'économie

Avec ce qu'on appelle **l'uberisation ou plateformisation**, des pans entiers de l'économie sont donc susceptibles d'être disruptés par de nouveaux acteurs numériques. Par exemple, Booking.com se place en intermédiaire entre le client et l'hôtelier et capture ainsi une part croissante du chiffre d'affaires des hôteliers traditionnels. Si, initialement, le service plateforme proposé par Booking était vu comme un avantage de visibilité, plusieurs hôteliers font état d'une dépendance croissante pour toucher leur clientèle, allant jusqu'à les asservir. Dans d'autres domaines aussi, les entreprises pourront alors être complètement séparées de leurs clients finaux, souvent avec des conséquences néfastes sur leur modèle économique, leur savoir-faire ou leur identité.

Après les données personnelles, la course à l'exploitation des données industrielles

« Nous entrons dans une nouvelle phase, avec l'essor d'un nouveau type de données, **non plus personnelles mais industrielles**[63] », déclare Thierry Breton, commissaire européen au marché intérieur, dans une interview accordée aux Échos, le 17 février 2020. Selon lui, alors que de « grandes plateformes basées sur l'exploitation des données se sont développées aux États-Unis et en Chine », les données industrielles vont « rebattre les cartes ». **L'Europe sera le « principal champ de bataille » de la « guerre des données industrielles** », et doit « être le premier continent à tirer le plein bénéfice de cette vague ». Déjà des plateformes s'adressant au marché B2B comme Schneider Electric, Dassault Systèmes se positionnent pour les traitements de données industrielles. Les nouvelles plateformes, qui devront permettre « l'exploitation de ces données au plus près de leur lieu de production, sont d'une nature toute différente de celles des GAFAM ». Thierry Breton souhaite donc que l'émergence de ces plateformes industrielles soit portée par des « projets européens d'intérêt commun associant grandes entreprises et PME pour bâtir les plateformes critiques de gestion des données ».

[63] La guerre des données industrielles débute maintenant et l'Europe sera son principal champ de bataille, 2020, https://www.lesechos.fr/tech-medias/intelligence-artificielle/thierry-breton-la-guerre-des-donnees-industrielles-debute-maintenant-et-leurope-sera-son-principal-champ-de-bataille-1172285

Volonté de taxation des géants du numérique et plus particulièrement des GAFAM par la France et l'Europe

La France et l'Europe souhaitent **réguler les géants du numérique** tels que Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft, et notamment sur le plan des taxes fiscales nationales. Souvent basées en Irlande, pays favorisant les investissements étrangers, ces entreprises bénéficient d'impôts réduits du fait de la non-territorialité de leurs services numériques (peu d'infrastructures physiques). Ces entreprises, en position hégémonique, ont d'importants chiffres d'affaires en France, tirés de la valorisation de l'activité des internautes. Au niveau européen, les initiatives se multiplient pour encadrer et taxer les activités des GAFAM, notamment à l'initiative de Margrethe Vestager et de Thierry Breton[64]. La France avait annoncé vouloir mettre en place une "Taxe GAFA" en 2018[65]. De nombreux pays européens sont engagés dans les discussions internationales à l'OCDE pour trouver un accord mondial pour la taxation des géants du numérique, avec les États-Unis. Toutefois, les États-Unis sont très réticents et l'administration Trump a lancé une enquête formelle[66] sur les taxes nationales des services numériques adoptées ou envisagées dans neuf pays, menaçant de durcir des tarifs américains sur les importations en provenance de ces pays.

Par ailleurs, la taxation des entreprises peut se baser sur le chiffre d'affaires mais aussi sur leur "comportement", à l'image de ce qui se fait en Chine via la notation des entreprises.

Volonté (mais difficulté) des pouvoirs publics de mieux réguler les contenus hébergés par les géants du numérique

A la suite d'événements particulièrement marquants (comme le massacre de Christchurch en Nouvelle-Zélande en mars 2019), de nombreux États ont entamé des démarches de régulation des contenus haineux sur les réseaux sociaux. Le gouvernement australien a rapidement réagi avec un plan d'action[67] puis une loi pour faire face à la propagation des contenus violents. Le G20 s'est déclaré pour une hausse du niveau des attentes sur le rôle des plateformes dans la lutte contre les contenus terroristes. Progressivement, plusieurs pays mettent des dispositifs en œuvre. Ces derniers sont souvent accompagnés de fortes controverses comme en France ou aux États-Unis. En France, la loi Avia visant à lutter contre la haine sur Internet, a ainsi provoqué des débats houleux, notamment au sein des cercles d'activistes libertaires.

[64] L'Union européenne créera une taxe Gafa si l'OCDE n'y parvient pas, Janvier 2020, https://www.lesechos.fr/monde/europe/lunion-europeenne-creera-une-taxe-gafa-si-locde-ny-parvient-pas-1164343

[65] Taxe Gafa française, http://www.assemblee-nationale.fr/15/projets/pl1737.asp

[66] USTR Initiates Section 301 Investigations of Digital Services Taxes, https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/press-releases/2020/june/ustr-initiates-section-301-investigations-digital-services-taxes

[67] Australian Taskforce to Combat Terrorist And Extreme Violent Material Online, June 2019, https://www.pmc.gov.au/sites/default/files/publications/combat-terrorism-extreme-violent-material-online.pdf

Emergence progressive des acteurs chinois sur le marché des infrastructures occidentales

L'arrivée d'acteurs chinois (équipementiers et fournisseurs de services) sur le marché occidental (Europe/Amérique du Nord) - tels que Alibaba avec ses offres *cloud*, et Huawei avec ses équipements matériels (notamment pour la 5G) – introduit une concurrence face à l'hégémonie des acteurs américains. Les capacités chinoises d'investissement dans les innovations sont considérables. En 2019, Huawei prévoyait d'au moins **doubler ses dépenses annuelles de R&D** pour les porter à 15 milliards de dollars tandis que Alibaba annonçait également investir une somme similaire orientée particulièrement dans l'intelligence artificielle. Les **ambitions de la Chine pour son développement** à l'international se sont encore plus renforcées avec la crise, que ce soit au niveau des instances internationales, des relations bilatérales, et technologiques (et notamment sur les infrastructures 5G[68]). Les fortes tensions, précédentes et exacerbées par la crise, pourraient avoir un impact décisif sur le rôle réel que pourront jouer les acteurs chinois en Europe et en Amérique du Nord à l'avenir.

Tensions internationales autour des fournisseurs chinois et américains

Les tensions entre le gouvernement américain et les acteurs chinois, notamment l'équipementier Huawei, ont suivi le mouvement des tensions commerciales entre les deux pays. **L'intégration d'équipements chinois dans les infrastructures critiques du réseau 5G américain** est fortement remise en cause. Les États-Unis accusent Huawei de complicité et d'espionnage pour le compte du gouvernement chinois via des "*backdoors*", des vulnérabilités qui sont intentionnellement créées pour permettre des actions de façon dérobée permettant d'extraire des informations. Les liens de ces acteurs avec le gouvernement chinois effraient et font s'interroger sur les impacts de leur expansion. Au 1er mai 2020, le Président Trump signe un décret présidentiel interdisant aux acteurs du réseau de production et de transport d'électricité d'acheter des équipements fabriqués à l'étranger[69]. Dans la continuité, un même décret pourrait concerner les acteurs d'infrastructures numériques. Les États-Unis ne sont pas les seuls à mener cette démarche pendant la crise du Covid-19. La Grande-Bretagne a déclaré souhaiter former un club de 10 nations pour développer leur propre technologie 5G et réduire leur **dépendance vis-à-vis du géant chinois controversé**. Néanmoins, l'empreinte chinoise est déjà suffisamment importante pour rendre l'autonomisation difficile[70].

Ces tensions sécuritaires s'accompagnent **d'une guerre commerciale** entre les deux grandes puissances sino-américaines. Les instances chinoises réagissent à cela en accélérant leur plan visant leur propre autonomie technologique. Le gouvernement renforce aussi sa politique diplomatique et met en garde les pays qui écarteraient leurs acteurs des marchés.

[68] La Chine veut reprendre le déploiement d'infrastructures 5G, Mars 2020, Usine digitale, https://www.lesechos.fr/monde/europe/lunion-europeenne-creera-une-taxe-gafa-si-locde-ny-parvient-pas-1164343

[69] Décret présidentiel prohibant les équipements étrangers pour le réseau électrique, Mai 2020, https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-securing-united-states-bulk-power-system/

[70] Win For Trump? Britain Backs Away From Huawei 5G Plans, Forbes, Mai 2020, https://www.forbes.com/sites/alasdairlane/2020/05/28/win-for-trump-britain-backs-away-from-huawei-5g-plans/

Volonté de faire émerger des leaders européens, notamment dans le *cloud*

Faire émerger des acteurs européens du *cloud* pour assurer leur **souveraineté** et pour protéger le cyberespace européen est **un souhait partagé par de nombreuses parties prenantes** mais difficile à concrétiser. Le Rapport Gauvain sur la protection des entreprises contre les lois et mesures à portée extraterritoriale datant de juin 2019, fait le constat que "les entreprises françaises ne disposent pas aujourd'hui des outils juridiques efficaces pour se défendre contre les actions judiciaires extraterritoriales[71] engagées à leur encontre." L'extraterritorialité du droit américain et son articulation avec le droit européen posent de nombreuses questions.

Néanmoins, l'Union européenne, éclectique, apparaît en difficulté de proposer une offre compétitive contre celle des Chinois, et des États-Unis. On s'interroge alors sur la capacité de la France et de l'Europe à constituer **une réelle autonomie stratégique**. La crise Covid-19 a tout de même permis de remettre ce sujet à l'ordre du jour au vu des dépendances flagrantes du secteur. L'ambition affichée de certains États européens de constituer une offre industrialisée du *cloud* de confiance représente une opportunité unique pour répondre à cette problématique. L'alliance franco-allemande Gaia-X a pour but de concevoir une architecture technique garantissant un échange de données sécurisé. Cette architecture pourrait alors servir de base à un écosystème complet de gestion des données. Outre l'amélioration des conditions économiques d'accès à des ressources de services *cloud*, une telle initiative constituerait un signal clair quant à l'ambition de restaurer l'autonomie stratégique de l'Europe dans un secteur clé de l'industrie numérique.

[71] Rapport Gauvain sur la protection des entreprises contre les lois et mesures à portée extraterritoriale, Juin 2019, https://www.dalloz-actualite.fr/flash/rapport-gauvain-sur-protection-des-entreprises-contre-sanctions-americaines

INCERTITUDES MAJEURES

Vers la disparition des acteurs historiques des services informatiques ?

Alors qu'**un grand nombre d'acteurs historiques se sont fait dépasser par de nouveaux entrants** et de nouvelles technologies, il est possible de questionner la présence des acteurs dominants actuels. La transformation réussie et rapide de quelques-uns peut illustrer leur résilience. À différentes étapes de leur développement, IBM ou Microsoft ont su gérer le désengagement de leurs clients et rebondir par la proposition de nouveaux services. D'autres ont perdu beaucoup de parts de marché, voire ont disparu du marché. Certains acteurs traditionnels tels que Oracle et SAP semblent au bout de leur modèle et devraient se réinventer pour rester compétitifs.

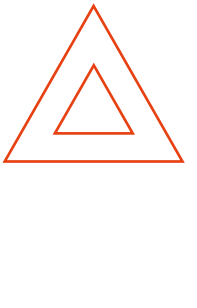
Le renouvellement des acteurs en fonction des technologies et des moyens accordés est un phénomène reconnu, néanmoins la conjoncture actuelle et l'importance de la détention des données (industrielles et personnelles) interrogent sur les changements à venir. Si ces acteurs venaient à disparaître, **la stratégie de remplacement** serait très lourde pour les entreprises, exigeant des investissements considérables, au détriment de projets plus innovants. Les deux incertitudes ci-après constituent justement des moteurs potentiels d'une disparition ou d'une désagrégation progressive de ces acteurs historiques.

Vers une remise en cause des fonctions régaliennes par les géants du numérique

L'émergence de projets comme celui du Libra, **la cryptomonnaie de Facebook**, inquiète les États qui craignent **une suprématie des géants du numérique** s'étendant jusqu'à leurs fonctions régaliennes[72]. Les initiatives des GAFAM et BATX dans les domaines de la santé, de la finance ou du cyber encouragent les gouvernements à déployer des dispositifs juridiques pour les limiter. Des représentants démocrates américains ont ainsi élaboré un projet de texte interdisant aux grandes entreprises du numérique d'émettre des cryptomonnaies et d'agir comme une institution financière, le « *Keep Big Tech Out Of Finance Act* ». La Banque centrale européenne a également communiqué sur le groupe de travail monté avec les banques d'Angleterre, du Canada, du Japon, de la Suède et de la Suisse. Elles comptent étudier des choix de conception concrets (économiques, fonctionnels et techniques), « y compris l'interopérabilité transfrontalière ». La Chine a, quant à elle, annoncé travailler sur une cryptomonnaie du Yen au niveau étatique, afin de garder le contrôle de la monnaie.

Vers un démantèlement réglementaire des géants du numérique ?

En 2018, des députés américains ont émis le souhait de **démanteler les grandes entreprises technologiques**, dont Amazon, Alphabet et Facebook, les qualifiant de "mastodontes anticoncurrentiels qui évincent la concurrence[73]." Néanmoins, cette position n'est pas uniformément partagée, n'étant pas considéré comme une réponse suffisante au "grand nombre de questions vraiment essentielles". Pour autant, même démantelées, il est probable que les plateformes continueront d'occuper des positions fortes sur leur marché respectif dans la mesure où les plateformes européennes peinent encore à s'imposer. Ainsi le démantèlement n'est pas forcément « le meilleur remède pour rétablir la concurrence sur les marchés et protéger les innovateurs, les consommateurs et les travailleurs »[74].



[72] La fin de l'État-nation ? Les méta-plateformes au service du bien commun, 2018, https://www.institutmontaigne.org/blog/la-fin-de-letat-nation-partie-2-les-meta-plateformes-au-service-du-bien-commun

[73] Warren wants to split tech companies, Mars 2019, https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-03-08/warren-has-plan-to-split-tech-cos-like-amazon-n-y-times-says

[74] Break up big tech not so fast, 2019, Wired, https://www.wired.com/story/break-up-big-tech-antitrust-laws/

Vers une rupture de la confiance envers les géants du numérique ?

Face aux nombreuses fuites récentes de données personnelles, certains observateurs envisagent **une rupture de confiance envers les géants du numérique**, qui pourrait conduire à une diminution des recours à leurs services. D'autres analystes, toutefois, affirment que **cette tendance n'est pas avérée**. Le scandale impliquant Facebook et Cambridge Analytica, par exemple, n'a eu pour le moment aucun effet sur la performance de l'entreprise Facebook. Amazon semble de plus en plus décrié ces derniers mois en Europe, notamment au regard de leurs pratiques managériales. Mais au cours de la crise Covid-19 et des confinements nationaux, le recours à leurs services a explosé. Le grand public pourrait-il se détourner de telles entreprises ou au contraire va-t-il continuer à les utiliser pour la valeur ajoutée qu'elles apportent, sans se soucier des conséquences individuelles et collectives ? **Le rôle majeur joué par les réseaux sociaux** et les services numériques au cours de plusieurs événements majeurs de cette décennie (printemps arabes, élection présidentielle américaine et Brexit, catastrophes naturelles, pandémie du Covid-19…) montre bien à quel point ces outils apparaissent majoritairement adoptés, utilisés et valorisés, quelle que soit leur politique d'utilisation des données…

Vers une ultraréglementation des services numériques, contraignant ou limitant leur utilisation ?

Au fur et à mesure que la place du numérique dans nos sociétés s'accroit, les institutions réglementaires s'emparent du sujet et développent des principes à respecter. En 2018, l'Union européenne a adopté le Règlement Général de Protection des Données personnelles pour contraindre les entreprises de services numériques à informer leurs usagers et limiter l'usage de ces données. Mais déjà, des usagers y voient des **frictions à leur expérience utilisateur**, comme, par exemple, le nombre de clics nécessaires pour accepter les cookies des sites web. Une autre réglementation destinée à protéger les plus jeunes des dangers des sites de vidéos est en cours d'élaboration. Les détracteurs de ces lois estiment qu'elles réduisent les libertés d'utilisation des services, notamment contre certaines populations en particulier.

WILD CARDS

Consolidation de multiples services régaliens dans les mains de quelques acteurs majeurs

La diversification constante des géants du numérique dans de nombreux domaines d'activité et leur progressive mainmise sur les systèmes de la plupart des entreprises et administrations publiques interrogent sur leurs capacités d'*intrusion* dans l'économie générale des pays. On peut imaginer que leurs connaissances des marchés et des savoir-faire de nombreuses entreprises similaires dans le monde leur procurent un avantage hyperconcurrentiel pour s'imposer comme leader incontesté de certains services, dont des services régaliens. Leur puissance leur permettrait de répondre aux enjeux habituellement gérés par les Etats comme la santé, la cybersécurité, les services financiers, etc. Les Etats s'appuieraient alors sur ces acteurs privés ayant plus de moyens et de compétences.

Effondrement du système de spéculation économique permettant l'investissement financier des géants du numérique

Ces dernières années, l'entrée en bourse des nouveaux acteurs et les valorisations extraordinaires des acteurs numériques dont le modèle d'affaires repose sur l'exploitation des données a suscité beaucoup de questions sur la **soutenabilité du système**. Sans besoin de rentabilité économique immédiate, l'écosystème sous perfusion repose sur la **spéculation économique de la valeur future des données**. Néanmoins, cet engouement pourrait fléchir avec les régulations croissantes et la déception sur les résultats promis de rentabilité. Un **changement majeur de raisonnement** des investisseurs aurait beaucoup d'impact sur les capacités financières de ces acteurs.

Nouvelles formes de travail et engagement des collaborateurs

5.

Le numérique est désormais au cœur de l'organisation du travail au sein des entreprises et administrations, mais également dans le cadre d'un travail de plus en plus distribué, géré à distance et en réseau. Certaines tâches, auparavant internalisées, s'effectuent maintenant « en mode projet », sur un temps court, en y intégrant des parties prenantes extérieures à l'entreprise, en s'appuyant sur la plateformisation pour recruter ou échanger, etc.

Les usages du numérique contribuent, en parallèle, à brouiller les frontières entre vies privée, professionnelle et publique. Les individus l'utilisent aussi bien en tant que travailleur qu'en tant que consommateur et citoyen. Les connexions permanentes, et certains outils comme les *smartphones*, ne permettent parfois plus de faire la distinction entre ce qui relève de l'une ou l'autre de ces sphères. Ainsi, le continuum entre ces trois dimensions peut être bénéfique comme néfaste. En effet, on assiste à une diversification des attentes des collaborateurs et des changements de comportements selon les périodes de la vie (demande de télétravail par exemple), ce qui engendre de nouveaux défis pour les organisations. Ces outils et usages du numérique peuvent aussi être porteurs de nouveaux risques pour la santé (isolement, dépression, *burn-out*...) qui doivent être pris en compte.

Les pratiques de travail à distance déployées massivement au cours de la crise du Covid-19 au printemps 2020 constituent à ce titre une vaste expérimentation sociale du rapport au travail et à son organisation à l'ère numérique, dont il s'agira d'étudier en détail les conséquences. On peut déjà s'interroger sur les nouveaux liens des entreprises à leurs employés, mais aussi des employés à leur activité, avec quelques inquiétudes sur le plan de la gestion des ressources humaines, si les critères de rentabilité et de productivité devaient l'emporter sur la stabilité économique et sociale de tous.

Point de vue

« La crise sanitaire révèle l'importance du monde virtuel et le retard pris par la France dans l'accompagnement numérique des plus précaires. La numérisation de l'économie et de la vie sociale engendre des fractures numériques anxiogènes pour beaucoup. Ne pas disposer d'un Internet à haut débit ou un ordinateur constitue un handicap social très important. On anticipe que la numérisation du travail, couplée avec la mondialisation, va supprimer de nombreux emplois non qualifiés ou peu qualifiés et crée une pression constante pour s'adapter en permanence et se former à de nouvelles techniques ou nouveaux métiers.

Face au confinement, le recours massif au travail à distance a changé la relation des salariés à leur entreprise et leur a donné une liberté supplémentaire dans l'organisation de leur travail et de leur vie. Pour l'entreprise, le gain est double : un gain de productivité et un gain de locaux. L'environnement y gagne aussi. Toutefois, de nombreux salariés ont souffert du travail à distance et ont développé des troubles psychologiques. Les trois syndicats CFDT, UNSA et CFTC, recommandent donc la création d'un droit au télétravail, privilégiant un télétravail volontaire, non permanent, et relevant d'un dialogue social au sein des organisations.

Néanmoins, certains postes ne peuvent être effectués en télétravail. En entreprise, on constate une très forte inégalité de traitement entre les cadres, qui sont en travail à distance et protégés, et les autres qui sont soit à l'arrêt soit sur les lieux de travail, commerce, usines ou chantiers, confrontés au risque sanitaire : c'est le retour du clivage entre cols blancs et cols bleus. »

Jacky Bontems,
Président du groupe des personnalités qualifiées, CESE

TENDANCES **STRUCTURANTES**

Des travailleurs plus âgés, plus urbains et plus hétérogènes

Le profil des travailleurs est appelé à **évoluer dans les prochaines décennies**, au rythme des évolutions démographiques et géographiques des populations. Le **vieillissement** de la population mondiale est une tendance avérée qui aura un impact sur la force de travail active disponible par pays. En parallèle, les individus tendent de plus en plus à se rassembler dans de grandes villes, ce qui génère de nouvelles opportunités mais aussi de nouveaux défis pour maintenir une activité dans les territoires ruraux plus délaissés.

Par ailleurs, les travailleurs de demain auront certainement **des profils plus hétérogènes**, sous l'influence notamment des migrations transnationales, qui tendent à s'accroître, notamment en réaction aux risques climatiques. Cette tendance devrait se confirmer et ce malgré les fermetures actuelles des frontières à la date de rédaction de ce document, en particulier parce que plusieurs populations pourraient fuir des zones durement touchées, non pas par le virus mais par l'interruption des approvisionnements alimentaires et des aides humanitaires.

Restructuration des secteurs, évolution des besoins métiers et des besoins en compétences

L'importance des secteurs primaire et secondaire[75] a continué à décroître au profit du secteur tertiaire. En France, **la réduction drastique de la population active agricole** (-75 % d'agriculteurs entre 1980 et 2014) et, depuis les années 70, **la désindustrialisation du pays** résultent de la mécanisation des métiers et de la délocalisation des activités dans les pays à bas coûts salariaux.

Les profils de travailleurs recherchés évoluent fortement dans certains secteurs vers des besoins en main d'œuvre très qualifiée, multi-tâche, et à l'aise avec les outils numériques, ne cessant, eux-mêmes, d'évoluer.

[75] Document de prospective INRS de 2016 sur les secteurs primaire et secondaire, http://www.inrs.fr/inrs/prospective-quel-travail-demain.html#8019dc0d-bc41-41d9-96b1-ba7d62aa70a0

Évolution marquée des manières de travailler

Les manières de travailler évoluent sous trois aspects :

Le temps consacré au travail

Avec le numérique, il n'est plus possible de cadrer le temps de travail comme avant, puisque les outils numériques permettent, à la fois, de travailler en dehors des horaires officiels de bureau, mais aussi de s'accorder des pauses personnelles pendant ce temps officiel. Déjà en 2014, environ 7 cadres sur 10 affirment travailler le soir, la moitié le weekend[76]. Le droit à la déconnexion entré en vigueur en 2017 dans les entreprises n'a pour l'instant pas eu d'impact significatif sur ce phénomène. Parallèlement, selon une autre étude, les salariés français passent plus d'une heure par jour sur Internet pour des activités non professionnelles[77]. Ces phénomènes doivent particulièrement interroger les entreprises qui ont pu placer leurs salariés en travail à distance depuis le 17 mars 2020. Il s'agira en effet de comprendre dans quelle mesure la contrainte à travailler chez soi constamment a pu avoir un impact sur les temps de travail réels et la productivité des employés, mais aussi identifier les possibles risques sanitaires qui peuvent découler de telles pratiques.

Les lieux consacrés au travail

Juste avant le confinement national qui a contraint une partie de la population française à travailler à distance, le télétravail peinait à se mettre en place de manière massive, mais tendait à se diffuser de plus en plus. 29 % des salariés français interrogés affirmaient le pratiquer régulièrement en 2019. Pour la majorité d'entre eux, le télétravail est effectué à la maison, mais certains rejoignent aussi des espaces de *coworking*. Les lieux dédiés au travail se diversifiaient donc déjà avant le confinement du printemps 2020, et les frontières entre vie privée et vie professionnelle tendent à se confondre de manière plus prégnante[78].

Il s'agira ici d'évaluer dans quelle mesure la pratique du travail à distance sur un temps long et imposé à tous, y compris aux salariés ou entreprises les plus réticentes, aura un impact sur le rapport au travail à distance. Les salariés y auront-ils plus ou moins recours une fois les mesures restrictives levées ? Par ailleurs, le maintien de certaines contraintes sur les déplacements et réunions qui pourraient perdurer jusqu'à l'obtention d'un vaccin en 2021 interroge aussi sur les inégalités mises en exergue par le travail chez soi. Parmi elles, on retiendra les inégalités de logement, ou de rapport à la famille, aux proches et à la solitude. Les télétravailleurs ne sont pas tous égaux lorsqu'ils effectuent leurs tâches à domicile.

Le management et les relations au travail

L'évolution des outils, des lieux de travail, mais aussi les connaissances apportées par les sciences sociales et comportementales sur la psychologie des individus et sur les stratégies à déployer pour maximiser l'efficacité des travailleurs ont eu un impact fort sur la manière de structurer les relations entre collaborateurs. De nouvelles formes de collaboration spontanée, sans leader ou pour un temps limité, apparaissent, structurées grâce aux réseaux numériques. Dans les entreprises plus traditionnelles, l'horizontalité entre employés est de plus en plus défendue et les systèmes hiérarchiques tendent à évoluer. Cette tendance pourrait se confirmer dans un contexte où le travail à distance et les échanges seulement virtuels obligent les managers à attribuer plus de confiance à leurs employés. À l'inverse, il est possible d'imaginer le développement de nouveaux outils de mesure et de contrôle du temps de travail et de la productivité des salariés, outils qui pourraient s'avérer contraignants ou abusifs.

[76] Etude Cadreo sur le travail de cadre, 2014, https://www.cadreo.com/actualites/dt-cadres-travail-vacances
[77] Etude Olfeo sur la réalité de l'utilisation d'Internet au bureau, 2016, https://www.olfeo.com/fr/actualites/societe/etude-olfeo-2016-realite-utilisation-Internet-au-bureau
[78] Le télétravail se diffuse enfin, Avril 2019, https://www.futuribles.com/fr/article/le-teletravail-se-diffuse-enfin/

Diversification des formes d'emploi

Bien que le CDI, en France, reste le contrat de travail largement dominant, concernant toujours près de 9 salariés sur 10, son cadre a fortement évolué. De moins en moins protecteur au fil des réformes, il est aussi de moins en moins souvent utilisé par les entreprises, puisqu'en 2017, 87 % des nouvelles embauches se sont faites en CDD, soit une hausse de 10 points en 10 ans[79].

Les emplois précaires semblent se multiplier, avec plus d'un salarié sur cinq à temps partiel et près d'un travailleur français sur dix qui cumule au moins deux emplois[80]. Le travail en tant qu'indépendant s'est lui aussi développé[81] (+25 % depuis 2003), entre autres favorisé par le travail à la tâche permis par le numérique, **l'essor de ce que l'on appelle la *gig economy***. Cet essor reste toutefois peu important en France, avec une stagnation du nombre de travailleurs indépendants, comparé à d'autres pays (comme les États-Unis).

De manière plus générale, les parcours professionnels apparaissent de plus en plus morcelés, les travailleurs alternant plus souvent des périodes d'emploi avec des périodes de chômage ou de reprise d'études. Cette **précarisation de l'emploi pourrait fortement s'accentuer** si la France s'engage dans une récession économique importante en conséquence de l'épidémie du printemps 2020, en l'absence de décisions fortes d'accompagnement social à l'échelle étatique, européenne et d'initiatives du secteur privé.

Dualisation de l'emploi : une fracture sociale de plus en plus marquée

Selon plusieurs études conduites en Allemagne, ou aux États-Unis, sur des séries statistiques recueillies entre les années 1990 et les années 2010, **une discontinuité de plus en plus nette est perceptible** entre les métiers les plus qualifiés et les mieux rémunérés d'une part et les moins qualifiés et peu rémunérés d'autre part. Ainsi, il apparaît une dissociation forte entre un groupe de travailleurs minoritaires privilégiés qui opèrent dans le secteur tertiaire et une main d'œuvre peu qualifiée et moins bien rémunérée.

Ce phénomène est perceptible dans l'économie du numérique où de plus en plus d'employés à la tâche se retrouvent fortement précarisés[82], alors qu'à l'opposé du spectre, les individus à la tête des plus grandes fortunes mondiales sont, pour la plupart, des PDG d'entreprises du numérique.

Cette dissociation est fortement mise en lumière par l'épidémie du Covid-19 qui oblige les métiers des première et deuxième lignes, indispensables, à aller « au front », et met au chômage partiel ou total les employés des secteurs qui subissent une interruption d'activité sans avoir la possibilité de travailler à distance. Ainsi, **les fractures économiques sont susceptibles de s'aggraver** (les catégories socio-professionnelles intellectuelles peuvent plus facilement travailler à distance que les ouvriers), ainsi que les inégalités de santé (par exemple, les conditions de travail particulièrement pénibles des soignants), certains secteurs prennant de forts risques, quand d'autres sont plus protégés.

[79] Etude DARES sur l'évolution des embauches depuis 25 ans, Juin 2018, https://dares.travail-emploi.gouv.fr/dares-etudes-et-statistiques/etudes-et-syntheses/dares-analyses-dares-indicateurs-dares-resultats/article/cdd-cdi-comment-evoluent-les-embauches-et-les-ruptures-depuis-25-ans
[80] Principales évolutions du marché du travail depuis dix ans, 2017, https://www.insee.fr/fr/statistiques/2891670?sommaire=2891780
[81] L'emploi non salarié ne progresse plus en France, Janvier 2018, https://www.futuribles.com/fr/article/lemploi-non-salarie-ne-progresse-plus-en-france/
[82] Tribune du CNNum sur les travailleurs des plateformes, Avril 2019, https://www.lemonde.fr/idees/article/2019/04/27/souhaite-t-on-creer-une-societe-a-trois-vitesses-constituee-de-salaries-d-independants-et-de-travailleurs-au-statut-hybride_5455751_3232.html

ÉMERGENCES

Défiance croissante des Français et des jeunes envers les grandes entreprises

Selon le baromètre de la confiance politique réalisé par Opinion Way pour Sciences Po Cevipof [83], **43 % des personnes interrogées déclarent faire confiance aux grandes entreprises privées.** Ce taux a beaucoup diminué depuis 2015, retrouvant son niveau de 2011 et de 2009 qui étaient les plus faibles. Il a toutefois réaugmenté (+4) pour cette dernière vague d'enquête, en février 2020.

Le positionnement des grandes entreprises pendant et après la crise Covid-19 pourra être décisif dans l'évolution de cette confiance. En effet, il peut s'agir d'un *momentum* fort pour un certain nombre d'acteurs privés qui peuvent se saisir des opportunités de renouvellement et de restructuration, provoquées par la crise en réinventant leurs activités, leurs offres, mais aussi leurs liens à leurs employés.

Transformation des aspirations et de la vision du travail

En parallèle de ce phénomène, les aspirations des salariés et la vision même du travail au sein de la population active pourraient aussi évoluer. Une enquête de 2018 de l'institut BVA [84] montre ainsi que le bien-être est devenu le sujet d'intérêt principal des salariés en ce qui concerne leur vie au travail (59 %). Selon un sondage Ifop pour Philonomist en 2020 [85], auprès de 970 salariés, 82 % considèrent que l'entreprise est responsable du bonheur de ses employés. Mais la rémunération reste centrale dans les motivations (pour 60 % des interrogés). Ainsi, le travail est de moins en moins considéré comme une fin et plus comme un moyen, même si le fait de s'y sentir bien apparaît comme étant particulièrement important. Ce rapport pourra fortement basculer en fonction de l'évolution de la crise actuelle. En effet, la nécessité de travailler pour subvenir à ses besoins pourra être accentuée dans le cadre d'une crise économique majeure, mais simultanément, la confrontation brutale à un événement catastrophique et à un confinement inédit pourrait rebattre les cartes des priorités, au moins pour les individus qui le peuvent. Certains pourraient ainsi choisir de se concentrer sur leur famille et leurs proches, plutôt que sur leur carrière. Enfin, certains métiers pourraient sortir fortement valorisés de la crise, et notamment dans le domaine des services à la personne. Cela pourrait se traduire par une désaffection des métiers du secteur du numérique.

[83] Baromètre de la confiance politique fait par Opinion Way pour Sciences Po Cevipof, 2019 et 2020, http://www.sciencespo.fr/cevipof/sites/sciencespo.fr.cevipof/files/CEVIPOF_confiance_10ans_CHEURFA_CHANVRIL_2019.pdf
[84] Enquête de 2018 de l'institut BVA, https://www.bva-group.com/wp-content/uploads/2018/03/BVA-Salesforce-Les-nouveaux-enjeux-du-travail-Mars-2018.pdf
[85] Sondage Ifop pour Philonomist en 2020, https://www.philonomist.com/fr/article/bonheur-ethique-autonomie

Évolution des exigences des travailleurs… et des rapports de force employés / employeurs

À la fois causes et conséquences de cette défiance croissante des travailleurs envers les entreprises, et de la transformation des aspirations, **les exigences des individus évoluent aussi fortement.** Causes environnementales, respect de l'égalité homme/femme mais aussi liens entre les entreprises et les appareils sécuritaires de l'État peuvent être autant de nouveaux critères déterminants dans le choix des employés à travailler pour tel ou tel acteur. Selon un sondage datant de 2019[86], un Français sur deux serait ainsi prêt à démissionner de son entreprise, si elle pratiquait une discrimination dans les salaires. Cela témoigne toutefois d'un décalage entre discours et pratiques, puisque le sondage Ifop/Philonomist souligne que 58 % des salariés interrogés considèrent que l'entreprise doit agir pour égaliser la situation homme/femme.

Le Manifeste signé par les étudiants français[87] pour **la défense de l'environnement** témoigne aussi d'une évolution des exigences des salariés, à même de transformer les rapports de force entre ces derniers et les employeurs, en obligeant les chefs d'entreprise à adapter leurs activités aux nouvelles attentes. Google a ainsi été récemment obligé d'abandonner un partenariat pressenti avec le Ministère de la Défense américain.

De nouveaux outils sont par ailleurs mis à disposition des chercheurs d'emploi, comme *Moralscore*, un site qui propose un classement des marques les plus alignées avec les valeurs de l'utilisateur, après qu'il ait rempli un questionnaire en deux minutes sur ses convictions morales.

Pour cette « émergence » aussi, la situation liée au Covid-19 pourra avoir un impact décisif à moyen et long terme. Comme esquissé précédemment, les rapports de force pourraient se renverser à nouveau au profit des employeurs, dans un contexte de crise économique, d'état d'urgence sanitaire qui modifierait le droit du travail et où les enjeux environnementaux pourraient être momentanément oubliés par des individus soucieux de leur avenir économique.

Toutefois les inégalités entre secteurs socio-professionnels, fortement mises en lumière par la crise épidémique mais qui lui préexistaient, pourraient aussi nourrir de vastes mouvements de contestation sociale, dans un climat insurrectionnel, si l'État ne tenait pas ses promesses et/ou si les entreprises cherchaient à profiter abusivement de la situation.

[86] Sondage de Rumeur Publique, 2019, https://rumeur-publique.fr/TJBJJKB34/E67B9AEE3C654A5AB746026C99817E29.php
[87] Manifeste signé par les étudiants français, https://etudiant.lefigaro.fr/article/les-etudiants-de-grandes-ecoles-lancent-un-manifeste-pour-le-climat_471a11f0-cbbe-11e8-913b-46be04476de0/

Besoins de formation et d'accompagnement du collaborateur

Face aux évolutions permanentes des outils numériques et des possibles qu'ils ouvrent, **les besoins en formation initiale et continue** des collaborateurs dans le domaine du numérique ne cessent de s'accroître. Pour que les compétences d'un travailleur ne deviennent pas obsolètes, il apparaît de plus en plus essentiel de l'accompagner tout au long de sa carrière, et de lui permettre de faire évoluer quasiment constamment son ensemble de compétences. De plus en plus d'entreprises se rendent compte de ce besoin mais le phénomène de "*bootcamps*" ou de formations courtes et adaptées est encore émergent.

Par ailleurs, l'accompagnement du collaborateur en temps de confinement, ou dans le cas où des mesures de distanciation physique devaient être maintenues sur le moyen et long terme, est un vrai défi pour les managers et les ressources humaines. De nombreuses entreprises ont envoyé des questionnaires pour connaitre l'état d'esprit de leurs collaborateurs et réfléchissent à renouveler leurs services de soutien à leurs salariés.

Croissance des problèmes de santé liés au travail numérique et numérisé

Les nouvelles formes d'emplois et les nouveaux outils à disposition des organisations sont sources d'opportunités, mais génèrent aussi de nouveaux risques pour les travailleurs. L'OMS a déjà pointé du doigt l'émergence de troubles psychologiques directement liés au travail, comme le *burn-out*. L'organisation du travail guidée par l'exigence d'immédiateté, la difficulté à se déconnecter, la baisse des salaires et la précarité des emplois sont tout autant de facteurs susceptibles d'avoir un impact important sur la santé des individus. L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) pointe même du doigt les risques de voir augmenter la mortalité en raison du stress. Certaines recherches en neurosciences s'inquiètent aussi des dégâts sur le cerveau que peut causer **l'exposition aux outils numériques à long terme** (manque de concentration, nouvelles problématiques liées à la mémoire, capacités analytiques, etc.[88]). Il est par ailleurs possible de s'inquiéter des conséquences à long terme de **la diminution des contacts physiques** et de la **virtualisation des échanges**. Le cas particulier des modérateurs de contenus sur les plateformes, enfin, est tout aussi inquiétant et révélateur des dérives possibles liées au numérique. Ainsi, de nombreux employés de Facebook ou de YouTube, payés pour filtrer les vidéos et contenus violents, rapportent souffrir de troubles psychologiques graves, au point de voir leur santé mentale profondément affectée, et ce sans bénéficier d'accompagnement adéquat par leur employeur[89].

[88] Les écrans détruisent-ils le cerveau de nos enfants ? Novembre 2019, Futura Science, https://www.futura-sciences.com/sante/actualites/enfant-ecrans-detruisent-ils-cerveau-nos-enfants-44207/

[89] Life as a Facebook moderator, Féverier 2020, https://www.irishtimes.com/business/technology/life-as-a-facebook-moderator-people-are-awful-this-is-what-my-job-has-taught-me-1.4184711

Nouvelles organisations de travail

Toujours grâce aux outils numériques mais aussi en réaction aux nouvelles attentes des travailleurs, émergent **de nouvelles manières d'organiser le travail**. L'organisation flash, par exemple, est un terme qui désigne l'industrialisation de la production participative (*crowdsourcing*). L'objectif est d'associer, pour une durée limitée, un certain nombre de travailleurs pour accomplir une tâche donnée. Le numérique permet de rassembler les meilleurs profils par des systèmes de sélection et de coopération à distance. Ces "employés" sont en réalité des travailleurs indépendants. À l'opposé de ces schémas, encore très empreints de la logique productiviste en quête d'efficience, apparaissent aussi **une multitude de collectifs plus informels** (d'artistes, d'architectes, de danseurs, etc.) qui se rassemblent autour de valeurs communes et produisent une forme de travail mais en ne répondant pas aux schémas classiques (parfois sans contrat ni commande, et donc sans salaire, par exemple).

Le mouvement de solidarité mis en place pendant la crise Covid-19 a permis à de nombreux collectifs de se regrouper sur différents sujets (cybersécurité, travail à distance, *open source*, etc.). Il est possible que ces collectifs survivent à la crise et continuent à permettre de créer des communautés en dehors des entreprises, communautés autonomes ou qui pourraient proposer leurs services aux entreprises.

INCERTITUDES MAJEURES

Vers de nouvelles règles sanitaires au travail ?

La crise sanitaire actuelle et l'anticipation de vagues successives de cette maladie, voire de nouvelles épidémies à plus long terme, pourraient obliger les entreprises **à revoir leur manière de gérer la santé de leurs collaborateurs**. Il s'agira notamment d'anticiper de nouveaux risques physiques (désinfection des lieux de travail, liés à l'activité chez soi), et de développer beaucoup plus l'accompagnement psychologique : développement d'addiction, maintenir la motivation, mais aussi lutter **contre l'isolement** et garantir **la continuité des échanges humains, facteurs clé du bien-être individuel**, etc. Par ailleurs, alors que les managers devaient respecter une certaine discrétion sur les arrêts maladies de leur collaborateurs, la nature différente et les dangers mortels de la Covid-19 ont changé cette attitude et ces mêmes managers ont du assurer un suivi des personnes infectées dans le but également de protéger les autres salariés. La posture du manager vis-à-vis de la santé des collaborateurs pourrait donc contribuer à développer une plus grande attention individuelle.

Quelles nouvelles prescriptions sur les règles de santé au travail pourraient alors résulter **des constats alarmants issus de l'usage du numérique, du travail à distance, de l'isolement des collaborateurs et de la fusion des espaces professionnels et personnels ?**

Vers une refonte des espaces de travail ?

Deux phénomènes liés à la période de crise sanitaire vont conduire probablement à un **réaménagement complet des espaces de travail**. En effet, dans le contexte de procédure sanitaire renforcée pour limiter la propagation d'un virus, les aménagements des espaces en *open space* et *flex office* sont peu satisfaisants et vont devoir **s'adapter pour assurer les règles sanitaires** : par exemple, vers une réattribution des bureaux qu'elle soit individuelle ou par entité. D'autre part, l'hybridation du travail entre distanciel et présentiel va induire un besoin d'aménager des salles de réunion non équipées en termes de matériel de visioconférence et d'outils collaboratifs pour une utilisation à distance.

Vers de nouveaux lieux de vie, induits par le travail à distance ?

En France, **la tendance à devenir citadin pourrait s'infléchir**, si les grandes métropoles étaient peu à peu délaissées par des individus réticents à évoluer dans des espaces urbains où le risque sanitaire est élevé et les mesures de distanciation sociale trop contraignantes. En effet, les habitants des grandes agglomérations et en particulier les habitants de la métropole parisienne sont **plus nombreux à vouloir déménager** (38 % contre 11 % en moyenne en France) après cette expérience[90]. Par ailleurs, sous l'impact du choc économique, plusieurs centres-villes pourraient voir leurs **activités durablement ralenties** (fermeture de magasins, de centres d'activités en difficulté financière), ce qui les rendraient moins attractifs. D'autres éléments qui préexistaient à la crise Covid-19 pourraient aussi accentuer cette tendance : recherche d'un meilleur cadre de vie (moins de pollution de l'air et sonore etc.), coût de l'immobilier…

[90] Enquête sur les impacts du confinement sur la mobilité et les modes de vie des Français, Avril 2020, https://fr.forumviesmobiles.org/projet/2020/04/23/enquete-sur-impacts-confinement-sur-mobilite-et-modes-vie-des-francais-13285?utm_source=NL&utm_medium=email&utm_campaign=enquete_confinement

Vers des emplois de moins en moins nombreux et de plus en plus précaires ?

Au regard des tendances majeures identifiées, plusieurs incertitudes subsistent quant à l'évolution du nombre et des formes d'emplois. La pression technologique va-t-elle s'accroître, en effet, au point de faire diminuer drastiquement les emplois disponibles ? À quelle restructuration de la main d'œuvre faut-il s'attendre[91] ? Plus globalement, comment vont évoluer les statuts des travailleurs, leurs droits, les systèmes de protection sociale et de rémunération même ?

Comme évoqué précédemment, les conséquences économiques de l'épidémie et des mesures associées peuvent avoir très probablement un impact fort sur ce phénomène, dans le sens d'une **aggravation de la précarisation des individus**.

Vers des entreprises de plus en plus décentralisées et distribuées ?

Le modèle de **l'entreprise hiérarchique**, où chacun occupe un poste défini et répond à des supérieurs, s'il est toujours bien présent notamment dans les grands groupes, tend à être fortement concurrencé. En effet, le développement des recherches en management a souligné l'importance d'accorder à chacun le même rôle et la même responsabilité dans l'entreprise, pour maximiser l'investissement et la productivité. Cette **évolution horizontale** des relations professionnelles pourrait avoir un impact sur les jeux de pouvoir en interne, l'orientation et la prise de décision ainsi que la structuration même des entreprises, y compris traditionnelles.

Par ailleurs, l'émergence de nouveaux acteurs, plus petits et plus agiles, tels que les *startups* florissantes constituées de quelques collaborateurs à peine, se réunissant dans des lieux de *coworking* et usant d'outils collaboratifs novateurs, s'oppose, là encore, à la vision historique de l'entreprise centralisée. Les petits modèles d'organisation du travail, focalisés sur l'innovation, et où chacun peut jouer des rôles divers, font ainsi concurrence aux machineries administratives des grandes entreprises, plus lourdes, moins évolutives et moins adaptables aux nouveaux défis.

Enfin, les entreprises pourraient choisir de se recentrer autour d'un petit noyau dur de collaborateurs et ne faire appel à des experts que pour des tâches spécifiques. La forme extrême de ce modèle serait celle des *Distributed Autonomous Organizations*, pilotées par un programme numérique, et gérées par des actionnaires.

[91] Arntz Melanie, Gregory Terry et Zierahn Ulrich, « The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis », OECD Social, Employment and Migration Working Papers, n° 189, 2016, OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques)

WILD CARDS

Remplacement massif des emplois tertiaires par des machines

Certains scénarios les plus pessimistes sur l'avenir du travail annoncent un bouleversement majeur et multisectoriel de l'emploi, suite aux **progrès de l'intelligence artificielle et de la robotisation** (les rapports McKinsey[92], notamment, dépeignent souvent ce tableau d'automatisation massive). Ainsi, les êtres humains pourraient être largement remplacés par des machines et ce dans tous les domaines, y compris au sein des cols blancs. Les conséquences d'une telle automatisation du travail seraient très importantes, puisqu'il faudrait **réinventer les activités de toute une population** forcée à l'inactivité. Cette *wild card* pourrait être plus vraisemblable dans un contexte de crise économique et de coupes budgétaires, dans lequel les entreprises choisiraient de développer l'automatisation ou de supprimer des tâches non essentielles. Elle pourrait concerner principalement des professions spécifiques comme les centres d'appels et logistiques, les caissières et des professions d'audit/contrôle. Toutefois la société conservera le besoin de travailleurs dans d'autres secteurs tels que le service à la personne, moins robotisable. On pourra alors assister à des phénomènes de transfert.

Mise en place d'un revenu universel en Europe et aux États-Unis

Au regard des différentes évolutions observées dans les modalités d'emplois et les systèmes de protection sociale, l'Europe et l'Amérique du Nord pourraient décider de mettre en place un **système de revenu universel attribué à tous**, sans aucune condition, et dès leur majorité. Ce revenu permettrait de couvrir les besoins de base[93] et dégagerait ainsi la possibilité pour chacun de poursuivre les activités de son choix, sans nécessité vitale à travailler. Cette hypothèse a été évoquée par de nombreux pays à l'occasion de la pandémie Covid-19 et de ses **conséquences désastreuses sur les ménages les plus précaires et sur l'emploi**. Elle apparaît donc de moins en moins comme une *wild card*. Le 7 avril 2020, l'Espagne a ainsi déclaré souhaiter mettre en place un revenu de base de 500€ au minimum pour tous [94].

Démondialisation et relocalisation des activités sous la pression économique, stratégique et/ou environnementale

En réponse aux enjeux économiques nationaux, environnementaux (besoin de relocaliser certaines productions vitales, ou de réduire les externalités négatives) mais aussi pour faire face aux risques de **disruption de la chaîne de valeur** que peuvent causer des pandémies comme celle de la Covid-19, plusieurs États pourraient s'engager dans une stratégie forte de relocalisation de leurs activités, conduisant à une vague de démondialisation massive et de replis nationaux ou régionaux.

[92] Future of Work reports, McKinsey, https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work
[93] Revenu universel : que retenir des expérimentations déjà menées ? Septembre 2018, https://www.futuribles.com/fr/article/revenu-universel-que-retenir-des-experimentations-/
[94] L'Espagne paiera 500 euros de revenu minimum "de quarantaine", Avril 2020, https://www.courrierinternational.com/article/pandemie-lespagne-paiera-500-euros-de-revenu-minimum-de-quarantaine

Crise majeure de l'immobilier de bureaux dans les grands centres urbains

Si l'expérience du confinement conduit à une adoption généralisée du travail à distance et à une délocalisation des cols blancs dans les régions, le **marché de l'immobilier de bureaux pourrait connaitre une forte dévalorisation**. En effet, avant la crise déjà, la pression sur les entreprises due à la réduction du parc immobilier, les conduisait à généraliser les *open space* et le *flex office*, dans le but de réduire le nombre de mètres carrés. Le passage en travail à distance d'une grande partie des salariés et la continuité d'activités tout de même assurée au cours des confinements nationaux pourraient les amener à reconsidérer leur besoin d'espaces de bureau. L'entreprise américaine WordPress avait déjà en 2017 proposé massivement à tous ses collaborateurs de travailler à distance, fermant ainsi ses bureaux à San Francisco[95]. Si une grande majorité des entreprises françaises venait à adopter les mêmes comportements, cela créerait une **véritable crise de l'immobilier et bouleverserait le paysage de tout ce secteur et son écosystème** (entreprises de nettoyage, de restauration, de mobilier, etc.). Dans un tel scénario, le développement de tous les moyens de télécommunication pour limiter les zones blanches serait, par ailleurs, indispensable pour assurer la demande de connexion.

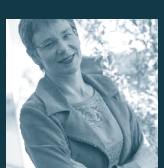
[95] Wordpress ferme ses locaux à San Francisco, Juin 2017, https://www.usine-digitale.fr/article/ses-employes-ne-viennent-plus-au-bureau-wordpress-ferme-ses-locaux-a-san-francisco-et-il-n-est-pas-le-seul.N554368

Point de vue

« La crise a créé une onde de choc dont les effets ne sont pas encore tous connus, nous savons seulement que certains seront dévastateurs, d'autres pourraient être salvateurs dans le sens où ils contribuent à accélérer la réflexion sur la nécessaire transformation des business models de l'entreprise avec une acuité et un sens de l'urgence renouvelés.

Dans les entreprises où l'impact de la crise sur l'emploi est gigantesque (activités exercées sur des sites qui ont fermé ou qui ont été désertés par exemple), nous mettons en évidence, si besoin était, le fossé entre les salariés connectés (et dotés d'une existence numérique dans l'entreprise) et ceux non connectés, dotés ou non d'une existence numérique, dont l'activité s'exerce exclusivement sur les sites des entreprises (de l'employeur ou de ses clients). Cette situation confère une responsabilité encore plus importante aux entreprises. En témoignent leurs communications ces derniers mois mettant toutes en avant leur priorité numéro 1 de prendre soin de leurs employés.

Cela doit aussi nous amener à donner davantage de corps au traitement des inégalités de fait liées aux conditions d'exercice de notre emploi. Pouvoir travailler de n'importe où parce que je suis connectée et dotée de toute la panoplie d'équipements est un réel atout (un confort même), dès lors qu'on ne perd pas le lien (le vrai, pas virtuel) avec son employeur. Ce n'est toutefois qu'un tout petit pas vers la réelle transformation numérique de nos entreprises. »



Agnès Mauffrey,
Global CIO, Sodexo

Membres du Conseil d'orientation stratégique

Bernard DUVERNEUIL,
CDIO, Elior Group,
Président du Cigref

Hugues FERREBOEUF,
Chef de Projet,
The Shift Project

Jean-Claude LAROCHE,
DSI,
Enedis

Jean-Michel ANDRE,
CIO VP Information
Systems, Groupe SEB

Jean-Gabriel GANASCIA,
Sorbonne Université, Comets
(CNRS), CERNA

Jean-Christophe LALANNE,
EVP IT,
Air France-KLM

Yves BERNAERT,
Europe CEO,
Accenture Technology

Henri ISAAC,
Université Paris-Dauphine,
Renaissance Numérique

Agnès MALIFFREY,
Global CIO,
SODEXO

Jacky BONTEMS,
Président du groupe
des personnalités qualifiées,
CESE

Christophe LEBLANC,
Directeur des Ressources et
de la Transformation Numérique,
Groupe Société Générale

Françoise MERCADAL-DELASALLES,
Directrice Générale,
Groupe Crédit du Nord

Remerciements

Ces éclairages prospectifs à l'horizon 2025-2030 sont à destination des membres Cigref et de l'ensemble de l'écosystème du numérique.

Nous vous remercions d'avance de nous faire part de vos remarques pour enrichir cette réflexion collective.

Nous souhaitons remercier les membres du Conseil d'orientation stratégique, pour la richesse de leur collaboration.

Les réflexions de ce rapport s'appuient également sur la contribution de l'ensemble des membres du Cigref aux activités d'intelligence collective qui leur sont proposées.

Nous tenons à remercier Futuribles, un partenaire historique du Cigref, qui nous accompagne pour l'élaboration de cette vision prospective.

Ces éclairages à l'horizon 2025-2030 sont à destination des membres du Cigref et de l'ensemble de l'écosystème du numérique, concerné par ces enjeux et le Cigref est à l'écoute de cette communauté pour enrichir cette réflexion collective.

Equipe de Publication

Rédaction

Cigref

Henri d'Agrain, Délégué général
Clara Morlière, Chargée de mission

En collaboration avec **Futuribles**

François de Jouvenel, Directeur
Marie Ségur, Chargée d'études
Cécile Désaunay, Directrice d'études

Contributions Equipe Cigref : **Vanessa Dewaele**, **Flora Fischer**, **Frédéric Lau**, **Marine de Sury**
Relecture : **Marie-Pierre Lacroix**, Directrice des contenus, Cigref
Communication : **Thibault Luret**, Responsable communication, Cigref

Direction artistique et graphisme : **Studio Dame Yucca** (www.dameyucca.com)

Date de publication : **Septembre 2020**

Cigref
RÉUSSIR
LE NUMÉRIQUE

21, avenue de Messine
75008 Paris
www.cigref.fr