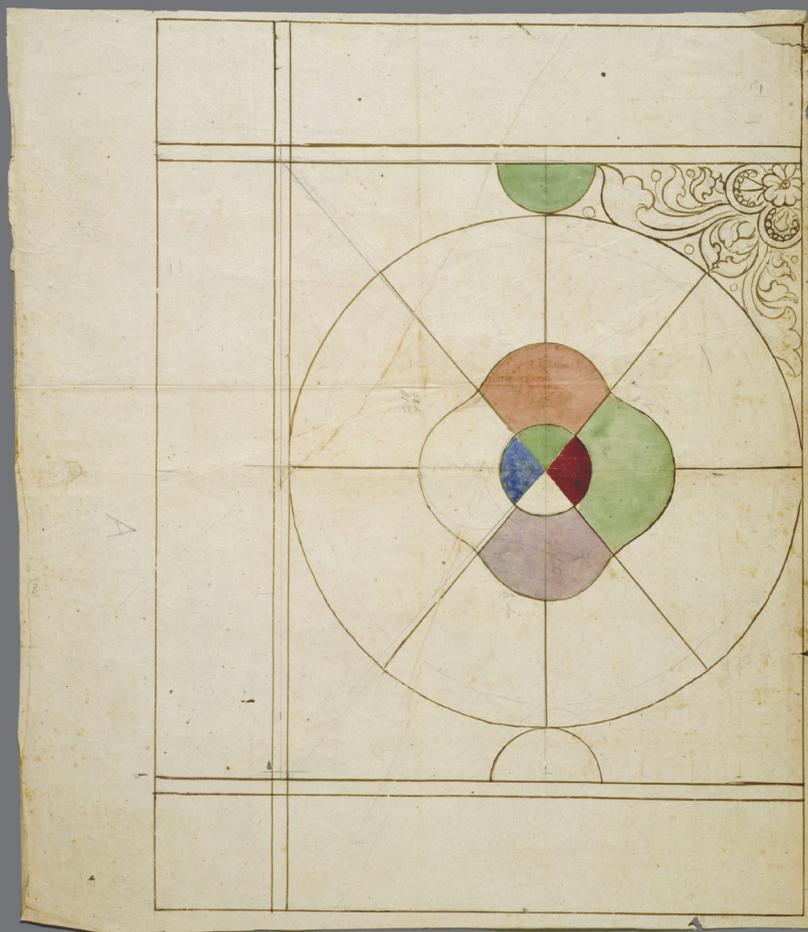


Enjeux numériques



Au-delà des enjeux,
quels avenir ?

UNE SÉRIE DES
ANNALES
DES MINES
FONDÉES EN 1794

N°20 - DÉCEMBRE 2022

*Publiées avec le soutien
de l'Institut Mines-Télécom*

UNE SÉRIE DES

ANNALES DES MINES

FONDÉES EN 1794

ENJEUX NUMÉRIQUES

ISSN 2781-1263

Série trimestrielle - N°20 - Décembre 2022

Rédaction

Conseil général de l'Économie
Ministère de l'Économie,
des Finances
et de la Souveraineté
industrielle et numérique

120, rue de Bercy

Télédoc 797

75572 Paris Cedex 12

Tél. : 01 53 18 52 68

<http://www.annales.org>

Grégoire Postel-Vinay

Rédacteur en chef

Gérard Comby

Secrétaire général

Alexia Kappelmann

Secrétaire générale adjointe

Magali Gimon

Assistante de rédaction

et Maquettiste

Myriam Michaux

Webmestre et Maquettiste

Publication

Photo de couverture

Prosper Lafaye, dessinateur,

Projet de panneau de vitrail

à décor abstrait, dessin,

XIX^e siècle. Musée Carnavalet,

Histoire de Paris © Paris Musées /

Musée Carnavalet

Iconographie

Alexia Kappelmann

Mise en page

Magali Gimon

Impression

Dupliprint Mayenne

Membres du Comité de rédaction

Jean-Pierre Dardayrol

Président du Comité de rédaction

Edmond Baranes

Godefroy Beauvallet

Côme Berbain

Pierre Bonis

Hélène Brisset

Serge Catoire

Nicolas Chagny

Éric Freyssinet

Jean-Marc Grognet

Arnaud de La Fortelle

Caroline Leboucher

Bertrand Pailhès

Isabelle Piot-Lepetit

Grégoire Postel-Vinay

Maurice Ronai

Anne-Lise Thouroude

Laurent Toutain

Françoise Trassoudaine

Benjamin Vignard

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. » correspond à des documents ou photographies pour lesquels nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées infructueuses.

Le contenu des articles n'engage que la seule responsabilité de leurs auteurs.

Sommaire

- 04 *Enjeux numériques, 20^e !*
Au-delà des enjeux, quels avenir ?
Jean-Pierre DARDAYROL

SATISFAIRE LES BESOINS HUMAINS ET VIVRE ENSEMBLE

- 06 L'agriculture numérique :
les nouvelles technologies numériques peuvent-elles accélérer
la transformation profonde des systèmes alimentaires ?
Dr Véronique BELLON-MAUREL
et Dr Isabelle PIOT-LEPETIT
- 13 Le numérique et la refondation du secteur électrique
Ivan FAUCHEUX
- 19 Gestion numérique de la crise sanitaire : quelques enseignements
Maurice RONAI
- 29 Sociétés en transition : quelles mutations attendre du numérique ?
Alexandre TISSERANT
- 35 La confiance à l'ère numérique commence par les mots
Côme BERBAIN
- 39 Marchés et métiers du droit aux défis du numérique
Bruno DEFFAINS
- 47 Le grand retour de la souveraineté :
circuits courts ou circuits fermés ?
Pierre BONIS

DÉVELOPPER ET CONDUIRE LE NUMÉRIQUE

- 51 Les fréquences, gestion d'une ressource-clé
François RANCY
- 58 Les objets : de la communication à l'intelligence
Anne-Lise THOUROUDE
- 63 Perspectives de la cybercriminalité des dix à vingt prochaines années
Éric FREYSSINET
- 68 Intelligences humaines et artificielles :
collaboration, confrontation ou substitution ?
Arnaud de LA FORTELLE

- 72 Internet et ses usages : entre sagesse et frénésie
Michel SCHMITT
- 77 Sur quelques analogies invoquées dans les débats
sur la régulation des dispositifs de modération
des contenus sur les réseaux sociaux aux États-Unis
Jean-Yves OLLIER
- 89 Trente ans après le don du *web* gratuit et ouvert par le CERN,
comment réinventer un Internet qui émancipe ?
Bertrand PAILHÈS
- 93 Interview with Maarten BOTTERMAN, former Board Chair
of ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
Alexia KAPPELMANN & the Board of *Enjeux numériques*

-
- 99 Traductions des résumés
- 104 Biographies des auteurs

Ce numéro a été coordonné par

Jean-Pierre DARDAYROL

Enjeux numériques, 20^e !

Au-delà des enjeux, quels avenir ?

Par Jean-Pierre DARDAYROL

Ingénieur général des mines honoraire,
président du comité de rédaction d'*Enjeux numériques*

Le lecteur remarquera dès l'abord que ce numéro n'a pas la forme canonique des 19 numéros précédents d'*Enjeux numériques*, et de ses revues sœurs et aînées des *Annales des Mines – Réalités industrielles* et *Responsabilité & environnement* : à savoir une thématique large étudiée d'une vingtaine de points de vue rassemblés par un coordonnateur ou une coordonnatrice.

En effet, le comité de rédaction et la rédaction ont ressenti l'envie de marquer le cinquième anniversaire de la revue, et le sixième de leurs travaux, en utilisant un rite antique remis au goût du jour par la Réforme de Martin Luther : la commémoration anniversaire. Les raisons en sont sans doute multiples et propres à chacun.

Scander le travail et l'effort collectif est la première raison avancée lors des discussions, car la fabrication de la revue est bien un effort important et répété d'un collectif dont la solidarité est fondamentale pour porter au sens physique la revue.

La résistance, puis les adaptations réussies à la crise de la Covid-19, basées sur le travail à distance, qui se sont traduites notamment et positivement par plus d'ubiquité et de diversité des contributeurs et du comité de rédaction, sont d'autres raisons.

Cependant, comme lors de toute célébration anniversaire, la reconnaissance des objectifs atteints – créer et rendre viable une nouvelle revue – et le plaisir de se retrouver autrement qu'à l'habitude sont aussi deux motivations importantes.

Le désir de communiquer d'une façon renouvelée avec les lecteurs, ces « inconnus », et avec les auteurs a joué également un rôle décisif. C'est l'occasion, trop rare, de remercier vivement tous ceux et toutes celles qui ont contribué bénévolement à la revue depuis six ans : environ 400 personnes qui ont pris généreusement de leur temps, de leur énergie et de leur savoir pour partager des analyses et des réflexions.

Profitant du 20^e numéro d'*Enjeux numériques* et de son cinquième anniversaire, nous avons donc décidé de quitter le mode habituel d'analyse polyphonique des enjeux du numérique à partir d'un thème donné, pour nous projeter dans l'avenir de façon plurielle et libre, projections personnelles fondées et construites sur les analyses rassemblées dans les différents numéros thématiques.

Nous l'avons fait en demandant à chacun et chacune de ceux et celles qui ont coordonné un des 19 premiers numéros de la revue, ou à un spécialiste reconnu du secteur, sa vision personnelle des évolutions, des perspectives et des enjeux du numérique, vision construite dans un premier temps à partir du thème et de la vingtaine de contributions qu'il et elle avait demandées, accompagnées et placées dans un champ propre à une meilleure compréhension par le lecteur.

Ces explorations raisonnées sont des aventures qui vont des systèmes alimentaires aux objets en passant par la confiance, la Covid, les cybermenaces, etc. ; afin de les positionner dans une vision dynamique large et de long terme, nous avons demandé à

Maarten BOTTERMAN, ancien président du conseil des directeurs de l'ICANN, une des personnes qui étudient et agissent à l'échelle mondiale, ses leçons des années Internet et sa vision du futur, un rare témoignage dont nous le remercions.

Le résultat est ce numéro qui ne prétend pas offrir une vision holistique, ordonnée de l'avenir du numérique et de la société, mais ambitionne d'offrir un ensemble vivace et contrasté d'analyses et de projections fondées sur les matières riches et variées des numéros antérieurs ; nous l'espérons propre à stimuler l'imaginaire, l'énergie, les réflexions et les actions de chacun dans cette période de crises multiples.

L'agriculture numérique : les nouvelles technologiques numériques peuvent-elles accélérer la transformation profonde des systèmes alimentaires ?

Par Dr Véronique BELLON-MAUREL

Directrice de l'Institut Convergences Agriculture Numérique #DigitAg,
INRAE ITAP, Montpellier

Et Dr Isabelle PIOT-LEPETIT

Directrice scientifique de l'Institut Convergences Agriculture Numérique #DigitAg,
INRAE MoISA, Montpellier

Le numérique peut accélérer la transformation des systèmes alimentaires pour les rendre plus sains, plus durables et plus éthiques, en suivant les principes de l'agroécologie. Cette synergie entre numérique et agroécologie fait naître des challenges de recherche nouveaux : concevoir des capteurs et des robots peu coûteux, frugaux et simples d'usage, modéliser des systèmes agricoles plus complexes, repenser les systèmes de traçabilité et d'e-commerce alimentaire pour en améliorer l'efficacité, construire une gouvernance éthique des données. Une approche de type « recherche et innovation responsables » s'impose pour relever ces challenges.

INTRODUCTION

Le n°19 d'*Enjeux numériques* a présenté un panorama des technologies numériques pour les systèmes alimentaires, « de la fourche à la fourchette ». Ces technologies provoquent des bouleversements majeurs, qui sont autant d'opportunités dès lors que l'on en anticipe les risques. Dans cet article, nous synthétisons les besoins prioritaires pour que le numérique transforme l'agriculture et les chaînes de valeur en systèmes alimentaires sains, durables et éthiques. Nous présentons les grands enjeux de recherche¹ à prioriser pour que cette transition numérique soit orientée dans un esprit de bénéfice partagé entre les acteurs, et entre intérêts privés et publics. La notion de recherche et innovation responsables (RIR), qui fait appel à l'inter- et à la transdisciplinarité, apparaît une voie prometteuse, mais exigeante, pour construire un numérique réellement transformatif des systèmes alimentaires fondés sur l'agroécologie.

¹ Détaillés dans le livre blanc INRIA-INRAE (Bellon-Maurel *et al.*, 2022).

RENDRE LES SYSTÈMES ALIMENTAIRES PLUS SAINS ET PLUS DURABLES

Le « système alimentaire » inclut « les intrants, la production, le transport, les industries de transformation et de fabrication, la vente au détail et la consommation d'aliments, ainsi que ses impacts sur l'environnement, la santé et la société » (von Braun *et al.*, 2020). Scientifiques et décideurs publics s'accordent sur le fait que ces systèmes alimentaires doivent devenir plus sains, plus durables et plus résilients, et l'agroécologie est identifiée comme un levier pour atteindre cet objectif. L'agroécologie est basée sur des méthodes de production qui tirent parti de processus naturels et écologiques au bénéfice de la production agricole. Elle favorise les systèmes alimentaires locaux et souverains, et ainsi intègre non seulement la phase agricole mais aussi la consommation (Gliessman, 2016). La FAO² la décrit *via* une dizaine de caractéristiques (diversité, recyclage, efficacité, résilience, synergies, valeurs humaines et sociales, co-création et partage des connaissances, culture et traditions alimentaires, économie circulaire et solidaire, et gouvernance responsable), qui pourront être, pour certaines, soutenues et renforcées par le numérique.

QUEL NUMÉRIQUE POUR LES SYSTÈMES ALIMENTAIRES SAINS ET DURABLES ?

L'usage du numérique en agriculture n'est pas récent, mais depuis les années 2010, quatre « moteurs » (en anglais "*drivers*") technologiques se développent et donnent naissance à « l'agriculture numérique » : (1) la disponibilité accrue des données (objets connectés, nouveaux satellites) ; (2) des capacités nouvelles de traitement de ces données, *via* l'intelligence artificielle ; (3) le développement des réseaux (Internet), et enfin, (4) la robotisation, qui renouvelle l'automatisation de certaines tâches. Cette offre de technologies poussée par d'autres secteurs économiques est duale, avec de nombreuses opportunités mais aussi des risques. Identifier ces derniers est essentiel pour pouvoir les anticiper et les réduire, afin de développer une agriculture numérique aux bénéfices partagés entre les acteurs.

Plusieurs types de risques sont pressentis dans l'usage du numérique en agriculture (Bellon-Maurel *et al.*, 2022) : difficultés d'accès au numérique, d'ordre technique (couverture réseau), financier (coût des technologies), cognitif (manque de formation) ou psychologique (autocensure) ; impact environnemental issu, d'une part, de l'empreinte environnementale du numérique, souvent ignorée dans les évaluations, et, d'autre part, d'une transition incomplète, si on se limite à la première cible du numérique, l'efficacité des intrants ; risque technique (panne, cyberattaque) et complexification des systèmes ; risque social, à diverses échelles, avec une perte d'identité (qu'est-ce qu'un agriculteur si toutes les décisions sont prises par une machine ?), l'évolution des métiers (conseil agricole) ou le renforcement potentiel de situations de pouvoir et d'asymétrie d'information au sein des chaînes de valeur ; menace sur la souveraineté, à différentes échelles, de l'agriculteur jusqu'aux États (risque sur la souveraineté alimentaire des États ?).

Ainsi, l'enjeu est-il aujourd'hui d'intégrer ces différentes sources de risques dans les questions de recherche, pour « tirer le meilleur » du numérique au bénéfice de systèmes alimentaires sains et durables, et ce, dans la phase « production » comme dans la phase « chaîne de valeur ».

² <https://www.fao.org/3/ca7173en/ca7173en.pdf>

COMMENT LE NUMÉRIQUE PEUT-IL FACILITER L'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION ?

Dans l'exploitation agricole, le numérique peut accompagner l'agriculteur sur trois fonctions : l'observation, la décision et l'action.

L'observation est indispensable pour vérifier les trajectoires biologiques des plantes ou des animaux. Elle est traditionnellement faite par l'agriculteur, mais une détection précoce des problèmes (maladies, stress, etc.) permettrait d'agir au plus tôt et de manière ciblée. Les capteurs optiques, imageurs ou multi-spectraux sont très utilisés, du *smartphone* aux images satellitaires. La recherche doit relever des challenges de traitement d'images complexes (prises en milieu réel), de frugalité des données collectées et de traitements décentralisés (*edge computing*).

Accompagner la prise de décision suppose que l'on dispose de modèles. Plus on se place à un niveau stratégique, plus le modèle est complexe, car il doit intégrer l'environnement économique et sociotechnique (Fielke *et al.*, 2019). Les systèmes d'aide à la décision qui traitent la gestion au quotidien des cultures ou du troupeau sont plus nombreux, mais se limitent à des approches conventionnelles. Or en agroécologie, les effets synergétiques les plus forts résident dans la mise en œuvre de la diversité (mélanges d'espèces, de variétés, associations culture / élevage, etc.), ce qui rend les systèmes beaucoup plus difficiles à modéliser ; le paramètre à optimiser – classiquement la marge brute ou le chiffre d'affaires – est de plus associé à d'autres paramètres de performance : économique, environnementale ou sociale. Une autre difficulté de modélisation vient de ce que l'agroécologie cherche à adapter la production aux caractéristiques locales (sol, climat, etc.) d'où des systèmes fortement « site-dépendants », dont le modèle ne peut pas être standardisé. Enfin, l'agroécologie intègre des valeurs humaines et sociales fortes comme l'autonomie des agriculteurs. C'est pourquoi les décisions fournies par les machines doivent être interprétables pour contribuer à la formation des agriculteurs ou conseillers, et au maintien de leur autonomie décisionnelle. Ces différents points sont autant de challenges pour les modélisateurs, aussi bien dans le formalisme (mono-objectif *vs* pluri-objectif), que dans la complexité du modèle « situé » et personnalisé (intégrant une partie de la connaissance de l'agriculteur).

L'action de l'agriculteur a depuis toujours été facilitée par des outils et des machines. Aujourd'hui se profile la machine autonome qui vise d'abord à réduire l'astreinte (robot de traite), mais qui permet aussi de reconcevoir complètement les *process* agricoles : substitution de lourdes machines par de petites machines fonctionnant en essaim, interventions plus fréquentes, nocturnes, etc. Des recherches sont encore nécessaires sur la navigation en milieu ouvert, la coopération entre machines et la coopération homme-machine, avec aussi la contrainte de limiter le coût du robot pour qu'il reste accessible.

Enfin, c'est au niveau du paysage et du territoire que l'approche agroécologique recherche des synergies³ ou gère des ressources rares, comme l'eau. L'échelle des territoires nécessite une concertation des acteurs, agriculteurs et autres « usagers » de l'espace, qui peut être facilitée par les objets frontières ou intermédiaires (Trompette et Vinck, 2009). Les simulateurs numériques ou « jumeaux numériques de territoires »⁴ peuvent jouer ce rôle, et servir de modèles d'accompagnement aux négociations ou aux démarches de conception participative des territoires.

³ Par exemple, les bioagresseurs (insectes...) verront leur dissémination limitée par des paysages diversifiés.

⁴ <https://www.banquedesterritoires.fr/miroir-miroir-le-jumeau-numerique-du-territoire-0>

RECONFIGURATION DES CHAINES DE VALEUR AGRI-ALIMENTAIRES

L'essor de la digitalisation alimente une dynamique de reconfiguration des chaînes de valeur alimentaires sous l'impulsion d'une demande croissante en matière de traçabilité et l'apparition de nouveaux intermédiaires tels que les plateformes.

Traçabilité

La notion de traçabilité renvoie à des attentes très différentes des acteurs des chaînes agri-alimentaires, mais tous réclament l'accès à plus de transparence. Au-delà des caractéristiques des produits (qualité sanitaire et nutritionnelle) ou des procédés de production et de distribution (traditionnels, culturels), de l'origine des produits ou des circuits logistiques (chaîne du froid), elle porte aussi sur des valeurs environnementales (zéro carbone, zéro pesticides) et de plus en plus souvent sur des valeurs sociales (juste rémunération, conditions de travail). La traçabilité est un moyen de lier production et consommation, en relatant l'histoire du produit aux consommateurs. Les informations, réclamées par ces derniers, éclairent leurs choix et accroissent leur rôle de prescripteurs dans les chaînes de valeur. Les producteurs cherchent à démontrer qu'ils adoptent des normes et pratiques « vertueuses » : étiquetage spécifique, certifications, etc. Le suivi numérique des produits périssables tout au long de la chaîne logistique permet, entre autres, une identification rapide des responsabilités en cas de défaillance, une réaffectation anticipée des produits en cas de dysfonctionnement, une réduction du gaspillage alimentaire ou la détection de falsification de produits pendant le transport (Bellon-Maurel *et al.*, 2022).

Les *blockchains* peuvent répondre à ce besoin de traçabilité. La *blockchain* est une technologie de stockage et de transmission d'informations faite de « blocs » d'informations reliés entre eux par une « chaîne », et infalsifiables⁵. Cependant, dans les chaînes d'approvisionnement, la mise en œuvre des *blockchains* n'est pas triviale. D'une part, elle ne garantit pas la véracité des informations transmises, à savoir la cohérence entre les flux de données et les flux de produits, d'autre part, elle nécessite une confiance parfois difficile à créer entre les participants. Ainsi, elle ne constitue pas la réponse à tous les besoins de transparence et de sécurisation des échanges (Saucède et Piot-Lepetit, 2022). D'autres approches sont possibles : systèmes participatifs de garantie, *e*-certification ou services mobilisant plusieurs technologies numériques (capteurs, RFID, etc.).

L'équilibre matériel / immatériel

On observe un basculement des échanges d'un mode basé sur des produits et des interactions physiques à un environnement de plus en plus immatériel où le service devient prépondérant. Cette immatérialité rend possibles de nouvelles proximités entre acteurs, qui ne sont plus géographiques mais construites autour de valeurs communes (morales, éthiques ou culturelles). En contrepartie, elles induisent un besoin accru de transparence et une demande de co-construction de l'information. Des besoins forts de personnalisation des offres et des services apparaissent. Cela se manifeste, du côté de l'offre, par des conseils ou services ciblés, par exemple logistiques, et, du côté de la demande, par des produits intégrant les caractéristiques de santé des consommateurs ou permettant un recyclage facilité des déchets. Cette personnalisation met l'humain au centre des transformations numériques.

⁵ Webdoc INRAE (2022), « Le numérique comme levier pour l'agroécologie et l'alimentation durable », <https://numerique.webdoc.inrae.fr/fev-2022/#page=1>

L'e-commerce agri-alimentaire est un intermédiaire qui soutient ce besoin de proximité et de personnalisation. Il se développe à des échelles très variées, avec des géants comme Walmart et Amazon, et des acteurs locaux portant un nouveau modèle de développement rural et agricole qui hybride approches globales et approches territorialisées. De nombreuses collectivités territoriales cherchent à construire des plateformes pour rapprocher offres et demandes, et dynamiser leur territoire, permettant à des zones rurales isolées d'accéder à des segments de marché valorisés, de créer des relations stables avec les consommateurs des zones urbaines et d'approvisionner la restauration collective (Bellon-Maurel *et al.*, 2022). Toutefois, des challenges subsistent : rendre visibles les offres locales, attirer un nombre suffisant de clients sur les plateformes, disposer d'une logistique adaptée, etc. Ainsi, avec le développement de l'e-commerce et l'agilité attendue par les chaînes de valeur, la logistique devient un acteur central tant du transport de produits que du transfert d'informations que requiert la traçabilité, délivrant les données nécessaires à la vérification des produits, limitant les gaspillages alimentaires, réduisant les risques de falsification et identifiant les responsabilités en cas de défaillance (El Hadad-Gauthier et Piot-Lepetit, 2022).

L'ENJEU PARTICIPATIF

La construction d'une agriculture numérique transformative et partagée fait ressortir le besoin de repenser la participation des acteurs, sur deux points : le partage des données et la co-innovation.

Les données

Avec une place croissante dans tous les secteurs de l'économie, les données se transforment aussi en actifs stratégiques (OCDE, 2020). Cette évolution conduit à modifier fondamentalement la façon dont nous collectons, enregistrons, utilisons, traitons et valorisons ces données multisources (satellites, stations météorologiques, capteurs, etc.). Elles peuvent être valorisées pour améliorer les performances de l'exploitation, avec l'intervention d'entreprises de conseil ou d'autres acteurs du secteur agricole (équipementiers, administrations, instituts de recherche, etc.), ce qui induit des risques, notamment de violation de la vie privée, de sécurité numérique ou même de discrimination. À l'échelle régionale ou mondiale, elles ouvrent la voie à des prévisions de récolte, avec des enjeux de spéculation et de sécurité alimentaire.

Il devient donc essentiel de penser collectivement la gouvernance des données. La gouvernance des données fait référence à un système de droits de décision et de responsabilités concernant les processus générant des informations. Ces processus sont exécutés selon un modèle agréé entre les parties prenantes qui spécifie qui peut mettre en œuvre quelle action, à partir de quelles données, quand, sous quelles circonstances et avec quelles méthodes⁶. Mais alors que les données sont utilisées dans un nombre croissant de secteurs, la question de leur gouvernance peine à évoluer aussi vite que les technologies elles-mêmes. Les pouvoirs publics commencent à aborder cet enjeu *via* un certain nombre de politiques et réglementations, sur la protection de la vie privée et des données à caractère personnel, l'accès aux données, le partage et l'utilisation de ces données (Tomasso, 2022), mais la tâche est encore immense, d'autant que les données agricoles sont souvent géolocalisées.

⁶ The Data Governance Institute, http://www.datagouvernance.com/adg_data_governance_definition/

Le co-apprentissage et la co-innovation

Pour favoriser l'évolution vers des systèmes alimentaires durables et éthiques – au plan environnemental ou du partage de la valeur générée –, il est indispensable d'accompagner les acteurs des chaînes de valeur afin de minimiser la prise de risques. Le numérique est un atout pour le partage des connaissances et la pérennisation des savoirs traditionnels (plateformes d'échanges et de diffusion de savoirs). Les réseaux sociaux créent de nouveaux liens pour les agriculteurs, entre eux, avec des chercheurs et la société. En outillant les méthodes participatives, le numérique est aussi un facilitateur de la co-création de connaissances, d'outils et d'usages, y compris dans des approches d'innovation ouverte. Dans ces espaces d'apprentissage social, les connaissances locales, traditionnelles ou indigènes se combinent aux connaissances scientifiques et technologiques, permettant ainsi d'appréhender la complexité des situations et de tenter d'y répondre collectivement.

CONCLUSION

Pour accélérer la transformation profonde des systèmes alimentaires, une des questions qui s'ouvrent est la convergence des pratiques d'agroécologie et du déploiement des technologies numériques.

En effet, l'agroécologie va au-delà de l'amélioration des systèmes agricoles, et intègre des aspects socio-économiques de la chaîne de valeur et des dimensions sociales plus justes et plus éthiques. En tant que technologie habilitante, le numérique peut accroître les capacités de réponse à ces enjeux transformatifs, sous réserve d'un certain nombre de points d'attention.

Tout d'abord, les systèmes agricoles et alimentaires sont des systèmes complexes, intégrant de nombreux éléments et acteurs en interaction à différentes échelles (exploitation, territoire, filière, etc.). Il est nécessaire de développer une vision systémique pour les aborder en envisageant – conjointement avec le déploiement technique – les implications d'ordres organisationnel, socioéconomique et sociopolitique, mais aussi les impacts sur l'environnement et l'usage de ressources (Fileke *et al.*, 2019). Il devient essentiel d'étudier les futures technologies et applications à la lumière de leurs effets directs, dans leur application, mais aussi de leurs effets indirects dans l'ensemble du système alimentaire et sur la société, en termes biotechniques, économiques, sociaux, environnementaux et éthiques. Cela conduira aussi à développer un numérique plus sobre et aux bénéfices partagés entre les acteurs. L'implication, directe ou indirecte, de ces derniers dans la conception est également un facteur clé de succès pour l'adoption de ces technologies, et de nouveaux processus – comme les *living labs* – sont à déployer pour favoriser les échanges.

Ces approches issues de la recherche et innovation responsables⁷ conduiront à concevoir, construire et promouvoir un numérique pertinent, partagé et transformatif, capable d'accompagner la transition vers des systèmes alimentaires sains, durables et éthiques.

⁷ Déclaration de Rome sur la RRI (en anglais *responsible research and innovation*), 21 novembre 2014, https://www.sis-rri-conference.eu/wp-content/uploads/2014/12/RomeDeclaration_Final.pdf

RÉFÉRENCES

BELLON-MAUREL V., BROSSARD L., GARCIA F., MITTON N. & TERMIER A. (2022), « Agriculture et numérique : Tirer le meilleur du numérique pour contribuer à la transition vers des agricultures et des systèmes alimentaires durables », livre blanc INRIA-INRAE, <https://www.inrae.fr/actualites/agriculture-numerique-livre-blanc-dinria-inrae-construire-bases-dune-agriculture-numerique-responsable>

EL HADAD-GAUTHIER F. & PIOT-LEPETIT I. (2022), “Reconfiguration of food value chains – between logistics and traceability”, *Annales des Mines - Enjeux numériques*, n°19, pp. 42-46.

FIELKE S., GARRARD R., JAKKU E., FLEMING A., WISEMAN L. & TAYLOR B. (2019), “Conceptualising the DAIS: Implications of the ‘Digitalisation of Agricultural Innovation Systems’ on technology and policy at multiple levels”, *NJAS, Wageningen Journal of Life Sciences*, 1, pp. 90-91, <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.002>

GLIESSMAN S. (2016), “Transforming food systems with agroecology”, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(3), pp. 187-189.

OCDE (2020), “Going digital integrated policy framework”, *OECD Digital Economy Papers*, n°292.

SAUCÈDE F. & PIOT-LEPETIT I. (2022), « *Blockchain, supply chains* et durabilité des systèmes agri-alimentaires : Quels impacts ? Une illustration à partir d'études de cas », *Technologie et Innovation*, ISTE Open Science.

TOMASSO L. (2022), « L'accès aux données agricoles : les domaines d'intervention de la loi et du contrat », *Annales des Mines - Enjeux numériques*, n°19, pp. 74-78.

TROMPETTE P. & VINCK D. (2009), « Retour sur la notion d'objet-frontière », *Revue d'anthropologie des connaissances*, 3(1), pp. 5-27.

VON BRAUN J., AFSANA K., FRESCO L., HASSAN M. & TORERO M. (2020), “Food systems – Definition, concept and application for the UN Food Systems Summit”, *UN Food System Summit 2021*, https://knowledge4policy.ec.europa.eu/sites/default/files/food_systems_concept_paper_scientific_group_-_draft_oct_261.pdf

Le numérique et la refondation du secteur électrique

Par Ivan FAUCHEUX

Membre du collège de la Commission de régulation de l'Énergie (CRE)

Loin de permettre une simple amélioration incrémentale de notre système électrique, les technologies numériques remettent en cause un grand nombre des principes sur lesquels est établi ce système. L'autre grand mouvement qui vient également percuter ces principes est la transition vers un système économique et social moins émetteur de gaz à effet de serre. Ces deux mouvements se conjuguent parfois, mais aussi peuvent s'opposer. Le présent article n'a d'autre ambition que de poser des questions sur cette refondation et sur l'enjeu de bien poser les termes d'un débat passionnel : l'électricité a une valeur énergétique bien normée, mais sa valeur émotionnelle donne parfois un avant-goût de l'infini... et son auteur s'excuse par avance de ne pouvoir apporter de réponses fermes et définitives dans un monde pétri de certitudes, mais invite le lecteur à picorer ces quelques réflexions numériques d'un pérégrin énergétique sans doute égaré hors de son monde de référence !

À l'approche d'un hiver qui – tant en raison de la faiblesse de la production électrique du parc nucléaire français que de l'utilisation de l'approvisionnement en gaz comme arme de guerre géopolitique par la Russie – s'annonce compliqué en termes de gestion de notre réseau électrique, l'enjeu de maîtrise, d'adaptation ou de déplacement de nos consommations s'est soudain matérialisé. Longtemps considérés comme une évidence, la disponibilité et le caractère abordable du prix de l'électricité se sont révélés comme étant finalement sensibles à des chocs exogènes majeurs, à savoir une difficulté générique sur le parc nucléaire et une pénurie de gaz créée dans le cadre d'un conflit armé.

Loin d'être une injonction à long terme dans une lutte contre le réchauffement climatique dont les échéances ou l'urgence prêtent toujours à controverse, la question de savoir si notre capacité collective à maîtriser (voire modérer) nos consommations est réelle, a un impact majeur sur les prix, voire sur la capacité physique du réseau à ne pas aller sur des mesures de restriction plus ou moins volontaires pour certains consommateurs. Or, une grande partie de cette capacité réside dans son caractère « collectif ». Dans de nombreux domaines, le numérique a été une opportunité majeure pour les consommateurs pour « reprendre le contrôle » de leur consommation (voire de leur production).

Ce passage d'un système centralisé, dispatché, à un système où les consommateurs sont en mesure de répondre efficacement, mais individuellement à des tarifs, des signaux, est un défi majeur : défi technologique, car même si les briques existent, force reste de constater que le *plug & play* n'est pas encore la norme de notre système électrique ; défi économique, car la recherche de valeur dans ce domaine n'est pas nouvelle et n'a pas été couronnée d'un succès évident ; défi enfin sociétal, car ces modifications ne sont pas sans impacts sur des valeurs de péréquation et d'égal accès au bien « électrique », mais également de participation à la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre, voire d'engagement dans une société plus sobre.

Loin d'apporter des réponses absolues, le présent article a pour seule ambition d'éclairer que ces défis sont bien des éléments constitutifs d'une refondation de notre système électrique. Ces défis remettent en effet en cause des aspects qui peuvent nous apparaître comme des évidences, et reposent des questions d'acceptabilité, de tarifs, et de fiscalité.

À COURT TERME, LE NUMÉRIQUE COMME OPPORTUNITÉ DE REPRISE EN MAIN PAR LES CONSOMMATEURS DE LEUR « IDENTITÉ » ÉNERGÉTIQUE

Les débats qui se sont engagés sur la protection du consommateur, à la suite de la récente explosion des prix de l'électricité sur le marché de gros, ont montré combien il semblait naturel d'avoir des prix de détail stables et modérés. Or, en amont, les prix des produits livrés à terme, et notamment ceux pour l'hiver 2022-2023 (Q4 2022 et Q1 2023, respectivement livrés pendant le quatrième trimestre 2022 et le premier trimestre 2023), qui étaient historiquement de l'ordre de 70 €/MWh (mégawatt-heure), sont aujourd'hui à des niveaux « jamais » atteints avec des volatilités exceptionnelles au gré des annonces sur la disponibilité du parc nucléaire et du gaz russe. Le Q4 2022 est ainsi passé de 478,5 €/MWh le 13 juin 2022 à 835 €/MWh le 8 juillet 2022 (+ 74,5 %), et le Q1 2023 est passé de 507,5 €/MWh à 918 €/MWh (+ 81 %). Intuitivement, de tels niveaux reflètent des anticipations de rareté sur plusieurs dizaines d'heures¹ que les projections de production, qu'elles soient par des moyens carbonés (gaz) ou décarbonés (nucléaire et EnR – pour énergies renouvelables) ne suffisent pas à écarter.

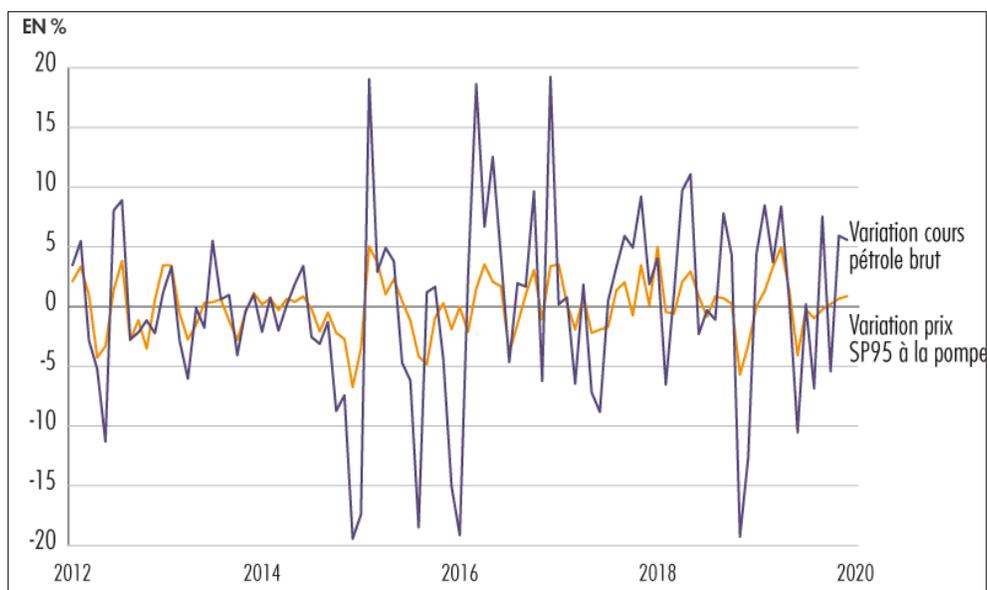


Figure 1 : Évolution mensuelle des cours du pétrole brut et des prix du SP 95 (Source : lafinancepourtous.com d'après l'Insee et le ministère de la Transition écologique).

Beaucoup d'enjeux résident donc dans la capacité à piloter, voire maîtriser la demande en aval. L'exposition à des variations majeures de prix dans le domaine de l'énergie n'est

¹ CRE - Les prix à terme de l'électricité pour l'hiver 2022-2023 et l'année 2023, https://www.cre.fr/content/download/25856/file/Rapport_Prix_de_gros_hiver_2022-2023_annee_2023.pdf



pas nouvelle pour les consommateurs. Bien que ce prix soit minoritairement composé du prix de la matière première (25 % du prix final en France²), son évolution suit au premier chef celle du baril de pétrole, avec une amplitude moindre compte tenu du poids des taxes. Le plein d'essence, le nombre de kilomètres que l'on peut faire avec et *in fine* le lien entre l'énergie et le service rendu sont maintenant naturels. De plus, la maîtrise d'un véhicule par l'utilisateur est un élément fondamental de cette acceptation d'une exposition à des variations importantes de prix. Dans le domaine de l'électricité, ce sont autant de conditions qui ne sont pas réellement réunies.

Figure 2 : Un bricolage incertain par certains particuliers (Source : maison-domotique.com sur les facteurs de non-acceptabilité des solutions domotiques).

Pour qu'un utilisateur final puisse transformer des consommations en kWh en services et se donner la possibilité de les piloter, les solutions que les technologies numériques offrent sont très nombreuses. Pour le décompte des consommations, et donc le lien avec les usages, elles peuvent s'appuyer sur le compteur dit intelligent Linky. Pour le lien avec les principaux postes de consommation, la domotique est une discipline techniquement très mature.

Et pour autant, il est encore peu naturel de voir des solutions de décompte de l'énergie consommée, d'information du consommateur, de proposition de stratégies de pilotage et d'installation d'automatismes se déployer massivement. D'un côté, pour pouvoir faire un choix éclairé entre les différentes solutions, le consommateur exprime parfois une certaine perplexité. Et s'il veut le faire lui-même, cela peut rapidement ressembler à un bricolage incertain dont la robustesse et la fiabilité ne sont pas évidentes comme en témoigne l'image ci-dessus.

De l'autre côté, les fournisseurs de services énergétiques sont souvent confrontés à l'absence d'espace économique pour permettre des solutions incluant des équipements souvent coûteux. En effet, le droit français actuel prévoit que tous les contrats de fourniture d'énergie pour les clients particuliers sont sans engagement. Les consommateurs particuliers ont le droit de résilier gratuitement leurs contrats de fourniture quand ils le souhaitent, contrairement au secteur des télécoms. Enfin, la possibilité d'accéder et donner accès à ses données de consommation, mais surtout leur interprétation, est souvent compliquée.

La simplicité, la lisibilité et le caractère parfois ludique (ou ergonomique) des solutions que les technologies numériques ont su déployer dans de nombreux autres secteurs se font cruellement attendre dans le secteur électrique. Mais les crises ont pu accélérer leur déploiement en faisant passer les solutions numériques du statut de gadget optionnel pour les quelques technophiles à une solution de masse : la Covid-19 a permis de faire émerger comme naturelle l'existence de solutions comme la téléconsultation, un espace santé dématérialisé, des prises de rendez-vous en ligne ou le fait d'héberger des attestations d'assurance de façon dématérialisée. Elle a aussi, dans le domaine du travail, aidé à

² <https://www.lafinancepourtous.com/decryptages/entreprise/secteurs-dactivites/le-prix-de-l-energie/le-prix-de-l-essence/>

établir les visioconférences comme un mode finalement relativement standard de travail (avec ses limites quand même).

L'actuelle crise que traverse le secteur électrique européen, et plus spécifiquement français avec la crise de production du parc nucléaire national, pourra être une opportunité. Mais il n'en demeure pas moins qu'un travail sera nécessaire pour permettre de rendre le lien énergie-services plus intuitif, et que le pilotage physique des équipements consommateurs d'électricité ne peut se satisfaire de la fragmentation actuelle des solutions offertes en termes de standard, d'opérateurs et enfin de lisibilité pour les comparer. Enfin, les données de consommation sont encore et toujours d'un accès parfois complexe, tant pour les consommateurs que pour les offreurs de services. Libérer cette contrainte est sans doute une mesure sans regret à court terme.

À LONG TERME, LA RÉPARTITION DE LA VALEUR DANS LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE COMME CLÉ DU DÉBAT

- Le système électrique, à l'inverse des autres systèmes énergétiques (gaz et pétrole), ne repose pas principalement sur des importations de la matière première³, mais sur des unités de production qui sont pour la plupart implantées sur le territoire national ou européen. Le prix de l'électricité est fixé au niveau européen et n'influence qu'une partie du prix *in fine* payé par les consommateurs. Au total, une grande partie des transactions se fait au niveau national. La fixation des prix est donc un « jeu à quatre » entre les producteurs d'électricité, les fournisseurs qui assurent le passage entre le marché de gros et le marché de détail, les consommateurs et enfin l'État. Ce dernier est également actionnaire majoritaire du producteur dominant et fournisseur majoritaire sur le segment des consommateurs individuels, et l'actionnaire économique des installations d'énergie renouvelable qui, après avoir reçu des subventions, dégagent en 2022 des profits massifs par le biais des contrats de rachat de l'énergie renouvelable ou des contrats pour différence...
- L'irruption du numérique dans cet équilibre est susceptible de modifier de façon importante la répartition de la valeur telle que nous la connaissons. En effet, des phénomènes de désintermédiation que peuvent offrir des plates-formes d'achat comme Amazon ont conduit à ce que la marge soit en partie captée par des acteurs capables de transformer un marché standard en marché biface. De telles transformations peuvent-elles arriver dans le domaine de l'électricité ? Si les coûts « logistiques » de l'électricité sont répartis entre les utilisateurs sur la base d'un tarif non seulement péréqué sur le territoire national, mais également réparti entre catégories homogènes d'utilisateurs en fonction de leur consommation, et donc ne sont pas un facteur de différenciation forte entre fournisseurs, l'enjeu se situe au niveau des producteurs et des fournisseurs.

Un des paradoxes de cette potentielle transformation est qu'elle s'inscrit dans un impératif d'investissement dans des moyens de production décarbonés. Or, ces moyens sont extrêmement capitalistiques : les coûts fixes représentent entre 80 % (nucléaire) et presque 100 % (EnR – énergies renouvelables) des coûts complets. Ils sont pleinement exposés au risque prix, qui intègre toujours les prix des combustibles des centrales carbonées existantes, ainsi que le prix du CO₂ qui vient les compléter. Ces projets nécessitent plus de capitaux, et supportent des incertitudes accrues. La maîtrise du coût du capital devient un des principaux enjeux du futur mixte électrique.

³ Même si le nucléaire repose sur des importations d'uranium, mais le coût complet de la production électrique est massivement déterminé par des coûts fixes...

Du côté des producteurs, les investisseurs en dette sont très attentifs à la capacité de remboursement dans le scénario le plus défavorable. Le potentiel d'endettement est donc lié à la marge de sécurité des revenus tirés de la vente d'électricité. Or, la marge de sécurité d'un producteur décarboné est faible. Plus le producteur est exposé aux aléas du prix de court terme, plus la proportion de capitaux propres qui doivent porter la totalité de ce risque prix est élevée. L'endettement possible est limité.

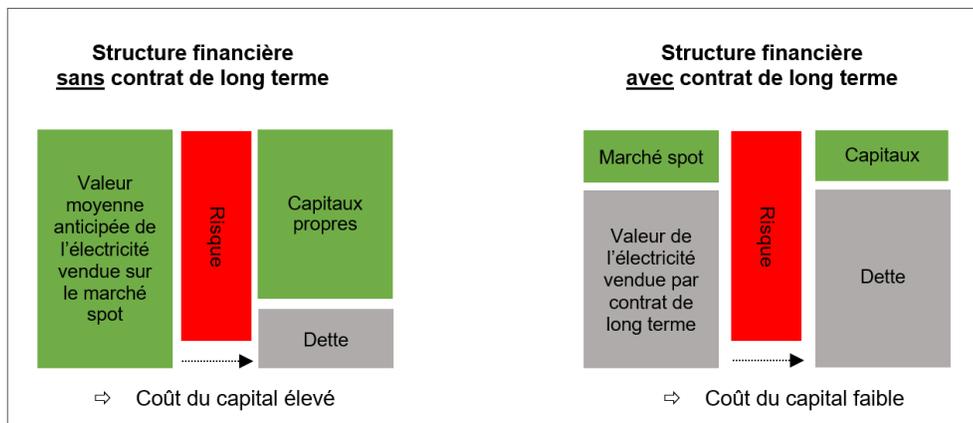


Figure 3 : Le potentiel d'endettement (Source : D. R.).

À titre illustratif, augmenter de + 1 % le coût du capital (par exemple de 4 à 5 %) affecte significativement le coût complet de l'électricité décarbonée :

- PV : environ + 8 €/MWh ;
- éolien *offshore* : environ + 5 €/MWh ;
- nucléaire : environ + 13 €/MWh.

Du côté des consommateurs, échaudés par les récents épisodes de prix élevés, un des enjeux peut être de leur donner les moyens de sécuriser sur le long terme l'accès, en prix et en volumes, à un bien fondamental. Une telle demande reste cependant aujourd'hui fortement exprimée en raison de deux événements conjoncturels en France : la fin programmée du dispositif d'accès régulé au nucléaire historique (qui est un contrat de long terme *de facto* avec un risque sur le volume lié au fait que le volume concerné est limité bien en-dessous de la demande) et l'actuelle crise des prix. Un retour à une demande de contrats court terme permettant de tirer parti des opportunités d'un marché liquide n'est pas exclu.

Les technologies numériques sont, pour le coup, bien adaptées à des transactions rapides entre de nombreux acteurs sur des marchés "spot". Les contrats long terme, eux, ressortent davantage d'une capacité à faire émerger sur le marché de gros une classe de produits long terme et liquides.

De cette question découlent des enjeux aussi importants en termes de fiscalité : outre la TVA, elle est aujourd'hui essentiellement assise sur la consommation en MWh. La taxation de l'énergie peut se trouver atteinte par une modification de la répartition de la valeur entre les acteurs. L'épisode du premier bouclier tarifaire de 2022 qui a permis de limiter à 4 % la hausse du tarif réglementé a conduit à abaisser la TICFE, et n'a pas remis en cause, à ce stade, la TVA. Mais la fiscalité n'étant pas qu'une affaire de technique, mais aussi et surtout un enjeu d'acceptabilité et de rentabilité de l'impôt, elle fera sans doute partie de l'équation d'une refondation de notre système énergétique à terme.

Enfin, la question des réseaux ne saurait être absente du débat. Aujourd'hui, la tarification électrique est fondée sur une péréquation territoriale forte, découlant d'un principe que chaque catégorie d'usagers par typologie de consommation contribue aux coûts nationaux. Le numérique, en permettant des autoconsommations, en permettant d'adapter plus finement les signaux envoyés aux contraintes locales des réseaux, remet en question cette péréquation et cet enjeu d'égalité entre citoyens, quelle que soit sa localisation. Notre république est fondée en partie sur ce principe d'une unité territoriale forte (au-delà de la métropole pour l'énergie) et d'une solidarité sous-jacente réaffirmée. Réfléchir à ce que sera un système plus numérique, plus souple, plus réactif et finalement plus efficace grâce aux technologies numériques doit conduire dans le débat à repenser les impacts que cela pourrait avoir sur ce principe « fondateur »⁴ de la péréquation.

POUR DES CONDITIONS SEREINES D'UN DÉBAT ?

La conclusion d'un tel article serait facilement : prenons le temps d'y réfléchir. Malheureusement, deux urgences nous percutent. La première est une crise majeure provoquée, dans le gaz, par le chef de l'État russe. La seconde est un besoin massif et accru d'unités décarbonées de production électrique. Les prix qui en découlent vont massivement porter l'attention sur les conditions de protection des consommateurs en aval et sur l'enjeu d'investissement massif en amont sur des unités rapidement opérationnelles (ce que le nouveau nucléaire n'offre pas naturellement comme perspective). Or ces débats risquent de s'inscrire dans une vision constante de notre système électrique, alors même que l'irruption du numérique ouvre des scénarios et des opportunités d'organisation qui ne cadrent plus avec cette vision. Le meilleur comme le pire peut sortir de cette confrontation.

Le lecteur arrivé à ce point de conclusion sera sans doute frustré de ne pas disposer de réponse, mais le rôle d'un membre d'une commission de régulation est avant tout d'appeler l'attention sur des questions, apporter des éléments au débat et, modestement, donner un avis aussi éclairé que possible : ma modeste recommandation est donc avant tout d'identifier « où va l'argent » (ou "*follow the money*" pour reprendre le titre d'une série danoise fort opportune⁵). C'est un exercice sans doute ardu et révélateur de valeurs et de missions que notre système électrique a historiquement et pour de bonnes raisons « embarquées », et que le numérique risque de remettre en question, mais aussi peut permettre de conforter.

⁴ Qui ne date que des années 1970 pour les particuliers et du début des années 1990 pour les clients du « haut de portefeuille » ou fortement consommateurs d'électricité.

⁵ Qui traite de la florissante société Energreen, à la pointe des technologies vertes et acteur majeur de l'éolien danois, et impliqué dans des manipulations financières douteuses...

Gestion numérique de la crise sanitaire : quelques enseignements

Par Maurice RONAI
Ancien membre de la CNIL

La crise du Covid-19 est la première grande pandémie du XXI^e siècle. Nous n'avons pas fini d'en analyser les conséquences. Parmi d'innombrables enseignements, elle a constitué le premier test majeur de la capacité du « numérique » à nous permettre de faire face aux épisodes de confinement et aux restrictions de déplacement.

C'est aussi la première crise sanitaire gérée numériquement. De bout en bout. Enfin presque : surveillance de l'épidémie, modélisations, pilotage des capacités hospitalières, téléconsultation, mise en œuvre des campagnes de test, puis du vaccin, traçage des contacts, suivi des patients à distance.

Cette crise nous montre que les sociétés peuvent se réorganiser rapidement autour de nouvelles priorités. En un sens, elle constitue une « répétition générale » avant de plus grandes catastrophes, nouvelles pandémies, ou celles qui se préparent avec le dérèglement du climat. L'agilité numérique, la « science d'urgence », les dispositifs de coopération, l'intelligence collective font pleinement partie de la préparation des crises à venir.

La crise du Covid-19 est la première grande pandémie du XXI^e siècle. Nous n'avons pas fini d'en analyser les conséquences. Parmi d'innombrables enseignements, elle a constitué le premier test majeur de la capacité du « numérique » à nous permettre de faire face aux épisodes de confinement et aux restrictions de déplacement.

C'est aussi la première crise sanitaire gérée numériquement. De bout en bout. Enfin presque : surveillance de l'épidémie, modélisations, pilotage des capacités hospitalières, téléconsultation, mise en œuvre des campagnes de test, puis du vaccin, traçage des contacts, suivi des patients à distance.

RÉSILIENCE : DES SOCIÉTÉS ET DES SYSTÈMES PRODUCTIFS QUI CONTINUENT DE FONCTIONNER « EN MODE DÉGRADÉ »

Le numérique a permis d'amortir le choc économique, tant du côté de l'offre, en facilitant le télétravail, que de la demande, en rendant possible la consommation à distance. Les organisations logistiques ont fait preuve de flexibilité : malgré l'absentéisme, elles ont fait face aux fluctuations de la demande, à l'augmentation du nombre de colis comme à celle des livraisons à domicile. Les chaînes d'approvisionnement se sont réorganisées, avec la transformation, par exemple, de magasins en entrepôts urbains¹.

¹ DABLANC L. (2021), « Logistique urbaine et pandémie de Covid-19 », *Enjeux numériques*, n°14, pp. 40-46.

Le télétravail a permis aux entreprises de poursuivre leur activité pendant le confinement. Il s'est surtout imposé dans les grandes sociétés et dans les services, mais est demeuré marginal dans la plupart des activités industrielles ou de services à la personne. À la surprise des directions d'entreprise, les usages informatiques se sont modifiés très rapidement. Des outils qui restaient marginaux dans la vie quotidienne des équipes (agenda, tableaux et stockage partagés, messagerie instantanée, et, bien sûr, visioconférence) se sont imposés. Cette expérience à grande échelle a fait prendre conscience tant aux directions qu'aux salariés qu'un mode de travail plus hybride pouvait être envisagé durablement, et de manière étendue².

En France, des usages qui peinaient à s'imposer ont été massivement adoptés comme la téléconsultation médicale. Le paiement sans contact s'est banalisé, y compris dans les commerces de proximité. Près d'un tiers des salariés en emploi pendant le confinement a pratiqué le travail à distance. Pour 70 % d'entre eux, c'était leur première expérience. Les difficultés rencontrées par ce « télétravail subi », improvisé, dans un contexte familial et matériel souvent peu adapté, expliquent la demande croissante de retour sur site constatée fin 2020.

LE DOULOUREUX APPRENTISSAGE DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

Pour faire face aux fermetures d'écoles, le secteur de l'éducation s'est tourné vers l'enseignement à distance. Au plus fort des mesures de confinement nationales et locales, près de 1,5 milliard d'élèves furent privés d'école. L'UNICEF estime qu'un tiers des écoliers du monde – soit 463 millions d'enfants dans le monde – n'ont pas pu accéder à l'enseignement à distance. « Même lorsque les enfants disposent de la technologie et des outils nécessaires chez eux, l'apprentissage à distance n'était pas toujours possible en raison d'autres facteurs : pression pour effectuer les tâches domestiques, obligation de travailler, environnement défavorable à l'apprentissage, absence d'aide pour suivre les cours proposés sur différentes plateformes »³. La supervision de l'apprentissage à distance d'un enfant a eu un effet disproportionné sur les femmes, qui ont abandonné la population active à des taux plus élevés que les hommes. Pour la seule année 2020, le FMI a estimé que les pertes d'apprentissage dues aux fermetures obligatoires d'écoles représentaient 20 à 25 % de l'année scolaire dans les économies avancées, et le double dans les économies de marché émergentes et en développement.

En France, l'école à la maison a donné lieu à un « joyeux bazar »⁴. Seuls 12 % des enseignants ont eu recours à la classe virtuelle. Leur priorité était de maintenir le contact avec leurs élèves (un contact qu'ils ont perdu avec en moyenne 10 % d'entre eux). 500 000 élèves furent complètement privés d'accès au numérique pendant le confinement. Contournant les espaces numériques de travail, les enseignants optèrent souvent pour des outils grand public (WhatsApp, Snapchat, Discord...).

Le confinement, enfin, a cruellement mis en lumière toutes les formes d'inégalité numérique : d'âge, de genre, de niveaux de revenus et de diplôme.

² PETTE N. (2021), « Grandes entreprises et réponses à la crise : Télétravail, l'arbre qui cache la forêt », *Enjeux numériques*, n°14, pp. 30-34.

³ UNICEF (2020), "Covid-19: At least a third of the world's schoolchildren unable to access remote learning during school closures".

⁴ Continuité pédagogique : « un joyeux bazar, mais on a pu garder le lien avec certains élèves », Laboratoire Société numérique.

UN CRASH TEST POUR LES INFORMATIQUES PUBLIQUES

Presque du jour au lendemain, la pandémie a bouleversé les activités des administrations. « Le secteur public est devenu “accidentellement agile”, avec de nouvelles procédures et de nouveaux protocoles de télétravail, un raccourcissement des délais de recrutement et des programmes d’accélération de mobilité élaborés à une vitesse inédite »⁵. L’absence d’interopérabilité ou l’obsolescence des systèmes d’information ont entravé la mise en place des dispositifs massifs d’aide aux entreprises et aux personnes. Dans une compilation de 67 évaluations *ex post* et retours d’expérience portant sur les administrations dans 31 pays, l’OCDE pointe « les problèmes rencontrés pour identifier les bénéficiaires éligibles aux régimes de soutien. Cela conduit à la fois à l’exclusion de bénéficiaires potentiels et à l’inclusion de personnes inéligibles dans un certain nombre de pays »⁶.

Au Japon, la gestion administrative de cette période a été vécue comme « une défaite numérique », selon les termes même du ministre de la Transformation numérique. La crise sanitaire a mis en relief la persistance du fax et de procédures administratives fondées sur le papier et le courrier postal. La carte MyNumber (un identifiant de 12 chiffres permettant de réaliser des démarches administratives ou d’autres services nécessitant une vérification d’identité) est ainsi devenue le symbole d’un Japon « numériquement impréparé »⁷. En septembre 2021, le *Nikkei*, principal quotidien économique, titrait : « Le Covid donne au Japon une dernière chance pour inverser la défaite numérique ».

En France, comme ailleurs, la pandémie s’est glissée dans les failles de nos organisations publiques, révélant les faiblesses mais aussi les forces et les capacités du numérique public. L’audit de gestion de la crise du général Richard Lizurey a mis en lumière des manques criants, jusqu’au cœur de l’état-major de gestion de crise, longtemps dépourvu d’un outil interministériel de visioconférence, et submergé, faute d’un outil de partage des documents, par « un flux abondant et changeant de synthèses, fiches thématiques et d’instructions »⁸. Parmi les réussites du numérique public, relevons le déploiement rapide et efficace des dispositifs d’aide ou le passage en mode télétravail de plusieurs centaines de milliers de fonctionnaires.

« Numérique de crise », aussi dans les collectivités territoriales. Alors que foisonnaient les initiatives citoyennes pour la distribution alimentaire, l’aide d’urgence ou la mise à l’abri, les collectivités furent nombreuses à mettre en place des plateformes d’engagement citoyen pour mettre en relation offres d’engagement et besoins du territoire. Le confinement rendant impossible le contact présentiel, les collectivités ont aussi improvisé des systèmes de permanence téléphonique en direction des publics les plus fragiles : des plateformes techniquement frugales, s’appuyant tout juste sur un tableur Excel partagé.

IMPRÉPARATION NUMÉRIQUE DES SYSTÈMES DE SANTÉ

« Peu de pays disposaient des données en temps réel dont ils avaient besoin lorsque la pandémie a frappé, ce qui a rendu d’autant plus difficile le suivi de la situation de santé publique et le travail d’information de la population. La collecte et l’utilisation en temps

⁵ OCDE (2021), « Le télétravail pendant la pandémie de Covid-19 : tendances et perspectives ».

⁶ OCDE (2022), “First lessons from government evaluations of Covid-19 responses: A synthesis”.

⁷ Alors que ce projet avait été lancé en 2015, seule 15 % de la population avait reçu une carte au moment où l’épidémie a commencé. Le programme d’aide financière d’urgence lancé en avril 2020 exigeait que les résidents remplissent des formulaires et les envoient par la poste.

⁸ LIZUREY R. (2020), « Rapport de la mission relative au contrôle qualité de la gestion de crise sanitaire ».

réel des données médicales personnelles ont aussi mis au jour les faiblesses de longue date de la gouvernance des données – s’agissant notamment de la façon de partager les données nécessaires pour sauver des vies, tout en veillant aussi à protéger la vie privée et les libertés civiles »⁹.

Le Global Health Security Index – un indice de sécurité sanitaire qui vise à mesurer la capacité de 195 pays à se préparer aux futures épidémies et pandémies – classait en tête les États-Unis, suivis par le Royaume-Uni, les Pays-Bas, l’Australie et le Canada, la France arrivant au onzième rang¹⁰. Ces classements rassurants se sont avérés souvent trompeurs.

Aux États-Unis, en juillet 2020, le *New York Times* déplorait « qu’avant de pouvoir gérer la pandémie, les responsables de la santé publique doivent gérer un système de données défaillant qui envoie des résultats incomplets dans des formats difficilement utilisables. Les États-Unis continuent de rencontrer des problèmes causés par leur système de santé fragmenté, un mélange de technologies anciennes et nouvelles et des normes de données qui ne répondent pas aux besoins des épidémiologistes. » Un an plus tard, *Politico* constatait « l’incapacité de ce système bricolé à détecter avec précision quand et où le virus se propageait... Ces fissures semblent maintenant encore plus grandes, car le variant Delta rend l’identification rapide des épidémies et des *clusters* encore plus cruciale pour contenir le virus. Un sentiment de capitulation était courant tout au long de la pandémie. » En septembre 2022, le *New York Times* déplorait que « près de deux ans après l’administration des premiers vaccins Covid, le CDC (Centers for Disease Control) ne dispose toujours pas de données nationales sur les cas d’infection post-vaccinale ».

Au Royaume-Uni, un rapport parlementaire pointe « l’un des plus importants échecs de santé publique au Royaume-Uni... Au début, un certain nombre de systèmes ont été mis en place en dehors du système de planification d’urgence ou des systèmes de santé publique [...] il y avait des problèmes techniques avec différents systèmes de données qui ne se parlaient pas entre eux. Pour un pays disposant d’une expertise de classe mondiale en matière d’analyse de données, faire face à la plus grande crise sanitaire depuis cent ans avec pratiquement aucune donnée à analyser a été un revers presque inimaginable... Une leçon très importante à tirer de cette pandémie est que les flux et systèmes de données sont incroyablement importants. Vous avez besoin des informations pour pouvoir prendre des décisions. Par conséquent, pour toute situation d’urgence, ces systèmes de données doivent être mis en place dès le départ afin de pouvoir fournir les informations nécessaires à l’analyse et à la prise de décision »¹¹.

En Allemagne, le public a découvert dans la presse que les laboratoires communiquaient les résultats des tests par fax aux centres de santé. Les 375 centres de santé (*Gesundheitämter*), cellules de base de la gestion de la crise, devaient ensuite ressaisir ces données pour alimenter les systèmes d’information épidémiologiques fédéraux, SurvNet et Demis.

Le 25 mars 2021, la chancelière Angela Merkel reconnaît, devant le Bundestag, « des défaillances collectives, qu’il s’agisse de la numérisation [du système de santé] au niveau fédéral ou de la mise en réseau numérique des services locaux de santé ». L’Allemagne s’est débattue, il est vrai, tout au long des années 2020 et 2021, et encore en 2022, avec un empilement de logiciels et de systèmes d’information : SurvNet, Demis, Sormas,

⁹ OCDE (2022), “First lessons from government evaluations of Covid-19 responses: A synthesis”.

¹⁰ Parmi les capacités qui entraient dans le calcul de cet indice figuraient les capacités de détection et de notification (c’est-à-dire la surveillance en temps réel et les ressources en personnel spécialisé en épidémiologie).

¹¹ THE HOUSE OF COMMONS AND SCIENCE AND TECHNOLOGY COMMITTEE AND HEALTH AND SOCIAL CARE COMMITTEE (2021), “Coronavirus: lessons learned to date report published”.

Coronawarn, Luca. Des systèmes vétustes et d'autres plus récents, mais partiellement inachevés, à l'origine de problèmes aigus d'interfaçage entre outils de gestion locaux, outils de *reporting* et systèmes de surveillance fédéraux. La presse allemande diagnostique un « échec de la transformation numérique »¹².

En France, l'émergence du Sars-CoV-2 a pris de court le système de surveillance épidémiologique¹³. En février 2020, aucun des indicateurs scrutés quotidiennement un an plus tard n'était encore calculé. Les grands opérateurs du système de santé (Délégation au numérique de santé, AP-HP, Assurance maladie) sont parvenus à étendre la couverture de systèmes d'information existants et, parfois en quelques semaines, à en créer de nouveaux. Autant de systèmes d'information, d'applications et d'enquêtes qui ont, progressivement, permis de « rendre visibles » les capacités d'accueil et les tensions hospitalières, la mortalité, la circulation virale, sa cinétique et sa répartition géographique, la proportion de Français qui avaient été touchés par le virus, le déploiement des campagnes de tests, puis celui de la campagne vaccinale, l'émergence ou la propagation des variants.

La CNAM, une organisation essentiellement dédiée au remboursement des soins, est devenue en quelques semaines un acteur de santé publique, avec le déploiement des plateformes d'appel et jusqu'à 9 000 agents pour appeler les personnes positives, recueillir les coordonnées de leurs contacts, puis prévenir ceux-ci et les orienter.

LA TENTATION DU CONTRÔLE NUMÉRIQUE

La crise du Covid-19 a été un laboratoire pour la mise en œuvre de solutions numériques pour faire respecter les mesures de restriction ou d'isolement par les personnes, pour identifier les personnes infectées, remonter les chaînes et endiguer les foyers de contamination.

Premier pays touché par le Covid-19, la Chine s'est appuyée sur ses grandes entreprises technologiques pour faire du contrôle social numérique des populations un levier essentiel de sa stratégie, dessinant une réponse nationale qui fit, par la suite, l'objet d'une intense propagande. Elle mobilisa les données des opérateurs téléphoniques, des entreprises d'énergie ou encore des transports. Afin de permettre d'éviter les zones à risque, la plateforme Baidu proposait une carte montrant la localisation des personnes contaminées ainsi que l'historique de leurs déplacements. La Chine déploya des caméras thermiques, la vidéosurveillance avec reconnaissance faciale et des drones pour contrôler le respect des restrictions. Avec l'aide d'Alibaba et de Tencent, elle développa un système de QR code avec différentes couleurs afin de suivre l'état de santé des habitants avec précision dans tout le pays.

La Corée du Sud, Taiwan, Hong Kong et Singapour, instruits par l'expérience de l'épidémie de Sras en 2003, s'appuyèrent sur un usage intensif du numérique, dès les premiers signes d'alerte en Chine. La Corée du Sud mit en place un *contact tracing* intrusif et obligatoire, les autorités pouvant exploiter dans leurs enquêtes les relevés bancaires, les factures téléphoniques détaillées, l'historique de géolocalisation, les images de vidéosurveillance publique ou encore les informations transmises par les administrations et employeurs. Les quarantaines individuelles y faisaient l'objet d'une surveillance stricte, *via* une application de géolocalisation, qui sonnait et alertait directement les forces de l'ordre si les

¹² Le gouvernement tricolore, qui parvient au pouvoir fin 2021, fera de cette transformation numérique une de ses priorités, avec, notamment, un ambitieux projet « d'espace de travail souverain » basé sur des technologies *open source*.

¹³ La Mission Pittet, chargée d'évaluer la gestion de la crise sanitaire, dresse un constat d'impréparation du système de surveillance épidémiologique, avec « un déficit dans l'architecture des systèmes d'information (SI) qui laissait de nombreux "trous" au regard des besoins de pilotage de la gestion de crise ».

personnes concernées se déplaçaient, ou si le *smartphone* était éteint pendant plus de quinze minutes.

Taiwan, qui concentra sa stratégie sur le strict contrôle des frontières, institua très tôt une déclaration de santé obligatoire à l'entrée du territoire, doublée de vérifications intrusives, notamment grâce à l'interconnexion des bases de données de la police aux frontières, des transporteurs aériens et autorités médicales. Une fois entrés sur le territoire, les voyageurs et personnes à risque, soumis à une quarantaine obligatoire, recevaient un téléphone qui permettait aux autorités de surveiller leurs déplacements grâce à la géolocalisation.

Singapour déploya mi-mars 2020 une application de *contact tracing*, Trace Together, fonctionnant grâce à la technologie Bluetooth. Les données relatives aux interactions sociales des individus étaient traitées par un serveur central, géré par l'administration. Singapour institua très tôt un *pass*, SafeEntry, qui permettait de scanner le QR code apposé sur des *checkpoints* à l'entrée des gares, centres commerciaux, parcs, bâtiments publics.

Hong Kong déploya un *contact tracing* intrusif et minutieux pour les personnes contaminées ou à risque, fondé sur l'exploitation de multiples données (avions, trains, immeubles, etc.), contrôles systématiques aux frontières avec déclaration sanitaire, quarantaine obligatoire dans des centres dédiés. Hong Kong se singularisa, en outre, par le recours à des bracelets électroniques pour assurer le respect de la quarantaine.

Si l'Europe écarta le recours aux solutions asiatiques, des épidémiologistes plaident très tôt pour le recours à des solutions de traçage, explicitement inspirées du cas singapourien. Le 17 mars 2020, le Professeur Fraser et son équipe expliquaient « qu'au stade actuel de l'épidémie, la recherche des contacts ne peut plus être effectuée efficacement par les responsables de la santé publique au Royaume-Uni, et dans de nombreux pays d'Europe, car le coronavirus se propage trop rapidement [...] Nous avons besoin d'une solution numérique instantanée et anonyme pour confirmer l'historique de nos contacts de personne à personne. »

Le principe d'une automatisation de la surveillance des contaminations à l'échelle d'une population (tout au moins celle équipée d'un *smartphone*) n'allait pas de soi : si des simulations suggéraient que ces applications numériques de recherche de contacts pouvaient être efficaces, il fallait déployer celles-ci à grande échelle pour s'en assurer.

Les choix fonctionnels et techniques de ces applications donnèrent lieu en Europe à d'âpres controverses (modèle décentralisé ou centralisé, recours ou pas à l'interface de programmation proposée par Google et Apple) qui débouchèrent sur des protocoles différents (Blue Trace, Robert, DP-3T, PEPP-PT)¹⁴.

82 applications de ce type avaient été déployées en 2020 dans 31 pays. Certaines évaluations nationales font état de résultats probants. En Grande-Bretagne, l'application aurait permis d'éviter entre 284 000 et 580 000 cas de Covid-19 entre septembre et décembre 2020. Environ 1,7 million de notifications d'exposition ont été envoyées aux utilisateurs, l'efficacité de l'application était « similaire » à celle obtenue avec des contacts proches retracés manuellement. Selon AlgorithmWatch, qui a analysé les études et évaluations nationales disponibles, « les résultats sont contradictoires. Les conclusions sur leur efficacité divergent considérablement d'un pays à l'autre et, parfois, d'une étude à l'autre. Les méthodes appliquées diffèrent tellement qu'il est, en fait, difficile – voire impossible – de comparer les résultats et de fournir une évaluation cohérente et complète de l'impact et de l'efficacité de ces applications »¹⁵.

¹⁴ PELLEGRINI F. & SKRZYPNIAK H. (2020), « Les libertés publiques face au traçage numérique ».

¹⁵ CHIUSI F. (2021), "Digital contact tracing apps: Do they actually work? A review of early evidence". AlgorithmWatch.

« Il est temps d'évaluer les applications de traçage des contacts Covid-19 », concluaient Valeria Colizza, Christophe Fraser et d'autres chercheurs influents dans *Nature Medicine* en février 2021. Seule « une évaluation rigoureuse de leur efficacité permettra de mettre en balance les avantages pour la santé publique et les effets indésirables pour les individus et la société. Une évaluation rigoureuse est nécessaire pour faire des applications de recherche des contacts un outil accepté et éthique pour les futures épidémies d'autres maladies infectieuses » (Colizza *et al.*, 2021). Ce travail reste à faire. Il faudra s'accorder sur une définition de l'efficacité d'une application numérique de recherche des contacts : « nombre de contacts identifiés par la recherche numérique des contacts » ou « effet réel de la recherche numérique, le taux de reproduction ou le nombre d'individus infectés »¹⁶.

SCIENCE D'URGENCE

Depuis le début de l'éclatement de la pandémie, ce sont en moyenne 307 articles qui paraissent chaque jour sur le Covid. Au 9 octobre 2022, la base de données de référence de la littérature biomédicale recensait 297 140 articles traitant à un titre ou à un autre du Covid-19.

L'urgence d'échanger, entre scientifiques, observations et hypothèses a tiré parti des circuits de l'*open science* : revues scientifiques ouvertes, bases de *preprints*, *clouds* de partage de données.... Les standards de l'*open science* ont été largement adoptés et ont favorisé les transferts rapides vers la pratique clinique¹⁷.

Des éditeurs malhonnêtes ont aussi détourné le principe de l'accès libre en créant des revues dites « prédatrices », qui ressemblent à des revues sérieuses mais n'assurent aucune relecture. Certaines d'entre elles sont même parvenues à être référencées dans les grandes bases de données bibliographiques internationales¹⁸. Un rapport de l'Inter-Academy Partnership (IAP), réseau mondial de quelque 140 académies savantes, souligne ainsi que « la distinction entre publications prédatrices et réputées est de moins en moins évidente (en grande partie parce que les premières font des percées parmi les secondes) »¹⁹.

Alors que le nombre d'articles en prépublication (*preprints*) explosait, un autre mouvement prenait naissance sur Twitter, que de nombreux scientifiques avaient adopté pour effectuer une veille sur le Covid-19 et pour évaluer les articles, à peine mis en ligne. La rencontre de Twitter et des *preprints* a accéléré le rythme de cette « science d'urgence »²⁰. L'usage de cet outil a élargi le champ de l'expertise scientifique, et permis des avancées majeures sur certains sujets comme la transmission aérienne du virus, ainsi que la remise en cause d'études controversées. Twitter permet d'élargir le champ du débat scientifique à de nouvelles voix. C'est ainsi que la sociologue Zeynep Tufekci a porté, sur Twitter, en mars 2020, le combat pour le port du masque en population générale alors que les épidémiologistes se montraient timorés sur le sujet.

La production scientifique n'a jamais été aussi accessible, mais son contrôle qualité n'a jamais été aussi faible. Le processus de relecture par les pairs (*peer-reviewing*), sur lequel repose la diffusion des connaissances nouvelles, a été doublement mis à mal par

¹⁶ COLIZZA V., GRILL E. & MIKOLAJCZYK R. (2021), "Time to evaluate Covid-19 contact-tracing apps", *Nature Medicine*.

¹⁷ PENE S. (2021), « Le grand récit qu'il fallait à l'*open science* ? Quand une pandémie invente la biologie d'urgence », *Enjeux numériques*, n°14, pp. 82-88.

¹⁸ CHEVASSUS-AU-LOUIS N. (2022), « Comment repenser la publication scientifique ? », *Mediapart*.

¹⁹ INTERACADEMY PARTNERSHIP-IAP (2020), "Combating predatory academic journals and conferences".

²⁰ GLAD V. (2021), « Des usages de Twitter en temps de pandémie : circulation des connaissances, agit-prop et controverses enflammées », *Enjeux numériques*, n°14, pp. 78-81.

la pandémie. Le nombre d'articles à relire a très vite saturé les relecteurs alors que les éditeurs et éditrices de revues imposaient des délais de relecture extrêmement brefs²¹. Depuis le début de la pandémie, 0,08 % des articles traitant du Covid ont été rétractés, un taux huit fois supérieur à celui des articles de virologie. « Ce “nettoyage” ne fait que commencer, à la fois parce qu'il faut du temps pour se rendre compte des erreurs et parce que nombre d'articles n'ont pas réellement été lus, du fait de la surabondance d'informations »²².

DE LA « MOBILISATION INFORMATIONNELLE » AU « PILOTAGE PAR LA DONNÉE »

La pandémie donne lieu à une mobilisation inédite des données publiques et privées. Alors que les systèmes de santé se débattent pour observer et mesurer la mortalité, pour évaluer les tensions hospitalières, pour identifier les *clusters*, l'idée se fait jour très vite que les traces numériques des personnes pourraient permettre de surveiller ou d'anticiper la progression de l'épidémie. La Commission européenne demande le 24 mars 2020 aux opérateurs télécoms de fournir les données mobiles liées aux déplacements de leurs clients. Agrégées, anonymisées, les données issues des activités des abonnés d'Orange permirent ainsi aux épidémiologistes de l'Inserm de prévoir la propagation du virus en tenant compte de la mobilité des personnes, mais aussi d'identifier les régions à risque de devenir un foyer épidémique. Le recours aux données des opérateurs privés s'imposa aussi aux offices statistiques, avec les données agrégées issues des données de caisse de grandes enseignes et celles des cartes bancaires pour mesurer la consommation et l'activité dans les secteurs concernés²³.

Dès le mois d'avril 2020, l'OMS appelle les gouvernements à faire de l'*open data* l'un des leviers de leurs actions dans la lutte contre le coronavirus. On assiste un peu partout à une mobilisation de la société civile comme des acteurs publics pour publier des données : des tableaux de bord, des visualisations de données, des dépôts de données et des portails *open data*²⁴.

Cette ouverture des données a nourri les travaux des chercheurs, ouvert la voie à une myriade de visualisations dans la presse, permis l'émergence de nouveaux médiateurs, comme la plateforme CovidTracker, alimenté le débat public, dans un souci de transparence vis-à-vis des citoyens, à un moment où il était nécessaire de gagner leur confiance et de susciter l'adhésion aux décisions prises.

On a découvert, à l'occasion de cette crise, la persistance du fax dans le secteur de la santé. Près de 25 ans après sa mise au point, alors que son usage périlait, le QR-code s'est imposé dans le monde entier comme un couteau-suisse de gestion des crises : des attestations de déplacement aux *pass* sanitaires.

Un grand nombre de solutions et outils faisant appel à l'intelligence artificielle (IA) ont été utilisés, et cela sur tous les compartiments de la réponse à la crise : compréhension du virus, recherche sur les médicaments et traitements, mais également détection,

²¹ « Pendant l'année 2020, la moitié des 31 319 articles sur le Covid ont été acceptés en moins de 8 jours (durée médiane) et 19,5 % dans la journée même : des délais absolument inédits dans l'histoire de l'édition scientifique. À titre de comparaison, la durée médiane d'acceptation des 4 287 articles consacrés à la grippe cette même année était de 92 jours ».

²² CHEVASSUS-AU-LOUIS N. (2022), « Comment repenser la publication scientifique ? », *Mediapart*.

²³ Ces données permirent à l'Insee d'évaluer à - 35 % du PIB lors du confinement de 2020.

²⁴ CHIGNARD S. (2021), « L'*open data* de crise : entre mobilisation citoyenne et communication gouvernementale », *Enjeux numériques*, n°14, pp. 73-77.

diagnostic et évolution du virus, ou encore surveillance des populations. S'il semble que l'IA a rencontré des succès dans la résolution de certains problèmes bien identifiés, il apparaît toutefois qu'elle était « structurellement mal armée pour faire face à l'adversité d'un tel événement. Face à l'inattendu, l'IA atteint rapidement ses limites ». Aucune des grandes pandémies qu'a connues l'humanité n'a laissé de données exploitables par des algorithmes d'apprentissage du XXI^e siècle. « Ainsi, la pandémie de Covid-19 constitue une occurrence de la théorie du cygne noir en ce qu'elle bouleverse les présupposés d'une intelligence artificielle dont une des applications majeures concernerait la santé. Elle révèle également la grande faiblesse de l'IA statistique moderne : le problème de la singularité des données »²⁵.

Cette crise sanitaire, enfin, a consacré l'épidémiologie computationnelle comme un outil majeur de gestion des pandémies. Un des effets collatéraux de cette crise est la découverte par le public (et par les décideurs publics, y compris au plus haut niveau) de disciplines comme la modélisation, la statistique ou l'épidémiologie. L'annonce quotidienne et les conflits d'interprétation autour des chiffres de l'épidémie ont donné l'occasion à des millions de Français de se familiariser avec les notions de croissance exponentielle ou d'excès de mortalité, avec des indicateurs comme le R0 ou un taux d'incidence.

Ce « pilotage par la donnée » a suscité bien des controverses ; sur la pénurie de données, d'abord ; sur leur validité, ensuite (comme le décompte des morts, ou les écarts entre les chiffres communiqués par les différentes autorités) ; puis sur la pertinence des indicateurs (comme le taux d'incidence et sa dépendance aux fluctuations des opérations de dépistage). L'âpreté des conflits d'interprétation, la virulence de la désinformation à propos de certains indicateurs (comme l'excès de mortalité), l'appétit subi des médias et du public pour les chiffres, suggèrent qu'une étape nouvelle a bien été franchie du « pilotage par la donnée » à un « gouvernement par la donnée ».

Cette crise nous montre aussi que les sociétés peuvent se réorganiser rapidement autour de nouvelles priorités. En un sens, elle constitue une « répétition générale » avant de plus grandes catastrophes, nouvelles pandémies, ou celles qui se préparent avec le dérèglement du climat. L'agilité numérique, l'*open data*, la « science d'urgence », les dispositifs de coopération, l'intelligence collective, font pleinement partie de la préparation des crises à venir.

BIBLIOGRAPHIE

ALGORITHM WATCH (2021), “Tracing the tracers 2021 report: Automating Covid responses”.

CHIUSI F. (2021), “Digital contact tracing apps: Do they actually work? A review of early evidence”, Algorithm Watch.

GUILLOTIN V., LAVARDE C. & SAVARY R. (2021), « Crises sanitaires et outils numériques : répondre avec efficacité pour retrouver nos libertés », Mission d'information du Sénat.

HAN E. *et al.* (2020), “Lessons learnt from easing Covid-19 restrictions: An analysis of countries and regions in Asia Pacific and Europe”, *Lancet*, November.

OCDE (2022), “First lessons from government evaluations of Covid-19 responses: A synthesis”.

²⁵ VALLET F. & PAILHÈS B. (2021), « L'utilisation de l'IA dans la gestion de la crise sanitaire », *Enjeux numériques*, n°15, septembre, article rattaché au n°14, juin 2021, « Réponses numériques à la crise sanitaire », pp. 106-112.

PELLEGRINI F. & SKRZYPNIAK H. (2020), « Les libertés publiques face au traçage numérique ».

PITTET D. *et al.* (2020), « Mission indépendante nationale sur l'évaluation de la gestion de la crise Covid-19 et sur l'anticipation des risques pandémiques », rapport d'étape.

ROCKFELLER FOUNDATION & DIGITAL PUBLIC GOODS ALLIANCE (2021), "Co-develop digital public infrastructure for an equitable recovery".

RONAI M. (coord.) (2021), « Réponses numériques à la crise sanitaire », *Annales des Mines - Enjeux numériques*, n°14, juin.

Sociétés en transition : quelles mutations attendre du numérique ?

Par Alexandre TISSERANT
Président de Kinéis

Depuis les débuts d'Internet, les promesses du numérique ont beaucoup été remplies de communs, d'horizontalité, de partage infini de connaissances, d'égalité, d'ouverture, de neutralité, de gratuité. Cinquante ans après la première démonstration officielle d'Arpanet, l'intérêt social et économique du développement numérique ne semble plus à démontrer, mais le développement des contenus et usages numériques a été avant tout guidé par un besoin de rentabilité économique, souvent au détriment de ces promesses ou d'objectifs socio-écologiques. Alors que le métavers nous promet la possibilité d'une désintermédiation totale et permanente de nos corps avec le réel, d'autres projets d'exploitation des technologies numériques sont possibles pour concilier un rapport au vivant éthique et durable. Pour cela, il ne faudra rien de moins que s'autoriser à construire de nouveaux imaginaires dans lesquels projeter nos attentes numériques, et, surtout, reprendre en main les conditions de leurs réalisations. Un projet audacieux, mais vraisemblablement nécessaire.

“The original idea of the Web was that it should be a collaborative space where you can communicate through sharing information. [...] The challenge is to manage the Web in an open way: not too much bureaucracy, not subject to political or commercial pressures. The US should demonstrate that it is prepared to share control with the world”, disait Tim Berners-Lee, informaticien britannique, souvent cité comme principal inventeur du *web*.

Depuis les débuts d'Internet, les promesses du numérique ont beaucoup été remplies de communs, d'horizontalité, de partage infini de connaissances, d'égalité, d'ouverture, de neutralité, de gratuité... Souvent portées par une communauté aux cultures libertaires, ces promesses n'étaient pas nécessairement inhérentes au réseau Arpanet créé par le ministère américain de la Défense, pourtant à l'origine de la naissance du réseau mondial. Repéré par la suite comme potentiel de développement économique, ce réseau est depuis le théâtre de tensions, jamais éteintes, entre les tenants d'un Internet « libre » de toute appropriation, et les projets de captation marchande ou d'outils de surveillance divers.

Cinquante ans après la première démonstration officielle d'Arpanet, l'intérêt social et économique du développement numérique ne semble plus à démontrer. D'une part, il permet un accès à une information abondante et pour beaucoup qualifiée : encyclopédie en ligne, *open data* publiques et privées, *open access* des productions scientifiques, services et applications « gratuites » allant de la navigation personnelle aux projections météo, en passant par les prévisions et réservations de transports en commun, accès à de nombreux médias et à toutes sortes de contenus utilisateurs à base d'images, de sons, de vidéos ou de textes, à partager sur les réseaux sociaux pour rester en contact avec

nos communautés d'intérêt. D'autre part, il est désormais la colonne vertébrale de nos communications économiques, et support omniprésent des échanges d'information intercontinentaux et de nos achats en ligne.

UN OUTIL DE DÉSINTERMÉDIATION DU RÉEL

Sur Internet, on constate d'ailleurs que la majorité des usages reste liée à la recherche, la visualisation et le partage de contenus, puis à l'achat de biens et services. Google (et Youtube, tous deux du groupe Alphabet) reste la porte d'entrée privilégiée aux mondes virtuels pour la très grande majorité de la planète, suivi de près par Facebook (du groupe Meta).

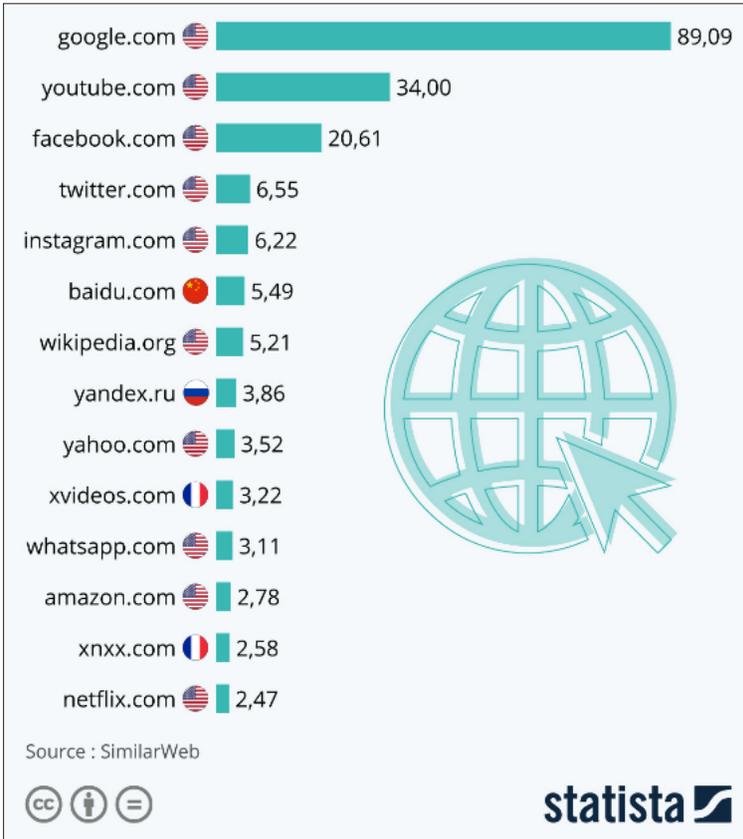


Figure 1. Les sites Internet les plus consultés dans le monde en novembre 2021, en milliards de visites (Source : SimilarWeb).

Contrôler ces points de passage est un enjeu absolument crucial, car l'accès à l'utilisateur devient rapidement l'accès au client, et donc à la monétisation économique. De la même manière, l'accès aux applications d'un *smartphone* se fait avant tout grâce à un magasin contrôlé par l'entreprise ayant réussi à imposer son système d'exploitation sur le terminal de l'utilisateur.

Alors que le modèle d'un réseau neutre aux informations distribuées reposait davantage sur une approche libre et diverse des contenus, produits grâce à une multiplicité de systèmes et de techniques à l'image de la multiplicité des créations individuelles et

collectives, le développement de contenus numériques, et surtout les conditions de leur accès, se sont construits différemment – tout en s’adaptant à cette culture de la gratuité. Le financement de la production de contenus, comme le développement d’infrastructures numériques, a rapidement été confié aux acteurs privés – même si pour les infrastructures le secteur public a dû s’y intéresser au moins au début compte tenu de l’importance des capitaux nécessaires et des risques et temps de rentabilité associés. C’est le modèle du financement par la publicité en ligne qui s’est alors imposé, permettant d’éviter des paiements directs des usagers et de préserver cette illusion de gratuité. De ce modèle découle la compétition féroce entre les acteurs privés pour capter les précieuses minutes d’attention de l’utilisateur ainsi que la collecte de ses données personnelles, toutes deux directement liées à la valeur rémunératrice du contenu publicitaire affiché.

Cette économie de l’attention, nous baignons dedans : nos écrans divers nous attirent, et leurs interfaces sont construites pour ne pas s’en détacher et y livrer volontairement nos informations personnelles, grâce à des « philosophes produit » développant des stratégies de persuasion basées sur notre fonctionnement cognitif¹.

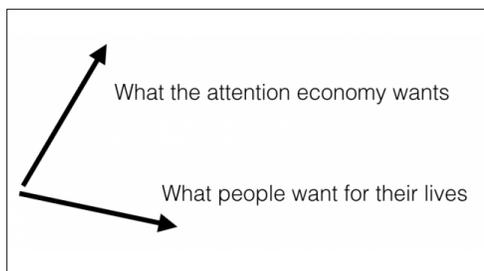


Figure 2. L'économie de l'attention : ce que tu veux / ce que l'entreprise veut (Source : Blog de Tristan Harris).

C'est aussi ce que nous promet le métavers, un degré plus loin : contrôler l'accès de l'utilisateur à des contenus numériques, toujours grâce à un écran, mais si possible cette fois en immersion totale avec un casque de réalité virtuelle, coupant ainsi même physiquement notre contact avec le monde réel. Les magazines jeunesse expliquent d'ailleurs aujourd'hui aux adolescents qu'en 2030, ce sera une réalité quotidienne bénéfique pour chacun d'entre nous – en veillant toutefois à limiter le nombre d'heures connectées². Notre rapport au réel deviendrait alors 100 % désintermédié.

Produire des expériences sociales, informatives et ludiques séduisantes (et parfois utiles) pour déclencher des actes d'achat qui financeront indirectement ces expériences : tel est le modèle dominant du numérique aujourd'hui. Selon cette direction, guidée structurellement par l'objectif économique, la cible ultime semble être d'arriver à ce que chaque être humain soit connecté du lever au coucher : restreindre au maximum les espaces temps personnel et de liberté physique pour assurer une maîtrise presque parfaite des comportements individuels en vue de leur monétisation, grâce à des algorithmes qui s'adaptent en temps réel pour guider notre expérience en calculant (et induisant) nos envies et besoins marchands avec justesse, avant même que nous n'en ayons eu nous-même l'idée.

UN MOUVEMENT DE RÉORGANISATION DES RAPPORTS SOCIAUX

D'autres mouvements sont à l'œuvre, et changent les rapports d'organisation de la société, quitte à augmenter les inégalités sociales, à l'opposé des promesses initiales de rapprochement des individus.

¹ <https://www.nouvelobs.com/rue89/rue89-le-grand-entretien/20160604.RUE3072/tristan-harris-des-millions-d-heures-sont-juste-volees-a-la-vie-des-gens.html>

² *Okapi*, n°1165, 1^{er} novembre 2022.

Les applications de mise en relation entre fournisseur de service et client par exemple, qu'il s'agisse de la restauration, du transport individuel, ou d'autres services, transforment l'employé en entrepreneur. Le service pour l'utilisateur de ces services est indéniablement de qualité. Mais à quel prix ? La précarisation des travailleurs de plateforme est un phénomène observé depuis le début des applications concernées, il y a maintenant plus de dix ans, et les premières mesures arrivent à peine³. La numérisation des rapports de travail vient également renforcer la compétition à laquelle sont tenus de souscrire les travailleurs en question, à la fois dans le temps (baisse de sécurité d'emploi) et dans l'espace (mondialisation des candidatures). Mieux vaut alors être du bon côté de l'application.

D'autres applications promeuvent une nouvelle relation à l'éducation, ou à la santé. Une jeune *start-up* à succès propose par exemple de « sensibiliser collaborateurs et managers sur les enjeux du bien-être mental, et d'accompagner ceux qui en ressentent le besoin grâce à des formations, sessions individuelles de thérapie ou coaching et une application 100 % personnalisée ». Une autre promet aux entreprises une mise en relation en moins de 10 minutes entre un jeune parent salarié et un pédiatre, à toute heure du jour de la nuit, pour de la téléconsultation, puis uniquement lorsque cela le nécessite, une consultation en physique.

Si l'on peut ici se féliciter l'accès aux soins et l'optimisation des consultations physiques facilités par l'utilisation de pré-consultations numériques, là encore, l'appropriation privée de l'accès aux services de santé vient induire de nouvelles inégalités. Alors que la sécurité sociale permet de former un nombre de personnels de santé auxquels chaque citoyen a accès dans des conditions égales, tant dans la disponibilité d'agenda de ces personnels qu'au coût pour le patient que cela représente, ce type d'application vient instaurer un service privilégié pour celles et ceux qui auront la chance (ou leur entreprise) d'avoir les moyens de se le permettre. Par ailleurs, à personnels de soin constant, instaurer une forme d'accès « coupe-file » à ces personnels de soin, pour des clients en capacité de payer davantage, vient *de facto* dégrader le service universel offert à ceux qui n'ont pas cette chance en rallongeant leur temps d'attente, aggravant ainsi les inégalités d'accès aux soins.

UNE QUESTION DE MODÈLE

Tous ces exemples, des modèles de captation de l'attention à la privatisation d'usages, mettent en exergue non pas une qualité intrinsèque des outils numériques, mais bien les modalités de leur développement. En lieu et place d'un financement par les seuls utilisateurs de ces nouveaux services d'accès aux soins, qui par construction exclut ceux qui ne peuvent le payer, ces initiatives pourraient à l'inverse être financées par l'ensemble des utilisateurs potentiels de ce service, grâce par exemple à un mécanisme connu et éprouvé, celui de la cotisation salariale, que chaque salarié paye déjà aujourd'hui et qui a permis notamment le développement de notre système de santé que tant de pays nous envient : ce coût réparti coûterait d'ailleurs moins en hausse de cotisation qu'en prix individuel.

Ce que nous promet le numérique pour nos sociétés ne dépend ainsi pas réellement de l'outil et des possibilités techniques, mais davantage de ce que nous choisissons de produire. Aujourd'hui, la tendance est de laisser le financement privé, par le truchement des marchés des capitaux, choisir ce qui doit être développé et produit : structurellement, il est ainsi logique et attendu que les applications les plus rentables pour des investisseurs soient alors financées, indépendamment de leur impact sur la société, et notamment en termes d'inégalités. À l'inverse, un mécanisme de financement réparti sur l'ensemble des utilisateurs potentiels d'un service, gouverné par les utilisateurs eux-mêmes, aurait

³ https://france.representation.ec.europa.eu/informations/propositions-de-la-commission-pour-ameliorer-les-conditions-de-travail-des-personnes-travaillant-une-2021-12-09_fr

probablement davantage de chances de renouer avec les promesses d'égalité, d'horizontalité réelle et de gestion en commun de ces outils numériques.

Une autre promesse était celle de la liberté d'expression et de la circulation parfaite de l'information. Force est de constater que les outils existants permettent à chacun de s'exprimer relativement librement, comme jamais cela n'a été possible auparavant. Au point cependant que les effets d'amplification, d'une part, et de bulles algorithmiques, d'autre part, sont venus déformer les ambitions initiales. Là encore, est-ce l'outil qui est en cause ? Probablement pas. C'est déjà un procédé bien connu du petit écran : pour gagner de l'audimat, rien n'est plus efficace que les effets de sidération et de divertissement, de sorte que les téléspectateurs restent rivés à leur écran et visionnent les pages de publicité – source première de rémunération des chaînes privées. Dans un modèle économique où il est primordial pour un réseau social de garder le plus longtemps possible ses utilisateurs en ligne, une *fake news* qui fera débat, ou un propos sidérant, est une aubaine en termes de gain d'attention, et gagnera à être mise en avant. Heureusement, la situation n'est pas binaire, et les fournisseurs de réseaux sociaux doivent et essaient en partie de réagir à la critique – mais ces efforts seront-ils les mêmes lorsque du jour au lendemain un industriel milliardaire célèbre tentera de racheter ces réseaux sociaux ?

À l'heure où le dérèglement climatique s'accélère⁴, où la biodiversité s'écroule (chute de 69 % en 50 ans⁵) et les ressources planétaires sont soumises à des tensions inégalées (trois fois plus de matières extraites de la Terre entre 1970 et 2020⁶), le numérique continue de croître pour consommer aujourd'hui 10 % de l'électricité mondiale. Et ce, dans un objectif structurellement induit qui globalement vise à maximiser notre temps de vie dans des mondes virtuels, ce qui en conséquence nous éloigne individuellement chaque jour un peu plus du contact avec le vivant. De nombreuses études⁷ montrent pourtant que cela développe anxiété et troubles de l'attention tout en diminuant empathie et créativité ; à l'inverse, passer du temps dans la nature restaure nos capacités cognitives et diminue notre stress.

Que faire ? Accroître notre pouvoir d'agir et construire un futur numériquement désirable, car les promesses initiales le sont ! L'économie de l'attention doit laisser place à une écologie du même nom, pour reprendre les termes d'Yves Citton⁸, et à une forme de sobriété pour satisfaire des justes besoins numériques, que nous aurons nous-même définis. Comme le disait Jean-François Ceci dans un précédent numéro d'*Enjeux numériques*⁹, c'est une véritable culture numérique écologique qu'il faut construire et diffuser – et apprendre au passage à fabriquer du silence face aux sollicitations numériques incessantes que nous nous imposons.

Pour cela, il sera nécessaire de continuer à dessiner et diffuser de nouveaux imaginaires. Dans son livre *Voyage en misarchie*, le juriste Emmanuel Dockès utilise le roman pour décrire une société à la fois très décentralisée, où chaque individu est libre de s'associer à d'autres pour vivre selon des règles de vie qui leur sont propres, et reposant sur des outils

⁴ https://www.lemonde.fr/planete/article/2022/10/20/en-france-le-rechauffement-climatique-s-annonce-pire-que-prevu-selon-de-nouvelles-projections_6146566_3244.html

⁵ <https://www.courrierinternational.com/article/biodiversite-les-populations-d-animaux-sauvages-ont-chute-de-69-en-moins-de-50-ans-la-nature-est-a-genoux>

⁶ <https://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie-jour-depassement-ademe/>

⁷ Certaines citées par exemple dans cet article : <https://theconversation.com/le-besoin-de-nature-a-lere-digitale-entre-science-et-philosophie-95801>

⁸ CITTON Y. (2014), *Pour une écologie de l'attention, l'antichambre du temps de cerveau disponible*, Seuil.

⁹ CECI J.-F. (2019), « Apprentissage *du et par* le numérique : la formation des jeunes générations à un juste usage du numérique », *Enjeux numériques*, n°6, pp. 76-81, <https://annales.org/enjeux-numeriques/2019/en-2019-06/2019-06-15.pdf>

numériques omniprésents et communs : la monnaie n'existe que sous forme numérique, chaque individu dispose d'un *smartphone* évolué financé par la collectivité, et toute transaction est tracée ; géré par une communauté spécifique démocratiquement gouvernée, ce système numérique est indépendant de tout pouvoir coercitif (lui-même géré de manière indépendante et non centralisée des autres fonctions régaliennes). Surprenant et intrigant, c'est un exemple parmi d'autres, qui a le mérite de tenter de construire d'autres formes de gouvernance et de production, différent des schémas que nous connaissons. Il doit comme d'autres nourrir notre imaginaire pour inventer de nouvelles manières de produire et utiliser le numérique, conformes aux attentes que nous pouvons projeter.

Les développements technologiques numériques récents, qu'il s'agisse de voitures autonomes, d'intelligences dites artificielles (IA), de jetons non fongibles (*non fungible tokens* - NFT), ou de connectivité satellitaire permanente, pour autant qu'ils soient techniquement passionnants et pourraient promettre des applications fabuleuses à même d'améliorer le quotidien de toutes et tous, ne seront utiles à la société que si la captation de leur capacité de transformation lui est confiée. Sans quoi, au lieu de retrouver du temps libre, pour profiter du paysage, échanger avec ses co-passagers ou lire tranquillement le dernier livre qui nous passionne, nous voyagerons à bord de notre voiture autonome avec un casque virtuel grâce auquel nous évoluerons dans le métavers, pour commencer plus tôt des réunions de travail, pendant que des IA continueront de détecter et de modeler nos besoins et envies avant nous pour nous vendre toujours plus de biens et services, toujours plus rapidement et en permanence grâce à une connectivité pervasive mondiale, et parmi lesquels se glisseront des habits virtuels dernier cri pour notre avatar, vendus à prix d'or car garantis « créations authentiques » du dernier styliste en vogue par des NFT.

Pour citer à nouveau Tim Berners Lee, "*Innovation is serendipity, so you don't know what people will make*". À nous de dessiner de nouveaux imaginaires, d'inventer collectivement les mécanismes qui permettront, *in fine*, de faciliter et garantir le développement à long terme des innovations socialement et écologiquement utiles, et de dépasser les seuls critères, aujourd'hui prépondérants car structurellement induits, de rentabilité financière.

La confiance à l'ère numérique commence par les mots

Par Côme BERBAIN

Directeur de l'innovation du groupe RATP

Le numérique est porteur d'une promesse de création de confiance entre personnes ou entités ne s'étant jamais rencontrées. Si elle semble donc en premier lieu d'ordre technique, la création, puis l'entretien, de la confiance nécessite un discours cohérent entre les finalités, les pratiques, les technologies et les organisations aussi bien sur le plan numérique que physique. Dès lors, ce discours devient lui-même un objet de confiance ou de défiance qui peut avoir des effets contraires aux intentions initiales. La construction et l'utilisation d'un tel discours impliquent l'ensemble des parties prenantes internes et externes des organisations, et demeurent des défis à relever pour créer la confiance à l'ère du numérique.

Une des premières promesses du numérique est la possibilité d'échanger de manière quasi instantanée avec n'importe quelle personne ou entité sur la planète, et de réaliser des transactions sans avoir jamais rencontré physiquement cette personne ou entité. Cette promesse est donc une promesse d'établissement quasi instantanée du niveau de confiance nécessaire à l'échange ou à la transaction sans rencontre préalable. Au-delà, le numérique est progressivement devenu un élément courant dans la vie quotidienne qu'il s'agisse du travail, du commerce, de l'industrie, des démarches administratives, de l'information, de la culture... Il génère en lui-même des problématiques de confiance : gestion des données personnelles, confiance dans les algorithmes mis en œuvre, cybersécurité, possibilité d'ingérence étrangère légale dans les systèmes, diffusion massive de fausses nouvelles, et manipulations.

La question de la confiance à l'ère numérique est donc autant celle du numérique lui-même que de l'insertion du numérique dans des systèmes mêlant physique et numérique. La génération de cette confiance, si elle s'appuie sur des dispositifs techniques ou organisationnels ne peut avoir lieu sans discours. C'est dans un discours cohérent et orienté vers les utilisateurs et les communautés que se trouve un élément indispensable de la confiance. Ce discours finit par devenir un élément propre de confiance ou de défiance de ses destinataires, capable de renforcer ou d'amoindrir en retour la confiance en un produit, un service ou une institution. La conception, la production et la maîtrise dans le temps d'un discours générateur de confiance est un élément clé, qui dépasse la seule activité habituelle de communication.

LA CONFIANCE SUPPOSE UN DISCOURS ALIGNÉ AVEC LES FINALITÉS, LES PRATIQUES, LES TECHNOLOGIES ET LES ORGANISATIONS

Le développement rapide du numérique dans les différents pans de l'activité économique et administrative a permis la mise en place de transactions rapides, simples et fluides, en évolution constante. Pour cela, un ensemble de politiques, de processus, de technologies et

d'organisations sont mises en place qui peuvent se répartir en quatre niveaux : le système d'information (SI) ; les données collectées et utilisées ; les algorithmes mis en œuvre ; et les informations fournies à l'utilisateur et les interactions associées.

L'utilisateur final n'a pas la capacité de mesurer finement les aspects numériques de ces transactions, et doit donc s'en remettre à un discours pour accorder ou non sa confiance à un service en ligne pour plusieurs raisons.

En premier lieu, l'utilisateur n'a le plus souvent pas accès aux éléments nécessaires (code, structure de données, architecture du SI, documents de politique...). Plusieurs approches visent à compenser ce manque d'accès aux informations. Le mouvement *open source* publie les codes des logiciels, et donc vise à les rendre accessibles et auditables. Néanmoins, l'utilisation de ce code dans un service donné implique des choix de versions et d'intégration qui peuvent considérablement modifier l'utilisation du logiciel et amoindrir, voire annuler le bénéfice de l'ouverture de code.

Par ailleurs, la réglementation a introduit des obligations d'informations et de fourniture d'éléments en matière de données personnelles *via* le RGPD, ou de transparence des algorithmes en ce qui concerne une partie conséquente de la sphère administrative. Elle crée donc une obligation de porter un discours spécifique vers les utilisateurs de ces services. Cependant, indépendamment de la réalité de leur mise en application réelle, ces éléments, s'ils sont déterminants en matière de confiance, ne sont toutefois pas suffisants.

En second lieu, quand bien même il y aurait accès, l'utilisateur n'a généralement pas les compétences nécessaires ni le temps pour évaluer l'ensemble des éléments. Le numérique a créé des tiers de confiance pour répondre à cette problématique, notamment au travers de processus d'audit, ou de certification. Outre que ces processus nécessitent des temps longs et impliquent des montants élevés, ils sont également intrinsèquement limités par rapport à l'évolution rapide des services, et contribuent en pratique à développer un discours visant à générer de la confiance.

Enfin, une partie des éléments à évaluer ne peuvent l'être qu'en situation de crise ou dépendent de capacités futures : lorsqu'un utilisateur permet à un commerce en ligne d'enregistrer un numéro de carte bleue, il place sa confiance dans la capacité du commerce à protéger cette information dans le présent, mais aussi dans le futur, à détecter les attaques cyber le cas échéant, à l'informer d'une possible fuite de donnée. Par ailleurs, il fait également confiance à sa banque pour bloquer rapidement toute transaction frauduleuse. Une telle évaluation pourrait se faire sur les compétences des équipes en place ou les processus et politiques associées, mais resterait fortement dépendante des évolutions de l'entreprise concernée. Elle est donc tributaire des déclarations existantes de l'organisation concernée.

Compte tenu de son incapacité à évaluer formellement un service, l'utilisateur va donc se raccrocher à ce qu'il peut capter, pour choisir de placer sa confiance en tel ou tel service : qualité de l'interface utilisateur, fonctionnement du service et présence de *bug*, échanges avec le service client, évaluation du service par d'autres utilisateurs, certification partielle par des tiers, cohérence des éléments avec la finalité du service, notoriété globale...

Un discours générateur de confiance est par conséquent une construction impliquant l'ensemble des éléments constituant le service, et visant à aider l'utilisateur à placer sa confiance dans le service en question. Bien loin d'être un seul élément de marketing ou de communication, il concerne et nécessite l'implication de l'ensemble des équipes de l'organisation qui produit le service.

Ce discours doit en premier lieu être adapté au service : le besoin de confiance n'est pas le même pour une démarche administrative et pour l'achat d'un NFT (*non-fungible token* ou jeton non fongible) en ligne. La confiance de l'utilisateur peut donc être limitée sans que cela ne soit gênant pour l'utilisation du service : certains utilisateurs accepteront de

réaliser un acte d'achat auprès d'un *e-commerçant* sans pour autant accepter l'enregistrement de leur numéro de carte de crédit. Ils font confiance à la plateforme pour délivrer une fois un produit sans pour autant accorder une confiance de long terme.

Le discours doit être cohérent avec les moyens techniques et organisationnels : rien n'est pire que de recevoir des injonctions contradictoires ou de constater que les informations affichées par le service numérique sont fausses. Cela reste vrai, que le service passe par une entreprise avec un service client ou par une communauté organisée autour d'une *blockchain* : une réponse inadaptée du service client ou la modification unilatérale d'un des algorithmes de la *blockchain* entraîne la même perte de cohérence du discours, et donc la diminution de la confiance accordée.

À défaut de cohérence, certaines pratiques d'un service vont limiter la confiance des utilisateurs : il est connu que Meta pratique une utilisation extensive des données de ses utilisateurs. Cela n'empêche cependant pas un grand nombre d'utilisateurs de faire confiance à Meta pour des fonctions précises (réseau social, informations...), en acceptant ou en tentant de limiter les autres utilisations que Meta peut faire de leurs données. Le discours qu'essaye de promouvoir Meta sur le respect des données personnelles et la sécurité de sa plateforme se heurte à l'expérience des utilisateurs et les fuites dans la presse d'éléments contradictoires ("Cambridge Analytica", témoignage de Frances Haugen...). En conséquence, ce discours n'est pas pris au sérieux par les utilisateurs qui limitent la confiance qu'ils placent en Meta.

LE DISCOURS DE CONFIANCE DEVIENT LUI-MÊME UN ENJEU DE CONFIANCE OU DE DÉFIANCE

Au-delà de sa cohérence avec le service numérique, le discours de confiance peut faire l'objet d'une mise en scène visant à le démontrer au-delà du service lui-même. C'est le cas de nombre de services qui vantent leur protection des données personnelles de leurs utilisateurs et le chiffrement de bout en bout. Si une véritable démonstration, même partielle de cette protection, est difficile à établir, il est extrêmement rare de voir publier des éléments probants, que ce soit sous forme d'audit ou de certification de sécurité. En la matière, le discours essaye de se passer de preuves liées au service lui-même.

Dès lors, pour tenter d'étayer ce discours, il est possible de recourir à des éléments externes, ainsi que l'a fait Apple en contestant en justice des demandes du FBI sur des accès à des données. Au-delà du cas lui-même, Apple utilise cette contestation pour appuyer son discours sur la protection des données, en indiquant à ses clients et futurs clients que l'entreprise est prête à défier le gouvernement américain pour protéger leurs données.

De même, les politiques de gestion des *cookies* au sein des navigateurs Internet ont fait l'objet d'une surenchère après les obligations d'affichage mis en place par la Commission européenne en 2018. Les principaux développeurs de navigateur souhaitant attirer le plus d'utilisateurs possibles, et ayant pour cela besoin de leur confiance, ont fait des déclarations importantes pour limiter le rôle des *cookies* ou pour fournir des moyens aux utilisateurs de les maîtriser. Ces déclarations n'ont pas toujours été suivies d'effet ou alors d'effet limité : l'intégration d'un outil complexe à utiliser dans certains navigateurs permet effectivement d'améliorer la situation comme promis, mais suppose un temps conséquent de paramétrisation de la part des utilisateurs. Dans ce cas, le discours vise surtout à générer de la confiance en matière de vie privée plutôt qu'une réelle efficacité d'amélioration de cette vie privée.

De plus, les innovations numériques dans le domaine de la *blockchain* se présentent comme des éléments générateurs naturels de confiance. "*Smartcontract*", NFT, "*web3*" : tous ces termes se présentent comme reposant sur des mécanismes inviolables et surfent sur des effets de mode pour surprendre une confiance qui est peu ou pas établie. Il est à

prévoir un renversement sur un certain nombre de ces sujets, comme il vient d'avoir lieu sur les NFT. Une survente de la confiance finit par avoir un effet inverse.

Le discours peut également directement diminuer la confiance des utilisateurs en matière numérique. La médiatisation de comportements négatifs (arnaques en lignes, détournements de numéro de cartes bleues), si elle permet la sensibilisation, est souvent présentée de manière exagérée et peut créer des effets négatifs en matière de confiance.

De plus, l'effet Streisand est maintenant bien documenté : la communication sur un élément que l'on souhaite retirer peut lui donner une popularité largement supérieure allant ainsi à l'encontre de l'objectif initial de la communication. Si cet effet n'a pas attendu le numérique pour apparaître, les outils numériques, et notamment les réseaux sociaux, permettent sa démultiplication à la fois en termes de fréquence d'apparition et d'ampleur.

Dans certains cas, ce sont les termes même employés dans le discours qui peuvent diminuer la confiance : c'est le cas de la « reconnaissance faciale », qui, compte tenu de sa connotation négative et de son utilisation par des régimes autoritaires, entraîne une défiance. Le terme de « reconnaissance faciale » est largement utilisé dès lors qu'une reconnaissance de forme est couplée à une caméra, et ce alors même que nombre des traitements limités ne font pas techniquement appel à la reconnaissance d'un visage, ni même d'un individu. C'est le cas par exemple de la détection d'obstacle devant un véhicule ou de l'évaluation de la densité de personnes sur un quai, pour lesquels il n'est pas besoin de reconnaître les individus de manière unitaire. En conséquence, des limitations importantes de ces dispositifs sur le plan de l'acceptabilité sociale ou de la réglementation sont mises en place allant même jusqu'à obtenir l'effet inverse de celui recherché par la loi : pour permettre l'exercice du droit d'opposition des citoyens sur de tels systèmes, il peut devenir nécessaire dans certains cas de développer une reconnaissance faciale des individus exerçant ce droit pour pouvoir les exclure du traitement. Une analyse fine des différents types de traitement et un discours permettant de prendre en compte la complexité associée sont à même d'éviter de telles aberrations.

Au-delà d'un effet positif ou négatif du discours sur la confiance, il est à noter un cas particulier : celui du non-discours comme facteur de confiance : pour éviter un effet Streisand, il peut être plus intéressant de ne pas communiquer. De même, en matière de cybersécurité, la publication de la détection d'une attaque peut agir comme un facteur de confiance ou de défiance, en fonction de l'organisation concernée et de l'étendue de l'attaque. Il est alors fréquent que celle-ci ne communique pas de manière publique ou déploie un discours vide de contenu renvoyant aux autorités pour permettre de gérer au mieux l'attaque.

Enfin, certains champs du discours restent à construire en parallèle des dispositifs techniques. C'est le cas en matière d'intelligence artificielle : si les technologies d'IA certifiées commencent à émerger et à sortir des laboratoires de recherche, les débats actuels sur les jeux de données et leur caractère représentatif de la population montrent bien que l'IA de confiance n'est pas encore un élément correctement défini et pour lequel le discours n'est pas totalement construit. Il s'agit encore d'un sujet de recherche et de développement.

CONCLUSION

Si elle semble en premier lieu d'ordre technique, la confiance dans le numérique passe par un discours aligné sur les finalités, les pratiques, les technologies et les organisations mises en place. Le discours de confiance est fragile et peut facilement avoir des effets pervers d'autant plus qu'il doit être cohérent dans le temps, et ce alors même qu'une partie des technologies et de leurs utilisations sont en cours de création et d'évolution. La construction et l'utilisation d'un tel discours impliquent l'ensemble des parties prenantes internes et externes des organisations (qu'elles soient entreprises, administrations, communautés...), et demeurent des défis à relever pour créer la confiance à l'ère du numérique.

Marchés et métiers du droit aux défis du numérique

Par Bruno DEFFAINS

Université Paris Panthéon Assas

À l'heure où la transformation numérique est devenue une priorité tant du côté de l'action publique que de celui du secteur privé, il est essentiel d'évaluer l'état de la numérisation du droit dans la mesure où celle-ci apparaît comme un facteur important de l'efficacité économique du marché du droit et du service public de la justice. La transformation numérique du marché du droit est une réalité depuis quelques années. Portée par les professions juridiques, elle permet d'améliorer les conditions d'accès au droit, ainsi que d'envisager de nouveaux usages pour les outils numériques appliqués à l'univers du droit.

INTRODUCTION

Les outils numériques semblent particulièrement adaptés en droit pour nombre de tâches telles que la standardisation et la révision de certains actes, la recherche juridique « augmentée », la mise en relation clients ou la résolution des litiges *via* des plateformes dédiées, ou encore la justice « quantitative ». Tous ces outils visent à améliorer la productivité des professionnels du droit, à l'image de ce que les tableurs ont permis pour tous les métiers exploitant des données chiffrées. Comme toute technologie qui se déploie à grande échelle, le numérique contribue également à élargir le marché en permettant l'émergence de nouveaux segments¹, tout en ayant un effet de baisse des prix profitable aux consommateurs de droit.

Un des pionniers du marché, le logiciel “Ross” d'IBM permettait il y a déjà plus de dix ans de réaliser un gain de temps dans les recherches juridiques, de l'ordre de 30 %. Dans le domaine des contrats, une expérience menée aux États-Unis a permis de confronter la plateforme LawGeek à une vingtaine d'avocats. En moyenne, il a fallu 92 minutes aux avocats pour compléter cinq dossiers d'accords de non-divulgaration, un des produits de base de la profession juridique. L'intelligence artificielle LawGeek a terminé la tâche et repéré tous les problèmes dans les dossiers en 26 secondes, avec une valeur moyenne de précision de 94 % contre une moyenne de 85 % pour les avocats. Le numérique révèle ainsi qu'il a toute sa place sur le marché du droit, mais non pas en tant que substitut des professionnels. Il faut plutôt y voir un intérêt en tant qu'outil susceptible d'améliorer l'efficacité du travail des juristes.

C'est d'ailleurs la promesse principale des *legaltechs* (pour technologies juridiques / au service du droit) de repenser ainsi la chaîne de valeur du service juridique en intégrant le numérique dans l'univers de l'entreprise juridique, aussi bien en interne que dans les relations avec ses partenaires. Les *legaltechs* aident aussi à rendre accessibles des outils permettant d'améliorer la productivité des services aux clients internes, de mieux partager le savoir et d'intégrer progressivement les outils de gestion du risque éparpillés dans

¹ Sur le marché du droit, la demande est en partie « induite » puisque les professionnels sont généralement à la fois ceux qui posent le diagnostic et ceux qui proposent le traitement.

les organisations. Le développement du marché a été largement porté par des « pionniers » creusant rapidement l'écart dans un écosystème qui reste encore en retrait. Sur le marché du droit, par-delà les obstacles « culturels », plusieurs facteurs contribuent toutefois à freiner le déploiement des solutions : modèle d'affaires plutôt statique, adoption lente des nouvelles technologies, modèle de tarification horaire peu favorable à l'alignement des incitations, modèle partenarial qui resserre la contrainte de budget, barrières à l'entrée en termes de coût et d'apprentissage, et absence quasi générale de “*chief technology officer*” pour piloter la stratégie numérique.

Au total, la plupart des entreprises juridiques manquent encore de moyens pour investir dans le numérique et stimuler la dynamique concurrentielle. Cette situation n'est pas sans rappeler celle de nombreuses professions libérales (notaires, experts-comptables, médecins) qui sont fragilisées en raison de leur fragmentation face aux ruptures et innovations technologiques, qu'elles mettent davantage de temps à adopter que les grandes organisations plus structurées. Les investissements à réaliser en termes de temps et de capitaux pour transformer la prestation juridique et accompagner sa digitalisation sont cependant plus que significatifs, et demandent soit d'être en mesure de mobiliser des équipes transversales, soit de donner des responsabilités élevées à des non-avocats, soit d'opter pour le développement de stratégies d'alliance sur des nouveaux métiers afin de créer un forfait récurrent : on est bien loin de la facturation à l'heure du spécialiste, sachant que, si une prestation devient une commodité et si le savoir est partagé, le seul élément de différenciation devient le prix. Alors les nouveaux entrants imaginés pour répondre à cette contrainte de management des coûts, ou les organisations qui savent gérer le changement, l'emportent face aux professionnels moins matures ou moins bien formés.

La principale conséquence de ces changements tient au fait que la valeur des services juridiques, entendue comme l'utilité que la prestation de services procure à un client, a été modifiée. Concrètement, cela se manifeste par la réduction du prix de réservation du client. Ces derniers exigent en effet davantage de transparence et de prévisibilité dans le prix des prestations juridiques qu'ils sollicitent. L'asymétrie d'information se réduit. De ce fait, le modèle dominant basé sur le taux horaire ne permet pas de satisfaire les nouvelles attentes des clients. La valeur des services juridiques finira donc par se détacher d'une valeur de transaction fixée par un tel taux, pour s'orienter vers une valeur d'usage liée à la valeur que le client attache à ces services. Cette nouvelle approche de la valeur aura pour effet de modifier le modèle d'affaires des professionnels du droit, avec un développement de l'inter-professionnalité et des fonctions paralécales et technologiques, ainsi que l'essor de la tarification fixe à l'acte ou à l'abonnement².

DE NOUVELLES CONDITIONS D'ACCÈS AU DROIT

La transformation numérique offre un formidable potentiel d'amélioration du fonctionnement du service public de la justice. La mise en œuvre des outils numériques a d'ores et déjà rendu possible le développement de *legaltechs* actives dans le domaine judiciaire et qui proposent une large gamme de nouveaux services³. L'accessibilité renvoie aussi à la facilité avec laquelle il est possible de choisir les intermédiaires nécessaires pour conduire un procès, en particulier les avocats. C'est sur ce registre également que se développent les *legaltechs* offrant soit des services d'assistance au choix d'un avocat, soit des conseils sur la manière d'engager une action, soit encore une assistance à la formalisation des demandes. Ces services en ligne prospèrent rapidement grâce à une concurrence par

² BALLER S. & DEFFAINS B. (2017), « Intelligence artificielle et devenir de la profession d'avocat : l'avenir est présent ! », *Revue pratique de la prospective et de l'innovation*, n°1, pp. 13-22.

³ *Justice : faites entrer le numérique* (rapport), InstitutMontaigne.org, novembre 2018.

les prix nettement à leur avantage par rapport à ceux induits par les voies de recours classiques.

L'*e-justice* s'inscrit dans cette logique en proposant un meilleur accès à la justice. En présence d'un problème de nature juridique, nombreux sont ceux qui sont convaincus qu'il n'y a rien à faire ou qu'obtenir justice exigerait trop de temps ou d'argent. Il s'agit donc de proposer des solutions qui permettent à l'utilisateur d'agir simplement, notamment par le biais de différents formulaires intelligents : mise en demeure, petites créances, négociation en ligne, arbitrage. Ces solutions souvent déployées par les professions juridiques s'appuient sur des plateformes qui permettent de réduire les coûts d'accès au droit.

Sur le marché du droit, les professionnels que sont les notaires, les huissiers et les avocats ont en effet pris conscience de l'intérêt de ces outils. Pour s'en tenir au cas des jeunes avocats, il n'est pas rare qu'ils aient des difficultés en sortant de l'école, et, parmi ceux qui se lancent dans les affaires, bon nombre ont du mal à trouver des clients. Le modèle d'affaires traditionnel est souvent basé sur une clientèle peu nombreuse et plutôt aisée. Les professions ont donc tout intérêt à réfléchir à leur avenir en mobilisant des technologies facilitant l'accès au droit. Cela est d'autant plus vrai que la présence de professionnels demeure nécessaire dans la mesure où, si la technologie rend le service, le professionnel doit souvent intervenir en appui de cette technologie pour qu'elle soit efficace.

Le succès de l'*e-justice* dépend fondamentalement de l'appropriation de la technologie par les acteurs du marché du droit. Il faut concevoir l'*e-justice* comme un moyen d'améliorer l'efficacité de la justice dans l'intérêt des justiciables, en repensant le rôle du juge et en réfléchissant à celui de la technologie et des outils. L'utilité sociale doit primer sur la technologie elle-même. L'expérience néerlandaise d'arbitrage en ligne "*e-courts*" prouve que la demande de justice a du mal à être satisfaite lorsque les parties ont affaire à une boîte noire algorithmique, qui ne motive pas son processus décisionnel. De ce point de vue, la déjudiciarisation n'est pas synonyme de déjuridicisation, en ce sens que l'intervention des juristes apparaît souvent indispensable, contrairement peut-être à celle du juge. Pour autant, la déjudiciarisation ne doit pas devenir un fantasme : toutes les branches du droit ne sont pas concernées. L'intervention du juge peut être une nécessité, en matière pénale par exemple⁴. En outre, même si les outils technologiques réduisent les asymétries d'information, il n'en demeure pas moins que le contentieux est, dans nombre d'hypothèses, le seul horizon envisageable.

Il est à noter que la loi organique du 23 mars 2019 met en avant l'importance de la médiation. D'abord envisagée comme un moyen d'éviter la saisine d'une juridiction, la médiation peut intervenir en tout état de la procédure et pourra même, dans certaines matières, être obligatoire. La principale nouveauté est qu'elle pourra précisément avoir lieu en ligne (comme l'arbitrage) *via* des plateformes numériques. Cette mesure a pour ambition de faire émerger de nouveaux acteurs du droit, dont le législateur souhaite encadrer la pratique. Le recours au traitement algorithmique ne peut être en effet la seule ambition de ces services : les données personnelles doivent être protégées, la mission des médiateurs ou arbitres numériques doit être exercée avec impartialité, indépendance, compétence et diligence.

La certification de ces plateformes n'est cependant pas obligatoire. Il faut sans doute y voir une volonté de laisser se développer le marché en favorisant l'initiative privée pour la mise en place des plateformes. En 2018, un rapport⁵ expliquait que « de la concurrence et de l'imagination créative naîtront les outils les plus efficaces » et que « les *legaltechs*

⁴ DEFFAINS B. & THIERRY J.-B. (2017), « Les juristes rêvent-ils d'un droit algorithmique ? », *Dalloz Avocats. Exercer et entreprendre*, n°12.

⁵ BEYNEL J.-F. & CASAS D. (2018), « Transformation numérique » sur les chantiers de la Justice, http://www.justice.gouv.fr/publication/chantiers_justice/Chantiers_justice_Livret_01.pdf

constituent une source très importante de créativité pour imaginer des moyens performants de médiation numérique ». S'agissant d'un champ régalien, il convient toutefois de s'assurer que les enjeux sont bien guidés par l'intérêt général plutôt que dictés par un marché dont les défaillances peuvent apparaître assez rapidement. La justice présente en effet les caractéristiques d'un bien collectif (non-rivalité et non-exclusion), qui font que les services en question sont traditionnellement fournis non par le marché mais par l'État, qui garantit la qualité des jugements ainsi que l'impartialité et l'exécution des décisions.

QUANTIFIER LE DROIT ?

Créer un algorithme capable de résoudre correctement des problèmes juridiques est un objectif majeur de la *legaltech*. Les travaux sur la manière dont le système judiciaire pourrait être automatisé, dans le but d'améliorer l'organisation de la justice, sont anciens. Dès 1949, Lee Loevinger⁶ a proposé d'appliquer des méthodes quantitatives au domaine de la justice, une approche qu'il a baptisée « jurimétrie ». Selon Loevinger, alors que la jurisprudence repose sur une approche où les raisonnements juridiques relèvent exclusivement d'un travail d'interprétation des normes, la jurimétrie, en revanche, privilégie des méthodes scientifiques pour identifier des arguments pertinents pour le droit. Loevinger estime ainsi que nombre de questions juridiques pourraient être résolues en appliquant des méthodes d'analyse prédictive à partir d'un traitement systématique des données judiciaires.

Dans le cadre de cette approche « jurimétrique », l'objectif est moins de savoir s'il est possible de prédire la décision judiciaire que de savoir comment réaliser de telles « prédictions » par l'intermédiaire d'une machine sur une base quantitative et non intuitive. Il est à noter que si la science du droit a souvent accordé, dans son discours, une place importante à la connaissance empirique, il n'existe paradoxalement que peu d'outils simples et faciles d'accès permettant de disposer de données statistiques fiables sur l'application des règles applicables à des cas d'espèce précis. L'usage de la statistique est souvent cantonné à la construction d'indicateurs de performance tels que ceux relatifs à la durée des procès ou au montant moyen des indemnisations dans des contextes particuliers. Les statistiques sont rarement mobilisées comme outil de connaissance du droit. Cette situation apparaît d'autant plus étonnante que le calcul des probabilités a été utilisé dès les origines, par ses promoteurs, pour des applications juridiques. Citons Bernoulli et sa thèse de droit sur l'utilisation judiciaire du calcul des probabilités, mais également Condorcet, Laplace ou Poisson. Ces études ont été plutôt mal accueillies par les juristes, et sont restées largement sans suite.

Plus tard, si les travaux de Loevinger n'ont pas dépassé l'état de propositions théoriques, une nouvelle approche, plus empirique, de l'automatisation du droit est apparue dans les années 1980 sous la forme de systèmes experts. L'objectif consistait à traduire les règles juridiques en un système logique lisible par la machine, permettant à un algorithme de « lire » le droit et de l'appliquer dans des circonstances spécifiques. Cependant, comme les sources de droit et l'interprétation des règles juridiques peuvent être ambiguës, l'application du droit par des systèmes juridiques automatisés basés sur la logique des systèmes experts n'a pas connu un succès considérable. La nouvelle vague d'utilisation de l'intelligence artificielle en droit apparue dans les années 2010 semble plus ambitieuse en mobilisant des techniques d'apprentissage automatique basées sur la collecte de données judiciaires massives. L'une des évolutions les plus marquantes de cette nouvelle étape dans le domaine de l'intelligence artificielle juridique s'appuie précisément sur l'analyse prédictive « quantitative » afin de créer des informations exploitables relatives, par

⁶ LOEVINGER L. (1949), "Jurimetrics, The Next Step Forward", *Jurimetrics Journal*, 1971, n°12(1), p. 3, www.jstor.org/stable/29761220, initialement publié dans *Minnesota Law Journal*.

exemple, à l'issue d'un procès, aux arguments, aux preuves ou à la jurisprudence susceptibles, ou encore à la durée de la procédure judiciaire.

Cette approche est rendue possible grâce à la collecte de données judiciaires que l'algorithme utilise comme « entrée » pour établir un lien entre les caractéristiques d'un cas d'espèce et les résultats ciblés. Dans la recherche de l'issue probable d'un procès, il s'agira d'établir des corrélations entre certaines données disponibles dans la jurisprudence (terminologie juridique, précédents cités, domaine de droit considéré...). Ainsi, au lieu d'essayer d'imiter la prédiction tel que le ferait en particulier un avocat sur la base d'une argumentation juridique, l'analyse prédictive propose un modèle à partir des corrélations établies statistiquement. Au-delà de l'issue de l'affaire, la même démarche cherche également à identifier des modèles concernant les arguments, la jurisprudence, les preuves... utilisés dans des précédents sur la base des corrélations les plus significatives. Dans le même temps, cela permet d'appréhender empiriquement les stratégies contentieuses des justiciables et / ou d'analyser le processus de la prise de décision judiciaire.

L'analyse quantitative gagne ainsi du terrain sur le marché du droit⁷. Un algorithme de prédiction développé aux États-Unis a été capable de prédire correctement 70,2 % des résultats des affaires soumises à la Cour suprême⁸. Par comparaison, dans une étude réalisée en 2012, des experts juridiques n'avaient pu prédire correctement que 59 % des résultats de ces mêmes affaires. En Europe, une équipe a créé un modèle de prédiction pour la Cour européenne des droits de l'homme, qui serait capable de prédire le résultat d'une affaire, en moyenne, avec une précision de 79 %. Parallèlement sont apparus des projets commerciaux portés par des *legaltechs* tels que Lex Machina aux États-Unis ou Case Law Analytics en France, qui fournissent aux professionnels du droit un aperçu, basé sur les données jurisprudentielles, de ce qui peut être la voie la plus avantageuse dans le cadre d'un procès.

La justice prédictive connaît un succès important, mais cela ne signifie pas que les algorithmes vont remplacer les professions juridiques même si leurs effets potentiels sur les pratiques ne doivent pas être sous-estimés. La « prédiction » constitue en effet un élément essentiel de la pratique juridique. Comme l'a déclaré le juge Oliver Wendell Holmes, l'un des plus célèbres juristes américains : « Les principaux droits et devoirs dont s'occupe la jurisprudence ne sont rien d'autre que des prophéties. » Certes, Holmes s'inscrit dans une philosophie réaliste du droit qui n'est pas de même nature que la tradition positiviste française, mais comme l'écrit justement Guillaume Zambrano : « La seule connaissance qu'il soit permis de former en droit, consiste dans la capacité à prédire l'interprétation et l'application probable qui sera faite des règles de droit par les juges, dans des cas déterminés en fonction de facteurs objectivement vérifiables. » À l'ère des *big data*, la science du droit devrait donc commencer par répondre à la question suivante : est-il possible de prévoir, avec une faible marge d'erreur, le sens probable d'une décision judiciaire ? À l'ère des *big data* donc, l'analyse juridique quantitative constitue un formidable outil pour les justiciables, pour les praticiens, pour les enseignants et les chercheurs. La jurimétrie imaginée par Lee Ovinger est susceptible de constituer un nouvel outil facilitant la mise en rapport de la norme juridique avec son application jurisprudentielle.

Mais les promesses ainsi définies ne vont pas sans soulever des interrogations. La première consiste naturellement à se demander dans quelle mesure un calcul statistique peut être conçu comme une source de droit. Aux yeux de la plupart des commentateurs, la

⁷ BLACKMAN J. & CARPENTER C. (2012), "FantasySCOTUS: Crowdsourcing a Prediction Market for the Supreme Court", 10, *Northwestern Journal of Technology and Intellectual Property*, Volume 125, <https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/njtip/vol10/iss3/3/>

⁸ KATZ D. M., BOMMARITO M. J. & BLACKMAN J. (2017), "A General Approach for Predicting the Behavior of the Supreme Court of the United States", *PLoS ONE*, 12(4), pp. 1-18, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174698>

réponse est négative. Il existe une différence fondamentale entre la « prédiction » réalisée par les outils statistiques et la pratique habituelle du droit qui repose sur un modèle d'interprétation des sources de droit, à commencer par les lois, et prescrit par la doctrine. La prédiction « jurimétrique » repose quant à elle essentiellement sur des corrélations statistiques où la compréhension sémantique des textes est mise de côté. L'utilisation de ces outils entraîne un changement radical de perspective, que Mireille Hildebrand⁹ qualifie de « passage de la raison aux statistiques » : le processus décisionnel des praticiens ne serait plus uniquement basé sur leur compréhension des règles juridiques, mais il serait influencé par le travail des algorithmes prédictifs.

La justice prédictive apparaît donc au cœur de nombreux débats qui renvoient à la fois à son potentiel de développement du fait de son appropriation croissante par les praticiens du droit et à des inquiétudes suscitées sur un plan ontologique, notamment dans le contexte particulier des systèmes de droit codifiés, où « la règle » prime en principe sur « le fait ». On peut certainement s'accorder sur le fait que l'analyse quantitative des données jurisprudentielles permet de déterminer des « valeurs » qui doivent être interprétées et replacées dans le contexte particulier de la fabrique du droit. Celle-ci ne saurait toutefois être détachée des caractéristiques inhérentes à l'organisation de la justice dans une démocratie moderne, à la fois du point de vue du travail des juges et des conditions de collecte et de traitement des données. Ceci est d'autant plus important qu'en France, comme dans la plupart des pays, le travail de traitement des données est largement confié au secteur privé, ce qui pose nécessairement la question de la contribution effective de la justice prédictive à l'amélioration du service public de la justice.

La valeur produite par l'analyse jurimétrique dépend largement du volume et de la qualité des données judiciaires disponibles, ce qui implique un encadrement strict de ces pratiques. En France, le projet d'*open data* des décisions de justice se met en place de manière progressive. La loi n°2016-1321 du 7 octobre 2016 pour une République numérique et la loi n°2019-2022 du 23 mars 2019 de Programmation 2018-2022 et de réforme pour la justice ont permis de poser les grands principes de mise à disposition du public des décisions de justice. Le décret n°2020-797 du 29 juin 2020 relatif à la mise à disposition du public des décisions de juridictions judiciaires et administratives a permis de préciser les conditions pratiques de cette mise à disposition, et s'inscrit dans le cadre de publicité des décisions de justice posée par le code de justice administrative, le code de procédure pénale et le code de procédure civile. Il prévoit notamment des mesures d'occultation des éléments d'identification des personnes physiques, parties ou tiers, ou bien encore magistrats ou membres de greffe, en cas d'atteinte à leur vie privée ou leur sécurité.

Concernant la question spécifique de l'analyse du comportement des juges¹⁰, on comprend bien que le pouvoir des juges, bien qu'encadré par des dispositifs juridiques nombreux, relève d'un processus profondément subjectif, susceptible d'être influencé, notamment, par des idéologies, des attitudes, des émotions, des heuristiques. De ce point de vue, l'analyse jurimétrique peut être conçue, comme l'imaginait Lee Ovinger en 1949, comme un moyen d'améliorer notre connaissance commune à propos du fonctionnement de l'appareil judiciaire. Daniel Chen¹¹ fait justement remarquer que « si les algorithmes peuvent identifier les contextes susceptibles de donner lieu à des préjugés, ils peuvent

⁹ HILDEBRANDT M. (2019), "Data-Driven Prediction of Judgment. Law's New Mode of Existence?", OUP Collected Courses Volume EUI Summer-school, available at SSRN, <https://ssrn.com/abstract=3548504>

¹⁰ MÉNECEUR Y. (2020), *L'intelligence artificielle en procès*, Bruylant.

¹¹ CHEN A. (2019), "How artificial intelligence can help us make judges less biased, Interview with Daniel L. Chen", *The Verge*, <https://www.theverge.com/2019/1/17/18186674/daniel-chen-machine-learning-rule-of-law-economics-psychology-judicial-system-policy>

également réduire ces préjugés par le biais de conseils comportementaux et d'autres mécanismes, comme la formation des juges ». L'essor de la jurimétrie impose un changement d'ordre culturel et collectif qui suppose de mieux comprendre et de développer un cadre facilitant l'apprentissage d'une meilleure maîtrise du droit grâce au pouvoir des statistiques.

CONCLUSION

Un dernier volet qui permet de saisir les enjeux liés à la transformation numérique du droit est celui des compétences et de la formation des juristes. Cette transformation doit être bien comprise. Tout n'est pas partageable : le savoir-faire, la contextualisation de l'information « brute », sont presque indissociables de la personne du juriste. C'est une chose d'avoir accès à des décisions, c'en est une autre de réussir à les comprendre et de parvenir à construire un conseil adapté. Dès lors, l'informatisation des données juridiques peut difficilement entraîner une déterritorialisation. En outre, le principal problème économique associé à la connaissance est celui de sa reproduction, qui passe, même quand elle est sous forme codifiée, par un processus d'apprentissage. Dit autrement, si l'information juridique est plus facilement accessible, elle n'en est pas pour autant facilement assimilable pour le non-juriste, tant elle est dépendante du système juridique. Il est nécessaire que les acteurs du droit disposent de compétences particulières pour pouvoir bénéficier des avancées de la connaissance et utiliser l'information qui est stockée et circule de façon de plus en plus efficace ; les possibilités de stockage et de circulation de l'information dépendent des progrès de la codification ; les connaissances se diffusent alors d'autant plus rapidement que les progrès dans le domaine du numérique sont rapides, et que les individus sont éduqués et compétents.

La formation en droit est évidemment essentielle. S'il ne saurait être question de transformer les juristes en codeurs ou en développeurs, une sensibilisation poussée est malgré tout envisageable. On explique souvent que la transformation numérique impose de développer des *soft skills*. Plus que l'automatisation et le remplacement des juristes, l'heure est en réalité à l'acquisition de compétences parallèles et à l'hybridation. Cette ouverture peut intervenir sur les bancs de l'université comme au sein des écoles professionnelles capables de cibler les besoins spécifiques des professions¹². Un problème subsiste néanmoins : qui formera les formateurs ? Si la formation est trop axée sur le droit, elle fera perdre de vue les possibilités de la technique informatique ; si elle est trop axée sur l'informatique, elle fera perdre de vue les spécificités de la technique juridique et ne constituera qu'une énième « unité d'ouverture », euphémisme qui masque mal une interdisciplinarité de façade. Ensuite, sur le plan de la formation continue, il est évident que les juristes doivent avoir la possibilité d'apprendre à utiliser ces nouveaux outils, pour comprendre leurs implications et leurs potentialités. Sans aller jusqu'à en faire une obligation, il faut permettre à tout un chacun de se former à l'utilisation des algorithmes, d'une *blockchain* ou de *smart contracts*. Cette formation des professionnels du droit est seule à même de permettre une bonne compréhension des outils, mais également d'appréhender ceux-ci pour adapter le conseil ou être en mesure de proposer de nouveaux services. Enfin, la démarche prospective se doit de prendre en compte les évolutions institutionnelles à venir. Les rapports sur les « chantiers de la justice » remis à la garde des Sceaux en 2018, s'ils procèdent d'une logique souvent incantatoire¹³, montrent une volonté de placer les outils numériques au cœur du processus judiciaire. Cette informatisation institutionnelle, qui

¹² Sur les critiques adressées à la formation des élèves-avocats au sein des centres régionaux de formation professionnelle des avocats, cf. Kami Haeri, « L'Avenir de la profession d'avocat », rapport au ministère de la Justice, février 2017.

¹³ DEFFAINS B. & THIERRY J.-B. (2018), « Transformation numérique. Pourquoi la fin doit justifier les moyens », *La Semaine juridique. Édition générale*, n°6, p. 133.

se concrétiserait par la création d'un « État plateforme », aboutirait, si elle est mise en place, à une modification importante des pratiques judiciaires, par le recours à une mise en état électronique par exemple.

Les enjeux de la transformation numérique sont aujourd'hui suffisamment connus pour permettre une anticipation de la part des professionnels du droit¹⁴. Cette anticipation suppose que ceux-ci n'attendent pas la mise en place de nouveaux outils, mais au contraire qu'ils accompagnent celle-ci, pour éviter d'être dépassés. Très concrètement, cette démarche prospective peut s'envisager à trois niveaux. D'abord, sur le plan de la formation initiale des étudiants. Pour l'heure cantonnée à la méthodologie de la recherche documentaire ou à de vagues « c2i » (certificat informatique et internet), la sensibilisation des étudiants en droit aux nouvelles technologies reste illusoire. Force est de constater que ce n'est pas pendant son cursus qu'un étudiant sera amené à appréhender pleinement le potentiel des outils numériques. C'est précisément ce constat qui explique le développement actuel des diplômes centrés sur la transformation numérique du droit ou les *legaltechs*. Ces formations doivent être soutenues et encouragées.

¹⁴ *Id.*, « Les juristes rêvent-ils d'un droit algorithmique ? », art. cité.

Le grand retour de la souveraineté : circuits courts ou circuits fermés ?

Par Pierre BONIS
Directeur général de l'AFNIC

Il y a un peu plus de deux ans (en septembre 2020), une éternité, nous interrogeons dans les colonnes de cette revue les notions de frontières et de territoires, associées à Internet¹. C'était au tout début de la pandémie. C'était avant la guerre en Ukraine.

Et alors que nous étions, pour l'essentiel des auteurs ayant participé à ce numéro, appliqués à interroger l'articulation entre les notions de proximité du numérique et d'interopérabilité globale, une ère de mondialisation (dont on pourrait dire qu'elle fut heureuse, du point de vue du moins des progrès en matière de connectivité et de services rendus par Internet) s'achevait.

Ces mêmes notions, auxquelles nous pouvons adjoindre celles de souveraineté numérique, de diversité culturelle, d'interopérabilité législative dans le cyberspace ont été bousculées par les événements des deux dernières années.

Comment ces notions ont-elles évolué ? le circuit court, risque-t-il d'être à terme remplacé par un circuit fermé ?

LES CRISES METTENT EN LUMIÈRE LA MATÉRIALITÉ D'INTERNET

Les deux crises conjoncturelles que sont la crise sanitaire due à la pandémie de Covid-19 et la crise géopolitique issue de l'invasion de l'Ukraine, ainsi que leurs conséquences en matière de désorganisation du commerce international et de pénuries de matières premières et de semi-conducteurs, nous rappellent brutalement à la matérialité du réseau.

S'ajoutent à ces crises celle, plus structurelle, de l'urgence climatique, que les acteurs du numérique doivent prendre en compte, et qui a, elle aussi, un aspect très matériel.

En d'autres termes, les contraintes physiques des réseaux, qui ne sont pas une découverte, s'imposent à l'offre comme à la demande du numérique de manière inédite, depuis l'avènement d'Internet, du moins si l'on parle des pays industrialisés.

La première de ces contraintes physiques a été illustrée par la peur, durant la pandémie, d'une saturation des réseaux due au basculement généralisé vers le télétravail, en raison des confinements successifs.

¹ https://www.annales.org/enjeux-numeriques/2020/en_11_09_20.html

Si dans les faits, les réseaux des opérateurs télécoms ont particulièrement bien absorbé les modifications de trafic², voire même son augmentation³ qui fut de l'ordre de 20 %, la question de la saturation des réseaux a été posée. Ce fait même est remarquable et signe un retour de la conscience de la dimension physique d'Internet. Jusqu'alors et à l'exception du cadre de discussion portant sur la fracture numérique, les zones blanches et les zones mal desservies, la question de cette saturation, notamment pour des réseaux fixes, semblait incongrue dans le grand public.

La seconde de ces contraintes, plus pernicieuse peut-être, est celle de la disponibilité du matériel et, désormais, de l'énergie.

Là encore, les problématiques, qui restent à ce stade du domaine de l'approche risque, ne sont pas nouvelles. Elles concernent des régions entières du monde, où la stabilité de l'approvisionnement électrique fait défaut. Elles concernent de la même manière de nombreux acteurs du numérique, y compris au sein de pays industrialisés, quand ceux-ci ont une gestion des stocks de matériel et de maintenance déficiente.

Depuis deux ans (fin 2020), cependant, la probabilité de survenance de ce risque de rupture de la disponibilité de certains services numériques s'est accrue fortement pour tout le monde.

On en trouvera pour preuve les deux illustrations suivantes :

- La crise de la chaîne d'approvisionnement en semi-conducteurs a un effet direct sur la capacité des acteurs du numérique à remplacer des matériels obsolètes. Un acteur aussi majeur que CISCO pour les équipements de cœur de réseau a depuis deux ans pris l'habitude de communiquer publiquement sur ces problèmes d'approvisionnement⁴. Dernièrement, il se félicitait d'avoir ramené les délais de livraison à... 52 semaines !
- Plus récemment encore, un grand *data center* dit « TIER », c'est-à-dire répondant à des normes très exigeantes en matière de redondance des apports de connectivité et d'énergie, informait ses clients, par une communication officielle, de la possibilité de délestages cet hiver, en rassurant bien entendu sur le fait qu'il disposait de générateurs dimensionnés pour prendre le relais.

Ce retour des contraintes et de la perception plus forte de la matérialité du réseau nous intéresse, car cette dernière rejoint les notions de circuit court, voire de souveraineté.

À l'augmentation du trafic réseau, une première réponse, bien connue et depuis longtemps, est de faire en sorte de garder localement le trafic local. Les points d'échange entre opérateurs, illustration la plus parfaite du circuit court du trafic de données, ont de beaux jours devant eux.

La localisation des données avec le rapprochement de l'utilisateur, à l'inverse d'une certaine version du *cloud*, trouve également ici une nouvelle justification jusqu'ici peu mise en avant. Elle est économique plus que juridique ou politique. Pour garantir la disponibilité des données, dans un monde de ruptures de charge, on n'est jamais mieux servi que par soi-même (encore une fois, quand on réside au sein d'un pays industrialisé).

Enfin, en écho aux analyses qui étaient déjà de mise en 2020 sur la volonté de « réindustrialiser », les annonces européennes sur l'appui à la filière de semi-conducteurs

² La forme du trafic Internet en Europe, et pendant les confinements, s'apparentait à celle des week-ends, tous les jours de la semaine. En d'autres termes, les émetteurs et récepteurs de trafic étaient disséminés, au lieu d'être concentrés sur de grands ensembles industriels et de services.

³ https://labs.ripe.net/author/oliver_gasser/the-lockdown-effect-implications-of-the-covid-19-pandemic-on-internet-traffic/

⁴ https://www.cisco.com/c/dam/en_us/partners/downloads/semiconductor-supply-constraints.pdf

et à sa relocalisation illustrent tout à fait cette accélération de la mise en place d'une véritable « filière » numérique, allant des infrastructures aux terminaux, en passant par les protocoles de transport, les données, puis enfin les contenus. Ici, nous prenons le risque d'affirmer que la peur de manquer, la peur de la pénurie, de n'être pas premier sur la liste des clients, est aussi forte que la volonté de développement économique d'une filière autonome. Mais dans tous les cas, le résultat est identique : une volonté inédite de relocalisation.

PLUSIEURS NUANCES DE SOUVERAINETÉ

La montée des tensions internationales n'a malheureusement pas épargné Internet, qui a été, plus que jamais depuis qu'il est devenu un réseau véritablement ubiquitaire, l'objet ou le vecteur d'agressions et de récriminations internationales. Dans une moindre mesure, et dans le sillage du renforcement de la dimension cyber, la volonté des États de maîtriser l'accès aux sites Internet s'est renforcée, et s'illustre aujourd'hui également au sein des espaces démocratiques.

Dans les jours qui suivirent le déclenchement des hostilités en Ukraine, précisément le 28 février 2022, le vice-Premier ministre ukrainien écrivit au président de l'Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN), Göran Marby, pour demander le retrait de l'extension nationale de premier niveau russe « .ru » de la racine du système des noms de domaine.

Une telle demande était sans précédent, et dans le contexte de forte émotion et de volonté d'un grand nombre de pays, mais également d'acteurs de la communauté technique de l'Internet, de venir en aide à l'Ukraine et de « punir » la Russie, cette idée avait quelques chances de prospérer.

La réponse de Göran Marby⁵ contient une phrase qui résume la tension entre les responsables des infrastructures critiques de l'Internet et les décideurs politiques qui souhaitent (parfois avec de bonnes intentions) utiliser ces infrastructures critiques afin de régler des problèmes leur étant étrangers :

“Essentially, ICANN has been built to ensure that the Internet works, not for its coordination role to be used to stop it from working.”

D'autres organisations en charge des ressources ont sensiblement fait la même réponse, comme celle du Registre internet régional européen, en charge de l'attribution des adresses IP sur le continent⁶.

Dans le même temps, la Russie annonçait de son côté qu'elle entendait supprimer toute dépendance à l'étranger dans son utilisation d'Internet.

Cette volonté aura pris d'abord la forme d'un décret exigeant le rapatriement de l'ensemble des serveurs de noms de domaines nationaux sur le territoire national et sous les deux extensions « .ru », mais également « .su », qui reste l'extension de premier niveau de référence en Russie pour l'hébergement des ressources techniques. Il est à noter que le « .su » signifie “Soviet Union”, et qu'il est toujours dans la racine d'Internet, ce qui montre à quel point cette dernière est gérée de manière neutre.

⁵ <https://www.icann.org/en/system/files/correspondence/marby-to-fedorov-02mar22-en.pdf>

⁶ Pour de plus amples développements sur le mécanisme d'attribution des adresses IP, et l'architecture physique et logique d'Internet, cf. articles de S. Bortzmeyer et M. Souissi dans le n°11, « Internet, frontières et territoires », de la série *Enjeux numériques des Annales de Mines*, septembre 2020.

Mais si, au fond, ces mesures de rapatriement n'ont rien de choquant (il s'agit après tout d'une approche assez classique de la souveraineté) et n'interdisent aucunement les échanges avec le reste du monde, la volonté de plusieurs pays, dont la Russie, la Chine et de nombreux pays du Moyen-Orient, de pousser une nouvelle norme « Internet », en lieu et place de celles qui sont issues des protocoles actuels, est plus explicite.

La proposition «New-IP», ou encore appelée parfois « IPv6+ », soumise dans le cadre des travaux de la branche de standardisation de l'UIT/T⁷, est à ce jour rejetée par une majorité de ses pays membres.

Alors que l'assemblée générale de l'Union internationale des télécommunications (UIT) avait lieu en septembre et en octobre 2022, on pouvait voir les traces de ces batailles entre États, portant sur des protocoles et des règles de fonctionnement et de gouvernance d'organisations techniques. Car même si l'UIT est une organisation intergouvernementale, elle n'en reste pas moins une agence spécialisée des Nations unies, devant traiter de sujets techniques.

L'élection de l'Américaine Doreen Bogdan-Martin à la tête de l'institution, succédant à un Chinois, et battant un Russe, illustre ce retour d'un air de guerre froide⁸.

Plus encore, la non-reconduction de la Russie au conseil de l'UIT (première historique pour cette organisation), mais également celles de la Biélorussie et de la Hongrie, montre à quel point désormais, nous ne pouvons plus distinguer formellement les enjeux géopolitiques des enjeux techniques, du moins au niveau international.

Face à un monde chaque jour plus morcelé, le réseau des réseaux garde encore un caractère universel, et une plasticité lui permettant de s'accommoder de particularités et d'exigences locales et / ou nationales. La succession rapide et la violence des crises planétaires ne l'épargnent pas, et alors que ses fragilités physiques semblent plus visibles, il reste un exemple de redondance. La destruction voulue et planifiée des infrastructures de télécommunication, pendant les conflits, réussit-elle à couper Internet dans les zones de conflits ? Non. Moins inquiétant, mais tout aussi éclairant, la volonté de mettre en place des *resolveurs* DNS souverains (DNS4EU)⁹, permettant le filtrage de l'accès à des sites Internet, réussit-elle à supprimer cette possibilité d'accès ? Non.

Le risque de fragmentation d'Internet, astucieusement évoqué par les Anglo-Saxons sous l'appellation de *splinternet*, est plus fort aujourd'hui qu'hier, en tous cas plus visible. Mais dans les protocoles mêmes d'Internet, leur accessibilité à tous, leur ouverture, et dans la simplicité, au fond, des technologies déployées, réside l'antidote. Les circuits fermés du numérique auront, à n'en pas douter, fort à faire pour empêcher les circuits courts, et ouverts, d'échanger entre eux.

⁷ Voir à ce propos l'excellente analyse de cette initiative effectuée sous forme de foire aux questions par l'Internet Society : <https://www.internetsociety.org/resources/doc/2022/huaweis-new-ip-proposal-faq/>

⁸ <https://pp22.itu.int/en/election-results-sg/>

⁹ <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/cef-dig-2021-cloud-dns-works;callCode=null;freeTextSearchKeyword=CEF-DIG-2021;matchWholeText=true;typeCodes=1,0;statusCodes=31094501,31094502,31094503;programmePeriod=null;programCcm2Id=null;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;destination=null>

Les fréquences, gestion d'une ressource-clé

Par François RANCY

Ingénieur général des mines

Le spectre des fréquences radioélectriques constitue la ressource rare qui sous-tend la plupart des applications dont nos sociétés sont devenues largement dépendantes en quelques décennies.

Aujourd'hui, six milliards de personnes disposent d'au moins un abonnement mobile, peuvent se localiser à tout instant et en tout point du globe, ou connaître en permanence le temps qu'il fera grâce au système mondial de météorologie ; et près de deux milliards de personnes disposent de la TNT et plus d'un milliard d'un récepteur de télévision par satellite. Tout cela n'existe que parce que, depuis des décennies, les fréquences le permettant ont été harmonisées mondialement, organisées et protégées au fur et à mesure que les technologies sous-jacentes ont émergé.

Ce résultat, qui mobilise des investissements de milliers de milliards de dollars, n'est pas le fruit du hasard. Pour l'obtenir, il a fallu, depuis plus d'un siècle, les efforts conjugués de tous les États de la planète et de toutes les parties intéressées pour organiser et gérer le spectre, sur la Terre et dans l'espace, d'une manière rationnelle, équitable, efficace et économique.

Cet article reprend et synthétise les principaux éléments contenus dans les 21 articles du n°9 (mars 2020) d'*Enjeux numériques*¹, auquel le lecteur pourra se reporter pour plus de détails.

Bien qu'invisibles, les fréquences radioélectriques sous-tendent aujourd'hui une grande partie du monde visible : du GSM à la 5G, du WiFi au Bluetooth, de la radio FM ou DAB à la TNT et à la télévision par satellite, du GPS à l'imagerie spatiale. Le spectre des fréquences nourrit également nombre d'autres activités essentielles, telles que les transports aériens, fluviaux ou maritimes, la défense et la sécurité des populations, la recherche scientifique et spatiale, la météorologie, l'observation du climat et des ressources de la Terre.

En quelques décennies, les hommes ont découvert, puis appris à maîtriser cette étrange ressource que constitue le spectre radioélectrique. TSF, discours radiophoniques, radars, Mondovision, satellites, GPS et téléphones mobiles ont, depuis plus d'un siècle, imposé leur rythme effréné à une humanité tantôt émerveillée, tantôt déroutée.

Ces succès n'ont pas été atteints sans efforts. En effet, les fréquences restent une ressource difficile à domestiquer : deux fréquences proches se brouillent souvent ; quoique rapidement atténuée par la distance, leur portée demeure presque infinie pour les récepteurs sensibles ; enfin, dans les villes, la prolifération des bâtiments affecte leur propagation. Pour parvenir à tirer le meilleur parti de cette ressource capricieuse, il est donc indispensable de gérer les fréquences : anticiper leur implantation, accompagner

¹ https://annales.org/enjeux-numeriques/2020/en_09_03_20.html

leur déploiement, vérifier régulièrement l'absence de dérive et mettre fin aux usages illicites. Pour y parvenir, il convient de tirer parti de l'exceptionnel flux d'innovations technologiques dont bénéficie ce secteur, mais aussi d'expliquer inlassablement l'utilité du déploiement de ces nouveaux services et de leurs antennes, dont l'apparition trouble parfois nos concitoyens. Organiser les fréquences à l'échelle d'un pays constitue ainsi une œuvre vivante, en perpétuelle évolution.

Ces préoccupations sont devenues communes à tous les pays du monde. Comme les fréquences ignorent superbement les frontières, l'exploitation du spectre a très tôt suscité une coordination supranationale. L'Union internationale des télécommunications (UIT)² a ainsi tenu sa première conférence internationale sur ce sujet dès 1906. Depuis lors, les grandes évolutions de l'usage du spectre font l'objet d'un traité international, le Règlement des radiocommunications (RR)³, qui est mis à jour tous les quatre ans.

Aujourd'hui, six milliards de personnes disposent d'au moins un abonnement mobile, dont quatre milliards et demi pour le large bande, peuvent se localiser à tout instant et en tout point du globe, ou connaître en permanence le temps qu'il fera grâce au système mondial de météorologie ; et près de deux milliards de personnes disposent de la TNT et plus d'un milliard d'un récepteur de télévision par satellite. Tout cela n'existe que parce que, depuis des décennies, les fréquences le permettant ont été harmonisées mondialement, organisées et protégées au fur et à mesure que les technologies sous-jacentes ont émergé.

Ce résultat, qui mobilise des investissements de milliers de milliards de dollars, n'est pas le fruit du hasard. Pour l'obtenir, il a fallu, depuis plus d'un siècle, les efforts conjugués de tous les États de la planète et de toutes les parties intéressées dans chaque pays et chaque région pour gérer le spectre, sur la Terre et dans l'espace, d'une manière rationnelle, équitable, efficace et économique en assurant :

- la protection des investissements contre les brouillages et leur sécurisation sur le long terme, par des réglementations nationales et internationales contraignantes, stables, prédictibles et rigoureusement mises en œuvre ;
- l'harmonisation internationale des usages du spectre par des normes d'application universelles, nécessaires à la réalisation d'économies d'échelle sur les terminaux et équipements de réseau, à l'interfonctionnement et à l'itinérance des mobiles ;
- l'adaptation régulière de ces réglementations et normes à l'évolution des technologies et aux besoins dans tous les pays.

LE CADRE MONDIAL

Au sein de l'Union internationale des télécommunications (UIT)⁴, l'institution spécialisée des Nations unies pour les technologies de l'information et de la communication, le secteur des radiocommunications (UIT-R)⁵ est chargé d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre des fréquences et des orbites de satellites par tous les utilisateurs de fréquences, en évitant notamment les brouillages préjudiciables entre les services de radiocommunications. Ce rôle est assuré par la production de règles et de normes internationales qui ont permis le développement de l'écosystème des radiocommunications tel que nous le connaissons aujourd'hui.

² <http://www.itu.int/>

³ <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR/fr>

⁴ <http://www.itu.int/>

⁵ <https://www.itu.int/fr/ITU-R>

Les règles mondiales

Il s'agit du Règlement des radiocommunications (RR)⁶ et des Règles de procédure (RoP)⁷ qui en précisent l'application. Traité international régulièrement mis à jour depuis 1906, le RR fixe le cadre juridique pour l'utilisation du spectre radioélectrique par les États membres. Il attribue les bandes de fréquences aux différents services de radiocommunications, établit les procédures et limitations à respecter pour leur utilisation. Il prévoit que toute nouvelle utilisation de fréquences (« assignation ») doit éviter de causer des brouillages préjudiciables aux stations utilisant des fréquences conformes au RR et dont les assignations sont inscrites au Fichier de référence international des fréquences (MIFR)⁸ (principe du premier arrivé, premier servi). Enfin, l'établissement ou l'exploitation des stations est conditionné à la délivrance d'une licence par les administrations et autorités compétentes de l'État. Son application permet aux États membres d'obtenir et de garantir la reconnaissance et la protection internationales des utilisations du spectre qu'ils autorisent sur leur territoire ou dans l'espace.

Pour concilier les objectifs d'accès équitable et d'utilisation efficace, le principe du premier arrivé, premier servi, a été atténué par l'établissement dans quelques bandes de plans qui échappent à ce principe en y garantissant un minimum de spectre pour chaque pays. C'est notamment le cas pour l'essentiel du spectre attribué à la radiodiffusion et pour une partie de celui attribué aux services par satellites.

Pour s'adapter à l'évolution des technologies, des besoins et des usages, le RR est mis à jour tous les quatre ans par la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR)⁹. La CMR est l'aboutissement d'un processus permanent de construction de consensus, qui engage tous les acteurs du secteur UIT-R :

- les États membres qui gèrent le spectre et défendent le consensus national, c'est-à-dire la résultante des intérêts nationaux ;
- les opérateurs qui utilisent une partie du spectre et souhaitent protéger cette utilisation ou avoir accès à plus de spectre ;
- les industriels fabriquant et vendant les équipements qui sont ou pourraient être utilisés.

En cas de succès à la CMR, le profit est évident : l'harmonisation mondiale travaille pour vous. En cas d'échec, c'est l'inverse : pour l'industriel ou l'opérateur concerné, ce sont des investissements de milliards d'euros qui deviennent problématiques. Pour l'État, c'est la perspective de devoir organiser des réaménagements de fréquences très coûteux, pour avoir fait le mauvais choix quelques années ou quelques décennies plus tôt.

Les normes mondiales

Les recommandations de l'UIT-R¹⁰ définissent la bonne manière d'utiliser le spectre pour chacun des 39 services de radiocommunication définis par le RR, et de partager ce spectre entre et au sein de ces services afin d'éviter les brouillages préjudiciables. Un assez grand nombre de ces normes sont incorporées au RR et donc d'application obligatoire. Elles intègrent notamment des objectifs de performance et de conception, des critères de protection, des limites d'émission, des plans de fréquences, autant de paramètres qui

⁶ <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR/fr>

⁷ <https://www.itu.int/pub/R-REG-ROP/fr>

⁸ <https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/Pages/MIFR.aspx>

⁹ <https://www.itu.int/fr/ITU-R/conferences/wrc/Pages/default.aspx>

¹⁰ <https://www.itu.int/pub/R-REC>

visent à l'usage efficace et harmonisé du spectre, prenant en compte les technologies les plus avancées. Les autres recommandations, de même que les rapports et les manuels de l'UIT-R, définissent les meilleures pratiques dans l'usage et la gestion du spectre. Elles sont reconnues et appliquées universellement comme instruments de base pour la législation, la réglementation, la tarification et l'autorisation d'usage des fréquences, ainsi que pour la gestion et le contrôle du spectre, la fabrication des équipements de radiocommunication, le déploiement et l'exploitation des réseaux de Terre et des réseaux à satellites.

LE CADRE RÉGIONAL

Le cadre régional pour la gestion des fréquences s'appuie sur le cadre mondial pour définir un ensemble de règles et de lignes directrices sur l'usage des fréquences qui s'imposent au cadre national. Pour parvenir au consensus nécessaire à l'application universelle du RR, celui-ci attribue les mêmes bandes de fréquences à des usages différents, dès lors que les brouillages réciproques entre États peuvent être maîtrisés par le truchement de limites de puissance rayonnée et des procédures de coordination spécifiées dans le RR. Il faut donc souvent faire un choix à l'échelle nationale ou régionale entre les différentes possibilités offertes par le RR.

La faible superficie des pays européens et la recherche d'un marché unique européen pour bénéficier des économies d'échelle et de l'itinérance entre pays rendent l'harmonisation régionale des fréquences particulièrement cruciale en Europe. Elle s'effectue à travers une organisation impliquant l'Union européenne, la CEPT (Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications)¹¹, rouage peu connu mais essentiel dans la gestion des fréquences en Europe, et d'autres organisations comme l'ETSI¹², l'organisme européen de normalisation dans le domaine des télécommunications et des équipements radioélectriques.

La CEPT, créée en 1959, regroupe les administrations des postes et télécommunications de 48 pays européens, et déborde donc largement l'Union. Son instance décisionnelle sur le spectre est l'"Electronic Communications Committee" (ECC)¹³, qui contribue à l'harmonisation du spectre par des décisions et recommandations désignant des bandes de fréquences pour certaines applications et définissant les conditions techniques associées.

Ces décisions de l'ECC sont non contraignantes, mais le plus souvent mises en œuvre par les pays européens. La décision « spectre » (676/2002/EC)¹⁴ du Parlement européen et du Conseil permet depuis 2002 une harmonisation contraignante dans certaines bandes de fréquences, sur la base d'une procédure associant l'ECC et le Comité du spectre radioélectrique (RSCOM)¹⁵, composé de représentants des États membres de l'Union. Depuis 2002, un groupe composé des responsables nationaux du spectre dans chaque État membre, le RSPG (Radio Spectrum Policy Group)¹⁶, est chargé de dégager des orientations stratégiques dans le domaine du spectre.

Ce cadre a permis une harmonisation complète de nombreuses bandes de fréquences au sein de l'Union européenne, essentiellement dans le domaine du mobile et des appareils de faible portée (y compris WiFi et IoT). Les décisions de l'ECC, nécessairement cohérentes

¹¹ <https://www.cept.org/>

¹² <https://www.etsi.org/>

¹³ <https://cept.org/ecc/>

¹⁴ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0d7d598e-148c-4363-9395-32102cde978b/language-en>

¹⁵ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/radio-spectrum-committee>

¹⁶ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/radio-spectrum-policy-group>

avec cette harmonisation compte tenu du poids des pays de l'UE au sein de la CEPT, élargissent cette harmonisation, qui s'appuie notamment sur les activités suivantes :

- La coordination européenne pour la préparation des CMR et la normalisation mondiale au sein de l'UIT-R. Elle s'effectue à travers la CEPT et conduit à des propositions européennes communes aux CMR (ECP) sur les modifications à apporter au RR, signées par les États membres qui le souhaitent. Les autres régions du monde ont suivi ce modèle depuis une trentaine d'années. Depuis 2019, des positions de l'Union européenne aux CMR peuvent être définies par une décision du Conseil qui impose aux États membres la signature d'ECP et une conduite appropriée lors de la CMR.
- La mise sur le marché européen (UE) des équipements radioélectriques, assujettie à la directive RED, pour Radio Equipment Directive¹⁷, qui fixe des exigences essentielles pour les produits, et la coopération étroite entre la CEPT et l'ETSI permettant d'assurer la cohérence des normes produites par l'ETSI avec les conditions techniques d'utilisation des fréquences fixées par la CEPT. En aval, les États membres assurent la surveillance du marché en testant des équipements prélevés sur le marché et en organisant des campagnes européennes de surveillance du marché lorsqu'une non-conformité importante est suspectée.
- La coordination des stations radioélectriques des différents pays, qui s'effectue dans le cadre d'un accord harmonisé (HCM)¹⁸ sur le cadre technique, de recommandations CEPT, à travers des réunions bilatérales et multilatérales, qui peut recourir aux « bons offices » du RSPG en cas de difficulté.

LE CADRE NATIONAL

C'est au niveau national que les règles et normes internationales sont mises en œuvre et appliquées. La gestion nationale du spectre est donc totalement immergée dans un contexte international qu'il s'agit à la fois de suivre et d'influencer. Elle est rythmée par la mise en œuvre des décisions de la dernière CMR et par la préparation de la suivante, au sein d'une concertation européenne permanente.

En France comme dans la quasi-totalité des pays, les fréquences radioélectriques appartiennent au domaine public de l'État. Leur utilisation en constitue un mode d'occupation privatif, et fait donc l'objet d'autorisations (licences au sens du RR), délivrées par l'autorité affectataire compétente, en général l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep)¹⁹ pour les services de communications électroniques et l'Autorité de Régulation de la Communication audiovisuelle et numérique (Arcom, précédemment Conseil supérieur de l'audiovisuel, CSA)²⁰ pour les services de communication audiovisuelle. Les utilisations institutionnelles sont autorisées par les ministères concernés pour les besoins tels que la défense, la sécurité et l'ordre public, l'observation de la Terre, la météorologie, la recherche spatiale ou la radio-astronomie. Dans certaines bandes de fréquences, les équipements de radiocommunication tels que les dispositifs WiFi ou Bluetooth peuvent être utilisés par le grand public à travers une autorisation générale (on parle abusivement de bande de plein droit ou sans licence) soumise au respect de conditions techniques qui permettent le fonctionnement

¹⁷ https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/electrical-and-electronic-engineering-industries-eei/radio-equipment-directive-red_en

¹⁸ http://www.hcm-agreement.eu/http/franzoesisch/verwaltung/index_europakarte.htm

¹⁹ <https://www.arcep.fr/>

²⁰ <https://www.arcom.fr/>

sans brouillage et sont incluses dans les normes applicables. Le respect de ces conditions fait l'objet d'une surveillance aux niveaux national et régional.

Le principal instrument juridique national dans la gestion du spectre est le tableau national d'attribution des bandes de fréquences (TNRBF)²¹. Il est cohérent avec le RR et les décisions régionales. La réglementation internationale se trouve ainsi transposée dans la réglementation nationale, dont l'autorité administrative est la garante légitime auprès des autres États (la police et la justice peuvent intervenir en cas de non-conformité).

En France, l'Agence nationale des fréquences (ANFR)²² a pour mission d'assurer la planification, la gestion et le contrôle de l'utilisation des fréquences radioélectriques. Elle prépare la position française et coordonne l'action de la représentation française dans les négociations internationales dans le domaine. Elle prépare le TNRBF à l'approbation du Premier ministre, autorise l'implantation des stations radioélectriques et tient à jour leurs caractéristiques, veille au respect des valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques. Elle tient à jour le TNRBF en cohérence avec le fichier de l'UIT (MIFR)²³ à travers les coordinations internationales requises. Elle contrôle l'utilisation des fréquences par l'inspection des sites de stations radioélectriques, par la surveillance du marché des équipements radioélectriques, par le traitement des perturbations signalées et la poursuite des contrevenants. Enfin, l'ANFR accompagne les mutations des bandes de fréquences entre affectataires et, à ce titre, gère le Fonds de réaménagement du spectre (FRS), lorsqu'un réaménagement est rendu nécessaire par les modifications apportées au TNRBF, le plus souvent à la suite de décisions des CMR. Ce fonds est alimenté par les bénéficiaires de ces réaménagements, et permet de compenser le coût de la migration de fréquence de ceux qui les subissent.

L'ANFR a donc à la fois un rôle notarial et de contrôle sécurisant les droits d'usage du spectre et les investissements qui en découlent, un rôle d'accompagnement dans les réaménagements de spectre et un rôle fédérateur pour l'élaboration des positions au niveau international, mais aussi un rôle d'information et de protection du public. Ces activités sont accomplies en symbiose étroite avec les activités internationales, au sein desquelles l'ANFR représente la France.

ÉVOLUTION

Du fait des progrès incessants de la technologie et du bouleversement des usages qui en résulte, la gestion du spectre requiert un travail permanent d'adaptation du cadre réglementaire et normatif. Ce travail s'effectue au sein des instances de légitimation nationales (ANFR en France), régionales (CEPT, RSCOM, RSPG en Europe) et mondiale (UIT-R). Afin de dégager le consensus nécessaire à cette légitimation et de garantir que les adaptations seront viables, ce travail associe étroitement et à chaque niveau toutes les parties prenantes à l'usage du spectre : États, opérateurs de réseaux, industriels, organismes de normalisation et organisations internationales sectorielles.

Depuis une trentaine d'années, l'évolution la plus notable a été la massification des usages du spectre. Depuis les années 1930, le seul usage de masse avait été la radiodiffusion, d'abord sonore (TSF), puis de télévision. Depuis les années 1980, les progrès de la technologie ont permis d'étendre cette massification aux réseaux fixes de télécommunications (avec leurs extensions de téléphonie sans-fil, puis de WiFi), aux réseaux mobiles, aux réseaux à satellites et à la radiolocalisation (GPS, Galileo).

²¹ <https://www.anfr.fr/planifier/le-tnrbf/le-tnrbf>

²² <https://www.anfr.fr/accueil>

²³ <https://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/Pages/MIFR.aspx>

Cette massification a pour conséquence que des usages en concurrence pour le même spectre, qui pouvaient s'accommoder du principe du premier arrivé, premier servi, sur le même territoire dans un contexte de faible densité géographique, ne sont désormais plus compatibles. La solution a consisté, à mesure que la technologie le rendait possible, à faire migrer les usages vers des fréquences plus élevées (par exemple de 900 MHz pour le GSM à 3,6 GHz et 26 GHz pour la 5G), moins favorables pour la propagation, mais offrant plus de spectre et réduisant la portée de brouillages.

Le principal résultat de cette évolution a été l'attribution croissante de spectre aux utilisations mobiles grand public (2G, 3G, 4G, 5G, WiFi), passant de quelques dizaines de mégahertz dans les années 1980 à quelques dizaines de gigahertz aujourd'hui. Ces utilisations ayant une vocation de couverture totale, elles ne permettent généralement pas le partage avec d'autres usages. Multiplier par mille l'espace de fréquences qui leur est attribué a donc nécessité la migration des usages précédemment autorisés dans les bandes concernées (défense, gendarmerie), ou l'imposition de contraintes ou de dégradations sur le fonctionnement de ces derniers (météorologie, radiodiffusion et services spatiaux : fixe et mobile par satellite, observation de la Terre).

Le passage au numérique de la radiodiffusion de télévision (TNT) a nécessité un grand chantier de replanification des fréquences aux niveaux national et régional depuis 2004, avec à la clé la redistribution d'une partie du spectre correspondant vers le service mobile.

Depuis 1995, l'arrivée des constellations de satellites pour la fourniture de téléphonie mobile, puis de l'accès Internet large bande sur toute la surface de la Terre a conduit la mise en place depuis 1997 de nouvelles règles permettant la coexistence entre ces constellations et les réseaux à satellites géostationnaires, donc sans nouvelles attributions de spectre. Ces règles ont permis l'émergence des méga-constellations qui assurent désormais ce service.

Les enjeux financiers se chiffrent à l'échelle planétaire en dizaines, voire en centaines de milliards de dollars pour des investissements qui peuvent être permis ou au contraire mis en danger par un changement de règles. On comprend donc que les travaux préparatoires aux décisions correspondantes soient à tous les niveaux l'objet de luttes permanentes pour imposer la « bonne manière » de distribuer le spectre entre ses différents usages.

Jusqu'à récemment, cette bonne manière a été largement influencée par l'importance des investissements nécessaires au déploiement des réseaux mobiles et par la concurrence entre leurs opérateurs, qui ont permis aux États de valoriser cet usage du spectre à travers des enchères de plus en plus élevées. Cette perspective a contribué à convaincre la plupart des États de réattribuer une part croissante du spectre à cet usage, qui revendique la capacité d'assurer de nombreux autres services (radiodiffusion, sécurité et secours, et même défense) mieux et plus efficacement qu'avec des réseaux spécifiques.

Comme dans d'autres domaines et malgré les freins intrinsèques au changement d'un système institutionnel basé sur le consensus, cette évolution a été facilitée par la croyance générale et implicite dans une croissance sans limites et dans une paix durable. On peut penser que la multiplication récente d'événements s'inscrivant à l'encontre de cette croyance influencera les futures décisions sur le spectre.

Les objets : de la communication à l'intelligence

Par Anne-Lise THOUROUDE

Sous-directrice du numérique, au Secrétariat général de l'administration centrale du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique

Les objets communicants sont au cœur de la création de données, et par là même de la numérisation de notre société. La multitude de données générées par les objets connectés en fait le terreau indispensable à l'intelligence qui en découle. Dans ce contexte, l'impact des objets communicants, toujours plus nombreux, fait ressortir des enjeux intrinsèquement liés à la numérisation de la société.

Cet article effleure quelques-uns des enjeux soulevés par la massification des objets : des enjeux de vie privée et de souveraineté des données, des enjeux de sécurité, et, enfin, des enjeux de sobriété.

LES OBJETS COMMUNICANTS, UNE QUESTION DE DÉFINITION

La définition des objets communicants diffère suivant les publications, et aucune définition ne semble véritablement s'imposer à ce jour. Les objets communicants ont parfois une définition à tiroirs, englobant l'objet, sa connectivité, le réseau, les données, leur traitement... Un téléphone mobile par exemple est-il un objet communicant ? Pour cet article, nous resterons volontairement dans le flou, pour ne pas privilégier une technologie plutôt qu'une autre. L'objet communicant sera pris dans son acception la plus large, et nous balaierons un certain nombre d'enjeux liés à l'objet lui-même, aux données qu'il génère, en passant par le réseau.

Quelle que soit la définition que l'on pourrait leur donner, les objets communicants sont au cœur de la création de données, et par là même de la numérisation de notre société. La multitude de données disponibles est en effet indispensable aux traitements de celles-ci et à l'intelligence qui en découle. Les algorithmes, l'intelligence artificielle, ont besoin de toujours plus de données, s'en nourrissent, les digèrent, pour en faire leur force. Dans ce contexte, l'impact des objets communicants, toujours plus nombreux, fait ressortir des enjeux intrinsèquement liés à la numérisation de la société.

Dans cet article, nous explorerons dans un premier temps des aspects technologiques des objets communicants ainsi que quelques usages emblématiques de ces objets. Puis nous effleurerons quelques-uns des enjeux soulevés par la massification des objets : des enjeux de vie privée et de souveraineté des données, des enjeux de sécurité et, enfin, des enjeux de sobriété.

Derrière les objets communicants, une multitude de progrès technologiques

Si les objets communicants diffèrent dans leur définition précise, ils ont un certain nombre de points communs : ils transmettent de la donnée et ont pour cela besoin de connectivité, le plus souvent sans fil. Mais ces objets peuvent-ils tous cohabiter sur le même réseau ? Ont-ils les mêmes besoins ? La même technologie peut-elle s'adapter à un simple capteur

qui doit émettre un indicateur une fois par jour et à un téléphone mobile ? Quelle autonomie énergétique doivent avoir nos objets ?

De multiples modèles de connectivité émergent, sur des marchés différents, avec souvent des normes différentes pour lesquelles un enjeu d'harmonisation est identifié.

LES TECHNOLOGIES DE CONNECTIVITÉ SONT INDISPENSABLES AUX OBJETS COMMUNICANTS

Des technologies dites « 0G », permettant de transmettre des données unitaires avec une énergie minimale, à la 5G, en passant par les technologies satellitaires, de nombreuses technologies répondent aux besoins de connectivité des objets.

Aux usages des objets s'adaptent les technologies, et inversement. Récemment, le lancement commercial de la 5G en France a remis sur le devant de la scène les objets communicants. En effet, la 5G est présentée comme la technologie permettant de connecter des millions d'objets simultanément, rendant possibles la "smart city", les usines connectées, les drones télécommandés, les taxis volants... Même si, pour le moment, la maturité de la 5G ne semble pas supporter tous ces usages, elle en porte les promesses.

L'IoT (internet des objets) satellitaire, pour sa part, porte la promesse de connecter un objet quasiment en tout point du globe, même si ce n'est pas toujours en permanence suivant les technologies.

Outre les promesses à venir des technologies qui se lancent, n'oublions pas qu'il existe d'ores et déjà une multitude d'objets connectés par les technologies existantes, que ce soit les réseaux des opérateurs mobiles ou des réseaux spécifiques. À titre d'exemple, on peut citer la société SIGFOX/Unabiz, qui a déposé une technologie bas débit longue portée (LPWAN) permettant de déployer rapidement un réseau avec une grande couverture connectant des objets bas débits.

Derrière toutes ces technologies se cachent des enjeux de normalisation. En effet, la question de l'interopérabilité entre les différents réseaux d'objets connectés est primordiale pour le marché.

DES DONNÉES GÉNÉRÉES À L'INTELLIGENCE ?

Le propre des objets communicants est de récolter des données, données qui doivent être traitées, parfois localement, mais le plus souvent de manière déportée.

Unitairement, les données de l'objet n'ont souvent qu'une valeur limitée, mais conjuguées aux millions d'autres données générées, elles peuvent prendre toute leur valeur. En effet, les données de nos objets sont traitées, comparées, « torturées », dans le but d'apporter une valeur, et notamment une valeur économique. Ainsi, les objets peuvent-ils se dissocier des données, des algorithmes et de l'intelligence artificielle ?

Dès lors, les objets communicants, par leur capacité à fournir toujours plus de données, souvent de manière instantanée, sont le terreau qui permet à l'intelligence artificielle de foisonner, et c'est ensemble que ces objets trouvent leur valeur.

Les objets communicants : une nécessité ou un gadget ?

Les domaines d'usage des objets communicants sont vastes. Parfois indispensable, parfois simple gadget, l'objet est toujours porteur de promesses.

Les évaluations du nombre d'objets connectés actuels ou à venir diffèrent parfois d'un facteur 10. Cela est dû bien sûr à la question des définitions que nous avons déjà abordée, mais également à la volatilité des objets et à leur durée de vie parfois limitée.

Si certains objets ont une utilité incontestée, les capteurs pour le diabète¹ par exemple, qui sont en mesure d'améliorer de manière substantielle la qualité de vie des patients ; d'autres, par contre, sont plus contestés sur leur utilité, comme les frigos connectés par exemple.

LES USAGES INDUSTRIELS

Le monde industriel s'est emparé des objets connectés pour optimiser les processus, accélérer les chaînes de production, fiabiliser les usines, etc. On peut citer à titre d'exemple le système Skywise² qui a permis à Airbus d'améliorer et fiabiliser la maintenance des avions ou des objets dans le monde des entreprises électriques.

Ce qui fait la force du système n'est pas la donnée unitaire d'un capteur en tant que telle, mais sa corrélation possible avec les millions d'autres données et qui lui donne un sens.

Outre les usines connectés, l'agriculture tire également profit des objets communicants pour de multiples usages, allant de la surveillance à distance des cultures et bétails jusqu'à la traçabilité de nos aliments³.

LA VILLE CONNECTÉE

La ville connectée reste le domaine qui engendre le plus de promesses, fait vibrer notre imagination, mais soulève également le plus de questionnements, de craintes, de doutes. Faire de nos villes, grâce aux objets communicants, des villes plus efficaces, plus contrôlées, ce souhait parfois vendu comme plus écoresponsable est-il un rêve ou une réalité accessible ? La ville connectée focalise une partie des débats sur les objets communicants. Prenons l'exemple de la vidéosurveillance : est-ce une assistance ou de l'espionnage ? Quelle éthique mettons-nous derrière ces usages ?

LES USAGES PERSONNELS / DANS LA MAISON

Enfin, les usages personnels sont les usages pour lesquels les objets sont souvent qualifiés de « gadgets ». A-t-on besoin d'un bracelet connecté pour compter nos pas ? d'un frigo connecté qui nous préformate des listes de courses ? de contrôler à distance nos ampoules ou nos volets ? Quel bénéfice tirons-nous de ces objets et quel risque prenons-nous en les généralisant.

Ainsi, de nombreux usages très différents et difficilement comparables se sont emparés des objets communicants, créant de la valeur économique, sociétale, mais également engendrant un certain nombre de risques.

¹ BALAGUÉ C. (2018), « Santé : pourquoi certains objets connectés sont un succès et d'autres font un flop », *The Conversation*, février, <https://theconversation.com/sante-pourquoi-certains-objets-connectes-sont-un-succes-et-dautres-font-un-flop-87452>

² LE BOULCH F., SUTTER F. & MARTY D. (2021), « Skywise, pour la maintenance prédictive et au-delà... », *Enjeux numériques*, n°16, décembre, pp. 54-59.

³ « L'Agriculture numérique », *Enjeux numériques*, n°19, septembre 2022.

Les objets communicants : une opportunité ou un risque ?

La multiplication des objets communicants engendre de nombreux risques, qu'ils soient éthiques, de transmission de données personnelles, juridiques, de résilience, de sécurité, écologiques, etc. La littérature est foisonnante sur ces sujets et il semble difficile de trancher sur le rapport bénéfices-risques de ces objets. Nous allons effleurer quelques-unes des problématiques et essayer de mettre en exergue quelques-uns des enjeux soulevés par les objets communicants.

OÙ SONT NOS DONNÉES ?

La multiplication des objets connectés, et notamment domestiques, pose la question du traitement des données envoyées et de ce qu'il en est fait. Les données sont-elles toujours traitées au niveau local ? Sont-elles stockées, utilisées à multiples usages ? Sont-elles utilisées pour le possesseur de l'objet ou pour la multitude ? Tant de questions que l'on peut se poser lorsque l'on possède un objet communicant personnel. Si la réponse à ces questions n'est pas universelle, la problématique a, elle, bien été perçue, et l'Europe a mis en place le RGPD (Règlement général sur la protection des données) pour poser un premier cadre sur le traitement des données personnelles.

Au-delà des enjeux de données personnelles, les objets communicants, de par la masse des données qu'ils véhiculent, viennent renforcer considérablement les enjeux d'éthique, d'une part, et de souveraineté, d'autre part, du traitement de nos données.

On ne peut pas nier qu'une poignée d'acteurs privés (les GAFAM) détiennent la majorité de nos données et rendent parfois nos États dépendants d'eux, posant une question de souveraineté de nos États. En effet, quand la police doit contractualiser avec Amazon⁴ pour recueillir des données vidéo et confondre un criminel, au bon vouloir de l'acteur privé, avec ses méthodes et logiciels, peut-on encore parler d'indépendance de l'État ?

De la même manière, la massification des données, et leur traitement par des algorithmes, pose de plus en plus de questions éthiques. Sommes-nous maîtres ou sommes-nous esclaves de nos données ? Sous la neutralité des traitements algorithmiques, n'introduisons-nous pas des biais ? Là encore, les objets connectés, et leur nombre considérable, renforcent ces enjeux.

QUELLES FAILLES DE SÉCURITÉ ?

On ne peut pas parler d'enjeux numériques sans parler de sécurité. Les objets, et leur connectivité, ont été historiquement conçus sans tenir compte des aspects de sécurité nécessaire au contrôle des risques de cyberattaques. Ainsi, la technologie Bluetooth, extrêmement répandue, est un réseau recelant des failles de sécurité nombreuses, notamment dans certaines implémentations.

Ainsi, les attaquants se concentrent de plus en plus sur les objets connectés pour entrer dans le système global de numérisation, provoquant des dénis de service, des fuites de données, etc.

Mais au-delà de ces attaques, ces objets communicants ne peuvent-ils pas également aider à maintenir la sécurité ? Les vidéosurveillances n'ont-elles pas un effet dissuasif ?

⁴ DANET D. & DESFORGES A. (2021), « Les enjeux de souveraineté des objets communicants », *Enjeux numériques*, n°16, décembre, pp. 81-85.

Ne permettent-elles pas de retrouver les coupables d'infractions ? Les capteurs permettant d'alerter en cas de chute lors d'une ronde, ou d'une personne à mobilité réduite, ne permettent-ils pas d'avoir du secours au plus vite ? La transmission quasi instantanée en cas d'attaque ou d'attentat ne permet-elle pas aux forces de l'ordre d'avoir des informations primordiales rapidement pour intervenir ?

Encore une fois, s'ils apportent des failles, ils apportent également des solutions ; le tout est d'identifier les enjeux et les risques pour être en mesure de les accepter et d'y faire face.

CONCLUSION

En conclusion, comme nous l'avons vu, si les quelques enjeux entraperçus ici sont communs aux enjeux posés par l'ensemble des processus de numérisation de notre société, le changement quantitatif d'échelle et l'insertion des objets communicants dans tous les aspects de la vie quotidienne viennent renforcer considérablement ces enjeux, ainsi que la dynamique en cours. Cet article n'a pas vocation à être exhaustif, mais évoque quelques enjeux et questionnements soulevés par les objets connectés.

En particulier, à l'heure où l'on parle des enjeux écologiques, d'une part, et de la sobriété numérique, d'autre part, il est peut-être opportun de confronter nos objets communicants à ces enjeux. Le coût global de ces objets en termes de consommation des ressources, de difficultés de recyclage, d'effet rebond provoqué, serait à prendre en compte par rapport aux bénéfices qu'ils apportent⁵. Tous les objets communicants sont-ils réellement un bénéfice pour notre société ? Les risques que l'on prend face à certains enjeux de sécurité ou d'éthique méritent-ils toujours d'être pris ?

⁵ BIHOUIX P. (2021), « Le mythe de la *smart city* écologique », *Enjeux numériques*, n°16, décembre, pp. 66-70.

Perspectives de la cybercriminalité des dix à vingt prochaines années

Par **Éric FREYSSINET**

Officier général de gendarmerie

La cybercriminalité doit être vue comme un phénomène en perpétuel mouvement, qui s'adapte aux technologies et aux usages, et qui s'approprie les défenses que met en place la société, les acteurs de la cybersécurité et bien entendu les autorités judiciaires les pourchassant. L'action des cybercriminels est soutenue par des mouvements de fond : motivations essentiellement financières, recettes qui fonctionnent dans la durée, mais il faut se tenir parés aux évolutions des années à venir qui pourraient encore bouleverser les approches de prévention et de lutte. Explorons les perspectives de la cybercriminalité des dix à vingt prochaines années.

En 2008, je m'étais prêté à l'exercice proposé par France 2025 dans le champ de la cybercriminalité en rédigeant un article prospectif¹ sur son évolution, notre réponse et notre niveau de préparation. Mes conclusions étaient alors essentiellement basées sur la perspective d'une omniprésence des outils de communication numérique dans les usages des délinquants de tout poil, des structures cybercriminelles se coordonnant par-delà les frontières et la généralisation de techniques anti-forensiques, c'est-à-dire de méthodes permettant de rendre les traces numériques plus difficiles à découvrir ou exploiter. Par ailleurs, je mettais en avant l'idée que tout développement technologique, tout nouveau service ou produit, serait en permanence la cible des cybercriminels.

Tout cela s'est évidemment concrétisé d'une façon ou d'une autre. Surtout, cela s'est traduit par les comportements que tout le monde connaît, tels le vol de données et l'extorsion par rançongiciels. L'un des éléments clés est maintenant devenu une réalité dans le quotidien de tous les enquêteurs et magistrats : plus une seule enquête judiciaire n'ignore les outils numériques qui sont omniprésents, mais surtout les délinquants les maîtrisent de mieux en mieux. S'agissant de la cybercriminalité en particulier, les tendances de fond persistent et vont se poursuivre dans les années qui viennent.

NOUVELLES TECHNOLOGIES, NOUVEAUX USAGES, NOUVELLES OPPORTUNITÉS...

La tendance de fond principale, qui doit guider tous les observateurs des menaces numériques, est bien celle-là : tout nouveau produit, tout nouveau service, toute nouvelle technologie seront l'objet immédiat de l'attention des cybercriminels. Cette recommandation d'attention est évidemment valable pour tous ceux qui lancent un nouveau produit ou

¹ <https://eric.freyssi.net/2008/10/30/faire-face-nouveaux-defis-delinquance-numerique/>

service numérique : il est indispensable d'intégrer dans sa conception et dans le plan d'accompagnement une véritable attention aux risques que font peser les acteurs externes, et notamment les délinquants numériques.

Trop souvent, ce conseil n'est pas suivi et le marché est envahi d'objets connectés, de plateformes en ligne, de nouveaux moyens de paiement électroniques pour lesquels les risques numériques n'ont pas été pris en compte ou ont été sous-évalués. Cet enjeu semble avoir enfin été pris en compte avec la perspective d'un nouveau règlement européen, dont les travaux sont lancés en cet automne 2022, le "Cyber Resilience Act"², qui promet une vraie politique de sécurité et de suivi des vulnérabilités pour les produits et services numériques, sous la responsabilité de toute la chaîne d'acteurs, depuis l'éditeur jusqu'au distributeur.

Si l'on se projette dans les années qui viennent, les nouveautés restent de bons indicateurs de ce qu'il faut observer comme source de nouvelles menaces. Ainsi, dans les années à venir, les dispositifs numériques liés aux mobilités seront l'objet de toutes les attentions : conduite autonome ou assistée, chargement électrique des véhicules, systèmes de transport intelligents avec leur lot d'interfaces de communication entre les véhicules et les infrastructures routières.

Les scénarios sont multiples et doivent être évalués à l'aune des risques qu'ils font porter sur l'intégrité physique des personnes, et bien entendu sur leur vie privée (tout en prenant en compte la vie « privée » des entreprises au travers de l'activité de leurs employés). La spécificité des moyens de transport est peut-être leur impact sur la vie quotidienne des personnes et des communautés. On notera ici que ce sont des objets et des usages qui nous apportent potentiellement des bénéfices par plus de sécurité sur les routes, plus de fluidité dans les déplacements, un meilleur respect de l'environnement, mais ces mêmes solutions sont aussi porteuses de risques nouveaux.

Un autre exemple de « nouveauté », ou en tous cas d'usage émergent, sera peut-être celui des métavers. Il s'agit de plateformes permettant des interactions dans un espace représenté en deux ou trois dimensions, au travers non seulement de pseudonymes mais aussi d'avatars qui interagissent entre eux et avec les objets de l'environnement. Aussi, même si les plateformes de réseaux sociaux existent sous différentes formes depuis le début des années 2000, leur intérêt croissant pour ces modalités avancées d'interaction apportera peut-être, par une généralisation de leur usage, un cortège de nouveaux risques, et en tous cas une attention plus grande des cybercriminels. La préexistence de plateformes telles que Second Life aura permis d'observer déjà une partie des risques potentiels.

Aucun de ces risques n'apparaît comme réellement nouveau par sa nature : harcèlement ou même agression sexuelle numérique, vol de biens numériques (monnaies virtuelles ou objets numériques). Mais c'est peut-être la nature même de ces plateformes qui rendra plus difficiles le contrôle de ces pratiques ou l'identification des auteurs : les échanges y sont hautement volatils et laissent peu de traces (contrairement aux réseaux sociaux qui nécessitent une certaine permanence des publications pour leur fonctionnement), et les protocoles envisagés prévoient une réelle décentralisation, donc une multiplication des serveurs sur lesquels ces interactions sont susceptibles de se réaliser (contrairement au modèle très centralisé des réseaux sociaux dominants actuels).

Cela veut dire aussi qu'il faudra peut-être adapter les outils, et surtout les méthodes de ceux qui sont chargés de nous protéger, pour s'adapter à ces nouveaux environnements :

² <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/library/cyber-resilience-act>

former les spécialistes de la sécurité routière à la sécurité numérique et les doter de nouveaux outils pour collecter les traces des infractions, s'associer à des spécialistes de la cybercriminalité ; et demain, patrouiller les espaces virtuels en évolution permanente, et non plus seulement les appréhender comme des espaces de publication.

VERS LA FIN DES RANÇONGIÉLS... ET APRÈS ?

Nous l'évoquons plus haut, les rançongiciels chiffants, modalité la plus aboutie aujourd'hui des extorsions numériques, sont devenus la forme plus visible et peut-être la plus profitable de la délinquance numérique sur Internet. Tout d'abord, cette pratique ne doit pas masquer une réalité beaucoup plus variée (hameçonnage, détournement de comptes numériques, fraude au virement électronique), et surtout la menace universelle du détournement de données confidentielles ou personnelles, détournement qui est même le préalable à l'installation d'un rançongiciel, voire qui vient compléter la stratégie d'extorsion, les délinquants menaçant de publier ces données.

On peut sans hésiter se convaincre qu'un jour ou l'autre, la méthode d'extorsion par rançongiciel chiffant disparaîtra progressivement, car on peut avoir l'espoir que les stratégies de protection finiront par payer – cloisonnement des réseaux et contrôle renforcé de l'accès aux données, gestion des sauvegardes, meilleure capacité de détection des intrusions dans les réseaux et sur les postes de travail, etc. Mais ce dont on doit rester tout autant convaincus est que les délinquants développeront de nouvelles stratégies tout aussi lucratives, ne serait-ce que pour les raisons évoquées dans la section précédente sur le développement de nouveaux produits, services et usages numériques.

Les nouvelles stratégies qui s'imposeront chez les cybercriminels reposeront sur plusieurs caractéristiques : répartition des tâches (et donc des risques), scalabilité (c'est-à-dire la capacité à exploiter un grand nombre de victimes), efficacité dans la durée (reposant sur des usages suffisamment généralisés, comme l'est le stockage de fichiers sur des ordinateurs et des serveurs partagés, connectés à Internet).

On peut par exemple imaginer que l'extorsion puisse porter par exemple sur l'intégrité des données – donc dans la confiance que l'on peut avoir en leur utilisation. Ou encore, les délinquants pourraient cibler des objets numériques contenant peu de données, mais indispensables à la vie des organisations ou des territoires. Une autre stratégie pourrait consister à exfiltrer de façon la plus discrète possible de très grands volumes de données, et menacer de les révéler au moment d'événements financiers importants. Il est en tous cas certain que quoi que l'on fasse pour se protéger, la tentation restera toujours trop grande pour les délinquants numériques.

Il est possible aussi que les équilibres se déplacent vers d'autres formes de détournements plus immédiatement lucratifs. Ainsi, la généralisation des échanges sous forme de monnaies électroniques de plus en plus interopérables, reposant ou non sur des technologies de type « chaîne de blocs », notamment dans des pays émergents sur tous les continents, pourrait amener un attrait croissant des cybercriminels. Nous reviendrions ainsi à une délinquance qui a marqué les années 1990 et le début des années 2000, avec l'essor du *carding* (copie et revente de données de cartes bancaires), mais profitant des faiblesses de ces nombreux systèmes nouveaux.

Il est vraisemblable que les deux tendances de fond que nous venons d'évoquer vont cohabiter. Mais c'est peut-être dans l'organisation même des cybercriminels que les inquiétudes les plus importantes sont à soulever.

NOUVELLES ORGANISATIONS CYBERCRIMINELLES : VERS DES PSEUDO-ÉTATS ?

En effet, c'est avant tout la capacité des délinquants numériques à se jouer des frontières physiques – en réalité de toutes les frontières techniques et organisationnelles³ – qui constitue peut-être l'évolution la plus préoccupante, car elle met en lumière les difficultés subsistant en matière de coopération, renforcées par les tensions internationales.

L'offensive russe de mars 2022 en Ukraine en a apporté une illustration importante. De fait, de nombreux groupes criminels agissaient alors depuis ce territoire et la coopération internationale commençait à porter ses fruits avec plusieurs opérations judiciaires sur le territoire ukrainien. Le conflit a porté un frein à ces actions, et – l'avenir nous le dira certainement – les délinquants se sont peut-être dispersés vers d'autres territoires, depuis lesquels ils peuvent toujours agir.

En réalité, une des frontières les plus complexes à envisager est celle qui existe entre les acteurs de la délinquance numérique : les mêmes personnes peuvent participer à plusieurs groupes, ils se rendent ou se vendent des services les uns aux autres, dans des relations croisées dans toutes les directions, et parfois les motivations peuvent être difficiles à déterminer entre ceux qui sont uniquement motivés par l'appât du gain et ceux qui travaillent au profit d'un État étranger.

Mais, comme je l'évoquais en septembre 2020 dans cette même revue⁴ : « L'une des tendances de fond qui semble se construire petit à petit est la possibilité, voire l'ambition, pour certains délinquants numériques de créer petit à petit leurs propres territoires autonomes dans l'espace numérique. » Ils ont par exemple souvent besoin d'un support juridique traditionnel pour une partie de leurs activités, comme la création d'une entreprise, le recrutement de personnels et le paiement de salaires. La libéralisation croissante des échanges, l'acceptabilité de plus en plus grande du télétravail rendent de plus en plus fluides ces modèles économiques.

Comme je l'évoquais dans le même article, l'essor des cryptomonnaies a permis des échanges plutôt stables avec des monnaies virtuelles sans aucun contrôle d'une quelconque autorité nationale ou supranationale. Mais ce sont peut-être d'autres évolutions qui apporteront les derniers outils ou de nouvelles opportunités à cette indépendance numérique des groupes cybercriminels : des nouveaux marchés de l'énergie portés par la crise des combustibles fossiles, les flux migratoires liés à la crise climatique ou encore de nouveaux acteurs dans la fabrication des composants électroniques. Autrement dit, les modifications des flux d'informations, des modes d'approvisionnement en biens numériques essentiels et les mouvements des personnes sont autant de possibilités pour les groupes criminels de camoufler différemment ou de façon encore plus forte leurs activités et leurs trafics.

Ce qui sera intéressant à observer, c'est peut-être la façon dont ils vont chercher petit à petit à créer plus de confiance au sein de leur propre écosystème. En effet, de nombreuses opérations judiciaires, les observations et publications des chercheurs en cybersécurité ont mis à mal la confiance que les cybercriminels pouvaient avoir dans leurs moyens de communication chiffrée (démantèlement de plateformes de messagerie instantanée comme Encrochat) ou d'infiltration dans des places de marché cybercriminels.

³ « Appréhension des cybermenaces en 2017 : de la cybercriminalité à la cyberdéfense », *Revue de la défense nationale*, 2017/10, n°805, pp. 82-86, <https://www.cairn.info/revue-defense-nationale-2017-10-page-82.htm>

⁴ « Les menaces numériques du XXI^e siècle : de l'escroc qui se joue des frontières aux futurs territoires autonomes cybercriminels », *Enjeux numériques*, n°11, septembre 2020, pp. 35-39.

Ainsi, on peut imaginer des modèles de confiance où l'information validée serait stockée de façon sécurisée, mais anonymisée dans des *blockchains*, donnant une certaine reconnaissance de la valeur d'un acteur cybercriminel sans identifier précisément les personnes qui l'ont certifié. De même, on pourrait imaginer qu'ils y stockent la propriété de certains avoirs numériques ou matériels. Ce sont ces briques technologiques, au départ pensées pour bénéficier au plus grand nombre, qui pourraient finalement se révéler utilisées de façon encore plus massive chez les cybercriminels, pour échapper à la régulation des États traditionnels. Il faudra une réponse technique, mais aussi juridique, qui préserve l'innovation et les libertés tout en permettant les contrôles.

CONCLUSION

Plus de trente ans d'évolution de la cybercriminalité nous ont d'abord appris qu'elle ne pouvait pour l'instant que se développer, ne serait-ce que grâce à l'essor des technologies et de leurs usages dans une population sans cesse croissante. Le principal moteur de cette évolution est justement dans les nouveaux produits, les nouveaux usages et les nouveaux services numériques. La tendance de fond reste l'appropriation frauduleuse du bien d'autrui pour s'enrichir, sous une forme ou sous une autre, sans toutefois que l'on puisse nier le risque pour l'intégrité physique des personnes, les outils numériques ayant une importance croissante dans la vie de tous les jours, les transports, la protection des bâtiments ou des territoires, ou encore la santé.

Toutefois, l'évolution la plus importante dans les années qui viennent est la nécessité pour les délinquants numériques de se protéger de plus en plus, et donc de développer des stratégies leur permettant d'être plus discrets ou en tous cas plus difficiles à identifier et surtout à interpellier. C'est peut-être dans ce domaine que l'on verra les plus grandes innovations. Pour lutter contre cette tendance, il faudra à la fois innover, prévenir, mais aussi inventer des nouvelles régulations qui, tout en préservant les droits individuels et collectifs, permettent d'en maîtriser les abus.

Intelligences humaines et artificielles : collaboration, confrontation ou substitution ?

Par Arnaud de LA FORTELLE

Heex Technologies (CTO) et professeur associé à Mines Paris – PSL

L'intelligence artificielle fait souvent peur. Au minimum, elle soulève des réserves. Pourtant, c'est une technique qui se déploie plutôt facilement, car elle présente de plus grands avantages que d'inconvénients. Dans cet article, nous proposons une brève analyse des deux années qui se sont écoulées depuis le numéro éponyme. On le verra, de nouveaux domaines ont été « gagnés » par l'intelligence artificielle, comme les mathématiques ou l'art. Or ces domaines semblaient réservés à l'âme humaine, ce qui pose question, et renouvelle celle que pose le titre.

INTRODUCTION

Une présentation classique de l'intelligence artificielle est de la comparer aux activités humaines, la plupart du temps afin de les mettre en concurrence, parfois jusqu'au point – pour les tenants du transhumanisme – où l'humain serait totalement supplanté. C'est une présentation « efficace », attractive, mais finalement très prospective et éloignée d'aujourd'hui.

Il y a deux ans, j'avais coordonné le n°12 de la série, portant un titre similaire : « Intelligences artificielles et humaines, quelles interactions ? ». L'objectif était de présenter des cas concrets d'application de l'intelligence artificielle, vue comme des algorithmes d'inférence statistiques (apprentissage) qui permettent d'effectuer certaines tâches : reconnaissance d'objets (vidéosurveillance, interprétation d'images ou d'informations médicales, production industrielle, aides à la conduite...), segmentation d'information (assurance, marketing...), prédiction, etc. Les processus actuellement déployés commercialement, ou en passe de l'être, sont toujours en interaction avec des processus humains, ne serait-ce que parce que les clients sont humains, et le plus souvent les activités commerciales impliquent des interactions avec des processus humains. La ligne éditoriale était, d'une part, de montrer la réalité de l'utilisation de l'intelligence artificielle (comme un outil), et, d'autre part, de montrer en quoi c'est un outil très particulier qui nous oblige à déplacer des frontières.

Cet article me permet de jeter un regard critique sur le chemin parcouru en deux ans, aussi bien sur l'adoption concrète de l'intelligence artificielle, que sur les représentations que nous en avons.

INTÉGRATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LA PRODUCTION

Ces deux dernières années ont été passablement perturbées. Le monde a été confronté à une pandémie que personne n'attendait, et nos sociétés ont dû s'ajuster très rapidement.

Plus récemment, l'invasion de l'Ukraine par la Russie remet en cause la paix en Europe et apporte son lot de disruptions, notamment sur l'approvisionnement énergétique. Bien entendu, l'intelligence artificielle ne permet pas de résoudre ces problèmes. Mais dans cette situation perturbée, il est intéressant de constater que l'outil technique a pu être déployé sans réticence.

En effet, face à l'urgence, l'efficacité technique est le plus souvent bienvenue. De même, la production extrêmement rapide de vaccins a-t-elle été favorisée par l'intelligence artificielle, qui permet désormais de reconstruire les structures tridimensionnelles des protéines, et ainsi d'en cibler efficacement certaines parties. Il est à noter que l'essentiel du délai est dû aux essais thérapeutiques : la mise au point des premiers vaccins, à partir du moment où la séquence du virus a été connue, se compte en mois. L'intelligence artificielle n'est évidemment pas la seule technique utilisée dans ce combat – qui soulignons-le a sauvé des millions de vies –, mais c'est justement ce qui est intéressant : autant les techniques de vaccins ARN (voire de vaccins tout court) ont soulevé de très grandes réticences, quand l'utilisation de l'intelligence artificielle n'en a soulevé aucune.

La pandémie et ses confinements ont mis à rude épreuve le moral de la population, et dans le même temps toutes les activités de production, logistique incluse. Tous les pays se sont empressés de relocaliser les productions essentielles, comme celle des masques. Par ailleurs, l'automatisation de la production est devenue très souhaitable : outre l'absence de contacts humains – ou du moins sa réduction – que ce mode de production permet, il met aussi la production à l'abri de la pénurie de main-d'œuvre que la maladie engendre. Ceci est également vrai dans la distribution, et les schémas de distribution sans contact se sont multipliés. On voit désormais les robots logistiques comme des instruments bienvenus, car ils apportent la garantie d'un fonctionnement *a minima* de nos systèmes logistiques (ceci étant, vu à une échelle mondiale, la France n'est pas en pointe dans ce domaine). On le voit, les grandes questions soulevées par la cobotique (ou robotique) sont devenues soudainement secondaires devant les avantages de ces solutions ; et notons que tous ces systèmes robotiques ne pourraient pas être déployés sans de bonnes intelligences artificielles.

Notons aussi que le débat sur le « vol » des emplois par les robots semble avoir perdu de son importance quand on s'est rendu compte que la robotisation permet de relocaliser nombre d'emplois : l'intelligence artificielle n'est ici pas un remplacement mais bien une complémentarité. Finalement, ce qu'il faut retenir de ces crises, c'est qu'une mutation, qui engendrait des réticences semblant difficiles à surmonter, paraît aujourd'hui entrer de manière définitive dans nos vies.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET CONNAISSANCE

Si les algorithmes d'intelligence artificielle donnent l'impression d'avoir réussi leur test d'efficacité et d'intégration avec l'humain en production, les intelligences artificielles semblent poser de réelles questions dans notre représentation de la connaissance.

Une réussite, qui peut susciter des difficultés de représentation, est celle des mathématiques. On savait que certaines preuves – comme le théorème des quatre couleurs – avaient été établies grâce à des algorithmes. Ou encore qu'il existait des systèmes formels de preuves mathématiques. Mais pour nombre de mathématiciens, et au-delà, il s'agissait de techniques secondaires : impossible pour un ordinateur de faire preuve de créativité dans ce domaine abstrait par excellence. Pourtant, des intelligences artificielles sont déjà capables de résoudre un certain nombre de problèmes simples, du niveau d'un enfant de dix ans. Et des intelligences artificielles ont à la fois démontré des théorèmes simples (plus d'un millier quand même) et réfuté des conjectures (qu'aucun humain n'avait réfutées). Quand on a assisté à leurs progrès aux échecs ou au Go, il est tentant de se dire

que le niveau « professionnel » est pour bientôt ! À quand une médaille Fields pour une intelligence artificielle ?

Maintenant, le terrain de la créativité « pure » – l’art – ne semble pas plus à l’abri. Grâce aux avancées des réseaux génératifs, associés à de grandes bases de données et aux progrès dans le traitement du langage, il est possible d’obtenir des dessins à partir de simples descriptions, comme « dessin au trait à l’encre » (et un peu plus). En conséquence, des auteurs ont produit des œuvres complètes sur cette procédure. Récemment, Kris Kashtanova, une artiste new-yorkaise, a enregistré une telle œuvre auprès du Copyright Office des États-Unis. Est-ce une œuvre originale ? En tous cas, elle a été reçue comme telle (légalement). Il va sans dire que le débat fait rage, notamment sur les données sur lesquelles repose cette œuvre, car ce sont toutes les œuvres qui ont été numérisées et digérées par l’intelligence artificielle. Aussi, n’est-il pas surprenant que des auteurs crient au vol (à leur tour).

Comment tracer l’influence d’une œuvre donnée dans la génération d’une nouvelle image par un réseau génératif, quand un tel réseau, d’une manière assez subtile, mélange les influences de millions d’œuvres ? Et en quoi ceci diffère-t-il de l’influence d’un artiste sur un autre ? On pourrait même pousser le débat beaucoup plus loin : un élève devrait-il être redevable à ses professeurs ? Évidemment, c’est un professeur qui écrit cet article, et je dirais volontiers que oui et non. Moralement, j’ai beaucoup de reconnaissance pour tous les professeurs (et autres) qui m’ont guidé sur le chemin de la connaissance. Mais non, aucun élève n’a jamais été redevable légalement – et ne devrait jamais l’être – pour la maîtrise de la connaissance que l’on lui a transmise.

Néanmoins, on le voit, il y a ici un véritable débat qui s’annonce. Ce qui est intéressant, c’est que personne n’imaginait que ce débat s’amorcerait aussi vite.

UNE DIFFICILE RELATION AU RÉEL

La question que nous posons au début de l’article est donc toujours actuelle : intelligences humaines et artificielles : collaboration, confrontation ou substitution ? En effet, même si on réduit l’intelligence artificielle à un algorithme, la combinaison de cet algorithme – on pourrait dire l’hybridation – avec des données produites par des humains, ou par le monde des humains, en fait une collaboration. Mais d’autres préféreront les termes de substitution, ou de confrontation. Ceci rappelle le débat de l’intelligence artificielle faible et de l’intelligence artificielle forte : de même que le test de Turing ne fait plus l’unanimité, ces questions n’offrent aujourd’hui pas de réponse satisfaisante ; et encore moins définitives.

Une analyse de ces problèmes fait ressurgir notre relation, non pas aux intelligences artificielles, mais au réel, à notre monde et à la place que nous y prenons. Qu’est-ce que « mon » travail ? Comment me rémunérer ? Ces questions ne concernent plus seulement les ouvriers, mais désormais pratiquement chacun.

Un problème supplémentaire dans ces importants questionnements concerne nos sociétés : il n’y a pas seulement débat sur ce que nos sociétés devraient être, mais sur ce qu’elles sont aujourd’hui (sans parler d’hier). Encore une fois, les intelligences artificielles posent problème, car les *deep fakes* deviennent aisés à produire : on est capable, commercialement, de remplacer le visage d’un acteur quelconque par celui d’une vedette. Et beaucoup plus si on s’éloigne de l’éthique. Dans une société éprise d’information numérique, l’impact est énorme. Et il n’est pas besoin d’être expert pour en voir les conséquences. D’un autre côté, nous n’avons jamais eu besoin d’intelligence artificielle pour toutes sortes de propagandes, je ne suis donc pas convaincu que le problème provienne exclusivement des intelligences artificielles.

CONCLUSION

En conclusion, la question de notre relation aux intelligences artificielles est toujours d'actualité, même si les frontières de cette relation se déplacent. En fait, les intelligences artificielles pénètrent toujours plus avant, déplaçant continuellement la frontière de ce qui semblait nous différencier. Et demain, avec l'essor de mondes complètement (ou pas) virtuels – le *multivers* est le mot à la mode –, nous aurons encore plus de difficultés à différencier le réel de l'artificiel. Il paraît que nos sociétés ont des problèmes d'identité collective ; il semble ici que ce soit surtout notre identité propre qui soit mise en question par le développement des intelligences artificielles. La bonne nouvelle est que le débat est loin d'être clos : nous pouvons choisir la relation que nous voudrions entretenir avec ces intelligences artificielles. Comme avec les autres.

Internet et ses usages : entre sagesse et frénésie

Par Michel SCHMITT

Membre du Conseil général de l'Économie (CGE)

L'actualité sur l'évolution des usages d'Internet est foisonnante. Par exemple, le confinement a créé un laboratoire des usages grandeur nature, et les enseignements sont en train d'en être tirés, en particulier dans les domaines de l'enseignement et du travail. Certains usages creusent encore un peu plus le fossé entre virtuel et réel, c'est le cas de l'explosion des NFT. À l'inverse, la Commission européenne met en place de nouveaux outils de régulation d'Internet au travers du "Digital Market Act" et du "Digital Service Act", visant à faire converger réel et virtuel. Ainsi, nous oscillons entre sagesse et frénésie, ce que décrit cet article au travers de nombreux exemples.

Que d'évènements depuis l'écriture des articles d'*Enjeux numériques* paru en juin 2020 sur les usages et archivages des contenus du *web* ! Dans ce texte, nous examinerons un certain nombre de leurs effets sur les usages numériques, entre autres, les bouleversements occasionnés par le confinement, le scandale des algorithmes de recommandation, l'essor des NFT (de l'anglais *non-fungible tokens*), la mise en évidence du risque cyber, les annonces sur le métavers comme futur de l'Internet. Ces quelques évènements nous permettront de montrer à quel point et avec quelle accélération, les usages du numérique se transforment et transforment en profondeur notre société, parfois de manière frénétique, parfois en présentant une certaine sagesse dans leur appréhension.

LE CONFINEMENT

La pandémie, avec le confinement, a contraint l'ensemble de la population et une grande part des entreprises au recours massif au numérique, créant par là même un laboratoire grandeur nature des usages. Ceci a concerné en particulier le télétravail, l'éducation à distance, les loisirs, ainsi que le commerce sur Internet.

Jusqu'en 2019, le télétravail avait du mal à s'imposer, de par la réticence aussi bien des employés que des employeurs. En période de confinement, le télétravail à temps plein a été la norme. Après cette période, on constate une évolution drastique des mentalités. Une majorité des personnes (85 %) se disent favorables à une modalité mixte de travail, alternant travail à distance et présentiel. Toutes les entreprises, ainsi que l'État, ont signé des accords collectifs de mise en œuvre, définissant en particulier le droit à la déconnexion de même que l'équipement mis à disposition.

Quelles sont les causes mises en avant de ce revirement ? Les salariés gagnent en temps de transport, peuvent mieux gérer leur rythme de travail et se sentent généralement plus productifs. C'est également le point de vue des employeurs qui, de plus, peuvent réaliser d'importantes économies sur les frais de leurs locaux et attirer des talents qui souhaitent télétravailler. Parmi les points négatifs, notons l'irruption du travail dans la vie privée, ce qui a généralisé la notion de droit à la déconnexion, mais également impliqué une sensation d'isolement et de baisse de convivialité.

Du côté de l'enseignement, quel que soit son niveau, l'évolution a été très violente, car en quelques jours, les enseignants ont dû modifier leurs modalités pédagogiques, souvent sans y avoir été préparés. Les difficultés ont porté sur la disponibilité du matériel – pour les élèves chez eux, ainsi que pour les professeurs avec en particulier des tableaux virtuels –, les logiciels – l'éducation nationale ayant mis un certain temps à normaliser et rendre disponibles les suites logicielles –, et surtout les méthodes pédagogiques sur la manière d'animer une classe et de réaliser des contrôles de connaissances.

Globalement, il faut saluer le dynamisme des enseignants qui ont su se débrouiller au début, puis tirer les enseignements pour arriver aujourd'hui à une utilisation mixte des outils numériques, que ce soit lors de cours à distance – les amphithéâtres à distance sont plébiscités par les étudiants – ou d'objets pédagogiques tels polys, MOOC, ou didacticiels. En particulier, on assiste à une mutualisation des outils et expériences – voir par exemple la pédagogie de l'Institut Mines-Télécom. Du côté des élèves, l'expérience du 100 % à distance a été assez traumatisante, pour l'isolement qu'elle cause – certains étudiants se sont confinés dans leur chambre d'étudiant sur le campus de leur école –, et la difficulté d'organiser son apprentissage et de se motiver. Le retour d'expérience de l'emploi à grande échelle des outils numériques d'enseignement a permis d'en appréhender les limites, et l'éducation s'oriente alors vers des méthodes mixtes et devrait faire gagner en efficacité par rapport aux méthodes pédagogiques plus traditionnelles. Nous attendons avec impatience le rapport du groupe de travail "EdTech" de l'Académie des technologies sur ce sujet.

Par voie de conséquence, le volume de contenus éducatifs en ligne s'est fortement accru, permettant l'accès à la connaissance pour des personnes éloignées de l'enseignement institutionnel, tels des jeunes en décrochage ou des retraités.

Du côté des loisirs, au-delà de certaines professions sinistrées, nous voudrions donner deux exemples :

- Bon nombre de spectacles ont eu lieu en ligne (voir par exemple la plateforme RecitHall). Cela ne remplace pas le "live" d'une salle de spectacle, mais a permis au milieu du spectacle vivant de survivre. Cependant, une modalité nouvelle des plateformes donne aux auditeurs la possibilité de réagir en ligne, d'interagir avec les autres auditeurs sans perturber le déroulement du spectacle, puis parfois d'interagir avec les artistes en fin de spectacle. Force est de constater que ces nouveautés ne sont que peu utilisées lorsqu'il s'agit de manifestations qui auraient dû se passer en présentiel.
- Le livre numérique ne perce pas. La majeure partie de l'édition numérique est tenue par l'édition professionnelle et universitaire, qui représente 67 % du marché. La plus forte progression sur les cinq dernières années est tenue par le livre scolaire (14 % du marché, en hausse annuelle de 30 % depuis cinq ans). La seule corrélation avec le confinement concerne la littérature, qui a bondi de 10 % dans un marché stable avant et après le confinement. Notons cependant que seulement 5 % de la littérature se vend en France sous format numérique...

LES ALGORITHMES DE RECOMMANDATION

Fin 2019, l'intelligence artificielle apparaissait comme une technologie mature dont la mise en œuvre allait révolutionner bon nombre d'usages. Nous avons vu fleurir la traduction automatique, les véhicules autonomes, etc. Les algorithmes de recommandation faisaient partie de ce florilège, qui permettaient de ne présenter que les contenus pertinents au consommateur, que ce soit pour les informations ou pour les publicités qui lui étaient délivrées.

Les utilisateurs de Facebook ont pu constater que certains contenus prenaient le dessus, et obtenaient des scores extrêmement élevés, alors même que l'entreprise cherchait à favoriser les contenus de proximité des utilisateurs. Les révélations de Frances Haugen, ancienne employée de Facebook, sur les scores de classement des contenus par le réseau social ont permis de mieux comprendre ce phénomène. Cependant, la conclusion de l'enquête est que l'algorithme échappe progressivement à son créateur, de par sa complexité et la multitude de personnes qui sont censées le corriger en permanence.

Le Baromètre du numérique, réalisé annuellement par le CGE, l'Arcep (Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse) et l'ANCT (Agence nationale de la cohésion des territoires), avait déjà mis en évidence le fait que l'utilisation des réseaux sociaux était en légère baisse en France ainsi que la confiance dans les informations qu'ils délivrent.

Parallèlement, notons les succès de Critéo, entreprise spécialisée dans la publicité sur Internet, en particulier pour ses algorithmes permettant un ciblage fin de la publicité présentée aux internautes.

LES NFT ET LA NOTION D'AUTHENTICITÉ

Le phénomène le plus soudain de 2021 a été sans conteste le marché des NFT (jetons non fongibles). S'appuyant sur la technologie de la *blockchain*, les NFT garantissent l'originalité d'un fichier, permettant de le distinguer de sa copie, pourtant identique au *bit* près. Alors que le marché des NFT ne représentait que quelques 200 M\$ en 2020, celui-ci a littéralement explosé pour représenter aujourd'hui plus de 40 G\$ (multiplication par 130 entre 2020 et 2021).

Que sont, concrètement, ces NFT ? Il s'agit avant tout d'objets d'art – des créations numériques – et des objets de collection – fichiers vidéo ou audio. On voit également apparaître des objets qui servent dans des mondes virtuels du jeu ou du métavers, tels des personnages ou des pièces d'environnement.

Les médias ont relayé des ventes de certains NFT à des sommes importantes (plusieurs centaines de millions de dollars), laissant penser que ce marché était réservé à une poignée de personnes. Il n'en est rien : les NFT se négocient autour d'une moyenne de 200 \$, à comparer à leurs frais d'adjudication qui sont de l'ordre de 100 \$ par transaction. Ce phénomène touche avant tout les milléniaux : 42 % affirment posséder des NFT. La France est peu dans cette course, très loin derrière la Chine, Singapour, les Philippines...

Le fait notable est un changement complet d'appréhension des objets numériques. Ils étaient considérés comme copiables à l'infini, sans possibilité de les discerner. Les NFT permettent d'en distinguer un particulier : l'authentique. C'est comme pour un tableau où un expert peut discerner l'original des copies, l'expert étant, dans le cas des NFT, la *blockchain*, reposant sur des algorithmes, sans intervention humaine directe.

En passant, la *blockchain* consomme beaucoup d'énergie, puisque le consensus est obtenu par la notion de preuve de travail, mettant en œuvre des « fermes de minage ». Cependant, plusieurs programmes de recherche ont été lancés pour s'affranchir de cette preuve de travail et par la suite de sa consommation énergétique, aboutissant à la notion de preuve d'enjeu.

STREAMING ET PROPRIÉTÉ

Les ventes de supports physiques de musiques et de films reculent continûment (- 20 % de 2020 à 2021) au profit du *streaming* (+ 17 % sur la même période). Le *streaming*, qui représente 90 % du marché, permet l'accès à une grande base de données, toujours mieux

garnie que sa propre bibliothèque de CD/DVD. On passe ainsi de la notion de propriété – on a acheté le CD/DVD : on le possède – à la notion d’usage de l’œuvre que contient le support physique. Et en plus, plus besoin de stocker cela chez soi et les classer quand la collection devient importante.

Notons cependant un phénomène nouveau : les ventes de disques vinyles ont dépassé en 2021 les ventes de CD, alors que le disque vinyle était censé disparaître ! Le phénomène ici est différent : au dire des fans, le numérique appauvrit l’expérience auditive, d’abord de par la numérisation elle-même, puis par les compressions éventuelles. Le possesseur de disques vinyles cherche à apparaître comme un puriste en se distinguant du flot des *streamers*.

LA CYBERSÉCURITÉ ET LA PROTECTION DES DONNÉES

Cette tendance aux usages en tout numérique ne saurait cacher la vulnérabilité de ce dernier, aussi bien par les attaques informatiques en forte croissance – vis-à-vis d’institutions, comme dans le cas très médiatique des données des hôpitaux, aboutissant à leur paralysie sur des durées assez longues, ainsi que vis-à-vis de particuliers par des techniques de *fishing*.

Parallèlement, la course à la collecte des données personnelles s’est largement accrue. Le RGPD (Règlement général sur la protection des données), nécessitant de demander au préalable le consentement de l’internaute, se traduit encore trop souvent par l’acceptation en un clic des *cookies* au détriment d’un paramétrage adéquat complexe et chronophage : la délibération de la CNIL imposant de permettre de refuser tous les *cookies* aussi facilement que de les accepter n’est que partiellement appliquée.

De manière plus insidieuse, Internet a rendu possible la diffusion d’informations de manière virale, touchant un public bien plus large que ne l’auraient fait des médias traditionnels. Ceci permet en particulier à des lanceurs d’alerte d’être écoutés, mais également à des *fake news* ou à des manipulations d’opinion de se propager. Depuis 2020, cela a concerné l’élection présidentielle française, l’image de la Chine, la guerre en Ukraine...

La nécessité d’une souveraineté numérique européenne a poussé l’Europe à réguler l’hégémonie des GAFAM sur les entreprises et les usages par le vote définitif par le Parlement européen le 5 juillet 2022 du DMA (“Digital Market Act”) et du DSA (“Digital Service Act”). Le DMA entend prévenir les abus de position dominante des géants du numérique et offrir un plus grand choix aux consommateurs européens, permettant de fait l’émergence de champions européens. Le DSA prévoit de lutter contre les contenus et produits illégaux en ligne (haine, désinformation, contrefaçons...). L’objectif est de faire d’Internet un espace plus sûr pour les utilisateurs, avec comme slogan « Ce qui est illégal dans le monde physique le sera aussi en ligne ». Espérons que ces deux mesures auront l’efficacité souhaitée.

Ainsi, l’Internet, qui était une zone globale, extraterritoriale, s’ancre dans la réalité, puisque utilisateur et hébergeur sont bien des personnes ou entités physiques localisées quelque part, et que les règles du monde réel commencent à s’appliquer au monde numérique.

LE MÉTAVERS

Enfin, que nous réserve le métavers ? Il s’agit d’un terme qui recouvre, selon Matthew Ball, « un gigantesque réseau interopérable de mondes virtuels affichés en 3D en temps réel, qui peut être vécu de manière synchrone et persistante par un nombre illimité d’utilisateurs, avec une sensation de présence individuelle et une continuité de données, comme l’identité, l’histoire, les droits, objets, communications et paiements ».

Ceci n'est pas nouveau et était déjà connu dans l'univers des jeux sur Internet tels que *Second Life*. Cependant, la promesse du métavers est d'être tout simplement le futur de l'Internet, prolongeant les usages actuels et en créant de nouveaux. Pour en arriver là, de nombreuses avancées technologiques sont nécessaires, telles que les équipements de réalité virtuelle, les réseaux, les capacités de stockage et de calcul, la consommation énergétique du système, etc., sans oublier les aspects juridiques associés.

Restera-t-il circonscrit à un petit nombre d'utilisateurs ou se généralisera-t-il à l'instar de l'Internet actuel ? Les médias relayent les polémiques et craintes à ce sujet, car il s'agit d'une véritable révolution de société que cela impliquerait. Un certain nombre de détracteurs posent la question de l'intérêt du métavers pour réaliser des transactions, transactions qui peuvent très bien se faire par des moyens actuels. Cependant, ce n'est pas parce qu'une technologie semble inutile à un instant T qu'elle ne se développera pas. Comme pour beaucoup de décisions, la question est avant tout de savoir ce que l'on veut, ou ce que veut un petit groupe de personnes imposant alors sa vision.

BIBLIOGRAPHIE

Données générales

<https://www.economie.gouv.fr/cge/barometre-numerique-2021>

<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>

Télétravail

<https://www.myhappyjob.fr/les-chiffres-cles-du-barometre-teletravail-2022/>

Fil de recommandation

https://www.lemonde.fr/pixels/article/2021/10/26/comment-l-algorithme-de-facebook-echappe-au-contrôle-de-ses-createurs_6099888_4408996.html

NFT

<https://findstack.com/fr/nft-statistics/>

Streaming

C:\Users\mschmitt-adc\Downloads\rapport-statistique-syndicat-national-edition-2021-2022-62bd980f01321773437532.pdf

<https://www.latribune.fr/supplement/chipstime-avis-sur-le-marche-du-streaming-912825.html>

Cybersécurité

<https://findstack.com/fr/cybersecurity-statistics/>

https://www.lemonde.fr/idees/article/2021/09/21/sur-internet-l-europe-mise-au-defi-d-appliquer-ses-propres-regles_6095397_3232.html

<https://www.vie-publique.fr/dossier/284898-dsa-et-dma-tout-savoir-sur-les-nouveaux-reglements-europeens>

Métavers

<https://www.matthewball.vc/all/forwardtothemetaverseprimer>

Sur quelques analogies invoquées dans les débats sur la régulation des dispositifs de modération des contenus sur les réseaux sociaux aux États-Unis

Par Jean-Yves OLLIER
Conseiller d'État

À la suite de la suspension des comptes du président Trump par les principales plateformes de réseaux sociaux, la Floride et le Texas ont adopté des lois qui restreignent les conditions dans lesquelles celles-ci peuvent exclure des usagers et modérer les contenus. En raison d'une divergence entre les cours d'appel, la question de la constitutionnalité de ces lois pourrait être portée devant la Cour suprême. Diverses analogies sont invoquées dans les débats sur cette question, dont l'issue est incertaine : l'espace public, les qualifications très anciennes en *common law* de transporteur public et d'hébergement public, dont résulte une obligation de servir le public sans discrimination, et les fonctions éditoriales, protégées au titre de la liberté d'expression en application du Premier amendement.

Le 8 janvier 2021, à la suite de l'assaut du Capitole, Twitter a annoncé la suspension définitive du compte @realDonaldTrump¹, qui comptait 88 millions d'abonnés².

La cour d'appel fédérale du 2^e circuit avait jugé en 2019 que ce compte était un espace public (*public forum*), dont le Président ne pouvait bloquer certains utilisateurs³ sans méconnaître le Premier amendement⁴. Le 5 avril 2021, la Cour suprême lui a ordonné de prononcer un non-lieu dans cette affaire⁵. Le juge Clarence Thomas a émis à cette occasion une opinion dans laquelle il s'interroge sur la possibilité de légiférer pour encadrer le pouvoir des plateformes numériques, en amont, de résilier le compte d'un utilisateur « à tout moment, pour un quelconque motif ou sans motif »⁶. Il s'y réfère à des notions très anciennes de *common law* – celles de transporteur public (*common carrier*) et

¹ Motivée par une violation des règles de Twitter sur l'apologie de la violence, dans des conditions telles que l'exception d'intérêt public (pour les comptes de partis politiques, de titulaires de fonctions politiques et de candidats) ne pouvait justifier le maintien de l'accès au compte.

² Ce qui le plaçait alors au sixième rang mondial, derrière les comptes de Barack Obama, Justin Bieber, Katy Perry, Rihanna et Cristiano Ronaldo.

³ En les empêchant d'accéder à ses tweets, d'y répondre, de les retweeter et de les liker (cour d'appel du 2^e circuit, 9 juillet 2019, *Knight First Amendment Institute v. Trump*).

⁴ Qui interdit au Congrès « de faire aucune loi [...] restreignant la liberté d'expression, la liberté de la presse ou le droit des citoyens de se réunir pacifiquement ».

⁵ L'affaire étant devenue sans objet. L'ordonnance ne précise pas si ce constat est fondé sur la fermeture du compte ou sur le fait que son titulaire ne soit plus président des États-Unis.

⁶ Selon les conditions d'utilisation de Twitter.

d'hébergement public (*public accommodation*) – qui permettent d'imposer à une entreprise l'obligation de servir tous les clients.

La Floride et le Texas ont adopté, respectivement en mai et en septembre 2021, des lois qui interdisent aux réseaux sociaux de pratiquer certaines formes de modération des contenus. Leurs préambules qualifient les réseaux sociaux de *common carriers*, en soulignant qu'ils sont devenus la nouvelle place publique (*the new public town square*).

	Floride (loi SB 7072)	Texas (loi HB 20)
Champ d'application	Service d'information ayant un revenu > 100 M\$ ou > 100 M de connexions mensuelles ^a .	Plateformes de réseaux sociaux ^b > 50 M utilisateurs mensuels.
Interdictions	Bannir (<i>to deplatform</i>) un candidat à une élection ou « censurer » ^c ou limiter l'exposition des contenus qu'il poste. Mêmes mesures (lorsqu'elles sont liées au contenu, sauf contenus obscènes et priorisation liée à un paiement) prises à l'égard d'une « entreprise journalistique » ^d .	« Censurer » ^e un utilisateur ou ses contenus en raison de sa localisation ou de l'expression d'un point de vue, sauf cas expressément autorisés par la loi fédérale, ou contenus illégaux ou incitant directement à une activité criminelle ou à la violence contre une personne en raison de ses origines.
Transparence	Règles relatives à ces mesures et information préalable de chaque usager avant leur changement.	Règles sur les contenus acceptables et sur les pratiques de modération et de recommandation.

^a Sauf si son propriétaire exploite un parc à thème.

^b Dont la définition exclut les FAI, le courrier électronique, les sites fournissant principalement des contenus d'information ou de loisir, ou des contenus qui ne sont pas générés par les utilisateurs mais sélectionnés par le fournisseur.

^c Par suppression, altération, limitation de l'accès aux contenus ou de leur exposition ou publication d'un *addendum*.

^d Définie de façon à inclure l'activité de toute entreprise publiant sur Internet des contenus, quels qu'ils soient, dépassant certains seuils d'audience et de volume.

^e Dont la définition inclut le bannissement et la démonétisation.

Ces analogies – et celles qui sont relatives aux fonctions éditoriales des opérateurs – sont au cœur des débats devant les cours fédérales⁷ qui ont abouti à la suspension temporaire de ces deux lois⁸. Le cas de la loi texane a été porté devant la Cour suprême, qui a prononcé le 1^{er} juin 2022 une ordonnance de suspension par cinq voix contre quatre, avec un partage des voix qui transcende les sensibilités politiques. Il pourrait revenir prochainement devant elle⁹. En l'absence de loi fédérale, et alors que les approches des États sont

⁷ Le système judiciaire fédéral américain comprend 94 cours de district et 13 cours d'appel, dont les ressorts territoriaux sont dénommés « circuits ».

⁸ Cf. cour d'appel du 11^e circuit, 26 mai 2022, *Netchoice Llc v. Attorney general of Florida*, suspendant la loi SB 7072, sauf en ce qui concerne les obligations de transparence.

⁹ La cour d'appel du 5^e circuit venant de se prononcer dans le sens de la constitutionnalité de la loi texane (16 septembre 2022, *Netchoice v. Paxton*).

politiquement très différenciées, une décision de la Cour suprême sur le fond aurait une incidence déterminante sur la régulation des réseaux sociaux aux États-Unis, et sur la possibilité d'une convergence avec le régime que dessine le règlement européen sur les services numériques ("Digital Services Act").

Cet article présente quelques éléments sur l'arrière-plan juridique et historique des analogies relatives, d'une part, à l'espace public et à l'action d'État, d'autre part, aux transporteurs et aux hébergements publics, qui peuvent être invoquées pour limiter le droit d'exclure des utilisateurs ou d'exercer un contrôle éditorial sur la diffusion des contenus.

LES DOCTRINES DE L'ESPACE PUBLIC ET DE L'ACTION D'ÉTAT

La doctrine de l'« espace public » (*public forum*)

La *common law* ne connaît pas la notion de domaine public. Les droits de l'État et des municipalités sur leurs propriétés ne se distinguent pas, en principe, de ceux d'un propriétaire privé. À ce titre, ils comportaient traditionnellement celui d'en exclure un tiers ou d'y limiter sa liberté d'expression : « Le fait pour une législature d'interdire, de façon absolue ou conditionnelle, de prendre la parole en public dans une rue ou dans un parc public ne porte pas plus atteinte aux droits des personnes concernées que le fait pour un particulier de l'interdire dans sa maison » (Cour suprême du Massachusetts, *Massachusetts v. Davis*, 1895¹⁰).

La Cour suprême des États-Unis est revenue sur cette jurisprudence en 1939, dans sa décision *Hague v. CIO*, en jugeant inconstitutionnels des arrêtés municipaux qui interdisaient la distribution d'imprimés et la tenue sans autorisation de réunions dans les espaces publics. Selon l'opinion du juge Roberts¹¹ : « Depuis des temps immémoriaux, les rues et les parcs, quel qu'en soit le propriétaire, ont été remis à la garde des autorités pour l'usage du public et utilisés par les citoyens pour se réunir, échanger des idées et débattre des affaires publiques. Cet usage des rues et des lieux publics (*public places*) fait partie, depuis des temps anciens, des privilèges, immunités, droits et libertés des citoyens. »

La Cour suprême utilise depuis les années 1970 l'expression de *public forum* pour qualifier les espaces dans lesquels ces droits s'exercent. Ils sont « publics » à un double titre : parce qu'ils appartiennent à l'État ou à une municipalité (*public property*) et parce qu'ils sont ouverts au public. Elle distingue à cet égard trois catégories d'espaces (*Perry Education Association v. Perry Local Educators' Association*, 1983) :

- les forums publics par nature ou par tradition, dans lesquels le gouvernement ne peut interdire l'expression publique et ne peut mettre en œuvre que des restrictions très limitées et strictement proportionnées, et en principe indépendantes du contenu (*content neutral*)¹² pour répondre à un objectif d'intérêt public substantiel ;
- les forums publics par affectation, que l'État a choisi d'ouvrir au public, auxquels s'appliquent les mêmes règles tant qu'ils conservent cette affectation ;

¹⁰ Opinion majoritaire, rédigée par le juge Holmes. Position confirmée en 1897 par la Cour suprême des États-Unis.

¹¹ Les décisions de la Cour suprême sont motivées par une opinion rédigée par l'un des juges, à laquelle tout ou partie de ceux qui ont voté en faveur de la solution adhèrent. Des difficultés d'interprétation se présentent quand une évolution de la jurisprudence donne lieu à des opinions qui concordent sur la solution mais non sur les motifs ce qui est le cas dans cette affaire, dans laquelle les membres de la majorité se sont exprimés dans trois opinions différentes.

¹² Les restrictions fondées sur le contenu devant – à la différence de celles qui sont liées au temps, au lieu ou à la forme – être justifiées par des motifs impérieux d'intérêt public (*compelling state interest*).

- les forums non publics, dont il peut réserver l'usage à des finalités qu'il détermine, pour autant que la réglementation de la liberté d'expression est raisonnable et ne vise pas à supprimer les expressions contraires à celles de l'administration.

Une extension limitée de la liberté d'expression à certains espaces ouverts au public dans les propriétés privées

Le Premier amendement ne protège la liberté d'expression que face à l'action d'un État, fédéral ou fédéré¹³ (*State action*). Il n'a en principe pas d'effet horizontal sur les relations entre personnes privées. Cette condition connaît des assouplissements lorsqu'une personne ou un lieu privé exerce une « fonction publique ».

Les villes d'entreprise

Une ville d'entreprise (*company town*) est un ensemble urbain planifié fondé autour d'un site industriel par une entreprise qui fait construire pour ses employés des habitations et des équipements, dont elle conserve souvent la propriété et le contrôle. Les exemples les plus célèbres – parmi plus de 2 000 aux États-Unis – de ce mode de développement urbain sont Durango¹⁴ (Colorado, 1880), Pullmann (Illinois, 1880) et Hershey (Pennsylvanie, 1903).

La ville de Chickasaw (Alabama) appartenait à un opérateur de chantiers navals. Madame Marsh avait été condamnée pour atteinte à la propriété d'autrui (*trespass*) pour avoir continué à distribuer des publications des témoins de Jéhovah sur un trottoir du bloc d'immeubles commerciaux (*business block*)¹⁵ en centre-ville, après avoir été sommée de cesser de le faire. La Cour suprême a jugé une telle interdiction inconstitutionnelle (*Marsh v. Alabama*, 1946). L'opinion majoritaire relève qu'en dehors de la propriété, Chickasaw avait toutes les caractéristiques d'une autre ville américaine. Une réglementation municipale ou d'État proscrivant la distribution de publications religieuses dans des espaces librement accessibles au public et librement utilisés par celui-ci serait inconstitutionnelle. Une route construite et exploitée dans l'intérêt du public, même si elle appartient à un propriétaire privé, remplit une « fonction publique », qui interdit à celui-ci de faire obstacle au trafic. Qu'une ville soit contrôlée par une municipalité ou par une entreprise, le public a un même intérêt à ce que les canaux de communication restent libres. Les citoyens qui y vivent ne peuvent être privés des libertés garanties par la Constitution.

Les variations de la jurisprudence sur les centres commerciaux

Cette extension de la protection de la liberté d'expression à l'égard des activités des personnes privées repose-t-elle seulement sur l'ouverture d'un espace au public ou sur une équivalence fonctionnelle plus stricte avec une municipalité ?

La première interprétation a conduit la Cour suprême à juger que le droit de manifester pacifiquement sous le porche et sur le parking d'un centre commercial¹⁶ était protégé par le Premier amendement (*Amalgamated Food Employees Union v. Logan Valley Plaza*,

¹³ L'interdiction faite au Congrès (c'est-à-dire à l'État fédéral) – dont la Cour suprême a commencé à assurer le contrôle pendant la Première Guerre mondiale à propos de la répression de propos critiquant l'effort de guerre – ayant été étendue aux États fédérés par l'application combinée du Premier et du Quatorzième amendement (*Gitlow v. New York*, 1925).

¹⁴ Créée par le "Denver and Rio Grande Railroad" (D&RG).

¹⁵ Les règles édictées par la société soumettaient le démarchage dans la rue à une autorisation écrite, dont on lui avait indiqué qu'elle lui serait refusée.

¹⁶ Il s'agissait d'un piquet tenu par les membres d'un syndicat, extérieurs aux commerces, devant un supermarché qui avait ouvert avec un personnel entièrement non syndiqué.

1968). Sans se référer à la notion de fonction publique, la Cour s'est fondée sur le fait que ce *shopping center* périurbain, ouvert sans restriction au public, était ainsi l'équivalent fonctionnel du quartier commercial en cause dans l'affaire *Marsh*. Elle est cependant rapidement revenue sur cette jurisprudence, en considérant que le fait qu'un centre commercial n'exerce pas les fonctions d'une municipalité était déterminant, pour juger que le Premier amendement ne donnait pas le droit d'y distribuer des tracts contre la guerre du Vietnam (*Hudgens v. NLRB*, 1976).

Toutefois, les constitutions de la majorité des États fédérés comportant non seulement une définition défensive de la liberté d'expression face à l'action de l'État, mais aussi une définition affirmative indépendante de celle-ci¹⁷, certaines Cours suprêmes ont jugé qu'elles protégeaient l'exercice de la liberté d'expression sur les aires publiques des centres commerciaux. La Cour suprême des États-Unis a admis que les États puissent interpréter ainsi leur Constitution sans porter atteinte au droit de propriété ni à la liberté d'expression du propriétaire¹⁸ (*Pruneyard Shopping Center v. Robins*, 1980).

Les actions « nominalement privées »

La Cour suprême a parfois considéré que les relations qu'entretenait une personne privée avec les institutions publiques étaient telles – en raison d'une réglementation très stricte¹⁹, d'une délégation ou d'un « enchevêtrement » de fonctions ou d'une « relation symbiotique » – qu'un comportement formellement privé devait être assimilé à une action de l'État et soumis au Premier amendement (*Evans v. Newton*, 1966)²⁰.

Plateformes numériques : les limites de l'analogie avec la « place publique »

La protection du Premier amendement s'applique à l'égard des lois qui restreignent l'accès aux réseaux sociaux, qui sont la « place publique moderne »²¹ (*the modern public square*) (Cour suprême, *Packingham v. North Carolina*, 2017²²).

En revanche, « le simple fait d'héberger le discours des autres n'est pas une fonction publique traditionnelle et exclusive, ne suffit pas à transformer des entités privées en acteurs d'État soumis au Premier amendement » (*Manhattan Community Access Corp. v. Halleck*, 2019). Le fait que YouTube soit une plateforme ouverte au contenu généré par des utilisateurs ne suffit pas à en faire un *public forum*, dès lors qu'il s'agit d'une propriété privée qui ne remplit aucune fonction d'État (cour d'appel du 9^e circuit, 26 février 2020, *Prager University v. Google*²³).

¹⁷ En particulier celle de Californie : « Toute personne peut librement dire, écrire et publier son opinion sur tout sujet, en étant responsable des abus de ce droit. Aucune loi ne peut restreindre la liberté d'expression ou celle de la presse » (art. 1^{er} § 2).

¹⁸ Le fait de l'obliger à permettre à des étudiants de solliciter des signatures pour une pétition dans l'enceinte du centre commercial ne mettant pas en cause sa liberté d'expression.

¹⁹ Bien que ce critère ne suffise pas à lui seul.

²⁰ Dans un cas de ségrégation raciale pour l'accès à un parc public à Macon (Géorgie), légué sous cette condition par le sénateur Augustus Bacon (1839-1914) à un *trust* géré par la ville. Le fait que les représentants de la municipalité se soient retirés du *trust* ne suffit pas à écarter l'assimilation à l'action de l'État dès lors que la ville continue d'en assurer l'entretien et le gardiennage.

²¹ Parce qu'ils sont l'un des lieux les plus importants pour échanger des vues.

²² À propos d'une loi interdisant de façon générale aux délinquants sexuels d'accéder à des réseaux sociaux accessibles aux mineurs.

²³ Prager University est une organisation à but non lucratif qui édite des vidéos visant à promouvoir les points de vue conservateurs sur les questions politiques et sociales auprès d'un public de lycéens et d'étudiants. Elle reprochait à YouTube d'avoir méconnu le Premier amendement en classant certaines de ses vidéos en mode restreint et en en démonétisant d'autres.

Lieux et situations concernés	Protection de la liberté d'expression	Application aux réseaux sociaux
espaces ouverts au public et appartenant à l'État / une municipalité (<i>public forum</i>)	des citoyens face à l'État / la municipalité	compte Twitter du président (<i>Knight First Amendment Institute v. Trump</i> , 2019) ^a
espaces publics d'une ville d'entreprise (<i>Marsh</i> , 1946)	des citoyens face à un propriétaire qui exerce l'équivalent d'une fonction publique	Le simple hébergement ne suffit pas à transformer en acteur d'État (<i>Manhattan Community Access</i> , 2019)
espaces publics d'un centre commercial (<i>Pruneyard</i> , 1980)	du public face au propriétaire (interprétation possible de certaines Constitutions fédérées)	Pas de précédent
enchevêtrement entre fonctions publiques et privées (<i>Brentwood</i> , 2001)	du public face au propriétaire et à l'administration	Pas de précédent
réseaux sociaux (<i>Packingham</i> , 2017)	des utilisateurs face à une législation ou à une réglementation restrictive	

^a Cf. note 3.

À l'inverse, le compte du président des États-Unis sur Twitter est un *public forum*, dès lors qu'il a été utilisé de façon répétée comme vecteur officiel de communication, et que ses fonctions interactives ont été rendues accessibles au public sans limitation.

La jurisprudence distingue donc les mesures selon qu'elles relèvent de l'action autonome des opérateurs ou qu'elles découlent de l'action d'une autorité publique (ou y sont assimilables). Le Premier amendement n'est en principe pas opposable aux premières, mais protège la liberté d'expression des utilisateurs, mais aussi celle des opérateurs, à l'égard des secondes.

Toutefois, la loi texane HB 20 continue de se référer à la notion de *public forum* pour fonder des restrictions au droit des opérateurs de modérer les contenus. Ce qui pose la question de la façon dont la liberté d'expression pourrait être invoquée par les utilisateurs à l'encontre des interventions concurrentes de la plateforme et de l'État, dans une variante de la théorie de l'« enchevêtrement » entre fonctions publiques et privées.

Quels enseignements pour les débats européens sur la modération des réseaux sociaux ?

Telle qu'elle est garantie par l'article 10 de la Convention européenne de sauvegarde des droits de l'homme et des libertés fondamentales (CEDH), par la charte des droits fondamentaux de l'Union européenne et par les constitutions des pays européens, la liberté d'expression ne peut en principe être invoquée qu'à l'encontre des autorités publiques. Elle peut être soumise à des limitations prévues par la loi et nécessaires dans une société démocratique pour certains motifs d'intérêt général.

Par contraste, aux États-Unis, le Premier amendement interdit par principe à l'État de faire « aucune loi » en la matière et, dans un espace ouvert au public qui se trouve sous son contrôle, aucune action restrictive, sous les réserves très strictes énoncées par la

jurisprudence, qui opère une balance des intérêts qui donne à la liberté d'expression un poids plus absolu, notamment par rapport à la prévention de ses abus²⁴. Ceci peut contribuer à expliquer que les questions posées par sa protection à l'égard des personnes privées y aient reçu plus d'attention qu'en Europe.

La Cour suprême fédérale allemande en matière civile et pénale (BGH), dans un arrêt du 29 juillet 2021 concernant les conditions d'utilisation de Facebook, a jugé d'une façon innovante que la position des grands réseaux sociaux dans la création d'espaces publics de communication est telle qu'ils sont soumis à l'obligation de respecter les droits fondamentaux des utilisateurs²⁵.

Les craintes liées à une forme de délégation de la régulation des contenus aux opérateurs privés ont été exprimées en Europe à propos des législations leur imposant de recourir à des outils de contrôle et de filtrage ou fixant des obligations de retrait de contenus illicites. Elles ont donné lieu à un contrôle de nécessité et de proportionnalité des limitations qui peuvent en résulter indirectement pour la liberté d'expression des utilisateurs (cf. Conseil constitutionnel, 18 juin 2020, loi visant à lutter contre les contenus haineux sur Internet ; CJUE, 26 avril 2022, *Pologne c/ Parlement et Conseil*, C-401/19, à propos de la directive sur le droit d'auteur)²⁶.

La liberté d'expression pourrait en outre imposer aux autorités publiques de prendre des mesures positives de protection encadrant les relations entre personnes privées. La Cour européenne des droits de l'homme juge²⁷ qu'elle « ne donne pas la liberté de choisir un forum en vue d'exercer ce droit ». L'évolution des moyens de se déplacer et de communiquer n'implique pas un droit de pénétrer dans les propriétés privées. Toutefois, lorsque l'interdiction d'y accéder « a pour effet d'empêcher tout exercice effectif de la liberté d'expression ou lorsque l'on peut considérer que la substance même de ce droit s'en trouve anéantie », la Cour n'exclut pas que l'État puisse avoir l'obligation positive de réglementer le droit de propriété (6 mai 2003, *Appleby c. Royaume-Uni*, §§ 39 et 47, citant la situation en cause dans *Marsh v. Alabama*).

L'OBLIGATION DE SERVIR DES COMMON CARRIERS ET DES PUBLIC ACCOMMODATIONS FACE AU LIBRE EXERCICE D'UN JUGEMENT ÉDITORIAL

Les analogies, d'une part, avec les transporteurs ou les hébergeurs publics, d'autre part, avec les fonctions éditoriales, sont les plus fréquemment invoquées dans les débats sur la réglementation de la modération des contenus.

Les qualifications utilisées par les cours d'appel et leurs enjeux

L'opinion majoritaire qui fonde la décision de la cour d'appel du 5^e circuit du 16 septembre 2022 sur la loi texane se réfère longuement au régime des *common carriers*. Elle remonte à un jugement de 1444 sur l'obligation des passeurs (*ferrymen*) d'entretenir, d'exploiter et de réparer leurs navires pour servir le public (*for the convenience of the common people*), et

²⁴ Cf. Zoller (2008), « La liberté d'expression : "bien précieux" en Europe, "bien sacré" aux États-Unis ? ».

²⁵ Conseil d'État (2022), pp. 114-116.

²⁶ Cf. également Maxwell (2022), proposant une harmonisation sur ce point de la rédaction du DSA avec le règlement 2021/784 relatif à la lutte contre la diffusion des contenus à caractère terroriste en ligne.

²⁷ Dans une affaire qui concernait le droit de distribuer des tracts dans un centre commercial.

à la théorisation de la notion par le Chief Justice Matthew Hale (*de Portibus maris*, 1670), reprise par la Cour suprême des États-Unis (*Munn v. Illinois*, 1876). Cette qualification, appliquée aux réseaux sociaux parce qu'ils sont un moyen de communication proposé au public sans négociation individuelle et revêtu d'un intérêt public²⁸, permet de légiférer pour leur imposer des règles de non-discrimination, qui sont nécessaires et proportionnées à l'intérêt du Texas à promouvoir « la diffusion à grande échelle d'informations de sources multiples ». La cour écarte toute protection du Premier amendement à l'égard de pratiques²⁹ de « censure »³⁰ des plateformes qui, à la différence des contenus postés par les utilisateurs, ne constitueraient pas une forme d'expression protégée.

La cour d'appel du 11^e circuit a jugé, à l'inverse, que les fonctions de modération et d'organisation de la présentation des contenus postés par les utilisateurs caractérisent, à des degrés divers, l'exercice d'un jugement éditorial par un acteur privé, protégé par le Premier amendement, auquel les dispositions de la loi floridienne (sauf celles qui concernent la transparence) portent une atteinte qui n'est justifiée par aucun intérêt public, que l'on applique à cet égard un contrôle approfondi (*strict scrutiny*)³¹ ou intermédiaire. Elle a écarté les arguments selon lesquels les réseaux sociaux seraient des *common carriers* par nature, ou pourraient l'être par détermination de la loi, et voir de ce fait cette protection réduite au minimum. Elle relève qu'ils ne sont ouverts au public que sous réserve de l'acceptation de leurs conditions d'utilisation, que la Cour suprême n'a pas retenu cette qualification pour le câble, et que le Congrès distingue clairement les services d'information des *common carriers*³².

Le juge Thomas évoquait subsidiairement, dans l'opinion mentionnée plus haut, la qualification de *public accommodations*³³, qui pourrait reposer sur le simple fait de fournir un service à l'ensemble du public.

Le débat sur les qualifications et sur leurs conséquences

Le fait que, dans le domaine des télécommunications, les *common carriers* soient définis et soumis à un régime particulier par la loi et par le régulateur laisse ouverte la question de la qualification des réseaux sociaux comme tels par la jurisprudence. Les considérations qui ont fondé cette qualification de certaines activités ont varié dans l'histoire et sont difficiles à systématiser (Yoo, 2021) :

- le critère du pouvoir de monopole résulte d'une reconstruction historique ou économique *a posteriori* ;

²⁸ Compte tenu de leur rôle central dans la diffusion de l'information et dans les échanges sociaux, culturels et économiques, et du monopole de fait dont disposent les principales plateformes dans leurs « niches » respectives. La cour cite l'opinion du juge Thomas, selon lequel invoquer la possibilité théorique de recourir à une autre plateforme revient à dire à un passager débarqué d'un train qu'il peut toujours utiliser la diligence de l'Oregon Trail.

²⁹ Qu'elle compare à celles de Western Union au XIX^e siècle, refusant de transmettre les messages des concurrents de l'agence Associated Press ou opérant des discriminations à l'encontre de certains discours politiques.

³⁰ Terme employé une centaine de fois dans l'opinion majoritaire.

³¹ Lorsque leurs critères d'application sont liés au contenu (*content-based*), les mesures doivent être justifiées par un intérêt public impérieux, et strictement nécessaires, ce que les juridictions admettent rarement. La cour de district avait appliqué ce contrôle à l'ensemble des dispositions sur la modération, au vu des déclarations du gouverneur sur l'objectif de défense de la liberté d'exprimer des positions conservatrices face aux « médias gauchistes » et aux efforts des « oligarques de Silicon Valley » pour les étouffer.

³² Ou services de télécommunication ("Telecommunications Act", 1996).

³³ Dont j'ai évoqué les lointaines origines dans ces pages (Ollier, 2022).

- la caractérisation d'une activité déterminée comme « revêtue d'un intérêt public » (*affected with a public interest*) n'est plus utilisée par la Cour suprême³⁴ ;
- ce régime a cessé d'être appliqué à certaines activités de transports (aérien, ferroviaire) et de communication à partir des années 1970 ;
- le critère de la contrepartie d'un privilège accordé par l'autorité publique est discuté, et doit ressortir clairement de la loi³⁵ ou de la licence accordée ;
- le critère, le plus largement reconnu, d'une offre indiscriminée de service au public, est circulaire³⁶. Il est aisé d'y échapper en modifiant les conditions de service.

La question de la qualification des réseaux sociaux est compliquée par le fait que, face aux polémiques sur la désinformation ou sur l'incitation à la violence³⁷, ou pour bénéficier des immunités prévues par la section 230 (ou dans l'Union européenne par la directive 2000/31/CE sur le commerce électronique), certains opérateurs se sont défendus de jouer un rôle éditorial³⁸, que leur association professionnelle revendique aujourd'hui devant les tribunaux.

La qualification comme *common carrier*, qui est l'un des critères de justification d'une réglementation économique³⁹, n'a en elle-même pas de rapport avec le niveau de protection de la liberté d'expression de l'opérateur. Toutefois, elles peuvent trouver à s'articuler lorsqu'une réglementation économique affecte cette liberté – en imposant des obligations d'hébergement, de diffusion ou de non-discrimination – ou parce que certaines caractéristiques d'une activité peuvent être pertinentes sous ces deux aspects.

La Cour suprême s'est notamment prononcée sur le cas des câblo-opérateurs, considérés comme des « quasi *common carriers* »⁴⁰. Elle a estimé que la loi qui leur imposait de réserver une partie de leurs canaux pour la diffusion de programmes gratuits de télévision locale (*must-carry*) affectait leur « discrétion éditoriale » – c'est-à-dire leur droit de choisir de diffuser ou non un contenu et la manière de le faire – et à ce titre leur liberté d'expression. Elle a appliqué à cette atteinte un contrôle intermédiaire (de stricte nécessité au regard d'un intérêt public substantiel), dès lors que l'obligation était neutre au regard du contenu, ce qui conduit à écarter un contrôle approfondi, et compte tenu des caractéristiques de l'activité, qui justifient un niveau de protection intermédiaire entre ceux appliqués à la diffusion audiovisuelle et à la presse (*Turner Broadcasting v. FCC*, 1994). La Cour suprême a précisé à cet égard qu'elle ne se fondait pas sur une défaillance de marché, mais sur les caractéristiques physiques de l'activité qui mettent l'opérateur en position de contrôleur d'accès (*gatekeeper*), sans pour autant justifier le même niveau de régulation que la rareté des fréquences.

³⁴ Qui y a substitué d'autres critères de constitutionnalité de la réglementation économique (depuis *Nebbia v. New York*, 1934).

³⁵ Ce qui n'est pas le cas pour les exemptions de responsabilité données aux plateformes par la section 230.

³⁶ C'est aussi le principal critère de définition des *public accommodations*, dont une jurisprudence complaisante avec le ségrégationnisme a pendant un temps restreint la portée, avant que les principes n'en soient inscrits dans le "Civil Rights Act" (1964).

³⁷ Cf. Whitney (2018), à propos de Facebook.

³⁸ La Cour suprême vient d'accepter, le 3 octobre 2022, dans l'affaire *Gonzalez v. Google*, de se saisir de la question de savoir si les plateformes telles que YouTube, Google, Facebook et Twitter, lorsqu'elles font des recommandations ciblées d'informations fournies par des tiers, relèvent de l'exemption de responsabilité prévue par la section 230.

³⁹ Sur la constitutionnalité de laquelle la Cour suprême exerce depuis le "New Deal" un contrôle très distancié, alors qu'elle a en revanche développé un contrôle très strict des atteintes à la liberté d'expression.

⁴⁰ Parce qu'ils ne sont soumis qu'à des obligations spécifiques et limitées de non-discrimination.

La question de la conformité au Premier amendement des obligations qui sont imposées aux opérateurs se pose au regard des niveaux de contrôle appliqués par la Cour suprême à des réglementations qui restreignaient les choix éditoriaux d'entreprises⁴¹ ou d'autres organisations dans l'exercice de différentes activités de diffusion ou d'hébergement. Un essai de synthèse articulée sur ce point fournirait la matière de plusieurs articles. Le tableau ci-contre en esquisse le schéma.

Les réflexions académiques sur la régulation des réseaux sociaux s'orientent dans le sens d'une appréciation différenciée entre les fonctions d'hébergement et de modération, d'une part, et de recommandation, d'autre part (Volkh, 2021 ; Yoo, 2021 ; Keller, 2021), qui permettrait à l'État d'imposer des règles de non-discrimination aux premières⁴².

La jurisprudence de la Cour suprême, construite au fil de l'évolution des moyens modernes de communication, fournit des échelles de contrôle et de qualification des atteintes à la liberté d'expression et des intérêts publics qui les justifient. Elles permettent de délimiter le champ des possibilités de réglementation des fonctions de modération des contenus, entre des obligations de transparence⁴³ et des règles de fond qui affecteraient leur droit d'héberger ou de ne pas héberger certains contenus.

Cette construction pragmatique doit s'articuler avec une approche originaliste, aujourd'hui majoritaire chez les juges de sensibilité conservatrice, qui consiste à interpréter la Constitution selon le sens originel qu'elle avait lors de son adoption en 1787, et indirectement à des époques beaucoup plus lointaines lorsque les principes auxquels renvoie la jurisprudence constitutionnelle sont issus de la *common law* anglaise. Ce rapprochement donne à la Cour des marges d'interprétation importantes.

L'ampleur des clivages sur cette question, entre les positions libertariennes d'une partie de la classe politique et le rejet par les opérateurs de toute forme de régulation publique, se reflète en partie dans la divergence entre les cours d'appel. L'issue d'un renvoi à la Cour suprême de la question de la constitutionnalité des lois de Floride et du Texas encadrant la modération est donc ouverte et incertaine.

RÉFÉRENCES

CONSEIL D'ÉTAT (2022), « Les réseaux sociaux : enjeux et opportunités pour la puissance publique », étude annuelle.

KELLER D. (2021), "Amplification and its discontents", Knight First Amendment Institute.

MAXWELL M. (2022), "Applying Net neutrality rules to social media content moderation systems", *Annales des Mines - Enjeux numériques* n°18, pp. 90-98.

OLLIER J.-Y. (2022), « Contrôle d'accès et droits d'accès dans l'univers numérique », *Annales des Mines - Enjeux numériques*, n°18, pp. 120-128.

VOLOKH E. (2021), "Treating social media platforms like common carriers?", *Journal of Free Speech Law*, 377.

⁴¹ Les entreprises bénéficient de la protection du Premier amendement (*First National Bank of Boston v. Bellotti*, 1978). La réglementation de leur expression commerciale (qui est une catégorie spécifique d'expression bénéficiant d'une moindre protection) fait l'objet d'un contrôle intermédiaire, mais celle de leur expression politique (par exemple à travers le financement des campagnes électorales) donne lieu à un contrôle approfondi.

⁴² Cf. Maxwell (2022), à propos de la transposition de certains principes de neutralité du Net.

⁴³ Dont le principe fait l'objet d'un consensus politique, à défaut d'avoir l'aval des opérateurs.

	Fonctions éditoriales / expression	Protection de la liberté d'expression de l'opérateur
éditeur de presse (<i>Miami Herald v. Tornillo</i> , 1974)	sélection des articles, décisions sur leur contenu et le traitement des sujets	contrôle approfondi. La loi ne peut altérer le message de l'éditeur en lui imposant de publier un droit de réponse.
site Internet (<i>Reno v. ACLU</i> , 1997)		contrôle approfondi. Même niveau de protection que la presse écrite.
câblo-opérateur (<i>Turner Broadcasting v. FCC</i> , 1994)	choix des chaînes distribuées	contrôle intermédiaire. La loi peut lui imposer d'accueillir une chaîne, dès lors que rien ne suggère qu'il en approuve le contenu.
réseau de télévision hertzienne (<i>CBS v. FCC</i> , 1981)	contrôle éditorial de la programmation	protection limitée (en raison de la rareté des fréquences). La loi peut obliger les réseaux nationaux à diffuser des publicités électorales.
organisateur de parade (association de vétérans) (<i>Hurley</i> ^a , 1995)	Le fait d'assembler une parade (célébration de la Saint Patrick) est une forme d'expression.	La loi sur les <i>public accommodations</i> ne peut lui imposer d'accueillir un groupe dont l'expression (pancartes) peut interférer avec son discours.
université subventionnée (<i>Rumsfeld v. FAIR</i> , 2005)	L'accueil sur le campus de recruteurs de l'armée n'affecte pas le discours de l'université.	La loi peut le lui imposer, dès lors qu'elle ne limite pas son droit de s'exprimer sur la politique de l'armée ^b , que rien ne suggère qu'elle l'approuve.
fournisseur d'énergie (<i>Pacific Gas & Electric</i> , 1986)	diffusion d'une <i>newsletter</i> avec les factures	La loi ne peut imposer de diffuser le prospectus d'un concurrent, ce qui pourrait suggérer qu'elle l'approuve ou l'obliger à y répondre.

^a *Hurley v. Irish-American Gay, Lesbian, and Bisexual Group of Boston*, 1995.

^b L'enjeu était la politique "Don't ask, don't tell".

WHITNEY H. (2018), “Search engines, social media and the editorial analogy”, Knight First Amendment Institute.

YOO Ch. (2021), “The First Amendment, common carriers and public accommodations: Net neutrality, digital platforms and privacy”, *Journal of Free Speech Law*, 463.

ZOLLER E. (dir.) (2008), *La liberté d'expression aux États-Unis et en Europe*, Dalloz.

Trente ans après le don du *web* gratuit et ouvert par le CERN, comment réinventer un Internet qui émancipe ?

Par Bertrand PAILHÈS

Directeur des technologies et de l'innovation de la CNIL

Alors que nous allons fêter les 30 ans de l'invention du World Wide Web, le paysage industriel et réglementaire du numérique est en plein bouleversement : l'ambition d'un monde numérique géré par une communauté autonome au profit des intérêts de chacun a fait long feu. À l'inverse, le débat public se focalise sur les effets néfastes de l'Internet et de ses entreprises. Est-ce l'échec de l'ambition d'émancipation individuelle du Net ? Il apparaît qu'il manque sans doute à ce développement une réelle gouvernance et des méthodes qui permettraient de structurer l'usage de ces outils au bénéfice de chacun, même si les débats sur l'intelligence artificielle et la protection des données tentent de replacer l'individu au cœur des objectifs désignés au développement de l'Internet.

LE MODÈLE OUVERT AU CŒUR DU SUCCÈS D'INTERNET

En 1993, l'équipe du CERN dirigée par Tim Berners-Lee à l'origine de la technologie de l'hypertexte et du *web*, décide de rendre gratuitement disponible cette invention et suggère une adoption large. Dans la foulée de cette décision, Tim Berners-Lee crée le World Wide Web Consortium (W3C), avec l'objectif d'en faire une organisation de standardisation, qui imposera l'idée d'un Internet fondé sur des standards partagés et interopérables.

À l'époque, cette idée se confronte aux modèles fermés proposés par des acteurs comme America On Line (AOL) ou CompuServe (ou le Minitel en France), visant à proposer des portails de service « fermés » et sur abonnement. L'adoption rapide des standards du web par de nombreux fournisseurs de service rend progressivement attractif l'accès à cet « Internet » et voit une évolution du modèle d'affaires vers la simple fourniture d'un « accès à Internet » payant mais ne proposant pas de limites en termes d'usages ou de services accessibles¹.

Au cours des années 2000, si le *web* s'impose progressivement comme plateforme principale d'hébergement et de présentation des contenus en ligne, d'autres technologies font l'objet d'un débat intense entre approche « fermée » et approche « ouverte ».

Avec la sortie de Windows 95, puis de Windows 98, Microsoft met la main sur le marché des navigateurs au détriment de Netscape, et commence à imposer des briques techniques de son système d'exploitation aux développeurs *web*. En 2004, la fondation Mozilla lance une initiative destinée à promouvoir l'interopérabilité et un nouveau navigateur, Firefox,

¹ Cet acquis sera consolidé par les nombreux débats publics sur la « neutralité du Net » dans les années 2000 et jusqu'au milieu des années 2010.

successeur de Netscape et dont l'ADN est d'être compatible avec tous les standards ouverts du W3C. Le succès croissant de ce navigateur et de son concurrent Opera² pousse Microsoft à intégrer également les standards du W3C, et éloigne le risque de fermeture du *web*. Quelques années plus tard, deux autres navigateurs sont créés, Chrome et Safari, qui deviendront les deux principaux navigateurs utilisés en 2022, grâce également à leurs liens avec les systèmes d'exploitation mobiles Android et iOS.

Dans la même période, une autre bataille occupe le monde numérique : les "*Crypto Wars*"³, autour de l'ouverture des algorithmes de chiffrement. Les autorités publiques, notamment de sécurité nationale aux États-Unis, sont réticentes à autoriser l'usage libre de ces algorithmes, mais les limites imposées sur les technologies utilisées civilement réduisent la confiance des scientifiques et plus largement du grand public et des entreprises dans ces technologies. À partir de la fin des années 1990, ces technologies vont être rendues complètement publiques pour permettre de sécuriser les transactions en ligne et devenir une brique fondamentale de la sécurité du *web* et des ordinateurs. Aujourd'hui encore, la sécurité de tout algorithme cryptographique repose avant tout sur la publicité de l'approche proposée au point que le terme consacré est devenu « algorithme public réputé fort » pour qualifier la cryptographie utilisable pour des fonctions standard.

À l'aune de ces quelques exemples, il semble évident que le succès du *web*, sa résilience face à une croissance presque sans limite qui touche aujourd'hui la majeure partie de la population mondiale, et sa sécurité reposent sur ces approches d'ouverture que l'on retrouve également dans des couches plus « basses » des réseaux (RFC de l'IETF par exemple).

UN OUTIL RÉVOLUTIONNAIRE POUR LES SOCIÉTÉS ET LES INDIVIDUS

De manière plus fondamentale, l'Internet et le *web* tels qu'ils ont été construits à la fin du XX^e siècle portaient, au-delà d'une gouvernance de la technologie, l'espoir d'une réelle émancipation de la société physique par le biais de ces nouvelles interfaces, comme le rappelait la célèbre « Déclaration d'Indépendance du Cyberspace »⁴, écrite par John Perry Barlow à Davos où il percevait l'appétit des gouvernements et des entreprises pour ce nouveau monde.

De ce point de vue et même s'il semble difficile d'isoler les effets liés à Internet, il est certain que cette technologie a largement contribué à revoir les équilibres de la société, de l'économie et de la politique, en permettant une participation des utilisateurs sans commune mesure avec les autres médias, et en ouvrant à chacun la possibilité de nouer de nouvelles interactions et de créer de nouvelles communautés d'intérêt. En 2022, il semble évident à tout jeune utilisateur d'Internet que son *smartphone* est la principale porte d'entrée vers ses amis, les personnes qui partagent ses passions ou les contenus qu'il veut consommer.

Pourtant, si les technologies de la première génération du Net, comme l'*email*, le *web*, le *peer-to-peer* ou les forums étaient librement partagées et utilisées, celles qui ont permis l'essor de cette participation sont généralement produites et opérées par des entreprises commerciales engagées dans des modèles économiques de valorisation de cette participation (notamment par la publicité pour une partie significative d'entre elles). Ces

² Ainsi que, plus tard, la procédure de la Commission européenne contre le lien entre Windows et le navigateur Explorer.

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Crypto_Wars

⁴ <https://www.eff.org/cyberspace-independence>

entreprises essaient à leur tour de capter les utilisateurs au sein d'écosystèmes fermés : Google incite à chaque instant ses utilisateurs à se connecter, les réseaux sociaux sont accessibles sur inscription⁵, et dans certains pays, les utilisateurs ne distinguent pas Facebook de l'Internet⁶.

L'attention publique est ainsi principalement portée sur les actions et les responsabilités de ces acteurs économiques dans le développement des « maux de l'Internet » : haine en ligne, exploitation de données personnelles, fausses nouvelles, publicité politique. Il est certainement nécessaire de renforcer le contrôle de ces plateformes pour assurer l'alignement de leurs objectifs avec ceux définis par la société et les élus politiques.

Mais il convient aussi de s'interroger sur les effets inévitables de ces technologies déployées à une telle échelle, et notamment sur la contribution à un objectif constant des sociétés occidentales depuis plus de deux siècles : l'émancipation des individus.

UNE ÉMANCIPATION DISCUTABLE

La notion d'émancipation au sens moderne émerge avec la philosophie des Lumières et peut être résumée par cette citation d'Emmanuel Kant dans son ouvrage *Qu'est-ce que les Lumières ?* publié en 1784 : « *Sapere aude !* Aie le courage de te servir de ton propre entendement ! » Dans cette perspective, chaque individu est invité à développer à la fois son esprit critique et à mobiliser des méthodes scientifiques et philosophiques pour « se faire sa propre opinion ».

Il est frappant de constater que cette ambition rejoint directement celle des réseaux sociaux du XXI^e siècle et est au cœur des débats actuels sur les fausses informations. En effet, en donnant accès à une infinité d'opinions, d'analyses et de données, le *web* propose, en un seul mouvement, que chaque individu puisse se forger une opinion personnelle et qu'il puisse l'exprimer facilement et directement aux personnes intéressées. En ouvrant largement les possibilités d'expression et d'échange, les fondateurs du *web* se situent dans une vision libérale fortement implantée aux États-Unis, et internalisée par les grandes entreprises du *web*, en raison notamment du cadre juridique américain.

Pourtant, la mise en œuvre de ces principes dans le *web* moderne ne peut réellement être rapprochée ni des origines de l'Internet ni de la philosophie des Lumières. La nature et l'organisation du débat sur Internet s'éloignent ainsi des pratiques des organisations régissant sa gouvernance, fondées sur des mécanismes de décision élaborés et précis (consensus, *rough consensus*, etc.), cette pratique étant elle-même dérivée des principes de la démocratie américaine décrits par Tocqueville ou dans la notion de *public* de John Dewey⁷. Elle n'est pas plus proche des principes régissant la philosophie des Lumières, reposant sur un « entendement » propre fondé sur des fondements scientifiques et des évaluations aussi objectives que possible.

En somme, si le *web* actuel a permis le développement des échanges et des idées, il manquerait d'une réelle gouvernance et de méthodes qui permettraient réellement aux

⁵ En 2021, un tiers du temps passé sur Internet l'a été sur les réseaux sociaux, <https://www.mediametrie.fr/fr/lannee-internet-2021>

⁶ <https://qz.com/333313/millions-of-facebook-users-have-no-idea-theyre-using-the-internet/>

⁷ Dans *Le Public et ses problèmes* (1927), John Dewey voit dans la communauté la clé de la résolution des problèmes : « Comme le disait Emerson, nous reposons au sein d'une immense intelligence. Mais cette intelligence restera assoupie et ses communications, brisées, inarticulées et défailtantes, tant qu'elle ne se développera pas au sein de cette communauté locale. »

communautés⁸ et aux individus l'utilisant de s'approcher de l'idéal d'émancipation qu'il promettait.

QUELLES PISTES POUR L'AVENIR ?

Il est frappant de constater que les débats qui portent sur la régulation d'Internet opposent souvent plusieurs principes démocratiques (liberté d'expression, liberté d'entreprendre, politiques publiques décidées démocratiquement), mais questionnent assez peu le sujet de l'émancipation au sens des Lumières⁹.

Heureusement, certains nouveaux champs de régulation numérique évoquent indirectement cette notion : par exemple, les nombreux débats autour de la régulation de l'intelligence artificielle (IA) ont fait émerger la notion « d'agentivité humaine » (*human agency*) comme principe nécessaire pour maîtriser les effets des IA.

Ces débats autour de l'IA ne proviennent pas de la tradition américaine autour de la liberté d'expression, mais sont très influencés par un autre droit fondamental d'inspiration européenne : le droit des individus à contrôler les effets de l'informatique sur leurs libertés, et notamment sur leur droit à la vie privée. Ainsi, le droit à ne pas faire l'objet d'une décision automatisée figure dans la loi française depuis plusieurs décennies et sera certainement renforcé à l'occasion des futures réglementations sur l'IA.

Ces réglementations sur l'informatique et les données, issues d'un large débat public dans les années 1970, portent l'idée d'un utilisateur plus autonome, mieux informé et capable d'exercer ses droits. En pratique, la réalité est plus mitigée et le « paradoxe de la vie privée » montre la relative inadéquation des instruments juridiques à la main des personnes pour faire correspondre les pratiques des acteurs du numérique avec leurs attentes. L'adoption du RGPD (Règlement général pour la protection des données personnelles) sur le territoire de l'Union européenne, qui propose une gouvernance partagée entre la responsabilité des entreprises, les droits des individus et les pouvoirs de contrôle des autorités, devrait néanmoins permettre de corriger les comportements les moins désirés.

Ainsi, par le biais de la protection des données, l'Europe propose-t-elle peut-être une manière de corriger les insuffisances de la régulation des contenus, en remplaçant l'individu et ses libertés comme objet principal des politiques publiques. D'un point de vue technique, cette focalisation conduit en pratique à soutenir souvent des approches plus décentralisées, perçues comme protectrices “*by design*”, qui rejoignent les ambitions des fondateurs de l'Internet.

À cet égard, le nouveau projet de Tim Berners-Lee, Inrupt, vise à proposer une nouvelle architecture de l'Internet pour réconcilier la vision du *web* qu'il a donnée au monde en 1993 avec la protection des données, notion également essentielle pour ce chercheur d'origine européenne. L'avenir dira si cette ambition saura s'imposer dans un monde numérique où les géants industriels sont autrement plus puissants qu'il y a trente ans.

⁸ À cet égard, il faut relever la pratique courante des entreprises américaines du *web* de nommer leurs règles d'utilisation “*community guidelines*” alors qu'elles sont définies souverainement par le fournisseur de la plateforme. Wikipédia constitue une exception notable à ces pratiques.

⁹ Le débat actuel qui s'en rapprocherait le plus, autour de la notion de *woke* qui poursuit le même idéal de mise en perspective, semble très éloigné des débats des Lumières.

Interview with Maarten BOTTERMAN, former Board Chair of ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)

By Alexia KAPPELMANN & the Board of *Enjeux numériques*

Presentation of Maarten BOTTERMAN

Starting out as head of the IT department of the North Sea Directorate for the Dutch government with the mission of optimizing office applications and data sharing, Maarten Botterman went on to implement and promote telework within the Dutch government, making him one of the pioneers for telework introduction at a time where emails were not in regular use (1990-1995). He then joined the European Commission as a scientific officer for the European Commission's communications and IT research program from 1995 to the end of 1999, and worked on introducing telework on a European level. After that, he was invited by the RAND Corporation, a global policy think tank, to set up an information society policy program in Europe. He became independent in 2006, working since then as a strategic adviser on Internet governance and related issues. He was Chair of PIR (Public Interest Registry) for 8 years and served as Chair of the ICANN Board of Directors from 2019 to 2022. In September 2022, he was reelected for a third and final term until 2025 as a member of the ICANN Board of Directors.

Maarten Botterman has more than 25 years of experience in guiding governments and major organizations on the economic and societal impacts of current and future Internet innovations and technologies. Ensuring that society is benefitting from IT has been his life's mission. He is passionate about finding ways toward a sustainable future, with the belief that having a single, globally interoperable Internet is a critical component.

Alexia KAPPELMANN: At the time of the interview, you were Board Chair of ICANN.

Can you tell us about ICANN's current missions and ambitions? Its successes and its difficulties?

Maarten BOTTERMAN: ICANN's mission is to ensure the stable and secure operation of the Internet's unique identifier systems. We have successfully delivered on this mission for over 20 years.

The Internet has become an essential part of daily life for more than 5 billion people across the globe. And the Internet continues to work, even in continuously changing

circumstances. When Internet usage rose dramatically at the start of the pandemic due to restrictions on in-person activities, the Internet became a reliable lifeline that connected people, enabled students to continue their education, provided access to goods and services, and so much more. I strongly believe that without the Internet, we will not be able to keep this world going!

As Internet usage continues to increase worldwide, there is also growing pressure on the infrastructure of the Internet. A major challenge for ICANN is persistent security threats to the Domain Name System (DNS) and Root Server System. ICANN also faces continuous challenges to its multistakeholder model of governance. We are addressing these challenges and others, as outlined in ICANN's five-year Strategic Plan. We are also working to strengthen the multistakeholder model by increasing the capacity and diversity of the community.

ICANN doesn't do its work alone; we are an important contributor, but for the technical operation of the Internet, the work of the Internet Engineering Task Force (IETF), the standard-setting body, is crucial, and the RIR (Regional Internet Registry) with the distribution of IP numbers also has an important part. The root server operators, who essentially transmit data from one end to the other, are independent from ICANN but can participate in ICANN as well as an advisory committee. Even governments are important, which is why we also have a Governmental Advisory Committee to express its concerns and suggestions. None of this would work without companies that sell domain names, websites, etc. And they gather with us as well. So together, this whole ecosystem is what makes it work, and yes ICANN is a place where many of these come together and has a central role in it, but ICANN in itself couldn't do it alone.

The new challenge for network is the reduction of latency, either for vehicle-to-vehicle communication or metaverse. Could it change the way names or identifiers are managed?

When considering the ongoing digitalization of society, including the exponential growth of Internet-connected devices (Internet of Things – sensors and actuators that act as eyes, ears, and hands for connected systems), and the increasing use of artificial intelligence predicted in the years to come, I can see latency becoming increasingly important. Yet, even more critical is that the addressing is trustworthy – this is more important than the speed of connecting. The names or identifiers and how these are used in connecting devices is therefore at the heart of the Internet of the future. Research, analysis, and governance need to come together in progressing the Internet towards something that I think will also support my children in the future.

What are the next challenges in the addressing field (beyond unicast, multicast, broadcast, geonetworking), with the rise of connected objects and network virtualization? What are the possible interactions with 3GPP?

There has been active academic research in the addressing field ever since the Internet was created. New addressing schemes are proposed regularly, but none have proven valuable enough to replace the traditional model so far. The possible interactions of traditional models with 3GPP 5G specifications is network slicing. Although network slicing is essentially unicast, it risks further eroding the model of one world, one Internet. The

ICANN Office of the Chief Technology Officer paper OCTO-004¹ provides more information on this topic.

With the growing concern on digital sovereignty in different continents, how does ICANN plan to address conflicts between regional legislations? Would a global and multilateral agreement be needed to guarantee your slogan “One World, One Internet”?

It is not ICANN’s role to tell governments what they can and cannot do. Our role is to inform governments about potential impacts on the global availability of one end-to-end network that connects all people, and warning against unintended consequences of new policies and legislation – in particular those that have an impact beyond the jurisdiction of the country or body that formulated them. We have seen wide support for one global, interoperable Internet, run by the global multistakeholder community, from governments all over the world – but not by all.

The book *Four Internets: Data, Geopolitics, and the Governance of Cyberspace* by Kieron O’Hara and Wendy Hall offers a good background on where the world may be going. Different parts of the world have different societal priorities, and this may affect the ability of users in certain parts of the world to continue to be connected seamlessly.

“I strongly believe that without the Internet, we will not be able to keep this world going.”

All ICANN can and will do is ensure the Internet as we know it remains a worldwide system that people, organizations, and countries can rely on. As the trusted steward of the Internet’s unique identifiers, ICANN acts in the global public interest. Making sure that the stakeholders together determine how we run it, how we govern it, keeps it from becoming political, and assures that it really is there to serve the world and that it can best help the world in achieving its societal objectives as well, I am referring in particular to the SDGs [sustainable development goals] as a clear example.

Talking about the SDGs, how do you see the connection or disconnection between the possibilities of digital technologies’ developments and the societal expectations, either in terms of sustainability and privacy? Do you think a co-evolution of sustainability and digital pathways will be possible in a near future?

I cannot see a sustainable future without digital pathways. We need to be able to organize and collaborate to apply the most cutting-edge knowledge and technology to address global challenges. So, yes, there are challenges in terms of sustainability and the environment. Yet, we need to find a balance – and not using digital pathways is not an option. So let’s put this technology to good use, for the benefit of all people.

Covid has shown us even more urgently than climate change already has that we cannot solve these problems within one country so we need things to communicate and work together. The Internet facilitates that. Like the sea facilitates freight by transport of

¹ <https://www.icann.org/en/system/files/files/octo-004-23jan20-en.pdf>

goods, the Internet facilitates exchange of data, information, communication, so in that way I would see it as a global public good, and in that way it would serve.

Within the re-localization of processes that is undergoing due to sanitary crises, conflicts or climate change, what is your vision regarding the contribution of digital technologies?

Maintaining digital pathways is even more important in times of crisis. Earlier this year, we were informed that registrants in Ukraine and the surrounding region affected by the Russia-Ukraine war were unable to renew their domain names because of the circumstances. ICANN granted relief to these registrants by classifying the conflict as an extenuating circumstance under the “Registrar Accreditation Agreement”. This gave registrars the flexibility to extend the domain name registration renewal period for domain name holders in those areas. ICANN previously invoked this type of relief in response to disruptions caused by hurricane Maria in 2017 and the Covid-19 pandemic in 2020.

“ICANN does not control content or platforms that run over the Internet. We do governance off the Internet, or ‘on the Internet’.”

We have also observed that bad actors take advantage of such crises when seeking new ways to use the DNS to victimize users. In response, ICANN launched the “Domain Name Security Threat Information Collection and Reporting” (DNSTICR) project soon after Covid-19 emerged. DNSTICR is a multilingual tool designed to search for phishing or malware domain names that match with a set of keywords. Through DNSTICR, we scanned registrations related to the pandemic for evidence of malware or phishing, and reported any malicious activity to the responsible registry or registrar. This year, ICANN added terms related to the Russia-Ukraine war, in English, Ukrainian, Russian, Polish, and other appropriate languages. This project supports ICANN’s mission of maintaining a safe, secure, and interoperable Internet, even in times of crisis.

How has ICANN been navigating the Covid crisis these past few years? What is the work routine as a member of the Board, if there is one, and how has it been affected by the lockdowns?

Covid prevented the Board from meeting in person for more than two years. However, we were able to quickly pivot to a virtual meeting format to conduct our work. Rather than meeting for two or three days in a row, as was our practice, we instead met for several hours each week. In practice, it means that most Board members would spend about half of their working time on Board work. And admittedly, during my time as Chair, I did not have a lot of time to do other things; so as Chair for me, it was full time because I helped make sure that the Board stood ready to receive those information and agenda setting, etc.

And a lot has been going on in the recent years. I must say Covid has not made it easier, but thanks to the Internet we were able to continue to keep ourselves informed and have discussions, although sometimes it’s much easier if all can be in one room, in particular

when there is a difference of interpretations. It has been an interesting three years of not being able to meet in person, despite that, we've been able to continue our work.

We recently held a hybrid meeting in Kuala Lumpur [Malaysia] and what became clear is that we are to serve the world to ensure that sustainable development goals can be met and that we as good citizens, with a global footprint, also need to be aware of challenges like climate change, and that we need to consider how to build off that appropriately. We do this in part by being more conscious about which meetings we hold in person and which meetings we hold via the Internet, and also by making sure that people who do not feel that they want to travel can participate remotely. In the past, before Covid, this was also possible; I mean you would have people listening in all the time and once in a while questions got read, but I think what we try to do more and more now is to make sure that the people who are not in the room can still participate effectively during meetings. We will continue to look into how we can ensure it is as inclusive as possible for both people online and in the room, recognizing that being in the room still has some features that we will never be able to get, even by the best means, online.

Metaverses are expected to change the way we communicate or work. Do you think it is true, or do you expect something like the experience around the blockchain technologies where main providers are nowadays more reserved on its potential?

ICANN is the technical coordinator of unique identifiers for the Internet. ICANN does not control content or platforms that run over the Internet. We do governance off the Internet, or “on the Internet”. We make sure that things work the way they need to, that the addressing is stable, secure, interoperable, but we are not about what is happening on the Internet. So as soon as you come to Facebook, to any website, information or service, you are on the Internet and that is not our domain anymore. We cannot take responsibility for that. And that's important, because if we were to go beyond and were asked to also look into content, fake news, what is politically correct, etc., we would no longer be able to do our job. Making sure that the Internet works is the best guarantee for the world to have access to an Internet that can serve any purpose.

We recently had an event on data ownership and sharing, discussing among other things the different European Acts that are being currently implemented. Along the talk got mentioned a “Frenchy organization”, so as to refer to a French way to organize and come to the table about those topics. Would you concur? What is your experience of the Frenchy organization?

My experience over the years in working with France and French people stretches back to the early 1990s, when I was working on the introduction of telework in the Dutch government. In those years, “teletravail” also had high interest in certain circles in France. At that time, we needed to build up bulletin board systems to facilitate communication between people in the office and people at home – the early years. Minitel was widely used in France, before the world wide web became popular as means for exchange of information. These experiences have all contributed to where the Internet is today, I believe. So I don't think France is different in that way. The Internet is not one network,

it's a network of networks... With regards to data sharing, we are facing the challenge to make the best possible use of data, as we need to progress science and our understanding of what is happening in the world. At the same time, we need to ensure that there is something like privacy still possible in a world where everything is increasingly digitized. French' more philosophical morals may be different than those from other cultures, but I firmly believe that in the end it's about a world that continues to serve the generations to come – a world I would want my children to be able to live in. Key in this is that we communicate with each other, respect the differences, and seek a way forward that serves the world. Working globally for several decades now, it is even more clear to me than ever that this is One World we share – and regional or territorial focus is for global matters just not good enough. We see this with fighting the pandemic, addressing global heating, and sharing this one global Internet that is secure, stable, and interoperable to allow the world to communicate and share.

***“Making sure that the Internet works
is the best guarantee for the world
to have access to an Internet
that can serve any purpose.”***

And finally, what reasons do we have to be optimistic about ICANN? For the digital world?

The Internet works. The power of the Internet comes from being a single, interoperable system that is easily accessible, globally and locally. For more than 20 years, ICANN has provided the world with secure, stable, and interoperable unique addressing systems without fail. We make this happen through the hard work of many people and organizations from around the world who care about providing the world with a trustworthy system. And despite our differences, there is so much more that unites us than divides us. Together we can continue to deliver on our mission, as long as we keep our focus on the goal – one Internet to serve the people that share one world.

Beyond the issues, what are the futures?

06 **Digital agriculture: Can new digital technologies accelerate the fundamental transformation of food systems?**

Véronique Bellon-Maurel & Isabelle Piot-Lepetit.

Digital technology can accelerate the transformation of food systems to make them healthier, more sustainable, and more ethical, following the principles of agroecology. This synergy between digital technology and agroecology is giving rise to new research challenges: Designing low-cost, frugal, and easy-to-use sensors and robots, modeling more complex agricultural systems, rethinking food traceability and e-commerce systems to improve their efficiency, and building ethical data governance. A “responsible research and innovation” approach is needed to meet these challenges.

13 **Digital technology and the restructuring of the electrical sector**

Ivan Fauchoux.

Far from allowing a simple incremental improvement of our electrical system, digital technologies are challenging many of the principles on which this system is based. The other major movement that is also impacting these principles is the transition to an economic and social system that emits less greenhouse gases. These two movements sometimes combine, but they can also clash. This article has no other ambition than to ask questions about this restructuring and the challenge of setting the terms of a passionate debate: Electricity has a well-normalized energy value, but its emotional value sometimes gives a foretaste of the infinite... and this article’s author apologizes in advance for not being able to provide firm and definitive answers in a world full of certainties, but invites the reader to pick up these few digital reflections from an energy peregrine who has undoubtedly lost his way outside his world of reference!

19 **Digital management of the health crisis: Some lessons learned**

Maurice Ronai.

The Covid-19 crisis is the first major pandemic of the 21st century. We have not finished analyzing its consequences. Among countless lessons, it was the first major test of the ability of “digital technology” to enable us to deal with containment and travel restrictions.

It was also the first health crisis to be managed digitally. From start to finish. Well, almost: Epidemic monitoring, modeling, hospital capacity management, teleconsultation, implementation of testing campaigns, then of the vaccine, contact tracing, remote patient monitoring.

This crisis shows us that companies can quickly reorganize around new priorities. In a way, it is a “dress rehearsal” for bigger disasters, new pandemics, or those that are coming with climate change. Digital agility, “emergency science”, cooperation mechanisms, collective intelligence are all part of the preparation of future crises.

29 Societies in transition:

What changes can we expect from digital technology?

Alexandre Tisserant.

Since the beginnings of the Internet, the promises of digital technology have been filled with the common good, horizontality, infinite sharing of knowledge, equality, openness, neutrality, and free access. Fifty years after the first official demonstration of Arpanet, the social and economic interest of digital development no longer seems to need to be demonstrated, but the development of digital content and uses has been guided above all by a need for economic profitability, often to the detriment of these promises, or of socio-ecological objectives. While the metaverse promises us the possibility of a total and permanent disintermediation of our bodies with reality, other projects of exploitation of digital technologies are possible to reconcile an ethical and sustainable relationship with life. To do this, it will be necessary to authorize ourselves to build new imaginary worlds in which to project our digital expectations, and, above all, to take back in hand the conditions of their realization. A daring project, but probably necessary.

35 Trust in the digital age starts with words

Côme Berbain.

Digital technology holds the promise of creating trust between people or entities that have never met. If it seems to be primarily technical in nature, the creation and maintenance of trust requires a coherent discourse between the purposes, practices, technologies, and organizations, both digital and physical. From then on, this discourse itself becomes an object of trust or mistrust that can have effects contrary to the initial intentions. The construction and use of such a discourse involves all the internal and external stakeholders of organizations, and remains a challenge to be met in order to create trust in the digital age.

39 Legal markets and professions facing digital challenges

Bruno Deffains.

At a time when digital transformation has become a priority for both the public and private sectors, it is essential to assess the state of digitization of the law as an important factor in the economic efficiency of the legal market and the public service of justice. The digital transformation of the legal market has been a reality for several years. Driven by the legal professions, it is improving the conditions of access to the law, and allowing for new uses of digital tools applied to the legal world.

47 The great return of sovereignty:

Short circuits or closed circuits?

Pierre Bonis.

A little more than two years ago (in September 2020), an eternity, we questioned in the columns of this magazine the notions of borders and territories, associated with the Internet. It was at the very beginning of the pandemic. It was before the war in Ukraine.

And while we were, for the most part, for the authors who participated in this issue, questioning the articulation between the notions of digital proximity and global interoperability, an era of globalization (which we could say was a happy one, at least from the point of view of progress in connectivity and services rendered by the Internet) was coming to an end.

These same notions, to which we can add those of digital sovereignty, cultural diversity, and legislative interoperability in cyberspace, have been shaken by the events of the last two years.

How have these notions evolved? Is there a risk that the short circuit will eventually be replaced by a closed circuit?

51 Frequencies, managing a key resource

François Rancy.

The radio frequency spectrum is the scarce resource that underpins most of the applications upon which our societies have been largely depending in just a few decades.

Today, six billion people have at least one mobile subscription, can locate themselves at any time and at any point on the globe, or know the weather permanently thanks to the global meteorological system; and almost two billion people have DTT and more than one billion have a satellite television receiver. All of this only exists because, for decades, the frequencies that make it possible have been harmonized globally, organized and protected as the underlying technologies have emerged.

This result, which mobilizes investments of thousands of billions of dollars, did not come about by chance. It has been achieved through the combined efforts of all the world's states and stakeholders for more than a century to organize and manage the spectrum, on Earth and in space, in a rational, equitable, efficient, and cost-effective manner.

58 Objects: From communication to intelligence

Anne-Lise Thouroude.

Communicating objects are at the heart of the creation of data, and thus of the digitalization of our society. The multitude of data generated by connected objects makes them the essential breeding ground for the intelligence that comes from them. In this context, the impact of the ever-increasing number of communicating objects brings to light issues intrinsically linked to the digitization of society.

This article touches on some of the issues raised by the massification of objects: Issues of privacy and data sovereignty, issues of security, and, finally, issues of sobriety.

63 Cybercrime outlook for the next ten to twenty years

Éric Freyssinet.

Cybercrime must be seen as a phenomenon in perpetual movement, which adapts to technologies and uses, and which appropriates the defenses put in place by society, cybersecurity actors, and, of course, the legal authorities chasing them. The action of cybercriminals is underpinned by fundamental movements: Essentially financial motivations, recipes that work in the long term, but we must be prepared for developments in the years to come that could further upset the approaches to prevention and fight. Let's explore the prospects of cybercrime in the next ten to twenty years.

**68 Human and artificial intelligences:
Collaboration, confrontation or substitution?**

Arnaud de La Fortelle.

Artificial intelligence is often scary. At the very least, it raises concerns. Yet, it is a technique that is deployed rather easily, as its advantages outweigh its disadvantages. This article presents a brief analysis of the two years since the eponymous issue. We will see that new domains have been "won" by artificial

intelligence, such as mathematics or art. But these domains seemed to be distinctive of the human soul, which raises questions, and renews the one posed by the title.

72 Internet and its uses: between wisdom and frenzy

Michel Schmitt.

The news on the evolution of Internet uses is abundant. For example, containment has created a life-size laboratory of uses, and lessons are being learned, particularly in the fields of education and work. Some uses are further widening the gap between virtual and real, such as the explosion of NFTs. On the other hand, the European Commission is putting in place new tools to regulate the Internet through the “Digital Market Act” and the “Digital Service Act”, aiming to make the real and the virtual converge. Thus, we are oscillating between wisdom and frenzy, which is described in this article through numerous examples.

77 On analogies used in the debates on the regulation of social media content moderation systems in the United States

Jean-Yves Ollier.

Following the deplatforming of president Trump by the main social networks, Florida and Texas passed laws restricting the latter’s ability to exclude users and to moderate contents. As federal appeal courts have reached opposite conclusions on whether these laws violate the firms’ First Amendment rights, creating a circuit split, the cases could be brought before the Supreme court. It is difficult to anticipate how it might rule on this matter, on which a great variety of analogies are being used in legal debates: Public forums, common carriers, and public accommodations, having a duty to serve the public without discrimination pursuant to ancient principles common law, and editorial functions, protected by the First Amendment.

89 Thirty years after CERN’s gift of the free and open Web, how do we reinvent an empowering Internet?

Bertrand Pailhès.

As we celebrate the 30th anniversary of the invention of the World Wide Web, the industrial and regulatory landscape of the digital world is in upheaval: The ambition of a digital world managed by an autonomous community for the benefit of everyone’s interests has faded. On the contrary, the public debate is focused on the harmful effects of the Internet and its companies. Is this the failure of the Net’s ambition of individual emancipation? It seems that this development probably lacks real governance and methods that would allow the use of these tools to be structured for the benefit of everyone, even if the debates on artificial intelligence and data protection try to put the individual back at the heart of the objectives designated for the development of the Internet.

ENJEUX NUMÉRIQUES

L'agriculture numérique

Introduction : Le numérique, accompagner le changement de la fourche à la fourchette

Isabelle PIOT-LEPETIT et Véronique BELLON-MAUREL

Mieux produire : vers une agro-écologie numérique ?

How can precision livestock farming contribute to the principles of agroecology?

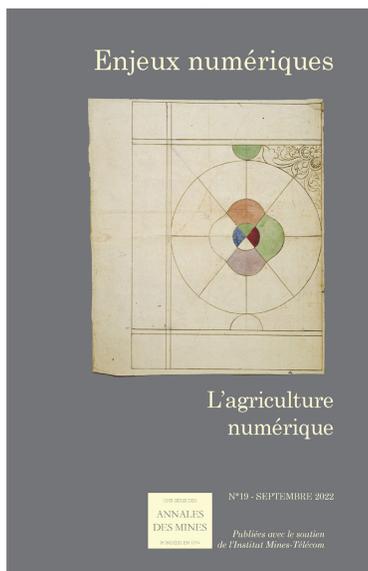
Ludovic BROSSARD, Clément ALLAIN & Jean-Baptiste MENASSOL

Le développement du numérique : quelles perspectives pour l'agriculture

biologique ? **Éléonore SCHNEBELIN, Pierre LABARTHE & Jean-Marc TOUZARD**

De la donnée au traitement autonome pour l'agroécologie

Roland LENAIN et Christophe AUBÉ



n° 19 - Septembre 2022

Mieux s'insérer dans les filières : achat, vente, confiance, régionalisation

Perspectives logistiques et marketing de la traçabilité agri-alimentaire par la *blockchain* : Études de cas des usages de Walmart et Carrefour

Florent SAUCÈDE

Les plateformes numériques de vente : quelle(s) opportunité(s) pour les producteurs ?

Romane GUILLOT, Magali AUBERT & Anne MIONE

Reconfiguration of food value chains – between logistics and traceability

Fatima EL HADAD-GAUTHIER & Isabelle PIOT-LEPETIT

Quel effet de la digitalisation de l'agriculture sur les services de conseil ?

Pierre LABARTHE

Outils numériques : enjeux de coordination d'acteurs, de partage et de valorisation de la donnée

Soazig DI BIANCO et Mohamed GHALI

Mieux partager, mieux apprendre

Comment réussir un projet de *crowdsourcing* d'observations spatialisées en agriculture ?

Léo PICHON

Le numérique au service des différentes phases de création et d'utilisation des jeux sérieux en agriculture

Gilles MARTEL, Médulline TERRIER-GESBERT, François JOHANY &

Sylvain DERNAT

L'accès aux données agricoles : les domaines d'intervention de la loi et du contrat

Laura TOMASSO

Le rôle des organisations professionnelles agricoles dans la construction d'un climat de confiance propice aux échanges et à la valorisation des données du secteur agricole

Guillaume JOYAU

La formation des agriculteurs peut-elle accompagner le développement de l'agriculture numérique ?

Béatrice DINGLI et Sylvie BOURGÉAIS

Les voies de l'innovation en agriculture numérique

Start-ups and digital innovation in the agri-food sector

Isabelle PIOT-LEPETIT & Mauro FLOREZ

Les voies de l'innovation en agriculture numérique : les living labs et Digifermes®, des dispositifs pour la co-innovation

Jacques-Eric BERGEZ, Mehdi SINÉ & Muriel MAMBRINI

Quelle place pour les *hackathons* pour accompagner l'innovation numérique en agriculture ?

François BRUN, Mathieu RAJAOBA & François GAUDIN

Le mobilab AgroTIC pour aller à la rencontre des agriculteurs

Bruno TISSEYRE et Simon MOINARD

Le panorama mondial de l'agriculture numérique

Global adoption of digital agriculture

Simon COOK, Elizabeth JACKSON & Davide CAMMARANO

Une agriculture numérique inclusive ? Le cas de l'agriculture familiale en Afrique de l'Ouest

Pascal BONNET, Jean-Daniel CESARO, Chloé ALEXANDRE, Anna SOW, Mathieu ROCHE & Nicolas PAGET

Déploiement du numérique en agriculture en France

Sarah DJAFOUR et Bruno TISSEYRE

Ce numéro a été coordonné par **Isabelle PIOT-LEPETIT et Véronique BELLON-MAUREL**

Ce numéro peut être consulté et téléchargé gratuitement sur notre site
<http://www.annales.org>

Ont contribué à ce numéro

Dr Véronique BELLON-MAUREL, ingénieur agronome et ingénieur des Ponts, des Eaux et des Forêts, est directrice adjointe du département Mathnum à l'INRAE. Elle s'est spécialisée dans les capteurs en agriculture, puis dans l'évaluation environnementale. En 2016, elle monte à Montpellier l'Institut Convergences Agriculture Numérique #DigitAg, financé par le Programme Investissement d'Avenir (France 2030) et qu'elle dirige depuis. Basé sur des recherches interdisciplinaires faisant dialoguer sciences sociales, sciences du numérique et agronomes, ce dispositif s'attache à construire les socles académiques pour le développement d'une agriculture numérique responsable en France et dans les pays du Sud. Il est unique en France et dans le monde. En 2020, elle crée le *living lab* Occitanum (Occitanie Agroécologie Numérique), qui vise à mobiliser les technologies numériques pour favoriser le développement de l'agroécologie et de l'alimentation de proximité. Elle est membre de l'Académie des Technologies depuis 2020.

Elle a co-coordonné le n°19 (septembre 2022) intitulé « L'agriculture numérique ».

→ *L'agriculture numérique : les nouvelles technologies numériques peuvent-elles accélérer la transformation profonde des systèmes alimentaires ?*

Côme BERBAIN est directeur de l'innovation du groupe RATP et directeur du programme « Véhicule autonome ». Il est Ingénieur du corps des Mines et docteur en cryptographie ; son parcours alterne entre entités privées (Orange, Trusted Logic) et publiques (ministère de la Défense, ANSSI, direction interministérielle du Numérique) dans les domaines de la transformation numérique et de la cybersécurité. En 2017 et 2018, il est conseiller au cabinet du secrétaire d'État chargé de la Transition numérique, où il porte les sujets relatifs à la transformation numérique de l'État et la confiance numérique, avant de devenir Chief Technology Officer de l'État à la direction interministérielle du Numérique en 2019. Il rejoint la RATP en novembre 2019.

Il a coordonné le n°8 (décembre 2019) intitulé « Répondre à la menace cyber » et co-coordonné le n°13 (mars 2021) « Faire confiance au temps du numérique ».

→ *La confiance à l'ère numérique commence par les mots*

Pierre BONIS, diplômé de la Sorbonne en philosophie et littérature, débute sa carrière au ministère des Affaires étrangères. Conseiller sur les questions de fracture numérique de 2002 à 2004, il devient en 2005 Chef du bureau des NTIC au ministère des Affaires étrangères. Il rejoint une première fois l'Afnic en janvier 2008 en qualité de responsable Produits et Partenariats, au sein de la direction de la communication. En janvier 2009, il est nommé conseiller au cabinet de la Secrétaire d'État au Développement de l'économie numérique. Il y est chargé des sujets d'innovation, de contenus et des affaires internationales. De novembre 2010 à février 2012, il poursuit sa mission de conseiller auprès de la ministre de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. Il rejoint l'Afnic une seconde fois en octobre 2012. Il y occupe le poste de directeur général adjoint. Spécialiste des questions de coopération internationale, il est également membre du conseil d'administration du CENTR, association européenne des registres nationaux de noms de domaine, de 2016 à 2020. Sur recommandation du conseil d'administration de l'Afnic, il est nommé directeur général de l'association au 1^{er} septembre 2017. En 2018, il est co-président du comité d'organisation du Forum mondial sur la Gouvernance d'internet de Paris, organisé dans le cadre des Nations unies. Depuis 2019, il est également président du groupe de liaison sur la Gouvernance de l'Internet du CCNSO (ICANN).

Ses principales publications récentes sont « Les fractures numériques » dans l'ouvrage collectif *Les défis du numérique*, coordonné par Dalila Rahmouni-Syed Gaffar, éditions Bruylant, février 2019 ; avec Godefroy Beauvallet, « Les infrastructures du

numérique », dans l'ouvrage collectif *Numérique, action publique et démocratie* aux Presses Universitaires de Rouen et Havre (PUHR), novembre 2020.

Il a coordonné le n°11 (septembre 2020) intitulé « Internet, frontières et territoires ».

→ ***Le grand retour de la souveraineté : circuits courts ou circuits fermés ?***

Jean-Pierre DARDAYROL, Ingénieur général des mines honoraire, a travaillé sur des sujets variés dans les domaines des télécommunications, des systèmes d'informations, de la transformation des organisations, de la sécurité et de l'Internet depuis 1976.

Il préside le comité de rédaction d'*Enjeux numériques* depuis sa création en 2017.

→ ***Enjeux numériques, 20^e ! Au-delà des enjeux, quels avenir ?***

Bruno DEFFAINS est professeur à l'Université Paris II Panthéon Assas et membre honoraire de l'Institut universitaire de France. Il dirige le Centre de Recherches en économie et droit ainsi que le master « Droit des affaires et économie » et le DU « Transformation numérique du Droit et LegalTech ». Ancien président de l'European Association of Law and Economics et de l'Association française d'Économie du Droit, ses travaux portent notamment sur l'évaluation économique des systèmes juridiques et la transformation numérique du droit. Il a enseigné à l'étranger (Lausanne, Liverpool, Luxembourg, Montréal, Yale...). Il est membre de la Commission d'examen des Pratiques commerciales et de la Commission nationale consultative des Droits de l'Homme.

Il a contribué au n°3 (septembre 2018) intitulé « Les métiers du droit au défi du numérique », avec l'article « L'impact économique des *legaltechs* sur le marché du droit ».

→ ***Marchés et métiers du droit aux défis du numérique***

Ivan FAUCHEUX, Ingénieur général des mines, ancien élève de l'École normale supérieure et agrégé de mathématique, est depuis le 5 août 2019 membre du collège de la Commission de régulation de l'énergie.

En 2000, il débute sa carrière à la préfecture de la Région Île-de-France en tant que chargé de mission, où il assure notamment le suivi budgétaire du contrat de plan État Région et le soutien à l'investissement. Il rejoint en 2002 le ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie en tant que chef du bureau de la Microélectronique, où il est responsable également de l'élaboration et de la mise en œuvre de la politique des pôles de compétitivité pour le compte du ministère, avec la DATAR.

En 2006, il est nommé sous-directeur des filières des matériels de transport, de l'énergie et des éco-industries à la direction générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services du ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi. Il prend en charge l'animation des secteurs industriels et du soutien public à des projets de recherche et de développement, ce qui aura pour résultat la mise en place du premier fonds démonstrateur de recherche de l'Ademe en 2008.

En 2010, il rejoint les services du Premier ministre au Commissariat général de l'investissement pour le poste de directeur de programme énergie et économie circulaire. En 2018, il entre au Conseil général de l'Économie pour des missions d'expertise et de conseil en appui aux politiques publiques, portant notamment sur le verdissement des transports ferroviaires ou encore sur les solutions de stockage pour le système électrique national.

Il a contribué au n°15 (septembre 2021) intitulé « Le numérique et la refondation du système électrique », avec l'article « Les enjeux réglementaires du numérique dans les systèmes électriques ».

→ ***Le numérique et la refondation du secteur électrique***

Éric FREYSSINET est officier général de gendarmerie, directeur scientifique auprès du cabinet du directeur général de la Gendarmerie nationale, ancien commandant en second de la gendarmerie dans le cyberspace, poste qu'il occupe après vingt-quatre ans de carrière dans différents postes à responsabilité dans le champ de la lutte contre la cybercriminalité. Ingénieur de formation (École polytechnique, X92), il complète sa formation

en 2000 par un mastère spécialisé en sécurité des systèmes d'information et des réseaux (Télécom Paris) et en 2015 par une thèse de doctorat en informatique sur la lutte contre les *botnets* (Université Paris 6).

Il a contribué au n°2 (juin 2018) intitulé « Big Data : économie et régulation », avec l'article « Les données au cœur de la lutte contre la délinquance », ainsi qu'au n°11 (septembre 2020) intitulé « Internet, frontières et territoires », avec l'article « Les menaces numériques du XXI^e siècle : de l'escroc qui se joue des frontières aux futurs territoires autonomes cybercriminels ».

→ *Perspectives de la cybercriminalité des dix à vingt prochaines années*

Dr. Arnaud de LA FORTELLE has engineer degrees from the French École polytechnique and École des Ponts et Chaussées (2 top French institutions) and a Ph.D. in Applied Mathematics (Probability Theory) prepared at Inria. He has been director of Mines Paris' Center for Robotics (2008-2021). He was Visiting Professor at UC Berkeley in 2017-2018. He has been elected in 2009 to the Board of Governors of IEEE Intelligent Transportation System Society and again in 2019. He has been member of several program committees for conferences and was General Chair of IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2019 in Paris (900 attendees). He was member, then president of the French ANR scientific evaluation committee for sustainable mobility and cities in 2008-2017. He serves regularly as expert for the European research program (FP7, H2020, Horizon). In 2021, he took a full-time position as CTO at Heex Technologies while retaining a part-time position at Mines ParisTech. He co-founded this start-up company in 2019 and designed the technology behind Smart Data Management in a customer-oriented approach. Smart Data is a powerful way to address current and future Big Data limitations, especially needed for autonomous systems (Autonomous Driving, ADAS, Industry 4.0, Smart Cities...).

Il a coordonné le n°12 (décembre 2020) intitulé « Intelligences artificielles et humaines, quelles interactions ? ».

→ *Intelligences humaines et artificielles : collaboration, confrontation ou substitution ?*

Jean-Yves OLLIER, conseiller d'État, est assesseur à la section du contentieux du Conseil d'État et juge des référés. Il est chargé d'enseignements au sein du master « Industries de Réseaux et Économie numérique » (X, CentraleSupélec, Telecom ParisTech, Universités Dauphine et Paris Sud) et du master de droit de l'intelligence artificielle de l'Institut catholique de Paris. Il a été rapporteur de l'étude du Conseil d'État sur l'Accès des citoyens aux données publiques (1998) et de la mission auprès du Premier ministre sur les Données personnelles et la Société de l'information (1998). Il est le co-auteur, avec Godefroy Beauvallet, d'un rapport au gouvernement sur l'Organisation de la régulation de la communication et des plateformes numériques (2019). Il a été adjoint au chef du service économique et commercial de la représentation permanente de la France auprès de l'Union européenne (1999-2001), chargé d'audits stratégique au sein du groupe AXA (2001-2004), avocat en droit public (2004-2011), directeur général de la Commission de régulation de l'énergie (2011-2017) et membre de l'autorité de supervision des Redevances aéroportuaires (2018-2019). Il a présidé le réseau des régulateurs économiques de l'OCDE (2017) et a été vice-président de la commission des recours de l'Agence européenne de coordination des Régulateurs de l'énergie (2016-2021). Il est ancien élève de l'École normale supérieure et de l'ENA, diplômé de l'IEP de Paris et titulaire d'un DEA d'histoire. Il a coordonné le n°18 (juin 2022) intitulé « Propriété et gouvernance du numérique ».

→ *Sur quelques analogies invoquées dans les débats sur la régulation des dispositifs de modération des contenus sur les réseaux sociaux aux États-Unis*

Bertrand PAILHÈS est directeur des technologies et de l'innovation de la CNIL depuis novembre 2019. Diplômé de Télécom Paris et de Sciences Po Paris, il a travaillé sur la

refonte du plan national de numérotation et les marchés de l'interconnexion fixe à l'Arcep (régulateur des télécoms), puis sur les technologies numériques à la CNIL (autorité de protection des données) avant d'intégrer, en 2013, le cabinet de la ministre déléguée aux PME, à l'Innovation et à l'Économie numérique, Fleur Pellerin, puis celui d'Axelle Lemaire, secrétaire d'État chargée du Numérique. En tant que directeur de cabinet à partir de 2015, il a notamment conduit l'adoption de la loi pour une République numérique en octobre 2016. Il a, par la suite, été coordinateur national pour la Stratégie d'intelligence artificielle définie en 2018.

Il a coordonné le n°4 (décembre 2018) intitulé « Gouvernances du numérique » et co-coordonné le n°13 (mars 2021) intitulé « Faire confiance au temps du numérique ».

→ ***Trente ans après le don du web gratuit et ouvert par le CERN, comment réinventer un Internet qui émancipe ?***

Dr Isabelle PIOT-LEPETIT, chercheuse en économie et management des organisations à l'INRAE et directrice scientifique de #DigitAg - Digital Agriculture Convergence Lab, Montpellier, France, est une micro-économiste, spécialisée dans les approches de frontières de production (*data envelopment analysis*). Elle a conduit des recherches sur la mesure de l'efficacité et de la productivité et l'analyse comparative de la performance des entreprises, et a développé des compétences en gestion stratégique et organisationnelle pour comprendre comment les outils d'analyse de données s'intègrent dans les structures organisationnelles. Son champ de recherche actuel porte sur l'adoption et l'utilisation des technologies numériques dans les chaînes de valeur agroalimentaires et l'étude de l'impact de la digitalisation sur les stratégies des acteurs et les changements organisationnels, notamment ceux conduisant à plus de durabilité et de circularité dans les pratiques. Elle est également coordinatrice d'un *work package* dans le projet Horizon Europe sur l'économie des données pour les systèmes alimentaires (Data4Food2030, 2022-2026), et sur la traçabilité numérique (TITAN, 2022-2023).

Elle a co-coordonné le n°19 (septembre 2022) intitulé « L'agriculture numérique ».

→ ***L'agriculture numérique : les nouvelles technologies numériques peuvent-elles accélérer la transformation profonde des systèmes alimentaires ?***

François RANCY est Ingénieur général des Mines à la retraite depuis 2019. Ancien élève de l'École polytechnique (X74) et de l'École nationale supérieure des Télécommunications de Paris (1977). De 2011 à 2018, il a été directeur du bureau des radiocommunications à l'Union internationale des télécommunications (UIT), après avoir été directeur général de l'Agence nationale des fréquences (ANFR) de 2004 à 2010.

Il a coordonné le n°9 (mars 2020) intitulé « Les fréquences, gestion d'une ressource-clé ».

→ ***Les fréquences, gestion d'une ressource-clé***

Maurice RONAI contribue comme chercheur à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS), puis comme directeur associé d'une société de conseil, par ses travaux et publications, aux débats autour de la géopolitique des données, sur les droits et libertés numériques, sur l'ouverture des données publiques et le « gouvernement ouvert ». Il a dirigé le département « Systèmes d'information » de la Mission interministérielle de l'Information scientifique et technique de 1982 à 1986. Chargé de mission au Commissariat général du Plan, il a été rapporteur en 2001 du livre blanc « Administration électronique et protection des données personnelles ». Commissaire à la CNIL, de 2014 à 2019, il était en charge des dossiers « communications électroniques » au sein du Collège et membre de sa Formation restreinte.

Il a coordonné le n°14 (juin 2021) intitulé « Réponses numériques à la crise sanitaire ».

→ ***Gestion numérique de la crise sanitaire : quelques enseignements***

Michel SCHMITT est membre du Conseil général de l'Économie, président de la section Innovation, Compétitivité et Modernisation. Titulaire d'un doctorat et d'une habilitation

à diriger les recherches en morphologie mathématique, il a successivement occupé des postes dans l'industrie (Laboratoire Central de Recherche de Thalès) et dans l'enseignement supérieur (directeur de la recherche de Mines ParisTech, vice-président numérique de Paris Sciences et Lettres). Ses centres d'intérêt concernent le numérique et le traitement des données au sens large, probabilités, analyse d'image, intelligence artificielle, bio-informatique ainsi que ses interactions avec l'enseignement supérieur.

Il a coordonné le n°10 (juin 2020) intitulé « Usages et archivages des contenus du Web ».

→ ***Internet et ses usages : entre sagesse et frénésie***

Anne-Lise THOUROUDE est une ancienne élève de l'École polytechnique et de l'École nationale supérieure des Télécommunications, et Ingénieur en chef des Mines. Après un début de carrière en 2006 à la Direction générale des entreprises au sein du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, elle rejoint le Secrétariat général du ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance, en 2014 sur des fonctions de développement applicatif et de transformation numérique du ministère. Elle part ensuite à l'Arcep, sur des fonctions d'innovation et de prospective en matière de fréquences entre 2019 et 2022. Elle est actuellement en charge de la sous-direction du Numérique de l'administration centrale des ministères économiques et financiers, au Secrétariat général.

Elle a coordonné le n°16 (décembre 2021) intitulé « Des objets connectés aux objets communicants ».

→ ***Les objets : de la communication à l'intelligence***

Alexandre TISSERANT est, depuis 2019, président de Kinéis, un nouvel opérateur satellitaire fournisseur de connectivité dédiée aux objets connectés, après avoir été directeur des projets stratégiques à CLS (Collecte Localisation Satellites). Diplômé de l'École polytechnique et de Télécom Paris, il a été le directeur adjoint du cabinet de la secrétaire d'État au Numérique et à l'Innovation de 2015 à 2017, où il avait notamment en charge le projet devenu la loi pour une République numérique. Il a également occupé plusieurs postes à la direction du budget du ministère des Finances, dont la gestion du budget du secteur des médias et du numérique en France, et a agi pendant deux ans comme directeur des opérations chez Always Innovating, une *start-up* de développement de matériel informatique à San Francisco.

Il a coordonné le n°6 (juin 2019) intitulé « Numérique et vie en société ».

→ ***Sociétés en transition : quelles mutations attendre du numérique ?***