

Rapport d'orientation stratégique  
2023

# Ruptures

à l'horizon 2030-2040

**Cigref**  
RÉUSSIR  
LE NUMÉRIQUE





**Ruptures**  
à l'horizon 2030-2040



# Avant-Propos

La numérisation de l'ensemble des activités humaines se poursuit dans un monde qui se transforme à une vitesse fulgurante, marqué par des secousses que nous n'avions généralement pas anticipées, et dont l'ampleur ne cesse de nous étonner. Ces bouleversements auxquels nous assistons sont le marqueur de notre époque, caractérisée par des événements inattendus et des changements profonds.

Ainsi, ces cinq dernières années ont été marquées par des crises qui ont mis à l'épreuve notre résilience et notre capacité d'adaptation. La pandémie mondiale, d'une magnitude sans précédent, a eu un impact majeur sur tous les aspects de nos vies, y compris notre rapport au numérique. Les confinements et les restrictions ont accéléré l'adoption de nouvelles technologies, transformant ainsi notre façon de travailler, de communiquer et de consommer, tout en laissant une marge significative de nos concitoyens sur le bord du chemin. Cette expérience a été une véritable piqûre de rappel quant à la nécessité d'anticiper les conséquences de tels événements.

De plus, l'instabilité géopolitique avec la montée des tensions et des conflits aux frontières de l'Europe a également eu des répercussions sur le domaine du numérique. Les barrières économiques et les mesures de protectionnisme ont perturbé les échanges internationaux,

obligeant les entreprises à repenser leurs stratégies et à s'adapter à un environnement en constante évolution.

Dans le même temps, nous avons subi une inflation dont nous avons perdu l'habitude depuis des décennies, remettant en question les équilibres économiques et financiers établis. Cette hausse des prix a également eu des répercussions sur le secteur du numérique, qui a dû faire face à des défis sur sa gestion des coûts, sur l'optimisation des ressources et la recherche de nouvelles opportunités de croissance. Elle a également reposé la question des effets d'aubaine pour quelques acteurs économiques, et celle des transferts de marge au sein de l'écosystème numérique.

Parmi les développements les plus surprenants, nous avons également assisté à l'arrivée soudaine auprès du grand public d'outils d'intelligence artificielle générative, comme ChatGPT. Ces avancées technologiques ont ouvert de nouvelles perspectives, mais ont également soulevé des questions éthiques et sociétales quant à l'impact de l'IA sur l'emploi, la formation, la vie privée et la confiance dans les systèmes automatisés.

Et en évoquant ces changements, je n'aborde même pas les questions écologiques qui s'intensifient, qui posent à l'humanité un défi mondial d'une ampleur sans précédent, et qui ré-interrogent la place et le rôle du numérique, ni même l'accélération à laquelle nous assistons dans le domaine de l'informatique quantique, qui pourrait offrir prochainement des outils d'une puissance presque inimaginable.

Face à ces changements rapides, nous nous trouvons confrontés à un défi majeur : comment rester pertinents et en phase avec un environnement en constante (r)évolution ?

Les rythmes accélérés des changements de contexte, mais aussi de l'innovation exigent donc que nous nous installions dans une posture nous permettant de prévoir et d'anticiper les évolutions futures.

Ainsi, malgré le contexte incertain, il est impératif de prendre du recul pour explorer les avenir possibles dans le domaine du numérique. Cette année, après un premier cycle de trois ans au cours duquel nous avons publié un ensemble de trois rapports, nous avons réaffirmé notre engagement en poursuivant nos travaux de prospective stratégique. Notre objectif a été d'identifier les principales ruptures qui pourraient impacter le monde numérique au cours des prochaines années.

C'est dans cette optique que nous avons élaboré le présent rapport, qui explore les dix principales ruptures que nous avons identifiées comme plausibles au cours des dix ou quinze prochaines années. Chacune de ces ruptures est analysée en détail, mettant en évidence les conséquences qu'elle pourrait avoir sur notre société, notre économie et nos entreprises.

Pour enrichir notre réflexion et obtenir un regard décalé sur nos travaux, nous avons adopté une approche novatrice cette année. En parallèle de notre Conseil d'Orientation Stratégique, composé de professionnels expérimentés, nous avons créé un « Conseil d'Orientation Stratégique jeunes » composé de plus de 70 jeunes talents issus des entreprises et administrations publiques adhérentes du Cigref. Leur vision audacieuse et leur compréhension des tendances émergentes nous ont permis d'explorer l'avenir du numérique sous un angle différent, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives et stimulant notre réflexion.

Nous sommes convaincus que la richesse des réflexions contenues dans ce rapport saura captiver votre intérêt et nourrir vos propres analyses sur les évolutions à venir dans le domaine du numérique. Notre objectif est de vous offrir un document qui combine expertise, prospective et visions innovantes, afin de vous accompagner dans votre prise de décision stratégique.

Maintenant, plus que jamais, nous devons donc embrasser l'idée de rupture, nous y préparer activement et saisir les opportunités qui se présentent à nous. C'est pourquoi nous aimons au Cigref tester, peser, sonder les technologies qui nous arrivent à un rythme toujours plus soutenu, pour savoir comment en tirer le meilleur. Et à titre illustratif, j'ai confié la rédaction de cette introduction à une intelligence artificielle générative, sur la base de nos idées directrices ; évidemment, il a fallu lui donner des instructions précises (un certain nombre), puis relire et contrôler (précisément), et enfin amender (pas mal !) ce texte ; mais cela n'est qu'un exemple de l'exploration constante et de la remise en question nécessaires pour comprendre avec méthode le monde dans lequel nous sommes entrés, et chercher dans l'innovation tout ce qui sert l'humain - en nous protégeant du reste. Car pour nous, construire un monde meilleur en promouvant un numérique durable, responsable, et de confiance, est une des clés du progrès auquel nous sommes profondément attachés.

# Executive Summary

Ce rapport d'orientation stratégique (ROS) répond aux inquiétudes et au besoin d'anticipation et de préparation aux crises, exprimés par les membres du Cigref, en ouvrant un nouveau cycle de réflexion prospective. Il étudie dix hypothèses de rupture qui pourraient se réaliser dans le domaine du numérique d'ici 2030-2040. Les ruptures sont définies **comme des événements ou des phénomènes susceptibles de provoquer des changements profonds dans l'environnement naturel, politique, économique ou social d'une société ou d'une organisation**. Nous avons veillé à ce que toutes ces ruptures reflètent les cinq grands enjeux ou « champs » identifiés par le Cigref en 2020 dans le domaine du numérique. Chaque rupture est présentée selon une structure similaire, comprenant une analyse de la situation actuelle, une description succincte de la rupture potentielle, une présentation des causes qui pourraient conduire à cette rupture, ainsi que ses conséquences éventuelles sur les organisations françaises et européennes et sur la société civile.

# Champ 1.

## Technologies et innovations

### Rupture 1 : D'ici 2030, l'informatique quantique est opérationnelle et largement diffusée.

L'hypothèse de rupture envisagée à l'horizon 2030 est une accélération de la recherche quantique permettant une opérationnalisation et une distribution plus étendue des technologies quantiques. Cette accélération serait soutenue par des investissements croissants de la part des acteurs privés déjà en avance dans le domaine. En surmontant les difficultés techniques et physiques actuelles, telles que la stabilité des qubits et la réduction des erreurs de calcul quantique, l'informatique quantique deviendrait opérationnellement intéressante pour les organisations. Les entreprises qui auraient adapté leurs algorithmes pour les rendre post-quantiques et qui auraient préparé les futurs algorithmes quantiques en amont pourraient ainsi déployer rapidement ces technologies. De plus, une prise de conscience générale sur les opportunités offertes par le calcul quantique, notamment grâce à des découvertes sur ses capacités à résoudre des problématiques mondiales telles que celles liées à la crise climatique, pourrait accélérer la recherche. Cela pourrait conduire à une collaboration globale entre États et acteurs privés, et favoriser une diffusion large et rapide de l'informatique quantique. Cette rupture représenterait donc un désavantage stratégique et un risque pour les acteurs qui n'auraient pas anticipé cette accélération et ne se seraient pas préparés à son impact.

### Rupture 2 : D'ici 2030, le déploiement de la 5G, puis de la 6G, et l'introduction de concepts comme l'Open RAN accélèrent la virtualisation, l'automatisation et la désagrégation des réseaux télécoms.

L'hypothèse de rupture envisagée à l'horizon 2030 est l'ouverture de l'exploitation des réseaux télécoms à de nouveaux acteurs grâce à la virtualisation, l'automatisation et la désagrégation - séparation des différentes fonctions du réseau d'accès radio en briques interopérables, avec des interfaces ouvertes - des réseaux, permises par le déploiement de la 5G et de la future 6G. Cette évolution permettrait à des entreprises spécialisées dans la virtualisation et le cloud, telles que VMware, RedHat et les géants américains du cloud, d'entrer sur le marché des services télécoms. En créant des tranches de réseaux cloisonnées (*network slicing*), ces nouveaux acteurs pourraient proposer des offres personnalisées avec un débit plus important, une gestion réseau plus souple et une moindre latence. Cette ouverture favoriserait les acteurs du cloud par rapport aux équipementiers traditionnels, tels que Ericsson et Nokia, qui ont jusque-là dominé le marché.

## Champ 2. Numérique, environnement et ressources

### Rupture 3 : Entre 2030 et 2040, une tempête solaire de forte intensité touche la Terre privant les organisations de leurs réseaux électriques et de communication.

Cette hypothèse de rupture envisagée à l'horizon 2040, explore les conséquences d'une tempête solaire massive. Sa probabilité s'est accrue en raison de l'intensification du cycle de l'activité solaire. Cette hypothèse aurait des conséquences majeures sur les réseaux électriques, de communication et les technologies associées. Les niveaux de préparation face à ce risque étant actuellement très disparates, excepté dans certains domaines militaires, si une tempête solaire importante devait se produire dans les dix prochaines années, cela pourrait avoir des conséquences extrêmement lourdes sur l'économie mondiale et sur l'évolution des sociétés.

### Rupture 4 : D'ici 2040, l'UE impose à l'industrie numérique le recyclage à 100% de tous les composants matériels informatiques mis sur le marché européen.

L'hypothèse de rupture envisagée à l'horizon 2040 est que l'Union européenne impose à l'industrie numérique de ne mettre sur le marché que des composants matériels informatiques qui soient entièrement recyclables. Cette réglementation favoriserait la réduction des déchets électroniques et stimulerait la recherche et le développement de technologies de recyclage innovantes. Les fabricants devraient revoir leurs processus de conception pour garantir que les composants peuvent être facilement démontés et recyclés en fin de vie. Cette évolution créerait de nouvelles opportunités pour les entreprises du secteur, mais elle pourrait également entraîner des coûts d'achat plus élevés pour les entreprises et les consommateurs. L'objectif serait de diminuer l'empreinte environnementale du numérique et de favoriser une économie circulaire plus durable.

02

## Champ 3. Enjeux géopolitiques

### Rupture 5 : D'ici 2035, les échanges commerciaux entre la Chine et l'Europe sont durablement interrompus, en raison de l'aggravation des tensions sino-américaines.

À l'horizon 2035, les tensions géopolitiques entre la Chine et les États-Unis pourraient s'aggraver, notamment en cas d'invasion potentielle de Taïwan ou d'une prise de position plus affirmée du régime chinois aux côtés de la Russie. Ces événements pourraient contraindre la Chine à cesser durablement ses relations avec l'Europe pour préserver ses intérêts. De même, les divergences culturelles, politiques et économiques entre la Chine et l'Union européenne pourraient devenir insoutenables politiquement, poussant l'Europe à interrompre volontairement ses relations commerciales avec la Chine ou à y être contrainte par des sanctions internationales. Les conséquences d'une telle rupture seraient importantes, tant pour les entreprises que pour les consommateurs, et pourraient contribuer à une plus grande polarisation du système de relations internationales.

### Rupture 6 : D'ici 2035, les États-Unis se replient sur leurs intérêts nationaux et se distancient de l'Union européenne.

Le retour d'un pouvoir ultra-protectionniste et nationaliste aux États-Unis en 2024, conduirait à un recentrage de la politique américaine sur ses priorités nationales, notamment pour faire face à la menace chinoise. Cette évolution pourrait atténuer les liens entre les États-Unis et l'Europe, avec des conséquences géopolitiques et économiques significatives. Les États-Unis sont un allié important de l'Europe dans les affaires internationales, et un affaiblissement de ces liens aurait un impact sur les entreprises européennes et américaines qui entretiennent des relations étroites.

03

## Champ 4. Economie du numérique, acteurs, fournisseurs, et réglementation

### Rupture 7 : D'ici 2040, le modèle économique des MAG (Microsoft, Amazon et Google) s'effondre.

L'hypothèse de rupture envisagée à l'horizon 2040 est un ralentissement de plus en plus marqué de la croissance des géants du numérique tels que Microsoft, Amazon et Google, ainsi qu'un effondrement progressif de leur capitalisation boursière. Cette rupture pourrait résulter de divers facteurs, tels que l'incapacité de ces entreprises à s'adapter à des évolutions technologiques majeures, des changements profonds dans les usages numériques, des exigences législatives accrues en matière de concurrence, ou des événements extérieurs comme des décisions politiques restrictives ou des chocs géopolitiques, économiques ou environnementaux. Cette disparition éventuelle des géants du numérique pourrait ouvrir la voie à l'émergence de nouveaux acteurs, mais pourrait également compliquer l'accès à certains produits et services numériques.

### Rupture 8 : D'ici 2040, l'Europe a consolidé une industrie du numérique performante qui renforce son indépendance stratégique.

L'hypothèse de rupture envisagée à l'horizon 2040 est que l'Europe parvienne à se positionner en tant que puissance numérique et à réduire sa dépendance vis-à-vis des acteurs américains et chinois. Cela pourrait être rendu possible grâce au développement d'innovations technologiques majeures dans l'Union Européenne, ainsi qu'à des investissements massifs dans la recherche et le développement de technologies avancées. L'arrêt de la guerre en Ukraine et un retour à la stabilité favoriseraient également cette hypothèse. Pour que cette rupture advienne, il serait nécessaire pour l'Europe d'adopter des politiques industrielles fortes et de soutenir les entreprises numériques européennes, ce qui permettrait de faire émerger des acteurs majeurs dans des domaines tels que l'intelligence artificielle, la cybersécurité et les technologies quantiques. Cette émergence renforcerait l'économie européenne, créerait de nouveaux emplois et attirerait des investissements étrangers.

# 04

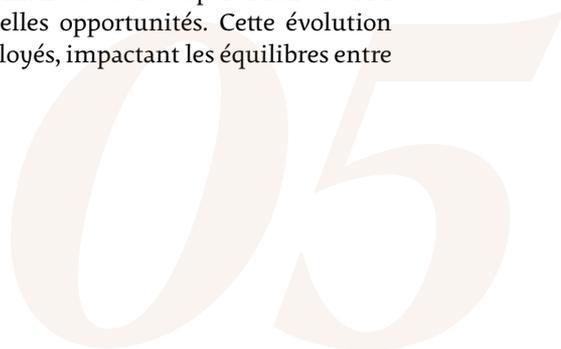
## Champ 5. Numérique et société

### Rupture 9 : D'ici 2035, les populations européennes font l'objet d'une surveillance globale et généralisée permise par les outils numériques.

L'hypothèse de rupture envisagée à l'horizon 2035 est une augmentation significative de la surveillance généralisée en Europe, aussi bien par les acteurs publics que privés. Les gouvernements européens utiliseraient des outils numériques pour surveiller leurs populations, justifiant cela par la montée des menaces sécuritaires et une aversion au risque grandissante au sein de la population. Les avancées technologiques permettraient cette expansion de la surveillance, avec l'utilisation répandue de la reconnaissance faciale et d'autres technologies de surveillance biométriques. Les acteurs privés, notamment les géants du numérique, seraient également impliqués dans la collecte et l'analyse de données, ce qui soulèverait des préoccupations en matière de respect de la vie privée et de protection des données personnelles. Cette surveillance accrue aurait des conséquences importantes sur la vie privée des individus, la liberté de mouvement, et pourrait entraîner des abus de pouvoir, la stigmatisation des minorités et des dissidents politiques, ainsi que des inégalités sociales et économiques.

### Rupture 10 : D'ici 2030, les progrès de l'Intelligence Artificielle, et particulièrement des IA génératives, modifient radicalement l'organisation du travail.

L'hypothèse de rupture envisagée à l'horizon 2030 est que l'IA générative, grâce à une meilleure compréhension de ses capacités et à son intégration plus poussée dans les outils utilisés en entreprise, soit largement adoptée et permette d'automatiser de nombreuses tâches. Cela augmenterait l'efficacité et la productivité des employés, mais pourrait également entraîner des pertes d'emplois et nécessiter des reconversions professionnelles. Cependant, de nouveaux métiers liés au développement et à la supervision de l'IA générative pourraient émerger, créant ainsi de nouvelles opportunités. Cette évolution pourrait également réduire le temps de travail des employés, impactant les équilibres entre vie privée et vie professionnelle.





# Table des matières

02	<i>Avant-Propos</i>
04	<i>Executive Summary</i>
10	<i>Table des matières</i>
12	<i>Note de contexte</i>
28	<i>Objectifs et ambitions du rapport</i>
31	<i>Méthodologie</i>
<b>32</b>	<b><i>Dix ruptures à l'horizon 2030-2040</i></b>
141	<i>D'autres hypothèses de ruptures envisagées ...</i>
142	<i>Membres du Conseil d'Orientation Stratégique</i>
143	<i>Membres du Conseil d'Orientation Stratégique Jeunes</i>
144	<i>Remerciements</i>

## 01 Champ 1. Technologies et innovations 32

Rupture 1 : D'ici 2030, l'informatique quantique est opérationnelle et largement diffusée. 34

« Les entreprises doivent se préparer à la révolution du quantique. » - Jean-Michel André 45

Rupture 2 : D'ici 2030, le déploiement de la 5G, puis de la 6G, et l'introduction de concepts comme l'Open RAN accélèrent la virtualisation, l'automatisation et la désagrégation des réseaux télécoms. 46

## 02 Champ 2. Numérique, environnement et ressources 54

Rupture 3 : Entre 2030 et 2040, une tempête solaire de forte intensité touche la Terre privant les organisations de leurs réseaux électriques et de communication. 56

Rupture 4 : D'ici 2040, l'UE impose à l'industrie numérique le recyclage à 100% de tous les composants matériels informatiques mis sur le marché européen. 64

« En Europe on a le cœur sur la main... Mais on n'a plus de mains. » - Jean-Gabriel Ganascia 73

## 03 Champ 3. Enjeux géopolitiques 74

Rupture 5 : D'ici 2035, les échanges commerciaux entre la Chine et l'Europe sont durablement interrompus, en raison de l'aggravation des tensions sino-américaines. 76

Rupture 6 : D'ici 2035, les États-Unis se replient sur leurs intérêts nationaux et se distancient de l'Union européenne. 88

« Que veut dire l'autonomie stratégique pour une entreprise ? » - Cécile Wedling 96

## 04 Champ 4. Economie du numérique, acteurs, fournisseurs, et réglementation 98

Rupture 7 : D'ici 2040, le modèle économique des MAG (Microsoft, Amazon et Google) s'effondre. 100

« Les Big Tech resteront-elles des alliées ? » - Julien Nocetti 109

Rupture 8 : D'ici 2040, l'Europe a consolidé une industrie du numérique performante qui renforce son indépendance stratégique. 110

« Virage technologique : le sine qua non pour les entreprises européennes. » - Yves Bernaert 118

## 05 Champ 5. Numérique et société 120

Rupture 9 : D'ici 2035, les populations européennes font l'objet d'une surveillance globale et généralisée permise par les outils numériques. 122

« Mieux vivre avec le numérique. » - Pierre-Antoine Chardel 130

Rupture 10 : D'ici 2030, les progrès de l'Intelligence Artificielle, et particulièrement des IA génératives, modifient radicalement l'organisation du travail. 132

A close-up portrait of a middle-aged man with grey hair, wearing a dark suit, white shirt, and dark tie. He is looking directly at the camera with a slight smile. The background is dark and out of focus.

# Note de contexte

En date du 31 juillet 2023

Comme pour chacune des éditions précédentes, le Rapport d'orientation stratégique 2023 du Cigref s'ouvre sur une note de contexte qui tente de dresser un panorama global de la situation géopolitique, politique, économique, et numérique, au moment où ce rapport est publié. Bien entendu, la description de ce paysage reste très partielle, et nous n'avons pas de prétention à l'exhaustivité. Elle reste également subjective, même si nous tentons, autant que possible, de conserver une certaine impartialité dans le regard que nous portons sur le monde et sur sa marche. Notre regard demeure, en effet, un regard occidental et euro-centré. C'est également un regard qui ne se prévaut d'aucun magistère particulier sur l'objet de son observation. Notre travail est dicté par le seul souci de permettre aux futurs lecteurs, que ce soit dans dix mois ou dans dix ans, de comprendre le contexte global tel que nous pouvons le percevoir, au cœur de l'été 2023, au moment où nous bouclons la présente édition de ce rapport, et de disposer de quelques points de repère qui peuvent expliquer les hypothèses que nous avons retenues dans le cadre de notre travail de stratégie prospective.

Depuis le déclenchement de l'opération spéciale russe en Ukraine, le 24 février 2022, nous assistons avec consternation au développement d'un conflit de haute intensité sur le théâtre européen. Cette nouvelle crise globale a progressivement renvoyé sur les étagères de l'histoire la pandémie de la COVID-19 et ses effets déléteurs sur la marche du monde. Outre la guerre en Ukraine et l'affrontement incident entre le monde occidental et la Russie, nous nous attacherons à décrire dans cette note l'état actuel de la confrontation sino-américaine pour le leadership mondial, la situation de l'Union européenne dans cet environnement instable, celle de l'Afrique à la lumière de l'actualité récente, puis d'aborder deux thèmes d'actualité dans le champ numérique, la souveraineté numérique et l'intelligence artificielle.

## Le Conflit en Ukraine

L'agression militaire de la Russie contre l'Ukraine, en février 2022, reste l'une des plus graves violations de l'ordre de sécurité sur le continent européen depuis des décennies. En décidant d'attaquer son voisin afin de mettre en cause par la force armée son intégrité territoriale, la Russie a bafoué le droit international et en particulier la Charte des Nations unies dont elle est censée être garante en vertu de son statut de membre permanent du Conseil de sécurité. Mais au cœur de l'été 2023, ces considérations semblent s'évaporer et le conflit être un peu moins présent dans les esprits. Après 18 mois d'affrontements, en première analyse, la situation apparaît figée. Les espoirs printaniers d'une contre-offensive rapide et victorieuse de Kiev s'éloignent, et les médias généralistes se contentent désormais d'égrainer le nombre de morts que provoquent les frappes de missiles et drones russes sur les populations civiles ukrainiennes.

Le 24 juin 2023, l'épisode surprenant de la tentative de mutinerie armée, ou de rébellion, ou de coup d'État, comme on voudra, de la milice Wagner sous l'impulsion de son dirigeant, Evgueni Prigojine, a mis en lumière la fragilité du pouvoir de Vladimir Poutine. Plusieurs observateurs supposent que Prigojine aurait été lâché, au dernier moment, ou encore manipulé, par certains rouages de l'appareil de sécurité russe proche du Kremlin, lesquels auraient pu lui donner l'assurance de leur soutien pour renverser la direction du Ministère de la défense et de l'état-major des forces armées. Désormais, la milice Wagner s'est retirée en Biélorussie et l'avenir de Prigojine reste incertain même s'il semble avoir recentré son activité sur ses affaires en Afrique subsaharienne où il demeure, malgré tout, et c'est d'ailleurs son viatique, un rouage essentiel de l'influence russe contre les intérêts occidentaux et singulièrement français. Désormais, la solidité du régime de Vladimir Poutine fait l'objet de nombreuses interrogations dans un contexte de mise en cause récurrente de la loyauté des oligarques et hauts dignitaires du régime, qui la paient bien souvent de leur vie, et l'atonie d'une société civile privée d'information sur le conflit et tenue fermement à l'écart des affaires politiques.

Si, en cette fin du mois de juillet 2023, on peut s'interroger sur la capacité ukrainienne à mener une contre-offensive décisive pour libérer ses territoires occupés par la Russie, on peut cependant noter une évolution importante de la stratégie de Kiev. Depuis plusieurs jours, les Ukrainiens n'hésitent plus à revendiquer des attaques par drones directement sur le territoire russe, et jusque dans Moscou, en prenant soin, manifestement, de ne provoquer ni mort ni blessé. Le 30 juillet 2023 d'ailleurs, le président ukrainien Volodymyr Zelensky lui-même affirmait clairement que la guerre se porterait désormais contre le territoire russe, dans ses centres stratégiques et ses bases militaires.

Le soutien occidental, dont l'Ukraine a un impérieux besoin pour maintenir sa capacité de résistance, et plus encore pour envisager la reconquête des territoires passés sous contrôle russe, pourrait-il pâtir d'une forme de fatigue des opinions publiques en Europe et aux États-Unis ? La population ukrainienne elle-même ne risque-t-elle pas, dans les mois qui viennent, de baisser les bras et d'exiger de Volodymyr Zelensky qu'il engage son Gouvernement dans la recherche d'une solution négociée avec la Russie ? Du côté russe aussi, une petite musique commence à se faire entendre, et Poutine lui-même s'en faisait l'écho ces jours-ci, à l'occasion du sommet russo-africain qu'il a accueilli à Saint-Pétersbourg les 27 et 28 juillet 2023, en estimant que, sur la base des propositions chinoises et de celles des pays africains eux-mêmes participant à ce sommet, il n'excluait pas d'engager des pourparlers de paix avec l'Ukraine. Poutine est-il en train de s'ouvrir une porte de sortie en raison des fragilités nouvelles de son pouvoir ? Ou bien cette suggestion n'a-t-elle d'autre valeur que rhétorique alors qu'il annonçait dans le même temps que « l'opération militaire spéciale russe en Ukraine » continuait sans aucun changement majeur ? Ce sont toutes ces questions, terribles au regard des sacrifices consentis depuis un an et demi par les Ukrainiens d'abord mais également par les soldats russes, probablement 100 000 morts de chaque côté, qui se posent ou pourraient se poser avec insistance dans les prochains mois.

Pour autant, aux États-Unis, au sein de l'Union européenne et de l'OTAN, le soutien occidental apparaît sans faille et résolu. Le sommet de l'OTAN qui s'est tenu les 11 et 12 juillet à Vilnius a été l'occasion pour les chefs d'État et de gouvernement de réaffirmer le soutien de l'Alliance à l'Ukraine dans la guerre contre la Russie. Ils ont également affirmé sans ambiguïté que l'avenir de l'Ukraine était dans l'OTAN, et décidé de simplifier son processus d'adhésion à l'Alliance. En effet, depuis maintenant plusieurs années, et particulièrement sous la contrainte des événements, les forces armées ukrainiennes ont déjà produit l'essentiel des réformes nécessaires d'adaptation aux procédures de l'Alliance. Néanmoins, et malgré les impatiences vivement exprimées par le président Zelensky, les dirigeants de l'OTAN ont rappelé que l'Ukraine ne sera invitée à adhérer à l'Alliance que lorsque « les Alliés l'auront décidé » et que « les conditions seront réunies ». La question de la robustesse de cet engagement des membres de l'OTAN pourrait cependant se poser en d'autres termes, dans un an et demi, si un changement de majorité intervenait à Washington et que Donald Trump, ou l'un de ses affidés, entrait à la Maison Blanche.

## La confrontation sino-américaine

Si la guerre en Ukraine monopolise l'attention, c'est plus sûrement la confrontation sino-américaine pour le leadership mondial qui est en train de structurer à long terme les relations internationales. Cette confrontation met principalement face à face deux hommes, Xi Jinping et Joe Biden, même s'il convient de ne pas négliger les forces d'inertie sous-jacentes aux deux modèles politico-économiques concurrents.

### La situation en Chine

Le chinois Xi Jinping peut se prévaloir de la légitimité renouvelée procurée par sa double désignation, en octobre 2022, pour un troisième mandat aux fonctions de secrétaire général du Parti communiste, et en mars 2023 à la présidence de la République populaire de Chine. Issu de l'aristocratie rouge chinoise et adepte d'une fermeté politique sans concession, Xi Jinping dispose désormais d'une mainmise intérieure sur la Chine, inégalée depuis Mao Zedong, et d'une puissance extérieure croissante et inédite. Dans le cadre de son « dialogue compétitif » avec les États-Unis, Xi Jinping pourra compter sur l'appui d'un expert des relations internationales, Wang Yi, qu'il vient de nommer ministre des Affaires étrangères. Cette nomination à un poste qu'il a déjà occupé pendant une décennie, intervient après la mystérieuse destitution et disparition de Qin Gang, fin juin 2023, lequel n'est resté en fonction que sept mois seulement. C'est en effet Wang Yi qui représentait effectivement la Chine à l'occasion de la réunion du groupe des BRICS (Brésil, Russie, Inde, Chine, Afrique du Sud), fin juillet 2023, à Johannesburg.

La Chine de Xi Jinping tente de proposer aux pays dits du Sud global un nouvel ordre mondial et un nouveau narratif sous son influence. Elle semble désormais en situation d'imposer une alternative crédible au modèle et à l'ordre occidental de 1945. Cette confrontation avec l'Occident menée par la Chine se nourrit du ressentiment, toujours vif à l'égard des anciennes puissances coloniales, qui constitue bien souvent le viatique de régimes engagés dans des impasses sociales et économiques. Elle s'appuie par ailleurs sur les investissements massifs que la Chine a réalisés au cours des deux dernières décennies, notamment en Afrique. Le partenaire chinois est dorénavant considéré par de nombreux États du Sud global comme une alternative aux bailleurs de fonds et aux partenaires commerciaux occidentaux, alternative qui les affranchit de certaines conditionnalités éthiques dont ils contestent la légitimité.

La Chine reste cependant soumise à plusieurs défis de taille, économiques tout d'abord, mais également démographiques et sociaux. Le ralentissement économique chinois aura été en 2022 plus brutal que prévu, et probablement plus structurel que Pékin ne souhaite le laisser paraître. L'année dernière, en 2022, alors que les confinements successifs et brutaux ont fortement entravé la productivité, le taux de croissance de la Chine n'aura été que de 3% environ, pour 5,5% initialement annoncé par les autorités. Après trois ans d'une stratégie « zéro COVID » radicale, c'est finalement la stratégie de l'immunité collective, adoptée brutalement en novembre 2022 et probablement au prix de centaines de milliers de morts, qui a permis à la Chine de se sortir de l'épidémie et de relancer sa machine industrielle à partir de février 2023. Pékin vise prudemment un taux de croissance de 5% en 2023, taux probablement insuffisant pour garantir la stabilité sociale. À cela s'ajoutent les prémisses probables d'un risque d'effondrement démographique de la Chine, annoncé depuis longtemps, et qui n'est pas sans lourdes conséquences tant économiques que sociales. Après une soixantaine d'années de croissance continue, la population chinoise aurait connu une baisse de presque un million d'habitants en 2022. Le nombre de femmes en âge de procréer ne cesse de diminuer, notamment en raison d'un grave déséquilibre de plus d'un tiers entre garçons et filles, et le taux de fécondité a parallèlement chuté à 1,15 enfant par femme malgré les politiques de relance de la natalité qui n'embrayent pas dans la société chinoise. Cette situation entraîne des problèmes croissants de main-d'œuvre, mais aussi d'organisation sociale puisque les chinois, pour la plupart d'entre eux, ne peuvent compter que sur un enfant pour les soutenir dans leurs vieux jours.

## La situation aux États-Unis

De l'autre côté du Pacifique, l'américain Joe Biden entre dans la dernière année de son mandat et il semble de plus en plus évident, à l'heure où ces lignes sont écrites, qu'il briguera une seconde fois les suffrages américains en 2024, alors qu'il sera âgé de 82 ans. L'heure du bilan de son premier mandat est logiquement à l'ordre du jour de l'agenda politique et économique, tant aux États-Unis qu'au niveau mondial. Biden met en avant les succès de sa stratégie économique en faveur de l'investissement privé, de sa politique de réindustrialisation portée par le règlement sur la réduction de l'inflation, l'IRA, sous couvert de décarbonation de la production nationale, et du maintien du chômage en dessous des 4% sur une période singulièrement longue dans l'histoire des États-Unis. Les industriels américains font l'éloge de l'IRA, qui offre de généreuses subventions aux fabricants nationaux de technologies vertes, telles que les batteries pour véhicules électriques, et leur donne un avantage concurrentiel vis-à-vis de l'Union européenne, à n'en pas douter, mais plus certainement et de façon plus sévère, vis-à-vis de la Chine.

Pour autant, au milieu de l'été 2023, les risques de ralentissement économique aux États-Unis pèsent sur l'activité des entreprises dont les revenus se sont contractés au cours du premier trimestre 2023. La Réserve Fédérale est confrontée au maintien de l'équilibre fragile entre lutte contre l'inflation et stimulation de la croissance économique. Si la situation économique des États-Unis, mi-2023, reste marquée par de nombreux défis, la croissance demeure relativement stable même si les perspectives demeurent incertaines à court terme. L'inflation en effet, bien qu'en légère baisse par rapport à son pic en 2022, demeure un sujet de préoccupation majeur dans un contexte de lente dégradation de la santé financière des entreprises.

Malgré ces relatifs succès économiques, la réélection de Joe Biden dans un peu plus d'un an ne peut être considérée comme allant de soi. La société américaine reste fondamentalement polarisée par une division idéologique extrême, polarisation qu'accentue le système électoral du scrutin majoritaire dans des circonscriptions uninominales. Dans ce contexte, l'hypothèse d'un retour de Donald Trump à la Maison blanche ne peut être exclue. Malgré ses multiples inculpations, la figure du 45<sup>ème</sup> Président des États-Unis, avec ses discours et son système de clientèle politique, continue de peser, tant sur la politique intérieure que sur les relations internationales américaines. Les élections de 2024 s'annoncent donc déterminantes pour les équilibres mondiaux, notamment pour l'avenir de l'OTAN et le soutien des États-Unis à l'Ukraine face à la Russie. Dans cette hypothèse d'un retour de Donald Trump à la tête de l'administration américaine en janvier 2025, le monde devrait à nouveau s'adapter à la personnalité pour le moins singulière de l'hôte de la Maison blanche et à sa vision des relations internationales sur fond de protectionnisme assumé, de nationalisme intransigeant, de défiance à l'égard des mécanismes multilatéraux, le tout mêlé d'une sorte de fascination pour les dirigeants autoritaires, d'une inquiétante capacité à interpréter les faits et d'une confiance déconcertante dans ses qualités de négociateur. Cependant, quel que soit le candidat qui l'emportera en novembre 2024, la politique à l'égard de la Chine devrait rester une constante, en empruntant toutefois des formes politiques et diplomatiques bien différentes dans l'un ou l'autre des cas de figure. L'inquiétude face à l'affirmation croissante du leadership mondial de Pékin et de la puissance chinoise en Mer de Chine, dans la zone indopacifique, ou encore en Afrique, est l'un des rares points de convergence entre Démocrates et Républicains.

### Les relations sino-américaines

Au cours de ces derniers mois, et même des dernières semaines à l'heure où cette note de contexte est rédigée, nous avons assisté à un ballet diplomatique d'une intensité singulière, entre les États-Unis et la Chine, pour tenter de faire baisser les tensions entre les deux puissances, tout en mettant sous le tapis les différents les plus saillants et notamment la situation de Taïwan.

Fin juin 2023, le Secrétaire d'État américain, Antony Blinken, s'est rendu en Chine pour une visite inédite à ce niveau depuis cinq ans, afin d'amorcer un dégel diplomatique et restaurer une capacité de dialogue bilatérale fortement dégradée. Pour Washington, l'objectif principal de cette visite consistait à mettre en place les mécanismes de déconfliction permettant d'éviter qu'une erreur d'interprétation ne fasse basculer l'intense compétition entre les deux puissances en confrontation armée, notamment en Mer de Chine et dans le détroit de Formose. Les principes en avaient été arrêtés en novembre 2022 directement par Joe Biden et Xi Jinping, en marge du G20 en Indonésie. Pékin, de son côté, poursuit deux objectifs principaux. D'une part, la Chine entend éviter de nouvelles restrictions de la part des Américains et de leurs alliés, en matière d'exportation de technologies, et de nouveaux bannissements de certaines entreprises technologiques chinoises telles que Huawei. D'autre part, l'administration chinoise exige que les États-Unis mettent fin à toute forme de soutien à Taïwan, estimant qu'il s'agit d'une ingérence inacceptable dans les affaires intérieures de la Chine.



## L'Union européenne

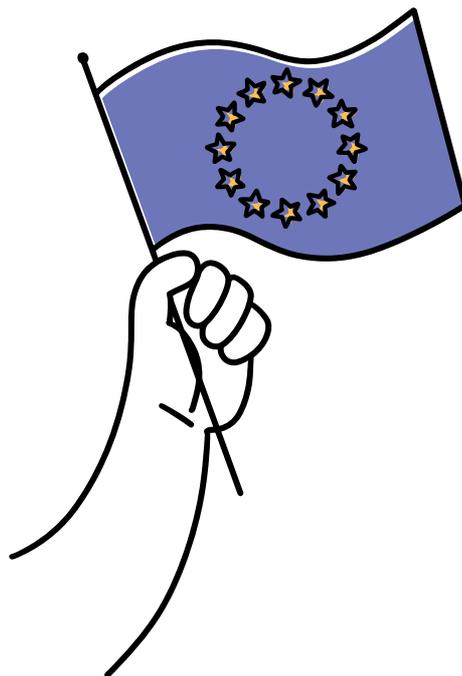
Dans ce paysage géopolitique passablement perturbé, l'Union européenne peine à trouver sa place. Elle demeure l'un des principaux pôles de stabilité démocratique et de prospérité économique dans le monde, mais sa voix semble inaudible et son modèle est contesté. Au sein même de l'Union européenne, des courants divergents s'affrontent, et ses institutions, dans leur forme actuelle, peinent à imposer leurs arbitrages. Sur de nombreux sujets, ces divergences se structurent entre les atlantistes qui craignent comme la peste de froisser l'allié américain, notamment dans le contexte de la guerre en Ukraine, et les tenants d'une autonomie stratégique européenne, entre ceux qui font des traités de l'Organisation mondiale du commerce une lecture littérale et ceux qui entendent subordonner ces traités aux intérêts stratégiques et économiques européens. Et puis, il y a l'Allemagne, dont on est bien en peine de comprendre le positionnement si ce n'est celui de sa centralité en Europe et d'une certaine confusion entre les intérêts de l'Union européenne et les siens. Ces antagonismes insèrent d'ailleurs un coin assez vif entre la France et l'Allemagne qui a provoqué au cours de ces derniers mois, une panne du moteur franco-allemand. Que ce soit en matière de défense, de politique économique et monétaire, de politique énergétique et environnementale, et singulièrement sur le nucléaire, les sujets de dissension s'accumulent et n'ont que rarement été aussi nombreux.

Ces antagonismes s'invitent également au cœur de la Commission européenne, et au sein même du collège des commissaires. Une récente péripétie illustre particulièrement bien ce phénomène. Le 11 juillet 2023, l'exécutif européen avait annoncé la nomination de Fiona Scott Morton, de nationalité américaine et professeure d'économie à l'université de Yale, comme économiste en chef, donc dans une position de conseil et non de décision, à la Direction générale de la concurrence de la Commission européenne. Fiona Scott Morton avait été membre de l'administration Obama, au début des années 2010, et a par ailleurs exercé des missions de conseil auprès de plusieurs entreprises de technologie américaines, notamment Apple et Microsoft. C'est une économiste mondialement reconnue et appréciée pour son expertise sur les questions de concurrence, de régulation et de technologie, et reconnue pour son militantisme en faveur d'un droit de la concurrence plus agressif, en particulier dans le domaine numérique. Elle a même soutenu l'adoption du *Digital Markets Act*, la régulation européenne des grandes plateformes numériques, estimant qu'il fallait aller plus loin pour protéger les consommateurs. Pourtant sa nomination a provoqué, notamment en France, et au plus haut niveau de l'exécutif, mais également au Parlement européen et jusqu'au sein du collège des commissaires, une levée de boucliers inédite qui l'a amenée, le 18 juillet 2023, à jeter l'éponge et renoncer à ce poste. Cette nomination de Fiona Scott Morton comme cheffe économiste de la DG concurrence interroge à l'évidence. La présidente de la Commission, Ursula von der Leyen, et la vice-présidente exécutive en charge de la concurrence, Margrethe Vestager, avaient-elles reçu de la part de celle-ci des garanties d'adhésion aux valeurs de l'Union européenne et de loyauté envers la Commission et ses orientations stratégiques en matière de concurrence ? Si ce n'est pas le cas, ont-elles sciemment, ou par ignorance, ou par inattention, introduit au sein de la Commission un agent d'influence des intérêts américains dans un contexte d'intense concurrence économique ? Les véritables bénéficiaires du renoncement de Fiona Scott Morton ne sont-elles pas finalement les Big Tech américaines, qui pouvaient craindre la nomination à Bruxelles d'une experte de leurs activités et des régulations de celles-ci ?

Ces questions dépassent très largement le simple cadre de cette nomination d'une haute fonctionnaire de la Commission, mais révèlent une crise dont les États membres de l'Union vont devoir se saisir, et les prochaines échéances électorales européennes, au printemps 2024, pourraient leur donner l'occasion d'initier une telle démarche. Des voix de plus en plus nombreuses s'élèvent d'ailleurs en Europe pour que l'Union s'engage dans une réforme institutionnelle, ne serait-ce que pour lui permettre de fonctionner dans le contexte d'un élargissement prévisible à l'Est, notamment à l'Ukraine. La crise du COVID-19 et le conflit russo-ukrainien laissent des traces profondes et ont par ailleurs démontré à l'envie que l'Union européenne ne peut plus se contenter de réguler des approvisionnements en biens essentiels fabriqués en Chine, en énergie produite en Russie, et en produits et services technologiques conçus aux États-Unis. Elle a besoin de réinvestir dans de nombreux secteurs industriels qu'elle a laissés filer autant par négligence que par adhésion stricte aux principes de libre concurrence et d'ouverture des marchés.

La France et l'Allemagne, et c'est suffisamment rare ces derniers temps pour mériter d'être souligné, semblent déterminées et confiantes dans la possibilité d'une première réforme partielle du fonctionnement de l'Union européenne avant la fin de l'année 2023, sans toucher aux traités existants. Une telle réforme apparaît essentielle pour fluidifier ce fonctionnement avant d'engager tout processus d'élargissement. Elle permettrait en particulier de passer du vote à l'unanimité au vote à la majorité qualifiée dans plusieurs domaines tels que la politique étrangère ou la fiscalité. Cette évolution peut sans difficulté s'inscrire dans le cadre des traités existants grâce à une disposition permettant de modifier les procédures législatives sans modifier les traités eux-mêmes. Dans l'hypothèse d'un élargissement, il est en effet nécessaire de renforcer la gouvernance de l'Union européenne pour maintenir la cohésion politique d'un ensemble aussi vaste et diversifié.

Enfin, alors qu'elle assure la présidence du Conseil européen jusqu'en décembre 2023, l'Espagne se retrouve sans majorité claire après les élections législatives du 23 juillet 2023. Cette situation n'est pas des plus propices pour boucler un agenda législatif particulièrement dense, même si le gouvernement actuel est censé rester en fonction jusqu'à la constitution du suivant. Dans ce contexte, la dernière année de mandat de la Commission européenne risque de ne pas être de tout repos si elle veut parvenir à faire adopter l'ensemble des textes législatifs qu'elle a initiés, avant la fin de la législature au printemps 2024.



## L'Afrique

L'actualité africaine de la fin du mois de juillet 2023 est essentiellement marquée par un coup d'État en cours au Niger. Le président Mohamed Bazoum a été déposé par une partie des militaires de la garde présidentielle, le 26 juillet 2023. Nouvel exemple d'une tendance inquiétante au Sahel après les coups d'État au Mali en août 2020 et au Burkina Faso en janvier 2022, désormais gouvernés par des militaires putschistes, le Niger restait l'un des derniers États sahéliens dirigé par un civil. Le 30 juillet, et de façon singulière au regard de leurs réactions antérieures, les pays d'Afrique de l'Ouest, réunis au sein de la CEDEAO, ont fixé un ultimatum d'une semaine à la junte putschiste au Niger, affirmant ne pas exclure un « recours à la force », et ont ordonné un blocus économique. Le président Emmanuel Macron a, quant à lui, menacé de répliquer « *de manière immédiate et intraitable* » à toute attaque contre les ressortissants français et contre les intérêts de la France au Niger. En effet, des milliers de manifestants favorables au putsch militaire avaient ciblé quelques heures plus tôt l'ambassade de France à Niamey, en agitant des symboles et proférant des slogans favorables à la Russie et à Poutine. Celui qui semble encore être le patron de la milice Wagner, Evgueni Prigojine, a affirmé, à l'occasion du sommet russo-africain de Saint-Pétersbourg fin juillet 2023, que son offre de service aux États africains constituait pour les putschistes nigériens la seule alternative aux soutiens occidentaux.

À l'heure où nous écrivons ces lignes, nous ne sommes pas en mesure de dire si cette situation politique nouvelle au Niger parviendra à se pérenniser, ou si la CEDEAO parviendra à faire rentrer les putschistes dans leurs casernes et à remettre le président Bazoum au pouvoir. Mais cette actualité nous interroge clairement sur les difficultés et les impasses des politiques étrangères occidentales en Afrique de l'Ouest, et singulièrement celle de la France. Ces soubresauts géopolitiques en Afrique sont sérieux car c'est notre capacité à développer des programmes de stabilité politique et de développement économique en Afrique, et dont l'Europe a un impérieux besoin pour répondre, notamment, aux multiples crises migratoires, qui est progressivement mise en cause. Si en effet, ces mouvements anti-occidentaux se nourrissent d'un ressentiment contre les anciennes puissances coloniales, celui-ci est entretenu et avivé par la propagande de la Russie qui tente, et y parvient comme au Mali par exemple, d'évincer la France et de s'accaparer sous couvert de coopération militaire et de corruption des nouveaux maîtres de ces États, leurs richesses minières et leurs ressources naturelles.



## Souveraineté, autonomie, indépendance et numérique de confiance

De façon répétitive, les concepts de souveraineté, d'autonomie stratégique, d'indépendance et de confiance sont mobilisés à tour de rôle pour caractériser le numérique, en général sans qu'ils soient définis, et en les convoquant bien souvent dans un sens peu orthodoxe, ou encore à la légère. Cette confusion est parfois entretenue, à dessein, pour des motifs de protectionnisme économique qui ne veulent pas s'afficher comme tels. Nous pouvons cependant en premier lieu faire le constat que l'autarcie numérique, pour notre continent, pour les États européens, pour le fonctionnement de la société, de son économie et de ses entreprises, est une chimère. Ceux qui la prônent, ou font mine de penser qu'une telle hypothèse est crédible, sont, au mieux, des irresponsables. Nous ne pouvons en second lieu que constater de façon très préoccupante les abandons successifs d'autonomie technologique de l'Europe et la dépendance croissante qui en découle pour nos États et nos entreprises vis-à-vis des leaders technologiques américains aujourd'hui, et sans doute chinois demain. Le poids des trois principaux hyperscalers américains n'a fait que croître sur le marché européen au cours de ces dernières années. En 2017, Microsoft, AWS et Google Cloud concentraient déjà, en Europe, environ 60% de part de marché. En 2023, les MAG en préemptent plus de 70%, laissant aux opérateurs européens à peine 10% du marché. Une telle hégémonie sur le marché du cloud, des suites collaboratives, de l'intelligence artificielle, n'est pas sans conséquences pour l'autonomie stratégique de l'Europe.

Les entreprises et les administrations publiques, quant à elles, expriment un besoin croissant de produits et services numériques de confiance. Avec eux, et au profit du plus grand nombre, le Cigref a tenté de définir les principaux critères de confiance, appliqués au numérique, à même de caractériser les besoins des entreprises européennes. Ces critères s'articulent autour de quatre axes principaux : la sécurité des données sensibles, l'immunité aux législations non européennes à portée extraterritoriale, la maîtrise de la dépendance des utilisateurs vis-à-vis de leurs fournisseurs de produits et services numériques et, enfin, la maîtrise de l'empreinte environnementale et énergétique du numérique, de ses infrastructures et de ses usages.

Enfin, il est nécessaire de rappeler que la souveraineté est un attribut exclusif des États, et qu'il appartient aux seuls États, ou aux organisations supra étatiques auxquels ils ont délégué des compétences en la matière, de mettre en œuvre des politiques de souveraineté. Dans sa définition la plus rigoureuse, la souveraineté est le pouvoir suprême reconnu à l'État, qui implique l'exclusivité de sa compétence sur le territoire national, et son indépendance dans l'ordre international où il n'est limité que par ses propres engagements. Il n'y a pas de raison de retenir une définition différente de la souveraineté sous prétexte que l'on parle de numérique.

Si l'Europe ne parvient pas à s'organiser pour maîtriser ses dépendances numériques, notamment sur le marché du cloud, si les démarches qu'elle a engagées, en matière législative et en termes d'investissement, ne produisent pas les effets escomptés à court terme, son économie sera confrontée, à l'horizon de la fin de la décennie, à trois risques systémiques qui ne cessent de se renforcer.

Le premier est un risque géostratégique. Nul ne peut prétendre aujourd'hui caractériser la qualité de la relation entre l'Union européenne et les États-Unis à l'horizon des deux prochaines administrations américaines. Que se passerait-il en cas d'entrave de nature politique sur l'accès européen aux ressources des cloud providers américains, ciblant une entreprise, un secteur d'activité, un État ou l'ensemble de l'Union européenne ? Des précédents existent dans de nombreux domaines. Nous serions bien inspirés de ne pas oublier qu'un désalignement des intérêts entre membres de l'alliance transatlantique, même conjoncturel, est toujours possible et peut se traduire par des sanctions d'acteurs européens portant sur leurs usages des technologies numériques américaines.

Le deuxième risque est de nature économique. À l'horizon de la fin de la décennie, et compte tenu de la dynamique du marché mondial du cloud, la plus grande partie des processus métiers les plus essentiels des entreprises européennes pourrait être enfermée dans les solutions proposées par des contrôleurs d'accès, lesquels pourraient être tentés de modifier leurs modèles d'affaires. Dans ces conditions, la mise sous tutelle de pans entiers de notre économie pourrait devenir insoutenable, et permettrait à ces tuteurs de préempter une part croissante de la valeur créée par l'économie européenne.

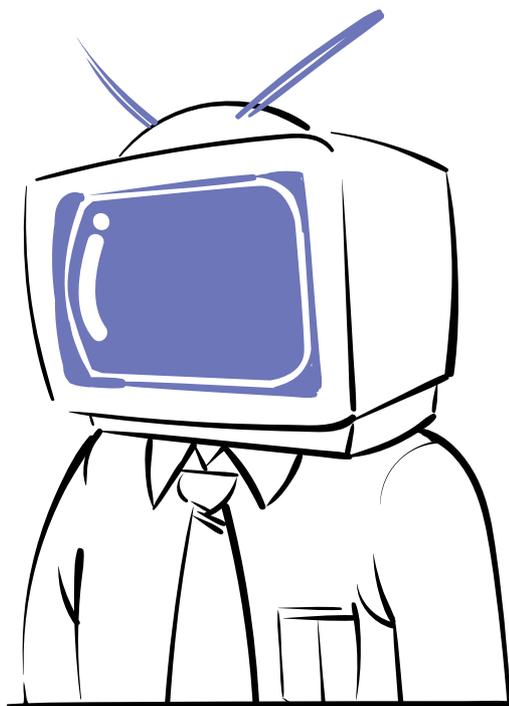
Le troisième risque, enfin, d'ordre juridique, est d'ores et déjà une réalité. Il s'agit de la dépendance de l'Europe et de son économie à des législations extra-européennes à portée extraterritoriale, comme l'arrêt du 16 juillet 2020 de la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) l'a justement mis en exergue. Que ce soit, par exemple, la section 702 du Foreign Intelligence & Surveillance Act américain, pointé par la CJUE, ou la loi chinoise du 28 juin 2017 sur le renseignement national, ces législations autorisent les agences de renseignement de ces États à réaliser, légalement et secrètement, une collecte massive, a priori et sans mandat judiciaire, des données des personnes morales ou physiques étrangères dès lors que ces données et les traitements associés sont hébergés par leurs opérateurs nationaux normalement soumis à ces législations.

Pour répondre à ces défis dont elle a bien conscience, la Commission européenne et notamment le Commissaire au marché intérieur Thierry Breton, tente d'armer notre continent avec des instruments juridiques permettant de protéger les données sensibles et stratégiques de l'économie continentale. C'est dans ce contexte, par exemple, que s'inscrit la négociation complexe du schéma européen de certification des services cloud, dit EUCS. Ce schéma de certification est porté par l'ENISA, l'agence européenne de sécurité de l'information et des réseaux, et doit être soumis à l'approbation des 27 États membres. Ce schéma de certification est violemment attaqué par les entreprises américaines de technologies. Ainsi, dans un courrier adressé le 25 mai 2023 au Gouvernement fédéral des États-Unis, les associations représentatives de la tech américaine affirment que « *EUCS is part of a broader concerted effort by Europe to enact a "digital sovereignty" agenda that seeks to disadvantage U.S. firms for the benefit of local alternatives, potentially threatening U.S. economic and national security interests.* » Le reste de ce courrier est à l'avenant. Et parmi ses signataires, dans un curieux rapport avec le principe de cohérence, nous pouvons retrouver les mêmes qui s'engagent par ailleurs, en France, dans les démarches de cloud de confiance, parfois qualifié de souverain, Bleu et S3NS.

## Intelligence artificielle

Depuis le 30 novembre 2022, date de la mise à disposition de l'application ChatGPT auprès du grand public, une sorte de tempête médiatique s'est déchaînée. En deux mois environ, plus de cent millions de comptes utilisateurs ont été créés, faisant de ChatGPT l'application grand public ayant connu le rythme d'appropriation le plus rapide de l'histoire du numérique, loin devant TikTok qui avait réalisé la même performance en 9 mois. Cette utilisation massive de ChatGPT constitue un coût informatique particulièrement élevé pour sa société éditrice, OpenAI. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle OpenAI a lancé avec succès son service d'abonnement mensuel d'une vingtaine de dollars, permettant un accès premium à l'application.

Au-delà de la stupéfaction, voire de l'émoi, provoquée par ChatGPT auprès du grand public, nous avons estimé qu'il convenait d'adopter une position de raison et de prendre quelques précautions d'usage. ChatGPT s'inscrit dans une dynamique de recherche en intelligence artificielle dont nous observons le développement depuis plusieurs années et dont les conséquences étaient largement annoncées et documentées. ChatGPT n'en est que la partie visible, et sa mise à la disposition du grand public, avec il est vrai une redoutable efficacité en matière de communication et de marketing qu'il convient de saluer, a fait bouger durablement les lignes de force de cette industrie. On le voit notamment avec le pivotement précipité de Meta qui jette toutes ses forces dans la bataille de l'IA générative en faisant passer sine die au second plan ses ambitions dans le métavers.



Si de tels outils d'IA étaient prévisibles, et prévus, il est désormais évident qu'ils auront des impacts importants sur les administrations publiques et sur les entreprises dans de très nombreux secteurs d'activité, avec des effets systématiques sur leur productivité et leurs performances. Dans ces conditions, il serait dangereux de s'installer dans le déni, et illusoire de vouloir construire des digues, notamment réglementaires, pour se prémunir des effets non souhaités de ces outils. Il apparaît indispensable, au contraire, de s'en saisir, dans les meilleurs délais, pour s'inscrire dans une démarche d'apprentissage, d'expérimentation et d'appropriation afin d'en maîtriser des implémentations sécurisées, et d'en développer les usages judicieux et pertinents, à commencer dans les suites collaboratives comme Microsoft 365 ou Google Workspace. Il apparaît par ailleurs nécessaire, à ce stade, de s'inscrire dans une trajectoire d'appropriation prudente et raisonnée de ces outils, dès lors qu'il s'agit de manipuler des données sensibles afin d'en garantir la confidentialité. De la même manière, une certaine prudence doit s'exercer dans l'exploitation des résultats produits par ces outils d'IA générative, afin d'éviter les erreurs d'analyse et de traitement et les phénomènes d'hallucination, qui ne sont manifestement pas si rares, et qui sont renforcés par l'absence de sources. Il est essentiel, par ailleurs, de vérifier la conformité au RGPD du traitement des données à caractère personnel lorsque ce type d'outil est utilisé à cet effet. Enfin, il semble nécessaire de porter une attention particulière et renforcée aux enjeux de propriété intellectuelle et de droit d'auteur, dans la mesure où certains de ces modèles d'intelligence artificielle peuvent avoir été entraînés sur des corpus extrêmement vastes sans garantie en la matière.

L'intelligence artificielle, comme la plupart des innovations technologiques, est porteuse de progrès économiques et sociétaux, mais génère également de nouveaux risques pour les individus. Le règlement européen sur l'intelligence artificielle, ou *AI Act*, présente une approche de l'IA basée sur les risques, sans entraver abusivement le développement technologique. C'était tout au moins l'ambition initiale du projet de règlement présenté par la Commission européenne en avril 2021. Depuis, le processus législatif a prospéré au Parlement européen et les députés européens se sont chargés de modifier substantiellement ce texte. Le Règlement adopté le 14 juin 2023 par le Parlement classe les systèmes d'IA selon un niveau de risque allant de « minime » à « inacceptable ». Les interdictions sont rares et concernent essentiellement les usages contraires aux valeurs européennes, comme les « systèmes de crédit social » ou de vidéosurveillance de masse utilisés en Chine. Les systèmes d'IA dits à « haut risque » devront se conformer au régime le plus strict en matière de transparence, de gestion des risques et de gouvernance des données.

À l'heure où nous écrivons ces lignes, l'*AI Act* est entre les mains du trilogue, instance de négociation entre la Commission, le Parlement et le Conseil européen, afin d'élaborer un consensus sur la version du règlement qui sera soumis au vote final des eurodéputés. Cette nouvelle phase de négociation promet d'être particulièrement complexe, alors que se déploie une intense activité de lobbying des entreprises de la tech et que s'expriment les préoccupations des représentants de la société civile. Par ailleurs, les visions des eurodéputés et des États membres ne sont pas alignées. L'Espagne, qui a pris la présidence du Conseil de l'UE depuis le 1er juillet, espère conclure cette négociation avant la fin de l'année, afin que Madrid puisse accrocher un accord sur l'*AI Act* à son tableau de chasse.

C'est dans ce contexte que s'inscrit une lettre ouverte, adressée le 30 juin 2023 aux représentants de la Commission, du Conseil et du Parlement européen, par plus de 150 dirigeants d'entreprises européennes dont une quinzaine de membres du Cigref. Ces dirigeants expriment leurs vives inquiétudes quant à l'*AI Act*, lequel mettrait en péril la compétitivité et la souveraineté technologique de l'Europe sans pour autant relever efficacement les défis de l'intelligence artificielle auxquels nous sommes et serons confrontés. Ils estiment qu'une telle réglementation pourrait conduire des entreprises très innovantes à délocaliser leurs activités à l'étranger, et les investisseurs à retirer leurs capitaux du développement de modèles d'IA européenne, avec pour résultat un écart de productivité critique entre les deux côtés de l'Atlantique. La position exprimée dans cette lettre ouverte rejoint une proposition formulée par le Cigref depuis plusieurs mois dans le cadre des négociations de ce texte. Le Cigref préconise de prévoir un mécanisme de régulation qui soit plus agile et plus réactif, adapté à la dynamique technologique du domaine de l'intelligence artificielle. Ce mécanisme serait opéré par une autorité administrative indépendante européenne disposant des ressources et des compétences nécessaires. Celle-ci aurait pour mission d'adapter en temps quasi réel la législation aux évolutions technologiques, dans le cadre des grands principes inscrits dans le règlement.

## Conclusion

Avant de clore cette note de contexte, nous tenons à rassurer les lecteurs quant à l'absence d'un paragraphe consacré au changement climatique et à ses conséquences : ce n'est pas un oubli. Car, en effet, que dire sur ce sujet que chacun de nous ne connaisse déjà et dont nous avons tous désormais, semble-t-il, une conscience aiguë ? Que dire si ce n'est de rappeler que la plupart des scientifiques observent que les trajectoires de décarbonation de nos sociétés et de leurs économies ne sont pas encore, à ce stade, compatibles avec les engagements pris par la communauté internationale dans le cadre des Accords de Paris ? Que dire, alors que le monde vient de connaître, en 2023, le mois de juin le plus chaud jamais enregistré, avec des températures à la surface de la mer sans précédent et, en plein hiver austral, une étendue de la banquise antarctique d'une faiblesse record ? Que dire de plus ?

Pour conclure, nous souhaitons insister, à nouveau, auprès de l'écosystème numérique pour l'appeler à renouveler les instruments qui lui permettent d'appréhender la dynamique des défis auxquels nous sommes collectivement confrontés. À cet égard, la prospective et la géopolitique, en tant que disciplines et méthodes de raisonnement, nous paraissent tout à fait appropriées, et très insuffisamment mobilisées par notre écosystème. Formulons le vœu que ce nouveau rapport d'orientation stratégique puisse amener certains de nos lecteurs à associer ces disciplines à leurs pratiques professionnelles.

Enfin, il convient de saluer le travail remarquable effectué par Aurélie Chotard, chargée de mission au Cigref, avec le soutien précieux et constant de Marie Ségur, directrice d'étude chez Futuribles International, notre partenaire pour cet important travail de prospective. Il convient également de remercier les membres du Conseil d'orientation stratégique qui ont consacré du temps et mobilisé leurs compétences pour accompagner cet important travail.

Et maintenant, place à la question « Et si...? »

Je vous souhaite une excellente lecture !

**Henri d'Agrain, Délégué général du Cigref**



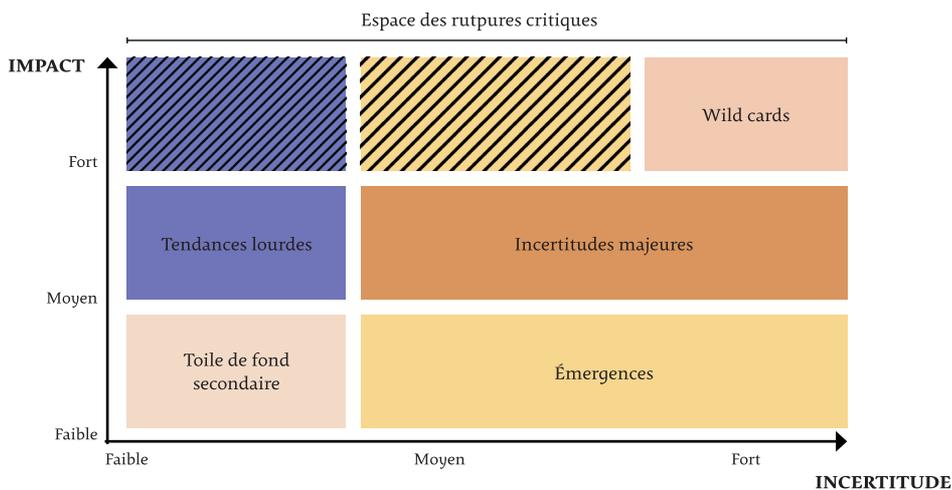
# Fit

si...

# Objectifs et ambitions du rapport

Ce rapport d'orientation stratégique (ROS) répond aux inquiétudes et au besoin d'anticipation et de préparation face aux crises, exprimés par les membres du Cigref, et ouvre un nouveau cycle de réflexion prospective. Il est **structuré autour de dix hypothèses de rupture** concernant le domaine numérique à horizon 2030-2040. La « rupture » est l'un des concepts communs de la prospective utilisé pour structurer nos connaissances sur l'avenir. Les ruptures sont définies ici comme « des événements ou des phénomènes, susceptibles de modifier en profondeur l'environnement naturel, politique, économique ou social d'une société ou d'une organisation ». Par exemple, l'attentat du 11 septembre 2001 aux États-Unis, par son mode opératoire, par sa cible, par ses commanditaires, a constitué une rupture dans le champ géopolitique et a transformé radicalement la perception et la gestion des menaces sécuritaires dans les pays occidentaux. Les ruptures sont le plus souvent **très incertaines, bien qu'elles ne soient pas nécessairement imprévisibles**. Elles sont souvent **précédées de signaux faibles**. Mais elles sont difficiles à situer dans le temps et leurs conséquences sont, par définition majeures, en raison de leur ampleur mais aussi, le plus souvent, du manque de préparation des organisations à leur irruption, en général soudaine. Notons qu'une rupture n'est pas, par nature, positive ou négative : tout changement important et soudain engendre son lot de risques et d'opportunités.

Explorer différentes hypothèses de rupture apparaît donc comme une manière d'anticiper et de se préparer à des bifurcations majeures dans la trajectoire de nos sociétés et de nos organisations pour agir proactivement et en tirer le meilleur parti si ces scénarios devaient se réaliser. Plus globalement, réfléchir aux ruptures est aussi une manière d'entraîner nos organisations à penser aux potentielles perturbations et donc à développer leur résilience.



### Schéma 1. Les principaux concepts utiles de la prospective

Ce schéma présente les principaux concepts utilisés en prospective pour structurer nos connaissances sur l'avenir. Ces concepts permettent d'organiser les phénomènes perçus et étudiés, présents, ou susceptibles d'advenir, en fonction de leur degré d'incertitude (ce phénomène se développera-t-il dans les années à venir, restera-t-il secondaire, disparaîtra-t-il?), et de leur degré d'impact sur nos sociétés et/ou nos organisations.

Ainsi, les **tendances lourdes** sont des phénomènes analysables aujourd'hui et peu susceptibles de s'infléchir dans les décennies à venir. Leur degré d'incertitude est faible. Par exemple, le réchauffement des températures terrestres à horizon 2050 est une tendance lourde, en raison de l'inertie du système climatique.

Les **émergences, ou signaux faibles**, sont des phénomènes perçus aujourd'hui, mais dont on ne sait pas encore s'ils deviendront, à l'avenir, des tendances lourdes. Leur impact est pour le moment faible et leur degré d'incertitude est élevé. Par exemple, le recours croissant aux techniques de géoingénierie (ensemencement des nuages pour provoquer la pluie, capture de carbone...) pour réguler le système climatique est une émergence. Difficile de savoir, à ce stade, si ces technologies se développeront à l'avenir ou si ces projets seront, à terme, abandonnés.

Les **incertitudes majeures** sont des questions ouvertes sur l'avenir pour décrire des phénomènes très incertains mais sur lesquels il est possible d'établir des hypothèses prospectives. La question de savoir si l'Union européenne tiendra ses engagements environnementaux à horizon 2050 est une incertitude, pour laquelle différentes hypothèses de réponse peuvent être identifiées.

Les **wild cards** sont des événements très incertains mais qui auraient, s'ils advenaient, un impact très fort. La libération d'un virus ancien et dangereux pour l'espèce humaine en raison du dégel du permafrost en est un exemple.

Les **wild cards** font donc partie de l'**espace des ruptures critiques**, c'est-à-dire des phénomènes susceptibles de changer en profondeur nos paradigmes politiques, sociaux, économiques... C'est celui qui nous intéresse dans ce rapport. Notons qu'une tendance lourde, comme celle du réchauffement climatique, peut conduire à une rupture critique. Ainsi, si les trajectoires actuelles en matière environnementale se poursuivent, le monde dans lequel nous vivrons en 2050 ne ressemblera plus à celui que nous connaissons aujourd'hui.

Sans chercher à être exhaustif, ni à présenter l'état de l'art sur chacun des sujets traités, ce rapport se propose donc d'établir un radar de veille à l'attention des organisations membres du Cigref et de tous les lecteurs pour naviguer dans l'incertitude, se préparer aux crises et disruptions de demain et investiguer les causes et conséquences des situations envisagées, dans le domaine du numérique et principalement à échelle européenne. Tout au long de ce document, nous nous appuyons sur un ensemble d'informations factuelles, tirées de nos analyses et d'entretiens avec des experts, pour envisager les causes potentielles et les conséquences des situations de rupture retenues. Dans un souci de synthèse, nous ne présentons, pour chaque rupture, que les éléments apparaissant comme les plus significatifs et les plus utiles pour anticiper ou se préparer aux scénarios décrits.

Ces dix hypothèses ont été identifiées par l'équipe permanente du Cigref et par Futuribles, sur la base de la veille réalisée ces trois dernières années dans le cadre du ROS (Rapport d'Orientation Stratégique), puis priorisées par le Conseil d'Orientation Stratégique (COS). Deux critères ont été retenus pour la sélection de ces ruptures : la probabilité que la rupture survienne à horizon 2030 ou 2040 (moyenne ou faible) et le niveau de préparation des organisations membres à ces événements, s'ils devaient advenir (faible).

L'objectif de ce rapport est donc de déceler les fameux « cygnes noirs », théorisés par le statisticien Nassim Taleb<sup>1</sup>. Mais aussi des « rhinocéros gris<sup>2</sup> », des événements à faible probabilité, connus mais négligés, et dont les conséquences sont suffisamment importantes pour qu'on doive s'y préparer. Le cas typique est bien sûr celui de la survenance d'une pandémie virale de type COVID-19, évoquée dans tous les exercices de prospective géopolitique depuis vingt ans, y compris dans les Livres blancs sur la défense et la sécurité nationale.

Pour apporter un regard neuf à nos travaux de prospective, nous avons également fait évoluer la gouvernance de notre démarche, en créant un Conseil d'Orientation Stratégique Jeunes, composé de 78 collaborateurs de moins de trente ans, issus de 30 organisations membres du Cigref. Ce « COS Jeunes » a ainsi orienté la sélection des ruptures et a grandement participé à les enrichir.

Nous avons veillé à ce que l'ensemble des ruptures reflètent les cinq grands enjeux du numérique identifiés en 2020. Nous avons cependant revu en partie le périmètre de ces cinq champs de transformation pour les adapter aux nouvelles questions traitées par le Cigref ces trois dernières années :

## Champ 1. Technologies et innovations

## Champ 2. Numérique, environnement, ressources

## Champ 3. Enjeux géopolitiques

## Champ 4. Économie du numérique, acteurs, fournisseurs et réglementation

## Champ 5. Numérique et société

Les lecteurs sont invités à se saisir de ces sujets lorsqu'ils apparaissent particulièrement stratégiques pour leur organisation.

<sup>1</sup> La théorie du cygne noir, développée par le statisticien Nassim Taleb, notamment dans son essai *Le Cygne noir: la puissance de l'imprévisible*, est une théorie selon laquelle on appelle cygne noir un certain événement imprévisible qui a une faible probabilité de se dérouler (appelé « événement rare » en théorie des probabilités) et qui, s'il se réalise, a des conséquences d'une portée considérable et exceptionnelle.

<sup>2</sup> Un « rhinocéros gris » est un phénomène décrit par l'américaine Michele Wucker dans un ouvrage paru en 2016. Il désigne pour sa part des événements probables, à fort impact, mais négligés par les dirigeants.

# Méthodologie

Chaque hypothèse de rupture a été traitée indépendamment, complétée grâce à la veille de l'équipe du Cigref et de Futuribles et enrichie par des entretiens avec les experts membres du COS et les ateliers conduits avec le COS jeunes. Chaque rupture se situe à un horizon temporel allant de 2030 à 2040. Son développement suit toujours la même trame :

## **Description de l'hypothèse de rupture envisagée à l'horizon 2030/2035/2040**

Cette introduction, en page de garde, présente de manière brève la situation de rupture envisagée.

## **Contexte et état des lieux**

Cette partie vise à décrire le contexte et l'état actuel du sujet ce qui permet de mettre en lumière les changements qu'apporterait l'hypothèse de rupture, si elle devait se réaliser.

## **Quelles tendances lourdes pourraient conduire à cette hypothèse de rupture ?**

Cette partie décrit des phénomènes déjà en marche et observables aujourd'hui, qui pourraient conduire à la rupture.

## **Quels événements pourraient accroître la probabilité de cette hypothèse ?**

Cette partie liste les événements possibles (émergences, signaux faibles) qui pourraient accélérer l'avènement du scénario de rupture.

## **Quelles pourraient être les conséquences de cette hypothèse de rupture ?**

Cette partie étudie les principales conséquences que l'hypothèse de rupture pourrait avoir sur les organisations membres du Cigref et, plus largement, sur les populations européennes.



# Technologie & innovation



*p. 34*

D'ici 2030, l'informatique quantique est opérationnelle et largement diffusée.

*p. 46*

D'ici 2030, le déploiement de la 5G, puis de la 6G, et l'introduction de concepts comme l'Open RAN vont accélérer la virtualisation, l'automatisation et la désagrégation des réseaux télécoms.

The background is a dark, almost black, textured surface, possibly a piece of paper or fabric, with a prominent diagonal crack running from the upper left towards the lower right. The texture is uneven and slightly grainy. The crack is a sharp, dark line that separates the surface into two parts.

# 01 Rupture

# D'ici 2030, l'informatique quantique est opérationnelle et largement diffusée

L'accélération de la recherche quantique pourrait se traduire par une opérationnalisation et une diffusion de multiples technologies quantiques à un plus grand nombre d'acteurs. Comme l'informatique quantique, à ce jour, n'a pas vocation à être distribuée au grand public, les usages demeureraient circonscrits aux entreprises privées et organisations publiques.

Le soutien, voire l'augmentation, des investissements par des acteurs privés en avance sur la recherche publique permettrait de lever les difficultés techniques freinant l'opérationnalisation de l'informatique quantique. La stabilité d'un nombre important de qubits, contribuant à diminuer le taux d'erreur, rendrait l'utilisation du quantique envisageable pour les organisations. Les entreprises qui auraient préparé par anticipation leurs algorithmes quantiques pourraient ainsi rapidement déployer ces technologies.

D'autres facteurs pourraient également accélérer la recherche comme la prise de conscience générale des opportunités offertes par le calcul quantique. Celle-ci pourrait survenir à la suite d'une découverte démontrant ses capacités à contribuer à la résolution d'une problématique globale, comme par exemple la crise climatique en cours. Si le calcul quantique permet la modélisation de systèmes complexes liés au climat, tels que la circulation atmosphérique, les courants océaniques ou encore les interactions entre les différents composants du système climatique, il serait alors possible d'avoir une meilleure compréhension des processus et de prédire encore plus précisément des phénomènes météorologiques et climatiques à différentes échelles spatiales et temporelles. Le calcul quantique pourrait aussi permettre de trouver de nouvelles logiques d'optimisation de la production d'énergies renouvelables ou de développement de nouveaux matériaux, inaccessibles avec les moyens actuels. De cette prise de conscience, pourrait naître une collaboration mondiale intégrant États et acteurs privés pour accélérer la recherche et identifier tous les cas d'usages encore inexplorés. La médiatisation vers le grand public qui s'en suivrait serait également un atout pour favoriser une large diffusion, en orientant davantage d'étudiants vers des formations en informatique quantique.

**L'arrivée à maturité technologique de l'informatique quantique ainsi que sa large diffusion en seulement quelques années constitueraient donc une rupture, qui pourrait représenter un désavantage stratégique et un risque** pour les acteurs n'ayant pas perçu cette accélération et ne s'y étant pas préparés.

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Les recherches sur l'informatique quantique couvrent aujourd'hui essentiellement trois champs : le calcul haute performance (HPC)<sup>1</sup>, la cryptographie quantique et le chiffrement post quantique. Le chiffrement post-quantique qui existe déjà est déployé dans plusieurs organisations stratégiques, comme le département d'État américain ; il consiste à créer des algorithmes qui fonctionnent sur des matériels informatiques classiques mais qui pourront résister à de futurs algorithmes quantiques de décryptage. Le calcul HPC quantique, lui, s'appuie sur une capacité intrinsèque à effectuer certains calculs de manière extrêmement performante ce qui permettrait de résoudre des problèmes complexes (modélisation moléculaire, optimisation financière, IA, traitement de données à grande échelle...) plus rapidement qu'avec des moyens informatiques classiques. La cryptographie quantique utilise les principes de la mécanique quantique pour créer des systèmes théoriquement incassables.

Actuellement, les recherches autour de l'informatique quantique s'intensifient mais le déploiement de son plein potentiel se heurte toujours à des limites pour lesquelles les chercheurs ne trouvent pas encore de solutions, et notamment la capacité à générer un nombre de qubits important, tout en les maintenant stables suffisamment longtemps. Le qubit est l'unité de base de l'informatique quantique. À la différence d'un bit classique qui ne peut prendre que les valeurs 0 ou 1, un qubit peut se trouver dans une superposition d'états, représentant à la fois et en même temps 0 et 1, grâce aux principes de la mécanique quantique. C'est cette propriété qui permet aux ordinateurs quantiques de traiter une grande quantité d'informations simultanément et donc d'accélérer les calculs.

En octobre 2019, Google est le premier acteur à prétendre avoir atteint ce qu'on appelle la « suprématie quantique », c'est-à-dire démontré qu'une machine quantique était capable de résoudre un problème que le plus puissant des ordinateurs classiques ne pouvait pas résoudre. Pour ce faire, le géant du numérique a stabilisé 53 qubits suffisamment longtemps pour réaliser en 3,20 minutes un calcul qui aurait pris 10 000 ans au plus puissant des ordinateurs traditionnels (source : [Nature](#)). Mais d'autres acteurs se sont également lancés dans cette course. Parmi eux, IBM a commencé à explorer ce domaine en 2000 et suit actuellement une *roadmap* ambitieuse : en 2022 est sorti Osprey, un QPU<sup>2</sup> de 433 qubits, Condor est annoncé pour 2023 avec 1123 qubits, et les 4158 qubits devraient être atteints en 2025 avec le QPU Kookaburra qui combinera plusieurs QPU, l'objectif étant de démontrer la possibilité d'association de QPU pour essayer d'atteindre les 100 000 qubits (source : IBM).

Pour atteindre ces objectifs, la recherche se concentre sur l'augmentation du nombre de qubits produits et maintenus stables, cette stabilité étant différente suivant les technologies mises en œuvre pour les créer, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients (cf. ROS 2020, Champ 1, page 23). Aujourd'hui, les essais se font principalement sur des technologies photonique, ionique et avec des circuits supraconducteurs. Ce sont les technologies les plus utilisées actuellement, notamment en Europe, car elles sont les plus simples à développer. Ainsi, la plupart des ordinateurs quantiques utilisent aujourd'hui des circuits supraconducteurs (Plateforme IBM, Google, Rigetti, D-Wave, Inria...) mais la difficulté sera de les miniaturiser. D'autres pistes, comme celle du silicium (CEA-Leti de Grenoble), bien que moins avancées, se trouvent être aussi très intéressantes, notamment par leur capacité à être industrialisées (on maîtrise parfaitement la fabrication de puces en silicium).

1 HPC : High Performance Computing

2 QPU : Quantum Process Unit – équivalent du CPU (Central Processing Unit) pour l'informatique quantique

Cependant, même si les progrès de la recherche en ce domaine sont rapides au regard de la découverte récente des capacités quantiques, des limites techniques persistent et empêchent un déploiement global. Le principal effort des acteurs se porte aujourd'hui sur la stabilité des qubits. Ces derniers sont facilement perturbés, ce qui dégrade les capacités de calcul quantique, limitant le nombre d'opérations possibles. Les ordinateurs quantiques les plus stables ont encore un taux d'erreur trop élevé (1/1000) par rapport aux ordinateurs classiques. Les calculs doivent donc être effectués de nombreuses fois pour, *in fine*, obtenir des résultats statistiquement significatifs (source : [CNET](#)). Au-delà de ces difficultés de stabilité, des perturbations dans l'environnement des qubits peuvent également leur faire perdre leur état quantique, ce qui nécessite de les protéger. [Google](#) et [IBM](#), par exemple, placent leurs processeurs supraconducteurs sous des températures de 4 kelvins, soit environ  $-270^{\circ}\text{C}$ . Cela nécessite donc une technologie cryogénique avancée qui est actuellement difficile à déployer largement et à miniaturiser.



Les ordinateurs quantiques sont donc pour l'instant bloqués au stade du NISQ<sup>1</sup> qui correspond à un niveau de précision insuffisant pour effectuer des calculs complexes mais qui permet tout de même de démontrer les potentialités du quantique et de valider les algorithmes. Ces machines sont construites dans le but de démontrer l'utilité d'applications quantiques, notamment en interagissant avec des systèmes informatiques classiques. Pour être vraiment efficaces, il faut des QPU qui atteignent entre 1000 et 5000 qubits, mais le record, à ce jour détenu par IBM, est de 433 qubits, atteint en novembre 2022 (cf. la *roadmap* d'IBM citée précédemment).

Les applications potentielles de l'informatique quantique sont donc nombreuses mais quantité d'acteurs privés comme publics n'en ont pas encore cerné les enjeux. Du côté des entreprises européennes, un petit nombre seulement mènent déjà aujourd'hui des expérimentations sur le sujet, essentiellement dans certains secteurs qui utilisent des modèles complexes pour lesquels les temps de calcul d'un ordinateur conventionnel sont trop longs, comme la météorologie, la prospection géologique, la science des matériaux, la pharmacologie, le secteur financier, la supply chain... Ces entreprises qui expérimentent ont déjà la possibilité de tester leurs algorithmes sur des simulateurs quantiques tels que celui proposé par Atos : *Atos Quantum Learning Machine* (QLM). Un simulateur quantique est un système informatique classique qui reproduit les principes de la mécanique quantique. Il est utilisé pour identifier ce qu'il est intéressant de basculer dans le monde quantique (un ordinateur quantique n'est pas le plus efficace pour tout), mais aussi valider des algorithmes, et regarder comment modéliser et étudier des phénomènes complexes qui seraient difficiles à simuler avec des ordinateurs classiques. Plusieurs acteurs proposent des simulateurs quantiques : depuis 2016, IBM commercialise ses offres quantiques au travers du réseau IBM Q mais rend aussi disponible son simulateur sur le cloud public. Dans la même optique, AWS propose, avec Amazon Braket, des services quantiques sur le cloud, permettant aux clients d'utiliser, au travers d'une *toolbox* d'outils de développement, différents types d'ordinateurs quantiques et de simulateurs de circuits.

Une des difficultés du déploiement de solutions quantiques est d’inventer une nouvelle algorithmique taillée pour l’informatique quantique. Sur ce point, on commence à voir des logiciels reposant sur une « logique quantique » : ce sont pour le moment des algorithmes connus, capables de faire des tâches bien précises mais de manière beaucoup plus rapide. Tous les cas d’usage ne sont pas transposables dans une logique quantique, c’est pour cela qu’il faut tester d’ores et déjà ces algorithmes pour être prêt à les déployer dès l’arrivée à maturité des ordinateurs quantiques.

Comme les premiers ordinateurs quantiques seront accessibles dans le cloud, le *quantum computing* peut s’inscrire en continuité des migrations dans le cloud qui s’opèrent actuellement dans de nombreuses organisations. Les difficultés techniques de ces migrations s’ajoutent donc à celles de l’exploitation d’algorithmes quantiques.

De manière générale, voici les six facteurs sur lesquels se concentrent les acteurs du quantum computing et qui pourraient, résolus individuellement, avoir des effets significatifs en termes de performance :

- Le nombre de qubits, bien qu’il ne fasse pas seul la puissance d’un ordinateur quantique,
- L’augmentation du temps de cohérence<sup>1</sup> pour pouvoir exécuter complètement des algorithmes complexes avant la décohérence des qubits,
- L’amélioration du contrôle et de la résolution des erreurs.
- La capacité à faire une opération suffisamment précise avec le minimum de qubits,
- La connectivité entre les qubits, c’est-à-dire la capacité à intriquer le maximum de qubits possibles,
- La capacité du *hardware* à exécuter correctement les différentes portes logiques quantiques<sup>2</sup>.



Les crises successives, sanitaire, géopolitique ou encore économique connues depuis 2020, ne laissent que peu de place à l’expérimentation et surtout à l’identification des problématiques qui pourraient être résolues par l’informatique quantique. Ce manque de travail préparatoire de la part des États et des entreprises devrait ralentir l’adoption et la diffusion de l’informatique quantique dans les années à venir. Il n’est par ailleurs pas certain que l’informatique quantique arrivera à maturité en 2030 au regard des difficultés physiques et techniques rencontrées par la recherche. Ainsi, même si l’informatique quantique venait à être commercialisée dans sa version avancée dès la fin des années 2020, la plus forte probabilité est que son adoption sera très lente et progressive en fonction des secteurs d’activités.

<sup>1</sup> Temps de cohérence : durée pendant laquelle les qubits peuvent maintenir leur état quantique sans se dégrader.

<sup>2</sup> Les portes quantiques (ou portes logiques quantiques) sont les briques de base des circuits quantiques, tel que cela existe dans les circuits numériques classiques.

## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

Depuis 2020, les géants du numérique accélèrent leur recherche en informatique quantique et enregistrent des progrès considérables. Ainsi, certains ordinateurs quantiques sont déjà en voie de commercialisation.

Depuis la première édition de notre Rapport d'Orientation Stratégique, nous étudions les progrès de l'informatique quantique. Alors que cette première édition s'interrogeait sur la possibilité de premières applications pionnières d'ici 2030, leur réalisation semble désormais certaine dans les cinq prochaines années. Le marché du *quantum computing* devrait représenter 9 milliards de dollars dès 2030 (contre 260 millions en 2020), ce qui devrait avoir un impact sur la recherche bien sûr mais surtout sur l'évolution des rapports de force sur la scène internationale, en entraînant une compétition accrue entre les acteurs du domaine : les entreprises technologiques, les gouvernements et les instituts de recherche, chercheront à développer des technologies quantiques encore plus avancées pour en tirer profit, économiquement, mais aussi géopolitiquement (source : [Statista Digital Economy Compass, 2021](#)).

Les géants du numérique multiplient les annonces sur leur capacité à produire des ordinateurs quantiques de plus en plus puissants. Comme nous l'avons vu précédemment, IBM, un des acteurs les plus importants sur ce marché, a annoncé que les 4158 qubits devraient être atteints en 2025. De son côté, [Google](#) annonce qu'il sera en mesure de commercialiser un ordinateur viable et opérationnel à l'horizon 2029. En France, Pasqal annonce un produit de rupture en 2024, Quandela lance le premier ordinateur quantique européen disponible sur le cloud et Alice&Bob a annoncé le bit quantique le plus stable au monde...

La question qui reste en suspens est toujours celle de la capacité de ces entreprises à atteindre leurs objectifs dans un contexte instable tant sur le plan économique que géopolitique.

### Au-delà des investissements privés, les États investissent aussi massivement dans les technologies quantiques.

Sur les cinq dernières années, 24 milliards de dollars ont été investis dans les technologies quantiques par une vingtaine d'états dont la Chine pour 10 milliards, l'Union européenne pour 1 milliard, la France pour 1,8 milliards et les États-Unis pour 1 milliard (sources : [Les Échos](#), [La Tribune](#)).

Les objectifs poursuivis par ces investissements sont pourtant différents. L'Union européenne, de son côté, souhaite se doter d'une infrastructure de télécommunications quantiques pour renforcer la cybersécurité des secteurs critiques comme la santé, la finance ou encore l'énergie en s'appuyant sur la cryptographie quantique d'ici 2028 (source : [Commission Européenne](#)). Quant à la France, dans le cadre de sa stratégie quantique à horizon 2030, ses moyens sont mis à disposition d'une communauté internationale composée de laboratoires, de startups et d'industriels pour accélérer les progrès du calcul quantique, tant pour des usages civils que militaires (source : [site du gouvernement français](#)).

De son côté, la Chine a rapidement rattrapé son retard. En juillet 2021, une équipe de chercheurs chinois a annoncé avoir atteint à son tour la « suprématie quantique », soit un an et demi après Google. Et en ce qui concerne la cryptographie, la Chine a déjà mis en place une ligne de communication cryptée par le quantique entre Pékin et Shanghai. La recherche chinoise se place donc en concurrence directe avec les géants américains Google et IBM (source : [IFRI](#)).

**Les startups spécialisées sur un domaine particulier de l'informatique quantique se multiplient et connaissent une croissance exponentielle soutenue par des fonds d'investissement.**

Selon certaines estimations, il y aurait plus de 260 start-ups et PME de technologies quantiques dans le monde. Rien qu'en France, on dénombre une trentaine de start-up spécialisées dans ce domaine, qui constituent le fer de lance de l'innovation quantique dans le pays, devant les grandes entreprises industrielles. Ces entrepreneurs français peuvent s'appuyer sur Quantonation, un fonds d'investissement créé en 2018 et dédié au quantique (source : [L'usine nouvelle](#)). La start-up Pasqal a ainsi levé 100 millions d'euros en janvier 2023 qui lui ont permis d'accélérer la recherche, de développer son activité en Europe, au Canada et aux États-Unis, et aussi de doubler ses effectifs pour passer à 200 salariés (source: [Le Monde informatique](#)).

## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

**Les principaux États occidentaux collaborent dans la recherche sur le quantique.**

En ce qui concerne la recherche sur l'informatique quantique, l'esprit est actuellement plus à la concurrence qu'à la collaboration entre États. Cependant, quelques initiatives de collaboration existent déjà. L'UE finance ainsi depuis 2018 la recherche sur ces technologies. Cette coopération planifiée sur 10 ans porte le nom de *Quantum Flagship* et est l'une des plus grandes et plus ambitieuses initiatives de recherche européenne (source : [IFRI](#)).

De son côté la France a signé un accord avec les États-Unis dont l'objectif est de réunir des chercheurs en quantique en provenance des deux côtés de l'Atlantique pour accélérer la collaboration scientifique (source : [site du gouvernement américain dédié au quantique](#)). Toutefois, malgré cette volonté affichée de coopération du gouvernement américain, les manœuvres de « prédation » des talents de la part des États-Unis restent nombreuses avec pour but d'attirer les meilleurs chercheurs et les entrepreneurs étrangers sur leur territoire. L'histoire de la start-up britannique PsiQuantum en est un exemple. Créée en 2016, elle s'est depuis installée en Californie, en partie motivée par un besoin de capital. Elle a ainsi levé plusieurs millions de dollars, principalement d'investisseurs américains comme BlackRock et Microsoft (source : [IFRI](#)).

Les capacités du quantique à résoudre des problèmes globaux, comme la crise climatique en apportant des solutions pour parvenir aux objectifs du développement durable à horizon 2030, pourraient néanmoins convaincre les États de renforcer leur collaboration. La résolution d'autres problèmes mondiaux comme le traitement de maladies complexes ou encore l'optimisation des systèmes économiques et financiers, deviendrait possible (ou accessible), et pourrait motiver les gouvernements, là encore, à collaborer pour accélérer la mise en œuvre du quantique sur ces sujets.

Par ailleurs, un contexte géopolitique tendu, caractérisé notamment par la multiplication des cyberattaques, pourrait aussi accélérer une collaboration entre alliés visant à déployer de la cryptographie quantique plus rapidement et plus efficacement que le camp opposé. Les tensions actuelles entre bloc américain et bloc chinois pourraient donc contribuer à une accélération de la recherche sur la cryptographie quantique.



**Les entreprises (hors entreprises du numérique) consacrent davantage de moyens à la R&D sur le quantique.**

À ce jour, rares sont les entreprises qui ont intégré les potentialités de l'informatique quantique à leur plan stratégique, et seuls certains secteurs spécifiques où l'apport du quantique est particulièrement connu, comme la météorologie, la prospection géologique, la science des matériaux, la pharmacologie, le secteur financier, la supply chain, l'assurance, l'armée..., ont passé le pas. Ainsi, Total travaille particulièrement sur différents cas d'usage relatifs à l'ensemble de ses activités : des applications pour la chimie moléculaire et des matériaux, l'optimisation de réseaux énergétiques, de flottes de véhicules, ou encore d'outils industriels et, à plus long terme, l'imagerie sismique ou bien la mécanique des fluides (source : [Le Monde Informatique](#)). Mais pour assurer une large diffusion des technologies quantiques dès qu'elles deviendront opérationnelles, il faudrait que la majorité des entreprises identifient dès maintenant leurs cas d'usage et conçoivent leurs algorithmes afin de pouvoir les déployer dès que les machines quantiques seront disponibles. En effet, il est d'ores et déjà possible de modéliser des algorithmes quantiques et de les tester sur des simulateurs.

**L'informatique quantique devient un sujet grand public discuté par des médias à large audience.**

Actuellement, l'informatique quantique est un sujet complexe, peu connu du grand public et réservé à un milieu de chercheurs et de spécialistes. Si les avancées technologiques venaient à confirmer les promesses du quantique pour résoudre des problèmes globaux tels que ceux mentionnés ci-avant, le sujet pourrait alors être repris par des médias à large audience, comme cela a été le cas pour l'intelligence artificielle avec ChatGPT.

L'arrivée d'une innovation technologique, la compréhension de son intérêt et son acceptation par le grand public suscitent généralement un intérêt grandissant de la part des entreprises et des organisations publiques, favorisant des investissements qui viennent accélérer la recherche, en plus de favoriser une large diffusion.

## L'offre de formation dans le quantique devient plus accessible et plus répandue.

L'un des freins de la recherche quantique demeure le manque de formation dédiée, ce qui entraîne un déficit de compétences sur ces technologies. Même si de plus en plus d'écoles d'ingénieurs développent des parcours dédiés à l'informatique quantique, comme l'[université Paris-Saclay](#), ou l'intègrent dans leurs enseignements comme l'[EPITA](#) dans le parcours d'ingénieur, ou comme [Telecom Paris](#), et que l'on commence à voir des organismes de formation proposer des séminaires dédiés comme [ORSYS](#), l'offre en formation demeure insuffisante en France et en Europe. Pour que les recherches s'accélèrent, et pour que l'informatique quantique opérationnelle se diffuse rapidement, l'existence de talents et la disponibilité des compétences requises est nécessaire. Cette hypothèse de rupture pourrait devenir probable si une offre importante de formation se développe, et manifestement le train est en marche.

## La facilité d'utilisation de l'informatique quantique permet un déploiement plus rapide.

L'informatique quantique est actuellement un sujet pour chercheurs spécialisés. Pour rendre plus accessible cette technologie, la comprendre et en imaginer les usages, certains acteurs comme IBM avec sa plate-forme IBM Quantum Experience proposent un accès facile à un ordinateur quantique dans le cloud. Certes il est peu puissant (quelques qubits), mais il permet de comprendre et tester les principes. Au-delà de la compréhension *in situ*, pour une diffusion rapide, il faut aussi que cette technologie soit simple à utiliser, notamment avec environnement de développement permettant de programmer facilement, grâce à un langage d'un niveau d'abstraction élevé comme le python ou C++. Ce type d'environnement est l'une des briques essentielles pour parvenir à former plus de développeurs. IBM et Microsoft travaillent déjà sur de tels kits de développement (source : [Le Monde Informatique](#)).

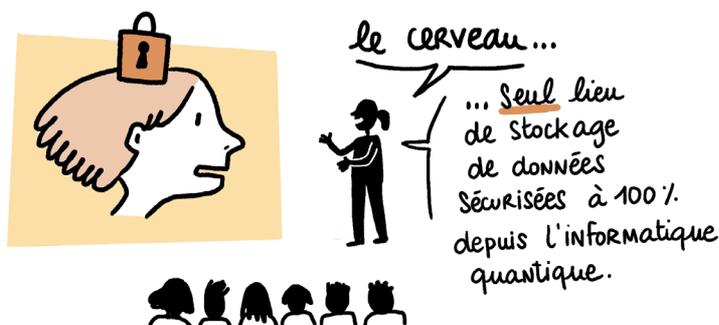
## QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**Les capacités de l'informatique quantique à résoudre des problèmes globaux, en partie connues par les chercheurs, pourraient renouveler complètement certains secteurs.**

L'informatique quantique rendrait possible la résolution de problèmes complexes modélisables par des algorithmes que le plus puissant des ordinateurs classiques ne peut résoudre aujourd'hui. En plus de permettre l'optimisation des chaînes d'approvisionnement ou de la distribution d'énergie, l'utilisation du calcul quantique pourrait notamment complètement révolutionner les secteurs médical et pharmaceutique en permettant aux médecins et chercheurs d'être accompagnés de manière qualitative par les machines. La majorité des expérimentations étant réalisées à l'aide d'un ordinateur quantique, on pourrait, par exemple, élaborer en un temps record des vaccins pour des maladies complexes comme le cancer. Par ailleurs, la rapidité du calcul quantique pourrait permettre d'optimiser chaque vaccin pour qu'il corresponde aux caractéristiques de chaque individu et soit plus performant : cela signifie pouvoir créer les molécules d'un médicament de manière personnalisée. De la même manière, dans le cadre de la transplantation d'un organe, le traitement anti-rejet pourrait être optimisé en fonction des caractéristiques physiques du receveur et ainsi garantir de meilleures chances de succès.

Le secteur de la santé ne sera pas le seul à être révolutionné par l'informatique quantique, si celle-ci se généralise massivement. Le transport de marchandises est un exemple particulièrement en avance dans l'identification de cas d'usage. Ainsi, les équipes de recherche du géant de l'énergie ExxonMobil et d'IBM collaborent déjà pour optimiser la gestion des dizaines de milliers de navires marchands qui traversent les océans chaque jour pour livrer des marchandises (source : [ZDNET](#)).

Le secteur bancaire a également tout à gagner avec l'utilisation du calcul quantique, par exemple dans l'exploration en *live* des constructions possibles des offres financières (crédits, épargne, investissements...) ou dans l'identification des comportements irréguliers (source : [Deloitte](#)). Goldman Sachs et JP Morgan, qui investissent déjà dans l'informatique quantique, ont pour objectif de parvenir à une meilleure optimisation des portefeuilles financiers, en améliorant considérablement le choix des produits financiers à acheter ou vendre pour obtenir un rendement maximal (source : [La Place Fintech](#)). Là encore l'aspect temps réel des analyses du marché devient un facteur clé.



Ce ne sont que quelques exemples dans trois secteurs (santé, transports et finance) mais bien d'autres secteurs vivront également cette révolution.

**L'informatique quantique représenterait un véritable avantage stratégique pour les entreprises qui savent l'utiliser.**

Deux catégories de logiciels seront plus à même d'intégrer des solutions quantiques : ceux nécessitant l'analyse de gisements conséquents de données (*big data*) et ceux nécessitant une puissance de calcul importante (par exemple, la cryptographie).

Les solutions d'analyse de *big data* « quantiques » permettraient des gains de productivité importants dans de nombreux domaines (recherche de données personnelles, données financières, historisation, calculs complexes sur masses de données etc...). Si l'on prend l'exemple du secteur pétrolier, le calcul quantique permettrait d'optimiser la recherche géologique et minière, et donc potentiellement de générer un avantage concurrentiel dans la découverte de nouveaux gisements. Il permettrait également de mieux prévoir les tremblements de terre, et ainsi de mieux caractériser les zones sismiques. De nombreuses données sont actuellement récoltées sur le sujet mais elles ne sont pas modélisées par manque de capacité de calcul.

D'un autre côté, des logiciels de cryptographie quantique, par leur capacité à traiter des calculs complexes pourraient protéger plus efficacement les données des entreprises contre des groupes de cybercriminels. Si le système d'information dans son ensemble ne sera pas « transformé », il est certain que les parties qui intégreront ces solutions le seront de manière profonde. Néanmoins, le déploiement de solutions quantiques globales de protection cyber nécessiteront certainement une adaptation de grande ampleur des équipements de sécurité. Il faut aussi avoir en tête que l'accès à l'informatique quantique se fera dans un premier temps avec un nombre de fournisseurs a priori réduit, induisant un risque de *lock in*. Mais sur ces deux usages, analyse de gisements de données et cryptographie, il est évident qu'une utilisation réfléchie de l'informatique quantique pourrait représenter un véritable enjeu de concurrence.

### Le déchiffrement quantique représenterait un véritable risque pour les communications chiffrées par de la cryptographie classique.

Les acteurs qui n'auraient pas investi dans ces technologies (entreprises comme États) s'exposeraient alors à des risques de sécurité liés à l'absence de capacités de chiffrement post-quantique. Des groupes de cybercriminels, surtout d'origine étatique, disposant des capacités à décrypter les communications chiffrées par des moyens classiques, pourraient alors se développer pour attaquer ces structures et ainsi profiter de leur retard technologique. Une autre problématique de sécurité liée au déchiffrement quantique concerne les fuites de données passées ou actuelles contenant des données chiffrées qui pourraient être décryptées une fois que la technologie sera arrivée à maturité. Il est en effet très probable que des groupes de cybercriminels conservent certains ensembles de données dont le caractère stratégique persiste dans le temps, pour pouvoir les déchiffrer le moment venu.



Cette nécessité stratégique d'investir dès maintenant dans le chiffrement post-quantique est pointée du doigt par le National Institute of Standards and Technology (NIST) aux États-Unis et l'Autorité nationale en matière de sécurité et de défense des systèmes d'information (ANSSI) en France, qui préconisent d'adopter au plus vite une approche hybride permettant de conserver la cryptographie traditionnelle existante mais d'y intégrer une couche additionnelle de cryptographie résistante au quantique.

### La complexité autour de l'informatique quantique pourrait créer des mouvements de rejet dans la population.

La complexité de l'informatique quantique, son aspect contre-intuitif, voire « magique » pour certains et le manque de pédagogie grand public autour de ce sujet, pourraient créer une crise de confiance dans la population. Il est donc nécessaire de faire connaître très largement ces technologies. L'arrivée à maturité du quantique pourrait par ailleurs aggraver la fracture numérique au sein des entreprises, en générant des inégalités dans l'utilisation des outils numériques au sein même de la population.

# Point de vue – Les entreprises doivent se préparer à la révolution du quantique.

Utopie il y a encore quelques années, l'informatique quantique commence à prendre racine dans tous les esprits. Alain Aspect, prix Nobel de physique en 2022, est incontestablement notre champion national mais aussi le représentant de la physique quantique et des programmes de recherche associés.

Ces recherches et applications ne sont pas seulement réservées au domaine de la physique mais trouvent un nouveau champ d'application qui va devenir la nouvelle arme de calcul du numérique, le « *Quantum Computing* ».

L'informatique quantique est une nouvelle promesse pour succéder à la loi de Gordon Moore (cofondateur d'Intel). Celui-ci prédisait un doublement des capacités de calcul des ordinateurs tous les ans ... jusqu'à la limite physique de l'atome. Et c'est bien le point de départ de l'informatique quantique, l'atome, pour utiliser des ressources nanométriques (10<sup>-9</sup>) inexploitées.

Pour quelle promesse ?

Les capacités des calculateurs actuels restent encore limitées notamment avec la programmation d'algorithmes utilisés pour réaliser du « calcul parallèle » comme pour les prévisions météorologiques : les temps de traitement sont soit trop longs ou soit inaccessibles. Les domaines d'application de l'informatique quantique sont aussi variés que la cryptographie, la métrologie, l'optimisation, la simulation, l'analyse des données et l'intelligence artificielle, au travers d'un futur « calculateur quantique universel ».

Porté par plusieurs grands acteurs tels que Google, IBM, Microsoft, Atos, l'écosystème du *quantum computing* est en pleine expansion avec de nombreuses startups, nord-américaines mais aussi françaises. Toutes proposent un environnement de calcul quantique associé à un environnement de

développement pour permettre la programmation.

Après une succession de crises, l'heure est à la transformation pour anticiper et s'adapter à l'inattendu tant économique, environnemental, sociétal que technologique. Les entreprises ne peuvent pas ignorer la révolution quantique qui va sans aucun doute bouleverser certains marchés comme celui du cloud et de l'informatique « *as a service* ». De séquentiel, puis parallèle, le calcul va devenir « *cooccurrent* », impactant la programmation et les algorithmes, mais aussi les applications, la sécurité de l'information, faisant naître de nouveaux usages.

Se préparer à cette rupture technologique qui s'annonce majeure est l'enjeu de nombreuses entreprises avec des premiers effets tangibles annoncés d'ici 5 à 10 ans. Elle entraînera inévitablement les acteurs de l'économie vers de nouvelles méthodes de travail et de nouveaux outils, ainsi que l'acquisition et la formation sur de nouvelles compétences, dont beaucoup sont soit inconnus, soit à imaginer. De nouveaux usages seront à inventer et changeront les modèles économiques des entreprises comme des organisations qui devront, de nouveau, se transformer pour s'adapter.

Cette rupture se traduira par de nouvelles manières de penser mais aussi de gagner dans l'économie de demain, c'est à nous d'y contribuer.

Jean-Michel ANDRÉ, DSI du Groupe SEB



# 02

Rupture

**D'ici 2030, le déploiement de la 5G, puis de la 6G, et l'introduction de concepts comme l'Open RAN vont accélérer la virtualisation, l'automatisation et la désagrégation des réseaux télécoms.**

L'hypothèse est que **la virtualisation, l'automatisation et la désagrégation des réseaux télécoms permises par le déploiement de la 5G, puis de la 6G, permettent à de nouveaux acteurs d'accéder à ces réseaux**, ce qui modifierait en profondeur le paysage des télécoms. Certains spécialistes de la virtualisation (VMWare ou RedHat) mais aussi les acteurs du cloud pourraient proposer des services télécoms. En effet, la virtualisation permet de créer des tranches de réseaux cloisonnées (*network slicing*) et donc de personnaliser de nouvelles offres pour les entreprises avec un débit plus important, une plus grande souplesse dans la gestion du réseau et une réduction de la latence. Les entreprises américaines, spécialistes du cloud, seraient alors favorisées sur cette industrie, au détriment des équipementiers Ericsson-Nokia, jusque-là en situation de monopole sur ce marché. L'arrivée de ces nouveaux acteurs pourrait alors accélérer encore le déploiement de services à la demande dans les réseaux télécoms, et cette ouverture constituer une véritable rupture à horizon 2030.

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Le réseau de télécommunications d'un opérateur repose sur une grande variété d'équipements, notamment des antennes, des dispositifs intermédiaires locaux et des connexions filaires telles que la fibre optique, ainsi que des connexions sans fil sur ondes radio. Ce dispositif est lui-même connecté au réseau cœur et permet aux équipements terminaux (téléphones, smartphones, objets de connexion, etc.) de se connecter à ce réseau de télécommunication (source : [La revue européenne des médias et du numérique](#)).

La virtualisation des réseaux consiste à introduire dans ce dispositif une couche d'abstraction entre le matériel physique et les applications et services qui utilisent ce matériel (calculateur, commutateur, stockage, ...). Elle permet l'exécution de fonctions télécoms sur du matériel commercial générique comme dans le cloud et offre une plus grande souplesse et une meilleure évolutivité, car les logiciels peuvent être déployés et gérés de manière plus agile, sans dépendre d'équipements propriétaires spécifiques.

Cette virtualisation des réseaux s'est accélérée lors du déploiement de la 5G en Europe. En 2022, l'Arcep estimait que 70% du territoire français bénéficiait de la 5G, mais le pays ne devrait pas être complètement couvert avant 2030. En effet, le déploiement de la 5G est freiné par différentes contraintes. Il nécessite notamment la mise en place d'un maillage plus dense que les précédentes générations de réseaux, déployant davantage d'antennes relais pour couvrir l'ensemble du territoire, ce qui représente un investissement financier considérable pour les opérateurs de télécommunication. La 6G pour sa part n'en est qu'au stade de la recherche. Des travaux sont déjà en cours et des normes seront définies pour son déploiement à horizon 2028-2029 (source : [Arcep](#)).

Lors du déploiement de la 5G, les opérateurs et équipementiers ont également mis en place de plus en plus de solutions d'automatisation, remplaçant les tâches manuelles par des fonctionnalités alimentées par l'intelligence artificielle et le *machine learning*. Cette automatisation a pour avantage de réduire les coûts d'exploitation en optimisant les ressources et les performances du réseau. Par exemple, elle peut permettre de gérer de manière dynamique la distribution des capacités en fonction des besoins, d'optimiser l'utilisation des fréquences, de détecter et de résoudre rapidement les problèmes de réseau, et d'offrir de nouvelles fonctionnalités aux utilisateurs.



Enfin, la désagrégation est une autre tendance qui émerge avec la 5G. Elle consiste à séparer en différentes briques interopérables, avec des interfaces ouvertes, les différentes fonctions du réseau d'accès radio (RAN). Le RAN étant la partie radio d'un système de télécommunications mobiles qui permet la connexion entre un terminal (comme un téléphone ou un ordinateur) et le cœur de réseau. Alors que traditionnellement, un seul équipementier fournissait, pour une zone géographique définie, une solution complète et propriétaire pour le RAN, l'approche de l'Open RAN propose de diviser le RAN en plusieurs briques indépendantes, permettant ainsi aux opérateurs de choisir les fournisseurs pour chaque brique en fonction de leurs besoins spécifiques. Cela favorise la diversification des fournisseurs, stimule l'innovation et réduit la dépendance envers un seul fournisseur dominant. L'Open RAN offre également la possibilité d'utiliser des logiciels libres développés collectivement, en coopération avec des organisations telles que l'Alliance O-RAN et la Fondation Linux, offrant ainsi une plus grande flexibilité et une plus grande transparence dans la mise en œuvre du RAN. Cependant, bien que ces évolutions présentent de nombreux avantages, le déploiement de l'Open RAN demeure techniquement complexe et coûteux, car il nécessite d'intégrer les interfaces de toutes les briques le constituant et de mettre en place des protocoles de communication normalisés pour assurer une interopérabilité fluide.

Virtualisation, automatisation et désagrégation des réseaux télécoms sont des tendances incontournables qui se développent dans l'industrie malgré les freins et les contraintes. Elles offrent en effet des opportunités très importantes pour améliorer les performances des réseaux, réduire les coûts et stimuler l'innovation (source : [IFRI](#)). Ainsi, d'ici 2030, la majorité du territoire français, ainsi qu'une bonne partie du territoire européen devrait être couverte par la 5G. La virtualisation, l'automatisation et la désagrégation des réseaux seront en cours, en priorité dans les principaux pôles industriels, contrôlés par un petit nombre d'opérateurs nationaux grâce au contrôle d'autorités régulatrices comme l'Arcep.

## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**Le déploiement de la 5G est en cours et les concepts sur lesquels reposent la virtualisation des réseaux sont bien connus.**

Par exemple, la virtualisation des réseaux repose sur deux concepts : celui de NFV (*Network Function Virtualization*), qui a été introduit en 2012 dans un livre blanc co-signé par 13 opérateurs et permet de rendre polyvalents les équipements physiques en multipliant les fonctions qu'ils peuvent remplir (chaque fonction étant un logiciel et non un équipement physique), et celui de SDN (*Software Defined Networks*) qui rend programmables l'acheminement et le traitement des flux réseaux. L'Institut européen des normes de télécommunications (ETSI) a publié en 2014 les spécifications d'un cadre commun permettant la mise en œuvre de la virtualisation des réseaux (source : [Arcep](#)).

Dans le domaine de l'Open RAN, l'Alliance O-RAN a été fondée en 2018 par cinq grands opérateurs mobiles (AT&T, China Mobile, Deutsche Telekom, NTT Docomo et Orange). Cette alliance a pour objectif de « *re-façonner l'industrie RAN vers des réseaux mobiles plus intelligents, ouverts, virtualisés et totalement interopérables* ». Elle propose des spécifications pour l'Open RAN, développe des logiciels pour le RAN (*O-RAN Software Community*) et soutient les tests et l'intégration des solutions Open RAN. L'Alliance O-RAN collabore également avec le Telecom Infra Project (TIP), un consortium industriel dédié à l'accélération de l'innovation et de la commercialisation des solutions Open RAN (source : [site d'O-RAN Alliance](#)).

Dans le cadre de cette évolution, Orange se prépare activement au déploiement de la technologie Open RAN. L'entreprise a mis en place un réseau expérimental à Lannion et un centre d'intégration à Châtillon. À partir de 2025-2026, tous les équipements d'accès radio achetés pour ses réseaux mobiles en Europe devront être compatibles avec ce standard (source : [Usine Nouvelle](#)).



**Le déploiement de l'internet des objets nécessite des réseaux plus performants et flexibles pour répondre aux exigences croissantes des applications IoT avancées.**

Les réseaux traditionnels ne sont souvent pas adaptés pour prendre en charge les grandes quantités de données générées par les dispositifs IoT et pour permettre des réponses automatisées en temps réel. C'est là qu'intervient la nécessité de réseaux plus rapides et plus flexibles. Un réseau IoT performant doit être flexible et automatisé, capable de s'auto-adapter aux besoins changeants et de s'auto-réparer en cas de dysfonctionnement. Grâce à l'intégration de l'intelligence artificielle, il devient possible de contrôler le réseau en temps réel de manière automatique et de construire des services à la demande pour les entreprises. Les clients peuvent également brancher eux-mêmes de nouveaux équipements au réseau, ce qui facilite et accélère le processus de déploiement (source : [Journal du net](#)).

**Les États-Unis font du lobbying pour faciliter le déploiement de l'openRAN.**

Le marché du cloud, essentiel pour la virtualisation et la cloudification des réseaux, est dominé par de grandes entreprises américaines telles qu'Amazon Web Services, Google, et Microsoft. Ces entreprises jouent un rôle de plus en plus important dans le secteur des télécommunications, et plus particulièrement dans les projets Open RAN. Elles promeuvent activement l'Open RAN à travers leur participation dans l'Alliance O-RAN et l'Open RAN Policy Coalition.

De plus, l'utilisation d'équipements matériels génériques plutôt que spécifiques représente une opportunité pour les fabricants américains de composants tels que Dell, Intel et Qualcomm. En effet, les nouveaux leaders fournisseurs de solutions logicielles clés pour l'Open RAN, tels que Mavenir, Parallel Wireless et AltioStar, sont également américains.

Ces opportunités expliquent le fort soutien politique et financier des acteurs gouvernementaux américains en faveur de l'Open RAN. La National Telecommunications and Information Administration (NTIA), a publié, en 2021, au nom du gouvernement américain, un rapport qui annonce explicitement le plein soutien du gouvernement au développement de l'Open RAN par l'industrie. Ce rapport encourage également la Commission fédérale pour les communications (FCC) à prendre des mesures facilitatrices.

Ce lobbying intensif semble avoir porté ses fruits, car le Congrès américain a manifesté un soutien bipartisan à l'Open RAN en votant plusieurs lois en ce sens. Par exemple, le « *Secure and Trusted Communications Networks Act* » de 2019 alloue 1,9 milliard de dollars à un programme permettant aux opérateurs de remplacer les équipements à risque dans les réseaux de télécommunications, ouvrant ainsi la voie à l'utilisation de l'Open RAN. D'autres législations accordent directement des subventions à l'Open RAN, comme le « *Utilizing Strategic Allied (USA) Telecommunications Act* », qui crée un fonds de 750 millions de dollars sur une période de 10 ans pour soutenir le déploiement de l'Open RAN aux États-Unis, et le « *CHIPS and Science Act* » (Loi sur les puces et la science) d'août 2022 qui lui alloue 1,5 milliard de dollars (source : [IFRI](#)).



## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

L'Europe quitte sa position mesurée envers l'Open RAN pour investir fortement dans les futurs réseaux télécoms.

Les préoccupations techniques et les considérations de sécurité expliquent la prudence de la Commission européenne à l'égard de l'Open RAN mais celle-ci s'est tout de même dotée de ses propres outils d'analyse pour construire une approche concertée et si elle lançait des plans d'investissement massifs, elle pourrait accélérer le déploiement des futurs réseaux télécoms.

Bien qu'ils maintiennent officiellement une position commune, les approches des États membres à l'égard de l'Open RAN varient en fonction de différents facteurs tels que l'influence des principaux opérateurs mobiles, la dépendance vis-à-vis des équipements Huawei, et les relations avec la Chine et les États-Unis. Un exemple intéressant est celui de l'Allemagne, l'un des pays européens les plus favorables à l'Open RAN. Le gouvernement allemand a annoncé un investissement de 300 millions d'euros dans l'Open RAN en juin 2021 et soutient plusieurs centres d'excellence et projets de déploiement. Le pays, qui dépend fortement des équipementiers chinois, utilise l'Open RAN comme un moyen de retarder le retrait coûteux des équipements Huawei tout en évitant une exclusion directe et immédiate de leurs fournisseurs. Cette approche permet à l'Allemagne de satisfaire à la fois son partenaire commercial chinois et son allié américain. Elle considère l'Open RAN comme une solution multifournisseur de transition et attend que celle-ci atteigne sa maturité pour procéder à un changement complet de fournisseur (source : [Usine nouvelle](#)).

### **L'intensification des tensions sino-américaines peut accélérer la constitution d'entreprises et de services spécialisés sur la virtualisation des réseaux de télécommunications en Europe.**

Alors que Huawei est leader dans le déploiement des équipements 5G, l'Open RAN représente une opportunité commerciale pour les entreprises américaines. Leaders dans les domaines du cloud, du logiciel et des composants matériels génériques, celles-ci ne comptent pas de grand équipementier champion de la 5G. L'Open RAN se situe donc au cœur des enjeux géopolitiques de la 5G et pourrait participer à intensifier les tensions entre les deux pays dans le cadre de la compétition pour le leadership technologique. Dans ce contexte, les entreprises européennes pourraient saisir cette opportunité pour renforcer leur position et leur compétitivité sur le marché mondial des télécommunications.

## **QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?**

### **Le modèle économique de la gestion des réseaux de télécommunications serait profondément modifié.**

La virtualisation des réseaux de télécommunications engendre une transformation profonde de leur modèle économique de gestion. En adoptant cette approche, les opérateurs sont en mesure de réduire considérablement leurs coûts d'investissement en optant pour l'utilisation de matériels génériques plutôt que d'équipements spécifiques et coûteux. Selon une étude réalisée par ACG en 2015, cette réduction pourrait atteindre jusqu'à deux tiers des coûts d'investissement et d'exploitation liés aux équipements réseau.

Le modèle économique des équipementiers serait également impacté par la virtualisation des réseaux. Ils devraient s'adapter à l'augmentation de la part de services récurrents liés aux licences logicielles, ce qui modifierait leur source de revenus traditionnellement basée sur la vente d'équipements matériels. De plus, la virtualisation des réseaux ouvrirait la porte à de nouveaux acteurs du monde de l'informatique, qui pourraient les concurrencer en proposant des solutions logicielles spécialisées.

## **Le marché des télécoms s'ouvrirait à de nouveaux acteurs (acteurs du cloud, et spécialistes de la virtualisation), au détriment des acteurs européens.**

Les opérateurs télécoms soulignent les avantages de l'Open RAN, notamment la flexibilité et la diversification des fournisseurs, l'entrée de nouveaux acteurs sur le marché favorisant l'innovation tout en réduisant les coûts. Cependant, ce ne serait pas sans conséquence pour les champions européens Nokia et Ericsson, qui, en tant que fournisseurs de solutions propriétaires, pourraient perdre des parts de marché significatives avec l'adoption de cette nouvelle architecture et l'entrée de nouveaux acteurs. Les opérateurs européens demandent donc le développement de solutions « telco cloud » européennes pour proposer des alternatives aux *hyperscalers*. Bien que certains nouveaux acteurs européens, tels que l'entreprise belge AccelleRAN, soient en phase d'expérimentation, les opérateurs européens ont principalement recours à des fournisseurs étrangers pour le déploiement de l'Open RAN dans leurs réseaux. Ils appellent à l'émergence d'un écosystème Open RAN en Europe et demandent un soutien politique et industriel de la part de la Commission européenne et des États membres pour atteindre cet objectif. (source : [IFRI](#))

## **Les entreprises auraient accès à des services spécialisés et à des capacités de réseaux supérieures.**

Grâce à la virtualisation, il est possible de créer des tranches de réseaux cloisonnées, c'est le "*network slicing*" qui permet d'adapter la taille de la connectivité mobile à des besoins d'utilisation spécifiques, ou à un type d'application comme les véhicules autonomes ou les opérations chirurgicales à distance. En effet, le *network slicing* consiste à découper un réseau en plusieurs réseaux logiques, appelés *slices* ou tranches virtuelles, et dédiés sur mesure à ces différents services. Chacune de ces tranches est configurable en fonction du type de flux ou des cas d'usage qu'elle supporte, pour délivrer un niveau de performance adapté

en termes de fiabilité, de latence, de capacité de bande passante, de couverture, etc. Cela garantit une meilleure sûreté de fonctionnement et des performances optimisées pour des applications spécifiques. Les entreprises ou administrations publiques bénéficieraient ainsi de niveaux de service différenciés en fonction de leurs besoins spécifiques.

Par ailleurs, la virtualisation des réseaux a également des implications sur le cadre réglementaire relatif à la neutralité du net. En utilisant des technologies de réseau définies par logiciel (SDN), il devient possible de centraliser et de simplifier la gestion des paramètres de qualité de service des réseaux.

## **Les organes réglementaires européens réagiraient en soutenant les opérateurs nationaux.**

Pour réglementer le marché des télécommunications, des droits d'usage pourraient être mis en place sur les infrastructures télécoms, ce qui signifierait que seuls les opérateurs télécoms nationaux seraient autorisés à les utiliser pour proposer des services. Cette disposition viserait à renforcer leur position en leur donnant un avantage concurrentiel et en limitant l'accès des acteurs étrangers à ces infrastructures. Toutefois, les opérateurs nationaux pourraient continuer à être accompagnés par d'autres acteurs pour le déploiement de leurs services, ce qui favoriserait la collaboration et la complémentarité entre les différents acteurs du marché.

Cette réglementation viserait à préserver la souveraineté et l'indépendance des opérateurs nationaux, ainsi que la sécurité des infrastructures de télécommunications. En adoptant une approche proactive, les organes réglementaires européens pourraient ainsi chercher à garantir un environnement équitable et compétitif pour les opérateurs nationaux, tout en favorisant l'innovation et la croissance économique dans le secteur des télécommunications en Europe.

# Numérique, environnement & ressources

*p. 56*

Entre 2030 et 2040, une tempête solaire de forte intensité touche la Terre, privant les organisations de leurs réseaux électriques et de communication.

*p. 64*

D'ici 2040, l'UE impose à l'industrie numérique le recyclage à 100% de tous les composants matériels informatiques mis sur le marché européen.



# 03

Rupture

# Entre 2030 et 2040, une tempête solaire de forte intensité touche la Terre, privant les organisations de leurs réseaux électriques et de communication.

Depuis 2020, le Soleil est entré dans un cycle d'activités particulièrement intenses, avec un pic prévu en 2025. **La probabilité d'une tempête solaire massive dans les dix prochaines années s'est accrue. Les niveaux actuels de préparation face à ce type de risque sont très inégaux en fonction des secteurs et pays, mais demeurent relativement faibles à ce jour.** Les militaires sont les mieux préparés du fait de l'importance des signaux GPS, radar et radios utilisés dans leurs opérations (source : [Le Monde](#)). Les gestionnaires de réseau électrique intègrent également le risque lié aux tempêtes solaires. Cependant, les satellites et les câbles sous-marins équipés de répéteurs pour amplifier les signaux sont pour le moment mal préparés à ce type de risque (source : [Futura Sciences](#)). Cette préparation disparate pourrait donc entraîner des conséquences importantes si une tempête solaire devait se produire dans les dix prochaines années. Certaines éruptions solaires violentes et dont les jets de plasma croisent l'orbite terrestre peuvent en effet avoir des effets majeurs sur les réseaux électriques et de communication, et l'ensemble des technologies qui leur sont associées.

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Les tempêtes solaires, aussi appelées éruptions solaires, sont une manifestation de l'activité du Soleil, composée de nuages de plasma magnétiques et de jets de protons et d'électrons. Ces tempêtes sont observables au niveau des pôles de la Terre dès qu'elles entrent en contact avec l'atmosphère : ce sont les aurores boréales ou australes. Ces éruptions sont donc des phénomènes assez communs et bien connus des spécialistes de l'espace qui les étudient avec attention.

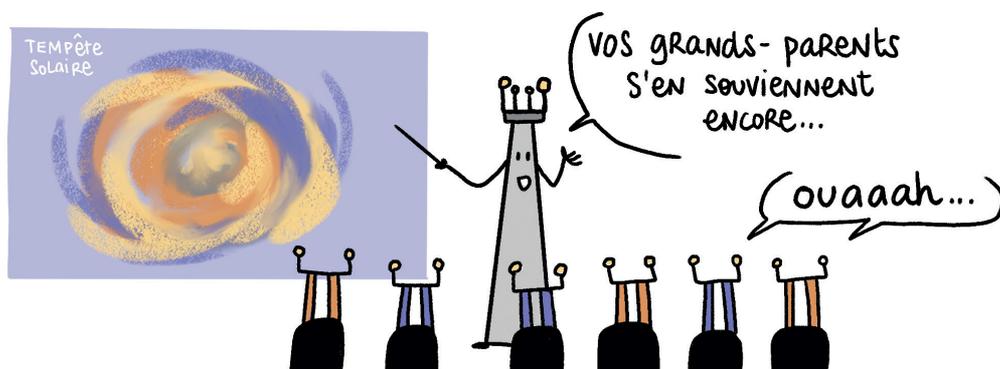
En effet, deux missions de la NASA ont été lancées en 2018 et 2020 dans l'objectif de comprendre le fonctionnement de ces éruptions solaires afin de prévoir leur occurrence et déterminer leur probable intensité. On a ainsi pu observer que l'activité du soleil suit un cycle de 11 ans, alternant croissance et décroissance. Une tempête solaire massive correspond à une éruption solaire particulièrement puissante créant un fort orage magnétique. La Terre en a connu deux dans l'histoire. La première a eu lieu en 1859, et est restée célèbre sous le nom d'événement de Carrington, selon le nom de l'astronome qui l'étudia. Elle est à ce jour la plus puissante tempête solaire répertoriée qu'ait connue la Terre et avait à l'époque endommagé différents réseaux télégraphiques dans le monde. Puis, en 1989, une seconde tempête a frappé le Québec, perturbant les réseaux électriques et plongeant Montréal dans le noir pendant neuf heures. Cependant, les tempêtes solaires quand elles surviennent n'atteignent pas nécessairement la Terre car il faut pour cela qu'elles s'inscrivent dans l'axe de l'orbite terrestre. Ainsi, en 2012, une tempête solaire d'une intensité inégalée a manqué de frapper la Terre à quelques jours près.

Les tempêtes solaires restent donc des événements relativement rares et aux intensités variées. Sur les 150 dernières années, des tempêtes magnétiques « sévères » se sont produites 42 fois et des « super » tempêtes magnétiques seulement cinq fois. La probabilité qu'advienne une tempête solaire massive reste ainsi relativement faible. Selon les travaux menés par Pete Riley et Jeffrey J. Love, la probabilité qu'une super-tempête solaire extrême du type de Carrington se produise dans les 12 prochains mois s'élève à 2,3%, dans les 10 prochaines années à 10,3%, mais dans les 100 prochaines années elle atteint 90%.

L'amélioration de la connaissance des cycles solaires permettra a priori d'anticiper ce risque. Ainsi, en 2019, l'agence spatiale européenne a annoncé le lancement d'une mission satellitaire destinée à surveiller en permanence l'activité solaire. Ce risque est donc progressivement pris en compte par les gouvernements et par les gestionnaires d'infrastructures vitales (électricité, internet, satellites...). La probabilité d'une super-tempête solaire d'ici 2040 est quant à elle a priori relativement modérée.

*NB. Plusieurs événements pourraient conduire à la même situation de rupture, c'est-à-dire une interruption prolongée des réseaux électriques et de communication, comme par exemple une cyberattaque massive sur ces infrastructures stratégiques, même si son ampleur serait vraisemblablement moindre. La tempête solaire est donc un prétexte pour étudier le manque de préparation de nombreuses organisations face à cette situation et les conséquences qui pourraient en découler, mais cet événement n'en demeure pas moins envisageable.*

*NB. L'étude de cette rupture a été largement alimentée par une note plus détaillée produite sur le sujet par Arthur Magnès, chargé d'études chez Futuribles en 2021.*



## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

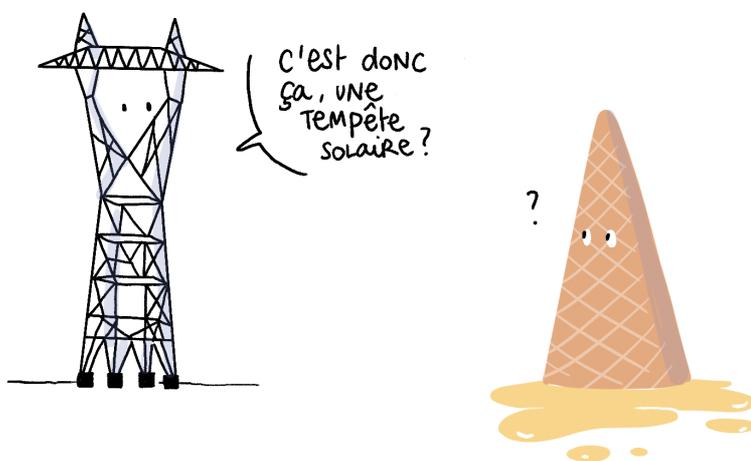
Les infrastructures électriques et de télécommunications sont préparées pour faire face à une multitude de risques, mais pas à une importante tempête solaire qui pourrait venir perturber les plans de résilience.

Le champ magnétique dégagé par une tempête solaire qui atteindrait la Terre provoquerait des surtensions sur le réseau électrique. Les points sensibles des réseaux électriques sont en effet les transformateurs qui permettent de réduire la puissance du courant électrique à haute tension pour qu'il soit ensuite distribué localement. Ces transformateurs électriques sont particulièrement coûteux et difficiles à remplacer. S'ils venaient à être endommagés par une tempête solaire, leur remplacement pourrait prendre quelques heures, voire quelques jours, et pourrait déclencher des ruptures d'approvisionnement électrique en plusieurs endroits du monde, selon l'intensité de la tempête. En fait, le remplacement des transformateurs dépend fortement des stocks, puis de la disponibilité des matériaux qui peuvent être soumis à des difficultés d'approvisionnement. Ainsi, si une grande partie des transformateurs devaient être mis hors service par une tempête solaire, les stocks ne seraient pas suffisants pour les remplacer rapidement, et la situation de black-out pourrait durer. Au contraire, si seulement une faible partie de ces transformateurs devaient être touchés, les stocks actuels permettraient de les remplacer rapidement (Source : [Usbek & Rica](#)).

Par ailleurs, l'optimisation de la gestion des réseaux électriques, notamment pour qu'ils puissent s'adapter aux énergies renouvelables, se traduit par une accélération de la transition numérique. L'introduction de composants numériques dans ces réseaux augmente ainsi leur fragilité face à ce type d'événement (Source : [Ministère de la transition écologique](#)).

Concernant les câbles sous-marins, au cœur de la transmission d'internet, le point faible se situe au niveau des répéteurs, nécessaires pour relayer le signal et maintenir un niveau égal de transmission, ils sont placés tous les 50 à 80km et peuvent coûter jusqu'à 880 000 euros l'unité (source : [iDNA](#)). Ces répéteurs sont alimentés par électricité, et les champs électromagnétiques qu'ils génèrent pourraient être perturbés par une tempête solaire.

De manière générale, même si chaque opérateur dispose de plans de résilience face à ce type de perturbation, il est important de prendre en compte que dans ce contexte, la conjonction de plusieurs risques supposés indépendants pourrait entraîner une situation bien plus difficile à gérer. Dans le cadre d'une tempête solaire, la perturbation simultanée des transformateurs électriques, des satellites en basse orbite, des câbles sous-marins, et des relais télécoms pourrait perturber les dispositifs de résilience de chacun de ces opérateurs.



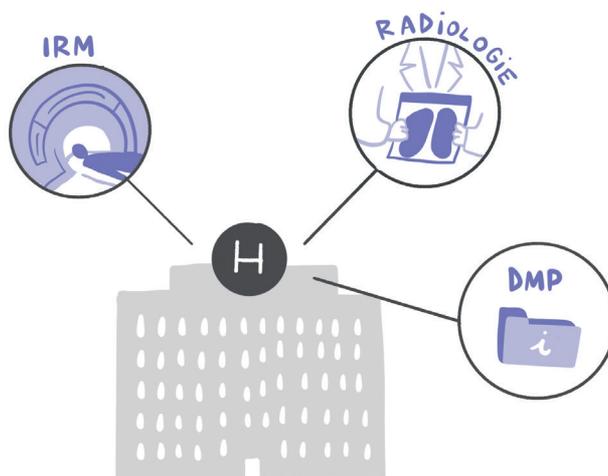
**Les réseaux électriques sont interconnectés, ce qui favoriserait une extension rapide de leur interruption.**

Suite à une tempête solaire massive, l'interconnexion des réseaux électriques pourrait entraîner des effets en cascade et déstabiliser la distribution d'électricité. L'Europe est très connectée et tend à renforcer ses connexions de réseau afin de garantir l'approvisionnement en électricité dans l'ensemble de l'Union. Aujourd'hui, il existe 400 interconnexions reliant les pays européens sur le réseau électrique. 43 gestionnaires de réseaux de transport d'électricité (comme RTE en France ou Terna en Italie) sont ainsi reliés à l'échelle européenne. À l'horizon 2030, l'objectif est que chaque pays de l'UE ait mis en place des interconnexions lui permettant d'importer l'équivalent d'au moins 15% de sa production d'électricité. (source : [Toute l'Europe](#)).

**Les sociétés contemporaines sont de plus en plus dépendantes des technologies.**

La transformation numérique en cours dans le monde nous a rendus plus dépendants des appareils technologiques donc plus vulnérables face aux tempêtes solaires. Au 1er janvier 2021 par exemple, 3 372 satellites tournaient autour de la Terre or ceux-ci sont très sensibles aux tempêtes solaires. Dans ce domaine, les projets de développement d'Internet par satellite (tels que le projet Starlink dirigé par Elon Musk, qui vise à lancer 42 000 satellites en orbite basse d'ici 2030) augmenteront notre dépendance à ces satellites pour la connexion internet.

Les innovations technologiques de demain rendront, elles aussi, notre société encore plus vulnérable aux effets des tempêtes solaires massives. En effet, la 5G et la 6G, le déploiement prévu de l'IoT, la quantité croissante de stockage d'informations dans le cloud et le développement de l'intelligence artificielle vont probablement rendre notre économie de plus en plus dépendante de la continuité d'alimentation électrique et de transmission des télécommunications.



## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

**D'autres crises pourraient détourner les États de la nécessité de se préparer face à une tempête solaire massive.**

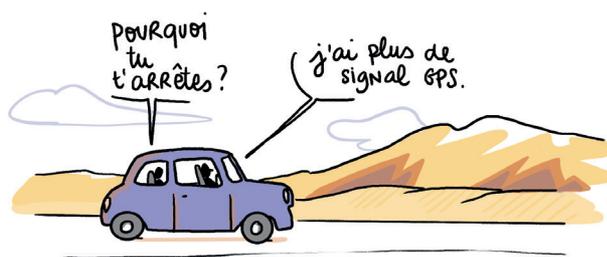
Le déclenchement de la guerre en Ukraine a entraîné une vague d'inquiétude au sein des pays européens fortement dépendants des exportations de gaz russe face au risque de rupture totale d'approvisionnement. L'hiver 2022-2023 a été marqué par le risque de rupture d'approvisionnement en gaz et en électricité du fait de la situation internationale et cette crise géopolitique ravive également le risque déjà bien présent de cyberattaques sur des infrastructures stratégiques, comme celle sur Colonial Pipeline, un système d'oléoduc américain en 2021.

Sur un autre plan, les problèmes techniques affectant les centrales nucléaires françaises, qui constituent notre principale source d'énergie, ont accru le risque de pannes de courant pendant les périodes hivernales sous tension. La rénovation de ces centrales, constitue aujourd'hui, à côté de la nécessité de développer les énergies renouvelables dans une logique de transition énergétique pour répondre à la crise climatique, le cœur des préoccupations sur les réseaux électriques.

Enfin, l'émergence d'une nouvelle maladie contagieuse, si la crise sanitaire de 2020 n'est pas un événement anecdotique et si elle est vouée à se reproduire, pourrait à nouveau venir freiner les nécessaires adaptations des réseaux électriques et des câbles sous-marins. En effet, lors de la crise du coronavirus, les opérations de maintenance des câbles sous-marins avaient été fortement ralenties alors que le réseau internet était sur-sollicité pendant le confinement (source : [Le Figaro](#)). Comme on le voit, différentes sortes de crises pourraient être de nature à détourner les gouvernements et entreprises privées de la prise en compte du risque de tempête solaire et les empêcher de s'y préparer.

## QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

Nous l'avons vu, les conséquences d'une tempête solaire sont multiples : interruption ou perte de signal des systèmes de localisation (GPS), interruption de toutes les communications et diffusions de nouvelles, arrêt de la télévision, des ondes radio, des télécommunications mobiles, des services Internet, des guichets automatiques, des services de cartes de crédit, ainsi que des communications militaires ou publiques stratégiques. La durée de cette interruption dépend fortement de l'intensité de la tempête solaire. Pour en étudier les conséquences, nous prendrons l'hypothèse d'une tempête qui causerait des dommages sur les systèmes électriques et de télécommunications entraînant un black-out assez court, de 2 à 3 jours, suivi de plusieurs mois de fonctionnement dégradé. Au-delà de ces aspects techniques, nous allons également essayer de faire émerger dans cette partie les répercussions sur l'économie mondiale et sur l'évolution des sociétés.



**Tous les secteurs d'activité seraient ralentis, voire mis à l'arrêt, à cause de l'interruption des réseaux électriques, GPS et de télécommunications.**

L'interruption des réseaux électriques, GPS et de télécommunications entraînerait inévitablement l'arrêt d'un grand nombre d'activités et le passage en mode dégradé du fonctionnement d'activités vitales, comme celle des hôpitaux par exemple. Idem pour les trafics aériens, ferroviaires, routiers et maritimes qui seraient durablement perturbés, entraînant des problèmes d'approvisionnement prolongés.

Des générateurs de secours pourraient bien sûr être utilisés pour maintenir les infrastructures essentielles. Il serait cependant intéressant de se questionner sur la durée d'utilisation possible de ces générateurs : serait-elle suffisante pour faire face à 3 jours d'interruption totale de la distribution électrique ?

Ces pannes de courant pourraient par ailleurs perturber l'activité de systèmes électroniques et de surveillance nécessaires au bon fonctionnement d'infrastructures à risques comme des usines classées Seveso, ou encore des usines de traitement des eaux usées, et engendrer des cas de pollution de l'environnement. Le fonctionnement du système bancaire pourrait connaître également un arrêt brutal, faisant naître un risque de crise économique majeure et la mise en difficulté de nombreuses entreprises.

### **Les infrastructures des réseaux électriques, GPS, de télécommunications et satellitaires seraient durablement endommagées.**

La réparation des dégâts subis par ces infrastructures nécessiterait des investissements considérables. Les dommages causés par une super-tempête, équivalente à l'événement de Carrington de 1859, se chiffrent, rapportés au fonctionnement contemporain des sociétés, à 2 600 milliards de dollars US et nécessiteraient plusieurs années de remise en état des infrastructures électriques et de communication (source : [Berkeley News](#)).

L'arrêt brutal des équipements informatiques pourrait également endommager les systèmes et matériels et provoquer une importante perte de données. Face à la crise et à l'ampleur des réparations nécessaires, il est probable que les États renforceraient les normes techniques de ces infrastructures pour se prémunir de ce type de risque.

### **Les populations des régions les plus durement touchées pourraient connaître une forme de chaos, avec une augmentation de l'insécurité mais aussi de la solidarité.**

Les défaillances dans les chaînes d'approvisionnement entraîneraient d'importantes ruptures de stocks et des difficultés pour les populations à accéder à certaines ressources. À ces difficultés d'approvisionnement, s'ajouteraient des difficultés pour se chauffer, se déplacer, communiquer... Les régions les moins connectées se retrouveraient ainsi isolées. Pour réagir à cette situation, certains groupes pourraient être tentés d'utiliser la violence.

*A contrario*, les gouvernements centralisés n'étant a priori pas en mesure d'apporter des solutions au niveau local dans les premiers temps de la crise, les populations pourraient chercher par elles-mêmes des solutions pour s'alimenter, se chauffer, avoir accès à certaines ressources... De cette situation, pourraient naître de nouvelles formes de coopérations et de nouveaux tissus locaux d'activité. Les entreprises pourraient alors jouer un rôle dans la formation de ces tissus de coopération et apporter un soutien à la recherche de solutions alternatives.



04 Rupture

# D'ici 2040, l'UE impose à l'industrie numérique le recyclage à 100% de tous les composants matériels informatiques mis sur le marché européen.

Pour atteindre ses objectifs en matière de durabilité et de protection de l'environnement, l'Union Européenne pourrait imposer à l'industrie numérique de ne mettre sur le marché que des composants matériels informatiques recyclables à 100%. **La mise en place d'une telle réglementation pourrait permettre de diminuer la quantité de déchets électroniques et stimuler la recherche et le développement de technologies de recyclage innovantes, créant ainsi de nouvelles opportunités pour les entreprises du secteur.** Les fabricants devraient repenser leur processus de conception pour s'assurer que les composants peuvent être facilement démontés et recyclés en fin de vie. Cependant, il est envisageable que ces contraintes supplémentaires augmentent les coûts d'achat de ces composants informatiques pour les entreprises et les consommateurs.

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Actuellement, le recyclage des composants électroniques nécessaires au numérique demeure faible pour deux raisons : la conception des produits ne favorise pas le recyclage rendu difficile par la miniaturisation des composants, et les techniques de recyclage ne sont pas au point pour séparer tous les composants et les trier. Ainsi, en France, à l'heure actuelle, seuls 20% des composants sont recyclés dans une filière certifiée. De plus, sur la soixantaine d'éléments chimiques présents dans les déchets électroniques, seule une minorité est recyclée, au nombre d'une dizaine : notamment l'or, l'argent, le platine, le cobalt, l'étain, le cuivre, le fer, l'aluminium et le plomb (source : [The Conversation](#)). Le manque de traçabilité des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) est une autre difficulté pour améliorer leur recyclage. Il font ainsi l'objet d'un trafic illégal, hautement rentable, qui récupère les matières qui ont de la valeur ou revend d'occasion des équipements non certifiés ni reconditionnés dans les règles. Les déchets sont ensuite envoyés dans des décharges à ciel ouvert, au Ghana notamment, tristement connu pour abriter l'une des plus grandes décharges de DEEE à ciel ouvert. Aujourd'hui 80% des DEEE sont envoyés illégalement dans des pays en développement (source : [France Info](#)).



Cependant, le recyclage représente de véritables opportunités pour l'Europe qui est une importante consommatrice et importatrice de produits électroniques (25% du marché mondial). En effet, la fabrication de ces composants repose majoritairement sur l'extraction de métaux rares en dehors du continent. Leur recyclage constituerait donc un avantage économique et écologique en permettant de récupérer des métaux coûteux sur ces deux plans (en particulier or, étain, cobalt, nickel, tantale).

Au-delà de la récupération de ces métaux rares, le recyclage peut également permettre de remettre à neuf certains composants électroniques. Ce second aspect est davantage déployé pour le grand public avec l'apparition de plateformes spécialisées sur le reconditionné, tel que Back Market. En effet, il est plus complexe d'utiliser ce type de solutions pour une entreprise qui a besoin par exemple d'acheter de nombreux matériels dans le cadre d'un renouvellement de son parc informatique, d'autant que ces produits reconditionnés ne sont pas toujours moins chers.

De manière générale, l'absence d'un réseau industriel spécialisé dans la collecte, la remise à neuf ou le recyclage des composants électroniques empêche une généralisation de ce processus. Par ailleurs, des progrès sont à faire par les fabricants pour produire des composants complètement recyclables, d'autant que les normes ne sont pas similaires partout dans le monde. La directive RoHS (*Restriction of Hazardous Substances*) en Europe n'est pas toujours respectée : par exemple, le plomb est banni des soudures en raison de sa toxicité mais les analyses des équipements en révèlent quasi systématiquement la présence (source : [Annales des Mines](#)).

Cependant, l'Europe est à la pointe de l'économie circulaire et a déjà augmenté son utilisation de matières premières secondaires. Par exemple, plus de 50% de certains métaux, comme le fer, le zinc ou le platine, sont recyclés. Pour d'autres, cependant, notamment les matières qui sont nécessaires aux technologies des énergies renouvelables ou aux applications de haute technologie, comme les terres rares, le gallium ou l'indium, la contribution de la production secondaire est peu importante. Il s'agit d'une perte énorme de valeur potentielle pour l'économie de l'UE et d'une source de pression évitable sur l'environnement et le climat. Ainsi, d'ici 2035, davantage d'acteurs pourraient prendre conscience des opportunités du recyclage d'un point de vue économique et écologique, et ainsi développer les moyens techniques pour augmenter le taux de recyclage des composants électroniques, d'autant que le hardware informatique représente plus de 70% de l'empreinte environnementale du numérique.

## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**L'enjeu du recyclage est un sujet abordé dans plusieurs textes de la réglementation française et européenne.**

L'augmentation de la durée de vie des appareils électroniques, soit par le reconditionnement, le recyclage ou *a minima* la réparation de ces appareils, est un enjeu qui est de plus en plus pris en compte dans la réglementation française et européenne.

La loi anti-gaspillage pour une économie circulaire, votée début 2020 en France, joue un rôle essentiel dans la démarche visant à réutiliser davantage de composants électroniques. Cette loi a ainsi introduit l'indice de réparabilité, qui est entré en vigueur en janvier 2021 pour certains équipements électroniques tels que les smartphones et les ordinateurs portables. Les objectifs de cette loi sont multiples. Tout d'abord, elle vise à informer les consommateurs sur la facilité de réparation des appareils électroniques mis en vente. Elle cherche également à sensibiliser le public à l'obsolescence programmée et à inciter les fabricants d'appareils électroniques et électriques à concevoir des produits plus facilement réparables (source : [Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires](#)).

Dans cette même optique de performance accrue grâce à la réparabilité, le Sénat français a adopté, en novembre 2021 la loi REEN, qui élargit le délit d'obsolescence programmée à l'obsolescence logicielle et encadre l'information du consommateur lors des mises à jour. En d'autres termes, les fournisseurs ont l'obligation de fournir toutes les informations nécessaires aux utilisateurs, telles que les besoins de stockage et les objectifs des mises à jour. Les vendeurs doivent également fournir des informations et des conseils d'entretien et de réparation tout au long du cycle de vie des appareils, afin d'améliorer leurs performances. Depuis l'adoption de la loi REEN, les équipements informatiques de moins de 10 ans utilisés dans les services publics et les collectivités territoriales doivent obligatoirement être orientés vers le réemploi ou la réutilisation (source : [Le bon digital](#)).

Au niveau européen, les directives « Batterie » et « RoHS » jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la conception des appareils électroniques, afin de pouvoir les recycler. La directive RoHS fixe les limites de concentration maximale de certaines substances dangereuses dans les appareils, tandis que la directive « Batterie » impose des règles de collecte, de recyclage et d'élimination des batteries usagées, ainsi que des taux minimaux de collecte (source : [Eur-lex](#)).

Quant à la directive européenne EcoDesign, elle s'applique aux entreprises privées en établissant des exigences en matière d'écoconception pour les serveurs, les produits de stockage de données et les salles serveurs des entreprises. Cette directive vise à limiter l'impact environnemental en imposant des règles concernant la présence de substances nuisibles à la circularité, l'efficacité énergétique et l'utilisation de ressources, la teneur en matériaux recyclés, la disponibilité d'une fonctionnalité d'effacement sécurisé des données et la disponibilité de la dernière version des logiciels (source : [Commission Européenne](#)).

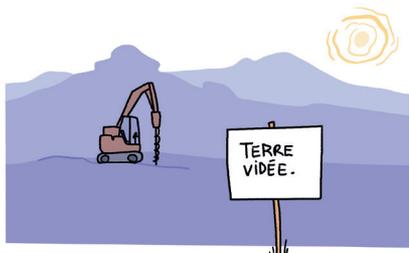
Dans l'ensemble, ces différentes lois et directives visent à encourager le recyclage, la réparation et la conception d'appareils électroniques plus durables, tout en limitant les substances dangereuses et en améliorant l'efficacité énergétique. Elles constituent des mesures importantes pour promouvoir une économie circulaire et réduire l'impact environnemental des produits électroniques.

### La pénurie des nombreuses terres rares prévue d'ici une quarantaine d'années, incite les gouvernements à anticiper.

Aujourd'hui, l'Union européenne identifie 30 matières premières, dont les terres rares, comme étant critiques pour son économie et présentant un risque élevé de pénurie d'approvisionnement. Ces matières premières sont essentielles dans de nombreux secteurs, notamment pour la fabrication de produits contenant des composants électroniques tels que les smartphones, les ordinateurs, les batteries, les robots, les drones, etc.

Les terres rares ont été découvertes relativement récemment, à la fin du XVIIIe et au début du XIXe siècle. Le terme « terre » était utilisé pour désigner des minerais à l'époque où les échanges internationaux étaient régis par la langue française. Les terres rares sont en réalité des métaux, présents sous forme d'alliages dans la croûte terrestre, et il est nécessaire de les séparer de leurs hôtes pour les exploiter. Bien qu'elles soient relativement abondantes dans la nature, leur exploitation n'était pas évidente à l'époque de leur découverte. En comparaison avec des métaux courants tels que l'aluminium ou l'or, ces métaux ont donc été qualifiés de « rares », comme le lithium, le béryllium, le silicium...

La consommation de terres rares a connu une croissance annuelle de 2,7% depuis 1970, ce qui signifie que la production de ces matériaux double tous les 20 ans. Cette croissance devrait continuer, avec une augmentation de la consommation de terres rares de 6% par an.



La Chine est le principal producteur mondial de 26 métaux critiques, y compris les terres rares, et elle détient également les plus grandes réserves de ces matériaux. L'Union européenne dépend à 98% de la Chine pour ses approvisionnements en terres rares. Pour réduire cette dépendance, l'UE investit dans le recyclage, la recherche et l'innovation afin de trouver des solutions de substitution aux terres rares.

Selon les Nations Unies, seulement 1% des terres rares sont actuellement recyclées, et seuls 18 métaux ont des taux de recyclage supérieurs à 50%. Il est donc crucial de développer des technologies de recyclage plus efficaces et d'encourager leur adoption afin de réduire la pression sur les réserves existantes et d'alléger la demande future de terres rares.

En résumé, la pénurie potentielle des terres rares constitue un défi majeur pour l'industrie du numérique qui dépend de ces matériaux. Il est donc essentiel de mettre en place des mesures visant à réduire cette dépendance, telles que le recyclage, la recherche de substitutions et l'innovation dans la conception de produits électroniques plus durables et économes en terres rares. (source : [Ademe](#))

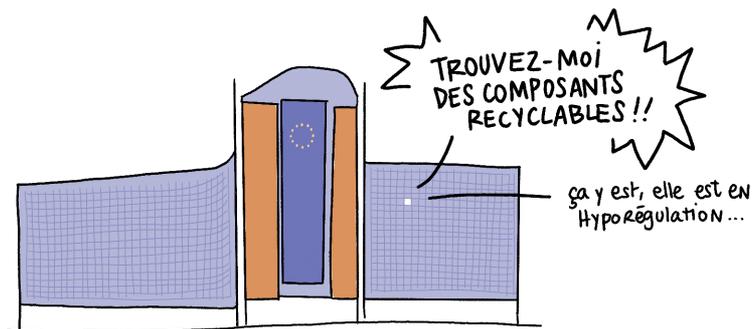
## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

**La découverte de matériaux plus facilement recyclables ou de nouvelles techniques de fabrication des composants électroniques pourrait permettre à l'UE d'imposer plus facilement une réglementation contraignante sur le recyclage.**

Des avancées significatives sont déjà réalisées dans ce domaine par des chercheurs et des entreprises. Par exemple, des chercheurs de l'Institut des technologies chimiques et analytiques de l'Université technique de Vienne ont récemment présenté une batterie oxygène-ion sans terres rares dans [la revue \*Advanced Energy Materials\*](#). Cette batterie en céramique fonctionne de manière similaire à une batterie lithium-ion classique, mais sans l'utilisation de terres rares. Les ions d'oxygène se déplacent rapidement d'un matériau céramique à l'autre en réponse à une tension électrique, générant ainsi du courant électrique. Une telle découverte pourrait ouvrir la voie à de nouvelles solutions sans terres rares dans le domaine des batteries, mais également dans les autres industries dépendantes des terres rares.

Des collaborations entre entreprises ont également vu le jour pour explorer des alternatives aux terres rares. Par exemple, Bosch et IBM se sont associés pour rechercher des solutions de substitution grâce à la simulation des matériaux permise par l'informatique quantique. Bosch apporte son expertise en simulation de matériaux pour les applications industrielles, tandis qu'IBM fournit l'accès à plus de 20 ordinateurs quantiques avancés via son Cloud. Ces collaborations et l'utilisation de la simulation quantique permettent d'explorer plus efficacement les propriétés des nouveaux matériaux, ce qui pourrait conduire à des avancées significatives dans le développement de composants électroniques plus durables et moins dépendants des terres rares (source : [Clubic](#)).

Enfin, des laboratoires tels que le laboratoire SCARCE travaillent sur de nouveaux procédés pour augmenter le nombre d'éléments chimiques recyclés et améliorer les taux de recyclage. Cela implique l'automatisation du démontage et du tri des déchets électroniques, ainsi que le développement de procédés d'extraction chimique en solution. Cependant, il est important de noter que le développement de tels procédés peut prendre un temps certain, allant de plusieurs mois à plusieurs années, en raison de la variabilité de la composition chimique des déchets électroniques.



Malgré l'importance de ces défis, ces efforts de recherche et d'innovation sont essentiels pour augmenter les taux de recyclage et réduire la dépendance aux terres rares (source : [The conversation](#)). Ainsi, la découverte de matériaux plus facilement recyclables, l'exploration de solutions de substitution et le développement de nouvelles techniques de fabrication pourraient permettre à l'Union européenne d'imposer une réglementation contraignante sur le recyclage.

### Des ruptures d'approvisionnement survenant sur des métaux rares ou critiques peuvent contraindre l'Europe à imposer le recyclage.

Les ruptures d'approvisionnement en métaux nécessaires à la fabrication des composants électroniques peuvent avoir des implications géopolitiques significatives. Actuellement, la Chine est le premier producteur mondial de 26 métaux critiques, y compris les terres rares, et détient également les plus grandes réserves de ces matériaux. Cette dépendance de l'Union européenne à l'égard de la Chine crée une vulnérabilité stratégique et un déséquilibre économique. En cas de rupture d'approvisionnement, les industries européennes pourraient être confrontées à des pénuries de matières premières essentielles pour la fabrication de composants électroniques (tel que cela a été le cas pendant la crise Covid), entraînant des retards de production, une augmentation des coûts et une diminution de la compétitivité de l'industrie européenne sur le marché mondial. Face à une telle situation, l'UE pourrait chercher à stimuler fortement l'industrie du recyclage pour réduire cette dépendance.

## QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**Les entreprises devraient prendre en compte ces nouveaux critères dans le choix de leurs fournisseurs.**

Dans un premier temps, si une réglementation oblige les fabricants de matériel à mettre en vente uniquement des composants recyclés, les fournisseurs réorienteront leur stratégie pour répondre aux attentes des entreprises. Un exemple concret de cette approche est celui d'Apple, qui pour obtenir un bon indice de réparabilité pour ses produits, a entièrement revu l'intérieur de l'iPhone 14 afin de faciliter sa réparation (source : [ifixit](#)). Dans un second temps, les entreprises consommatrices seront poussées à privilégier les fournisseurs qui proposent des composants recyclés. D'ailleurs, les critères de responsabilité sociale des entreprises (RSE) font déjà partie des éléments à prendre en compte lors de la sélection des fournisseurs au sein des entreprises.

Il est important de noter qu'au départ, ces composants issus du recyclage pourraient coûter plus cher. Cependant, à mesure que les pratiques de recyclage et les technologies évoluent, il est possible que les coûts diminuent progressivement. Les entreprises pourraient alors envisager cette transition comme un investissement à long terme dans la durabilité et la responsabilité environnementale, ce qui pourrait également renforcer leur image de marque.

**Des acteurs européens du recyclage se développeraient.**

Le développement d'acteurs européens du recyclage est une perspective envisageable, similaire à ce qui s'est produit dans l'industrie automobile pour les batteries électriques, en prévision de l'interdiction de la commercialisation des voitures thermiques prévue pour 2035.

Depuis le début de l'année 2021, trois consortiums de grands groupes se sont constitués ou renforcés pour investir des dizaines de millions d'euros dans la mise au point de procédés d'extraction, de séparation et de purification des métaux rares. Alors que près d'une vingtaine de gigafactories de batteries sont en projet en Europe, dont certaines en France, on anticipe déjà la question de leurs futurs déchets. Ces déchets pourraient devenir la « mine » de demain pour l'industrie automobile, à condition de pouvoir récupérer les précieux ions à un niveau de pureté originel et à un prix compétitif. Actuellement, en Europe, seulement 17 000 tonnes de cellules sur les 40 000 arrivant en fin de vie chaque année sont recyclées, et ce, avec des procédés coûteux et polluants. D'ici 2030, il pourrait y avoir entre 150 000 et 200 000 tonnes de ces déchets à traiter. La start-up lyonnaise, Mecaware, vient de lever 1,4 million d'euros pour développer une méthode de recyclage économique et écologique appelée « lingots verts ». En parallèle, d'autres acteurs se positionnent également sur le marché. Solvay, en collaboration avec Veolia et Renault, prévoit de construire cette année une unité pilote en « boucle fermée ». Suez et le groupe minier Eramet travaillent également sur l'industrialisation de leur propre procédé développé depuis 2018. Enfin, Orano a obtenu 6 millions d'euros du plan de relance mis en place par le gouvernement pour un projet similaire (source : [Les Échos](#)).

L'intérêt écologique et économique de recycler les composants informatiques dépendrait fortement des utilisateurs et des méthodes utilisées.

Une étude de l'ADEME souligne la diversité des méthodes de reconditionnement, qui peuvent augmenter ou réduire les impacts environnementaux. Des facteurs tels que l'ajout d'accessoires neufs, le changement systématique de pièces, l'utilisation de pièces de seconde main, le volume d'emballage et le lieu de reconditionnement influencent ces impacts. Il est crucial de sourcer des produits provenant d'une véritable seconde vie et de ne pas promouvoir une surconsommation.

Il est donc possible d'imaginer qu'en fonction des méthodes utilisées pour le recyclage, les bénéfices écologiques ne soient pas optimaux. Certains problèmes potentiels incluent une surconsommation électrique et une durée de vie réduite des composants recyclés.



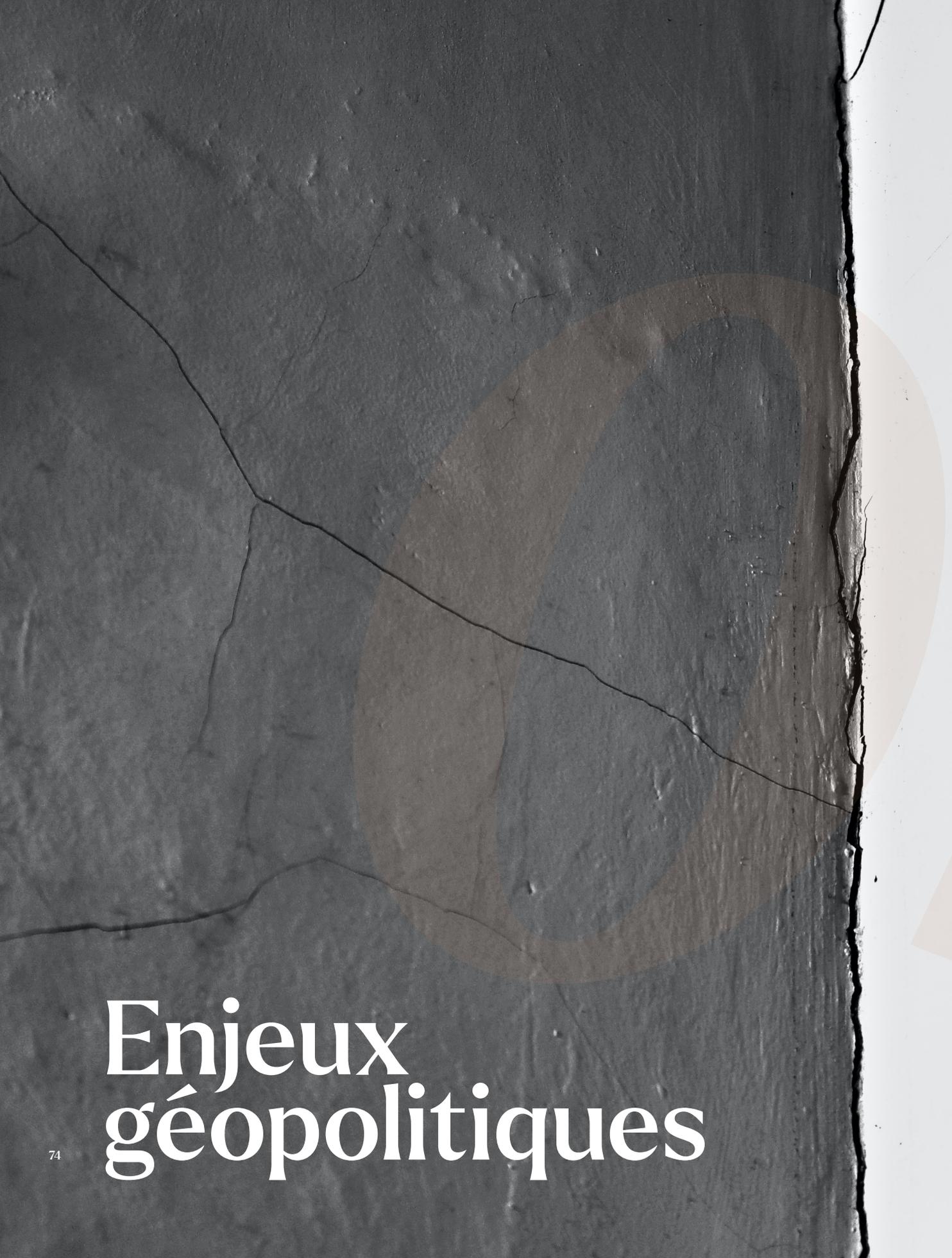
## Point de vue – En Europe on a le cœur sur la main... Mais on n'a plus de mains.

Cette rupture selon laquelle « D'ici 2040, l'UE impose à l'industrie numérique le recyclage à 100% de tous les composants matériels informatiques mis sur le marché européen » apparaît révélatrice d'une tendance générale et généreuse très présente dans les institutions européennes et qui consiste à imposer la vertu par la loi. Et, nous ne pouvons qu'acquiescer et nous enorgueillir de participer, par notre simple citoyenneté européenne, à des engagements si purs, qui, en l'occurrence, conduiront à diminuer la consommation de matières premières précieuses tels les métaux rares.

Qui plus est, en recyclant à 100% les composants matériels et en exigeant que tous les dispositifs électroniques soient fabriqués avec des matériaux provenant de ce recyclage, nous serons moins dépendants des pays qui produisent ces mêmes matériaux ; nous y gagnerons en souveraineté, car nous utiliserons de moins en moins de circuits électroniques. Seul problème : nous contribuerons de moins en moins à l'innovation technologique, mais c'est accessoire.

Et, il en va de même dans beaucoup de secteurs, par exemple avec la réglementation sur les véhicules thermiques, qui seront interdits à la vente à partir de 2035, ou avec la législation européenne sur les données personnelles, ou encore avec le règlement européen sur l'intelligence artificielle (le *AI Act*) qui a été voté le 14 juin par le parlement européen. Ce dernier est particulièrement révélateur. On a légiféré à marche forcée pour y parvenir en moins de deux ans. Grâce à Dieu, nos entreprises ne contribueront plus à fabriquer des systèmes d'IA à risque inadmissible. Et les grands modèles de langage que nous développerons, briques indispensables pour les agents conversationnels du type ChatGPT, seront soumis à des obligations d'audit et de transparence si fortes que nous ne parviendrons jamais à les développer. Et, comme le rappelait à la fin du mois de mai 2023, Jean-Noël Barrot, le ministre délégué au numérique, cela conduira à « *faire sortir l'Union européenne de l'histoire technologique* »...

On a le cœur sur la main, et les mains propres, en Europe. Qu'on se le dise ! Le problème, c'est qu'on n'aura bientôt plus de mains, car on se les coupe pour mettre un cœur à la place... et que, ce faisant, notre cœur risque de tomber dans le vide.



# Enjeux géopolitiques

*p. 76*

D'ici 2035, les échanges commerciaux entre la Chine et l'Europe sont durablement interrompus, en raison de l'aggravation des tensions sino-américaines.

*p. 88*

D'ici 2035, les États-Unis se replient sur leurs intérêts nationaux et se distancient de l'Union européenne.



05  
Rupture

# D'ici 2035, les échanges commerciaux entre la Chine et l'Europe sont durablement interrompus, en raison de l'aggravation des tensions sino-américaines.

L'aggravation des tensions géopolitiques entre la Chine et les États-Unis amplifiées par une invasion potentielle de Taïwan, ou une prise de position plus affirmée, voire l'entrée en guerre du pays aux côtés de la Russie, sont une première série d'hypothèses qui pourraient contraindre la Chine à cesser durablement ses relations avec l'Europe pour préserver ses intérêts.

Pour les mêmes raisons, ou parce que les divergences culturelles, politiques et d'horizon économique entre les deux parties deviendraient de plus en plus insoutenables politiquement pour l'Union européenne, l'Europe pourrait, de son côté, interrompre volontairement ses relations commerciales avec la Chine ou y être contrainte par l'application de sanctions internationales.

Ces deux trajectoires pourraient se produire indépendamment ou simultanément. Quoi qu'il en soit, si les tensions entre la Chine et l'Europe s'aggravaient jusqu'à la rupture des liens commerciaux, les conséquences seraient importantes non seulement pour les entreprises des deux parties, mais aussi pour les consommateurs qui pourraient souffrir de hausse des prix et de pénuries. L'industrie du numérique serait particulièrement affectée, notamment par des pénuries de matières premières. De plus, cette situation pourrait contribuer à une plus grande division du système international en deux pôles opposés.

La Chine et l'UE sont souvent considérées comme les contrepoids des États-Unis dans le paysage géopolitique mondial. L'interruption des liens commerciaux avec la Chine pourrait conduire l'UE à jouer cavalier seul pour tenter d'ouvrir une troisième voie face aux deux blocs opposés dirigés d'un côté par les États-Unis, et d'un autre côté par la Chine. Autre hypothèse possible : l'Europe pourrait renforcer ses dépendances économiques avec les États-Unis, et consolider ses liens avec ce bloc occidental. De manière globale, cette situation ne pourrait entraîner qu'une méfiance accrue entre les blocs, une détérioration des relations diplomatiques et commerciales, et favoriser des conflits potentiels.

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Les relations sino-européennes se caractérisent par une situation d'interdépendance économique. En effet, l'économie de la Chine est fortement dépendante de ses relations commerciales avec l'extérieur, notamment avec l'Europe, qui est son premier partenaire commercial (source : [Parlement européen](#)). Réciproquement, en 2020, en pleine crise sanitaire, la Chine est devenue le premier partenaire commercial de l'Europe devant les États-Unis (source : [La Tribune](#)). Et la tendance n'est pas à la décroissance puisque les importations en provenance de la Chine sont passées de 25 milliards d'euros par mois à la fin 2019 à plus de 40 milliards d'euros début 2022. Aujourd'hui, tous les pays européens entretiennent des liens économiques avec la Chine, directement ou indirectement, par le biais de deux canaux principaux : le commerce des marchandises et les investissements directs étrangers (source : [Notes du conseil d'analyse économique](#)).

Paradoxalement, malgré le développement de ces relations commerciales, la Chine a en parallèle mis en place une politique intérieure d'autosuffisance et de sécurité économique, notamment avec son programme des « nouvelles routes de la soie », qui rend de plus en plus difficile l'entrée des entreprises européennes dans le pays.

Cependant, les relations bilatérales entre l'Union européenne et la Chine montrent d'autres avancées, parmi lesquelles le partenariat UE-Chine dans le cadre du programme Horizon 2020, l'un des programmes clés de l'Union en matière de recherche, d'innovation et de développement technologique, doté d'un budget de 80 milliards d'euros pour un programme de travail qui s'est étalé entre 2018 et 2020 (source : [Parlement européen](#)). De fait, la Chine apparaît comme un partenaire indispensable de l'Europe, et s'est perçue elle-même comme une aide à la relance économique de l'Union européenne à la suite des conséquences de la crise sanitaire. En effet, l'Académie chinoise des sciences sociales a publié en mai 2020 son rapport annuel sur les grandes tendances internationales dans lequel les auteurs ont estimé que, même si le contexte épidémique pesait sur les relations internationales, il était dans l'intérêt de tous les acteurs de maintenir des relations sino-européennes bonnes et stables (source : [Institut Montaigne](#)).

D'un point de vue culturel, le tissu resserré du réseau des Instituts Confucius en Europe, dont 25 sont situés en France, permet d'entretenir et de développer des liens culturels forts avec la Chine en favorisant une meilleure compréhension entre les populations. Cependant, depuis quelques années, les interrogations sur ces instituts se multiplient tendant à accréditer l'idée qu'ils constitueraient plus des vecteurs de propagande, que des agences culturelles (source : [Asialyst](#)).

Les tensions entre la Chine et l'UE se situent également dans les champs diplomatique et commercial, qui s'entremêlent parfois. Par exemple, moins de trois mois après la signature d'un accord bilatéral d'investissement en décembre 2020, le processus de ratification a été brutalement paralysé : la Chine annonçait des sanctions visant dix personnes et quatre entités européennes, en réponse à celles de l'UE à l'encontre d'entités chinoises accusées de violations des droits de l'Homme dans le Xinjiang (source : [Notes du conseil d'analyse économique](#)). Néanmoins, même si ces tensions sont évidentes, et que l'UE est particulièrement préoccupée par la concurrence déloyale de la Chine en raison du dumping social et environnemental qu'elle pratique, le gouvernement chinois et l'UE souhaitent officiellement maintenir des relations commerciales et diplomatiques apaisées. Les relations commerciales qu'entretiennent la Chine et l'Europe sont donc parcourues de tensions mais elles demeurent pour le moment indispensables pour les deux parties.



## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

Le positionnement ambigu de la Chine dans les relations internationales s'est particulièrement illustré dans le cadre de la guerre russo-ukrainienne.

En fonction de l'évolution de ce conflit, une affirmation du soutien de la Chine au camp russe pourrait modifier en profondeur l'ordre international. Plusieurs événements et/ou orientations de la politique chinoise ont permis de démontrer la proximité entre le régime chinois et la Russie. Ainsi, en août 2022, les deux puissances ont mené des exercices militaires conjoints afin de tester l'interopérabilité de leurs ressources matérielles et leur compatibilité organisationnelle. Mais le rapprochement militaire sino-russe ne date pas du déclenchement de la guerre en Ukraine. Depuis 2005, la Chine participe régulièrement à des exercices organisés par la Russie, notamment plusieurs exercices navals depuis 2012, et elle s'est associée au premier exercice portant à la fois sur les aspects opérationnels et stratégiques des deux armées, organisé à Vostok en 2018 (source : [Les Échos](#)). Sur le même plan militaire, les services secrets américains ont affirmé que Pékin envisageait de fournir des armes à la Russie, même si la Chine a, depuis, nié ces affirmations (source : [La Tribune](#)).

Le rapprochement de la Chine et de la Russie est également perceptible sur le volet économique. Ainsi, la Chine ne respecte pas les sanctions internationales prononcées à l'encontre de la Russie dans l'optique de l'affaiblir économiquement et la Russie est devenue son premier fournisseur d'hydrocarbures au mois de mai 2022, suite à une nette accélération des exportations (+55% par rapport à mai 2021) (source : [Courrier International](#)).



Au regard de ces rapprochements économiques et militaires, plusieurs évolutions des relations sino-russes sont envisageables dans le cadre du conflit ukrainien. Pour conserver ses liens avec les deux parties du conflit, la Chine pourrait maintenir une position neutre. Dans cette hypothèse, elle ne couperait donc a priori pas ses liens avec l'Europe. De son côté, l'Europe pourrait continuer à fermer les yeux sur cette prétendue neutralité. Cependant, la Chine pourrait aussi soutenir sans ambiguïté la Russie, ce qui entraînerait une interruption progressive ou brutale des liens commerciaux sino-européens pour affaiblir la partie adverse. En effet, la rivalité qui oppose la Chine aux États-Unis pour atteindre la suprématie technologique pourrait la pousser à s'investir plus avant dans le conflit. Le rôle joué par certaines entreprises américaines du numérique dans la guerre en Ukraine illustre en quoi ce conflit est une fenêtre d'opportunités pour ces compagnies. Ainsi, les satellites de Starlink, une filiale de SpaceX appartenant à Elon Musk, ont été utilisés pour faciliter la communication des armées ukrainiennes pendant les opérations militaires. Microsoft a également été impliqué dans le conflit par le biais d'investissements massifs, atteignant 400 millions de dollars, dans le secteur de la défense ukrainienne. Ces investissements ont a priori permis de renforcer les capacités de cybersécurité et de surveillance des forces ukrainiennes. Une autre entreprise de technologie, Palantir, a également été mentionnée pour son implication dans l'analyse de données et la fourniture de renseignements aux militaires ukrainiens (source : [Le Figaro](#)). La guerre en Ukraine semble donc servir de « bac à sable » pour ces entreprises technologiques, qui utilisent ce conflit comme une occasion de tester et de développer leurs technologies de pointe dans un contexte réel et complexe. La Chine pourrait souhaiter, à son tour, déployer ses innovations technologiques sur le terrain ukrainien, pour promouvoir ses propres entreprises technologiques et renforcer son influence géopolitique.

### Une invasion de Taïwan par la Chine peut déclencher un conflit mondial.

Une invasion de Taïwan répondrait à plusieurs enjeux pour la Chine :

- **Un enjeu historique** : En 1949, lors de la prise de pouvoir du parti communiste en Chine, le parti républicain s'est réfugié sur l'île de Taïwan, créant *de facto* un état indépendant. Cependant, le gouvernement chinois a toujours considéré que l'île faisait partie intégrante du pays

- **Un enjeu politique** : Le régime démocratique de Taïwan propose un contre-modèle face à un régime communiste chinois qui se présente comme le seul modèle valable. En 2016, l'élection de la présidente Tsai Ing-wen a fait monter les tensions avec la Chine, au regard de sa prise de position moins complaisante à l'égard des intrusions chinoises dans l'espace aérien taiwanais.
- **Un enjeu stratégique** : Taïwan fait partie de la première chaîne d'îles du Pacifique entre la Chine et les États-Unis. Ces îles sont les principales alliées des États-Unis dans la région, avec le Japon et la Corée du Sud. Par ailleurs, pour la Chine, une annexion de Taïwan permettrait au pays d'avoir un accès direct au Pacifique profond, nécessaire pour un déploiement discret de leurs sous-marins.

Cependant, malgré ces nombreux enjeux, une invasion de Taïwan par la Chine revêt différentes difficultés opérationnelles en dépit de la supériorité militaire chinoise. Par ailleurs, un conflit ouvert générerait un emballement régional, voire mondial, si l'on s'en réfère aux récentes annonces des États-Unis et du Japon concernant leur soutien à Taïwan en cas d'invasion, donnant au conflit une envergure que la Chine aurait des difficultés à gérer. Les spécialistes de la région estiment que la Chine opterait davantage pour un blocus de Taïwan, ce qui représenterait un coût important pour elle comme pour l'économie internationale (source : [Le Monde](#)). Cependant, la Chine investit depuis 2015 pour renforcer son armée. Entre 2015 et 2019, l'Armée populaire de Libération a mis à la mer l'équivalent de 600 000 tonnes de navires de guerre, soit 50% de plus que Washington sur la même période. Pékin ambitionne, au cours de la décennie 2020, de mettre en service plusieurs groupes aéronavals, alors que l'US Navy prévoit de mettre à la retraite un certain nombre d'unités. Le budget militaire de Pékin est devenu le deuxième au monde après celui des États-Unis. Ainsi, à mesure que le temps passe, la capacité de la Chine à soutenir une guerre de grande ampleur augmente (source : [La Tribune](#)).

### **La réorganisation des échanges économiques mondiaux, impulsée par les États-Unis, peut obliger les entreprises européennes à prendre davantage position dans la guerre commerciale entre les États-Unis et la Chine.**

Du point de vue des États-Unis, la doctrine qui régit actuellement les relations internationales s'appelle le *friend-shoring*, soit la « délocalisation entre amis ». Par cette doctrine, le gouvernement américain invite les États en lien avec les États-Unis à déployer leurs chaînes de valeur dans des pays fiables, c'est-à-dire des pays partageant les mêmes idées et les mêmes valeurs qu'eux. Ainsi, lorsque le mot est employé par les États-Unis, il s'agit de démocraties, respectant les droits de l'Homme et alliées du camp américain.

Cette doctrine est apparue suite à la crise sanitaire qui a démontré les limites de la mondialisation et le besoin pour les États de relocaliser une partie de leur industrie stratégique. Cette relocalisation de leur chaîne de valeur apparaît d'autant plus nécessaire aux États-Unis qui souhaitent, dans le cadre de la guerre commerciale sino-américaine lancée dès 2018, réduire de plus en plus leur dépendance au régime communiste. En ce qui concerne l'industrie du numérique, les États-Unis sont en train de se doter d'un arsenal législatif pour limiter l'importation de semi-conducteurs et puces en provenance de Chine. Ils investissent pour disposer de leurs propres usines sur le sol américain et enfin tentent de convaincre des pays alliés, comme les Pays-Bas et le Japon, de faire de même (source : [Siècle Digital](#)). Ces mesures visent principalement à limiter l'expansion technologique de la Chine. Si ces tensions devaient s'aggraver, l'Europe pourrait donc avoir à « choisir son camp ».

## La Chine mène des actions d'espionnage et d'influence sur le continent européen et ses nombreux investissements stratégiques peuvent conduire à un scandale qui obligerait le politique à intervenir.

Selon un rapport du Sénat publié en septembre 2021, la Chine serait l'État qui mènerait le plus d'actions d'ingérence et d'espionnage en France. Les universités sont particulièrement touchées par ces actions. Afin d'atteindre les objectifs du programme « Made in China 2025 », le régime communiste a besoin des meilleurs chercheurs pour dépasser les pays développés sur certains secteurs stratégiques comme les biotechnologies et les nouvelles technologies de l'information et de la communication. Le programme « 1000 talents » a notamment été lancé en 2008 par la Chine dans l'objectif de recruter des chercheurs et entrepreneurs étrangers. En France, selon l'ASPI (*Australian Strategic Policy Institute*), 46 universités ayant des liens étroits avec des universités chinoises constitueraient ainsi des « stations de recrutement » (source : [Sénat](#)).

La Bretagne, avec ses écoles d'officiers (Marine dans le Finistère, armée de Terre sans le Morbihan), ses bases navales, sa base sous-marine et ses sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE), ses pôles d'excellence océanographique et cyber et son industrie de la défense, apparaît comme une cible privilégiée pour la Chine. Les faits d'ingérence dans le domaine militaire tombent généralement dans le domaine de compétences des services de renseignements, il s'agit alors d'informations non-publiques dont il est difficile de poursuivre l'analyse (source : [Télégramme](#)).

Au-delà de ces tentatives d'espionnage, la Chine mène des actions d'influence en Europe, et notamment dans les Balkans, qui pourraient aggraver les tensions avec l'UE. La Chine est ainsi devenue le deuxième partenaire commercial de la région par des investissements et des prêts bonifiés croissants, avec un accent sur les infrastructures de transport, les énergies fossiles et les industries lourdes. Cette présence chinoise soulève d'ores et déjà des préoccupations quant à l'accroissement de la dette publique, la dépendance politique et les vulnérabilités stratégiques des pays de la région (source : [Fondation Jean Jaurès](#)).

Enfin, l'augmentation des investissements chinois en Europe suscite des débats quant à l'indépendance économique de ces États, avec en tête de file l'Allemagne, l'Italie, la France, la Finlande, les Pays-Bas et le Portugal. Récemment, une prise de participation par la société chinoise Cosco à hauteur de 24,9% dans l'un des trois terminaux de la société de logistique HHLA, l'un des principaux exploitants du port de Hambourg, a fait ressurgir le risque d'une mainmise chinoise sur le troisième port d'Europe (source : [Challenges](#)).

Cette augmentation des actions d'ingérence et des investissements chinois dans des industries stratégiques européennes, doublée d'une médiatisation du phénomène, provoquent un sentiment de méfiance des gouvernements européens qui pourrait les contraindre à limiter leurs échanges avec la Chine.

## La Chine développe depuis plusieurs années des relations avec d'autres régions du monde, au détriment de ses échanges commerciaux avec l'Europe.

Les investissements menés par la Chine depuis la fin des années 1990 sur le continent africain, en Asie de l'Est, ou encore en Amérique du Sud, pourraient à terme contribuer à réduire le poids du marché européen dans ses échanges commerciaux, et surtout la rendre moins dépendante de l'Europe.

Par exemple, la Chine dès les années 90 a développé sa présence dans une douzaine de pays africains, notamment en Afrique du Sud et en République Démocratique du Congo, à la fois par une augmentation de ses exportations et par l'accord de prêts. Puis, dans les années 2000, ces investissements ont largement augmenté, et la Chine représente actuellement 70% des investissements dans ces douze pays (source : [Jeune Afrique](#)).

**La Chine met en place depuis plusieurs années des conditions commerciales jugées de plus en plus intolérables par l'Occident, qui freinent l'installation d'entreprises européennes dans le pays.**

Entre 2021 et 2022, de nombreuses entreprises européennes ont fait face à des difficultés accrues pour exercer leurs activités en Chine, et ce dans tous les secteurs d'activité. Ces obstacles sont largement attribués à la politique d'autosuffisance et de sécurité économique mise en œuvre par le gouvernement chinois. La Chine a cherché à renforcer ses industries nationales et à réduire sa dépendance vis-à-vis des importations, en imposant des restrictions et des réglementations plus strictes aux entreprises étrangères opérant sur son territoire, ou cherchant à s'y installer.

Cependant, malgré ces obstacles, il est intéressant de noter qu'en février 2022, seulement 11% des entreprises interrogées envisageaient d'arrêter leurs projets d'investissement en Chine. Cela indique que malgré les difficultés rencontrées, de nombreuses entreprises continuent de percevoir le marché chinois comme une opportunité économique importante. La taille et la croissance du marché chinois, combinées à sa main-d'œuvre qualifiée et à ses infrastructures développées, restent donc attrayantes pour de nombreuses entreprises internationales (source : [European Chamber Business](#)).

## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

**La Chine peut parvenir à une forme d'autosuffisance et privilégier davantage sa sécurité économique.**

Si les politiques menées par la Chine depuis une quinzaine d'années pour parvenir à une autosuffisance économique sur certains secteurs stratégiques (numérique, industrie manufacturière, technologies liées aux politiques de développement durables comme les panneaux solaires, les batteries électriques...) sont menées à leur terme, la Chine pourrait chercher à diminuer certains liens avec l'extérieur pour réduire ses vulnérabilités. Une telle orientation de la politique chinoise s'inscrirait nécessairement dans le contexte de perturbations internationales, telles que des tensions commerciales ou des restrictions imposées par d'autres pays.

## Un changement de régime en Chine peut déstabiliser le pays et interrompre de manière brutale les échanges avec l'Europe.

L'hypothèse d'une révolte sociale en Chine susceptible de conduire à un changement de régime est difficile à investiguer. En effet, le contrôle social exercé par le parti communiste limite la libre expression de ses citoyens dans les médias et sur les réseaux sociaux. Cependant, la Chine fait actuellement face à une crise démographique, sa population diminue depuis 2022 et vieillit de manière continue, malgré la fin de la politique de l'enfant unique en 2016. Cette crise démographique pourrait créer des tensions au sein de la population chinoise en fragilisant la situation économique des ménages les plus modestes. La Chine affronte également des difficultés économiques sur son marché intérieur, qui se sont aggravées avec la crise du covid-19 et qui s'illustrent particulièrement dans un marché immobilier en crise. Au début des années 2000, la Chine avait libéralisé le marché de l'immobilier en autorisant sa population à acheter son logement et de nombreux géants de ce secteur s'étaient alors constitués. Après la crise sanitaire, beaucoup de promoteurs se sont effondrés, stoppant dans la foulée les chantiers de construction en cours, délaissant un grand nombre de propriétaires qui avaient payé leur appartement sur plan. Par ailleurs, depuis la crise sanitaire, l'économie chinoise n'est plus maintenue par une croissance en hausse : le taux de croissance a chuté à 2,2% en 2020 (source : [Banque Mondiale](#)), et la stagnation s'est maintenue en 2021 et 2022 du fait d'une politique « zero covid » très rigoureuse, le taux remontant à seulement 3,2% du PIB en 2022. Même si la classe moyenne soutient jusqu'à maintenant le régime communiste car les avantages économiques demeurent supérieurs aux inconvénients, une dégradation de la situation sociale est envisageable, surtout si les réformes sociales menées par le gouvernement échouent et que le taux de pauvreté augmente (source : [Le Point](#)).



## Une action citoyenne coordonnée peut inciter les États européens et les entreprises à réduire drastiquement leurs échanges avec la Chine.

Le régime communiste chinois s'oppose en termes de valeurs aux démocraties libérales européennes. Ainsi, l'une des premières grandes décisions de Xi Jinping en poste fut de produire une circulaire interne pour marquer le rejet absolu des « valeurs occidentales » que sont la liberté d'expression, la séparation des pouvoirs ou la démocratie libérale (source : [Chinafile](#)). Cette opposition sur le volet des valeurs a pour conséquence de conduire à des réactions de rejet de la part des populations respectives.

Ainsi, en Chine, les boycotts se multiplient à l'égard d'entreprises étrangères qui auraient déplu au régime communiste, soit par leurs actes, soit du fait de leur nationalité dans le cadre de tensions diplomatiques. Ces boycotts peuvent être plus ou moins orchestrés par le parti communiste chinois, mais ils sont surtout le signe d'un nationalisme bien présent dans la population (source : [Swedish National China Centre](#)).

Du côté européen, l'éclairage médiatique porté sur la situation des Ouïghours dans le Xinjiang a fortement nui à l'image de la Chine. Cependant, même si les entorses majeures faites aux droits humains des minorités ethniques dans le Xinjiang font l'objet d'un consensus transatlantique sur la gravité des faits, celui-ci n'est pourtant pas suivi d'actions communes de la part des États. Les populations tentent donc de mener des actions de boycotts désordonnées, mais elles ne sont pas suivies d'effets majeurs pour le moment. Ainsi, Shein, la marque de *fast-fashion* chinoise uniquement présente en ligne, pourtant déjà épinglée pour le travail forcé de Ouïghours, - grâce auquel elle peut pratiquer des prix très compétitifs, multiplie l'ouverture de magasins éphémères en France, suscitant à chaque fois d'importantes files d'attente, symboles du succès de la marque (source : [Le Figaro](#)). Cependant, du fait de la médiatisation grandissante des effets destructeurs de la *fast-fashion* sur l'environnement, ces boycotts pourraient finir par être davantage suivis.

## QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**La rupture des approvisionnements chinois, nécessaires au numérique, conduirait à une réindustrialisation à marche forcée de l'Europe.**

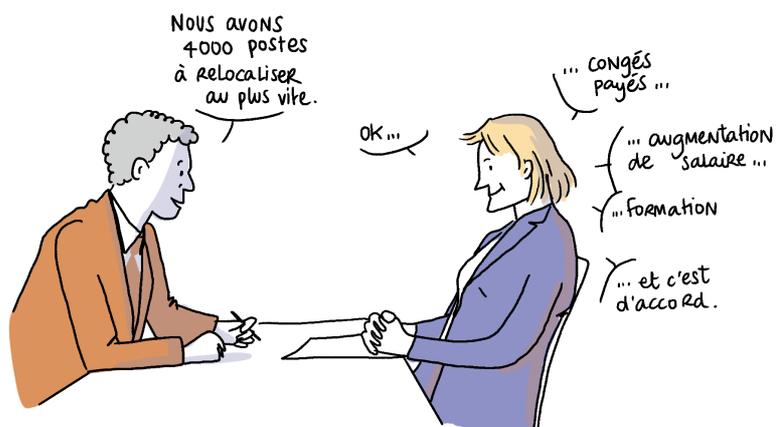
Les ruptures d'approvisionnement causées par une interruption des échanges commerciaux avec la Chine pourraient contraindre l'Europe à une réindustrialisation massive, soutenue par d'importants investissements. Actuellement, l'Europe dépend à 98% de la Chine pour ses approvisionnements en terres rares. Concernant le déploiement des infrastructures 5G, Huawei est également un acteur majeur, malgré les mesures prises par certains États européens pour évincer l'entreprise des réseaux de télécommunication. Enfin, dans l'industrie des semi-conducteurs, la Chine est un acteur essentiel pour ce qui concerne l'assemblage, les tests et le conditionnement des puces (source : [Banque nationale de Belgique](#)).

Le processus de réindustrialisation qui serait alors initié par l'Europe, pourrait signifier la fin de la mondialisation, telle qu'elle se déployait depuis les années 80 et la fermeture du commerce mondial. Cette nécessité de l'auto-suffisance industrielle pourrait contribuer à la constitution d'un monde régionalisé constitué de blocs de pays ayant des relations plus ou moins développées.

**Les entreprises qui ont des relations avec la Chine devraient internaliser leur chaîne de valeur et/ou se redéployer sur des pays asiatiques frontaliers.**

Tel que l'illustre déjà aujourd'hui la vague de délocalisations des entreprises de la tech américaine (HP, Dell, Apple, Microsoft, Amazon, Google), vers d'autres pays d'Asie (Inde, Vietnam, Malaisie, Thaïlande, Bangladesh...), les entreprises déployées sur le sol chinois pourraient se délocaliser dans des pays asiatiques frontaliers. Sur le plan numérique, il pourrait s'en suivre une fragmentation accrue des systèmes d'information de l'entreprise qui, associée au manque d'interopérabilité entre les produits, nécessiterait alors de nombreux développements.

Une autre option pourrait être de relocaliser en Europe une partie des activités exercées sur le territoire chinois, ce qui aurait pour conséquence principale une forte augmentation des coûts.



**L'Europe imposerait davantage de sanctions à la Chine, notamment pour son non-respect des droits de l'Homme.**

Nous le mentionnons plus haut, la reconnaissance des crimes commis par la Chine dans le Xinjiang ne fait pas l'objet aujourd'hui d'une condamnation commune des États européens, et encore moins de l'adoption de sanctions à l'égard du régime communiste. Mais la diminution des dépendances sino-européennes pourrait libérer l'action de l'Europe sur ce sujet au risque qu'elle se voie reprocher son interventionnisme.

**Les entreprises chinoises perdraient le marché européen et devraient se recentrer sur leur marché intérieur.**

La marché européen est le principal marché d'exportations de la Chine. Une diminution des échanges commerciaux obligerait les entreprises chinoises à se rabattre sur leur marché intérieur, le pouvoir d'achat des citoyens devrait être capable de suivre pour permettre aux entreprises de combler leur déficit.



06  
Rupture

# D'ici 2035, les États-Unis se replient sur leurs intérêts nationaux et se distancient de l'Union européenne.

Au cours des deux derniers siècles, les États-Unis ont alterné entre posture isolationniste et démarche interventionniste. Depuis l'arrivée au pouvoir de Joe Biden, c'est plutôt la logique interventionniste qui prévaut (comme le montre l'aide américaine en Ukraine). **Le retour d'un pouvoir ultra-protectionniste et nationaliste en 2024 pourrait néanmoins conduire à un recentrage de la politique américaine sur ses priorités nationales, pour faire face, notamment, à la menace chinoise.** Cette altération des liens entre les États-Unis et l'Europe aurait des conséquences sur le plan géopolitique, les États-Unis étant un allié important de l'Europe dans les affaires internationales, mais aussi sur le plan économique, pour les entreprises européennes et américaines qui entretiennent des liens étroits.

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, les États-Unis et l'Europe partagent des relations étroites, tant sur le plan économique, politique et culturelle que militaire. En effet, à la suite de cette guerre particulièrement destructrice, les États-Unis ont apporté leur aide au redressement économique de l'Europe avec le plan Marshall, un programme américain de prêts accordés aux différents pays européens. Dans la même période, l'OTAN, alliance militaire entre l'Amérique du Nord et plusieurs pays européens, a été créée pour protéger chacun de ses membres contre une agression extérieure. Par la suite, les États-Unis et l'Europe ont continué de développer des relations économiques, culturelles et politiques importantes, qui ont contribué à la prospérité et à la stabilité des deux continents.



En termes économiques, l'Union européenne est le deuxième plus grand partenaire commercial des États-Unis, après le Canada. Les échanges commerciaux entre les deux entités ont atteint environ 1 200 milliards d'euros en 2021 (source : [Conseil européen](#)). Les économies de ces deux puissances représentent environ la moitié du PIB total mondial et presque un tiers des flux de marchandises. Afin de maintenir ces bonnes relations commerciales, elles ont négocié des accords bilatéraux comme le Partenariat Transatlantique de Commerce et d'Investissement (TTIP) pour garantir leur croissance économique (source : [Euromad](#)). Cependant, en 2018, les relations commerciales se sont dégradées, marquées par des tensions, notamment en raison de taxes douanières supplémentaires imposées par les États-Unis sur les importations d'acier et d'aluminium européens, mais qui, depuis, se sont résolues par un accord entre les deux parties (source : [Capital](#)).

Le relâchement des relations entre les deux puissances s'est également fait sentir lorsque le président Trump a annoncé le retrait des États-Unis des accords de Paris sur le climat (source

## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**L'histoire de la politique américaine est parcourue de mouvements isolationnistes, et cette tendance au retrait américain de la scène internationale est déjà perceptible au Moyen-Orient.**

Depuis l'administration Obama, le retrait progressif des États-Unis au Moyen-Orient correspond à une réorientation de la politique extérieure américaine vers la région Indo-Pacifique. La décision d'un retrait militaire résulte d'une série de facteurs dont le premier est la lassitude de l'opinion publique américaine pour les guerres coûteuses lancées par l'administration Bush à la suite des attentats de 2001. Ainsi, la présence militaire américaine (qui se concentre principalement au Qatar, au Bahreïn, au Koweït, en Arabie saoudite, en Turquie, en Afghanistan et en Irak) a progressivement diminué, passant de 70 000 hommes en 1990 à environ 30 000, juste avant le retrait d'Afghanistan, et 16 000 après le retrait. Et si, en Irak par exemple, après l'annonce du retrait du pays par Joe Biden en 2021, 1 500 hommes restaient encore engagés sur le sol irakien, c'était avec le statut de « conseillers » au lieu de « combattants ». Ainsi, on voit que la fin de l'interventionnisme politico-militaire des États-Unis dans la région correspond davantage à un repositionnement plus complexe et nuancé pour se concentrer sur des intérêts prioritaires : assurer l'accès aux voies maritimes stratégiques, bénéficier des réseaux économiques et financiers, lutter contre le terrorisme et contrer l'influence géopolitique de l'Iran. (Source : [Centre français de recherche sur l'Irak](#) et [Fondation pour la recherche stratégique](#)).

**La politique de réindustrialisation massive menée actuellement aux États-Unis peut renforcer l'autonomie du pays.**

Dans le cadre de l'*Inflation Reduction Act*, l'administration Biden a conduit une politique de réindustrialisation des États-Unis, qui s'est traduite par des investissements dans les industries stratégiques et par la mise en place de mesures protectionnistes au détriment des industries européennes. Cette loi portée par les démocrates et adoptée par le Congrès est un grand plan de réformes et d'investissements dont le principal volet concerne le climat. Ainsi, les fonds de ce plan ne seront versés que pour subventionner des produits fabriqués aux États-Unis, favorisant par exemple l'utilisation de l'acier américain pour des projets de parcs éoliens ou les Tesla américaines au détriment des BMW électriques allemandes. Les Européens pour leur part craignent surtout la délocalisation massive d'entreprises européennes ou américaines ayant investi en Europe et qui préféreront fabriquer sur le sol américain pour pouvoir bénéficier de ces aides (source : [Les Échos](#)). De son côté, l'Europe a répondu par l'annonce d'un *Green Deal Industrial* qui permettrait d'octroyer des aides aux industries vertes en Europe, y compris par des incitations fiscales (source : [La Tribune](#)). Ces mesures protectionnistes, d'un côté et de l'autre de l'Atlantique, pourraient conduire à une intensification des tensions commerciales entre les États-Unis et l'Europe, chacun cherchant à être autonome sur ses industries stratégiques.

## L'inflation législative européenne décourage certaines entreprises de la tech américaine à investir sur le sol européen.

Dans le cadre de l'application du RGPD, plusieurs grands acteurs du numérique se sont vu infliger des amendes de la part des autorités de régulation européenne, et notamment de la CNIL (ce point est détaillé dans la rupture 9). Dans l'industrie du numérique, de nombreux règlements sont en cours de rédaction comme l'*IA Act* et le *Data Act* qui vont réguler l'utilisation des données et l'intelligence artificielle, ou encore le *Cyber Resilience Act* qui vise à appliquer des normes de sécurité par défaut et par conception pour tous les produits et services numériques. Enfin, la mise en application du *Digital Markets Act*, dont l'objectif est de mettre fin aux monopoles de certains acteurs numériques, pourrait venir contrarier les orientations de ces entreprises. De manière générale, cette inflation législative européenne dans l'industrie numérique pourrait à terme freiner les investissements des entreprises américaines du secteur sur le sol européen.



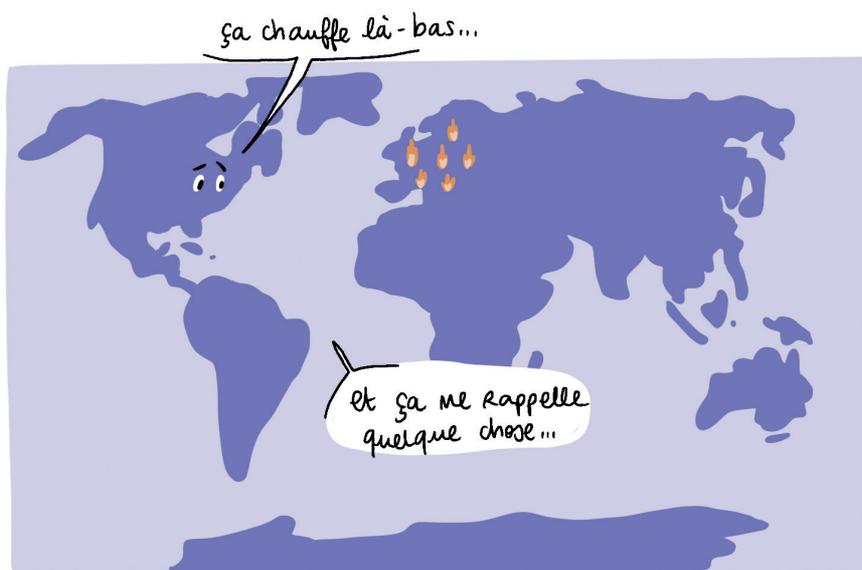
## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

Une montée des populismes en Europe ou aux États-Unis peut conduire à une crise des valeurs et du modèle politique entre les deux puissances.

Si plusieurs pays européens venaient à être dirigés par des régimes anti-démocratiques, l'écart idéologique entre les États-Unis et l'Europe pourrait conduire le gouvernement américain à s'éloigner de l'Europe et à chercher d'autres alliés plus proches de ses valeurs. Cette montée du populisme en Europe s'observe principalement par l'apparition de partis « anti-système », surtout sur l'aile droite de l'échiquier politique. Ainsi, actuellement, plusieurs pays européens ont à leur tête, soit en tant que dirigeant soit en tant que membre du gouvernement, le représentant d'un parti autoritaire, voire d'extrême droite : c'est le cas de la Pologne (Droit et justice (PiS)), de la Hongrie (Fidesz), ou encore de l'Italie (Fratelli d'Italia), de la Lettonie (Alliance nationale) et la Slovaquie (Nous sommes une famille) (source : [Toute l'Europe](#)).

Du côté américain, une réélection potentielle de Donald Trump aux États-Unis en 2024, et la mise en place d'un régime populiste, pourrait amener à nouveau des désaccords et des oppositions entre la politique européenne et américaine.

Par ailleurs, dans son [rapport de 2022](#), Interpol notait que le terrorisme à motivation politique, en particulier le terrorisme d'extrême-droite, a été multiplié par 50 dans les pays membres d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Asie-Pacifique. Cette montée des extrêmes nationalistes des deux côtés de l'Atlantique pourrait polariser les débats internationaux et conduire à de nouvelles tensions internationales. Ces éléments pourraient constituer les signaux faibles d'une crise des valeurs, pouvant émerger en Europe comme aux États-Unis, susceptible d'affecter leurs relations réciproques.



## La dégradation de la situation socio-économique aux États-Unis peut conduire le pouvoir américain à se recentrer sur ses problématiques intérieures.

Début 2023, la fédération américaine d'économistes NABE (*National Association for Business Economics*), a publié une enquête dans laquelle elle prévoit une récession de l'économie américaine en 2023 (source : [La Tribune](#)). Cette situation serait le résultat d'une inflation en hausse et d'un marché du travail tendu. Selon l'OCDE, entre 2023 et 2024, « le niveau élevé de l'inflation et le durcissement des conditions financières freineront encore davantage les projets de dépenses dans l'ensemble de l'économie américaine ; et sous l'effet du ralentissement marqué de la production intérieure, la demande de main-d'œuvre et la hausse des salaires faibliront ».

Ces difficultés économiques auront, de toute évidence, des conséquences sur le niveau de vie des Américains, déjà touchés par une crise sanitaire majeure. En effet, fin 2022, l'agence américaine pour la santé des *Centers for Disease Control (CDC)* a constaté une perte de près d'un an d'espérance de vie dans la population américaine entre 2020 et 2021. Cette baisse de l'espérance de vie est le résultat d'une dégradation de l'état de santé général de la population, dont un tiers souffre d'obésité et 10% de diabète, de l'absence de système de protection sociale et enfin de la crise des opiacés qui touche les États-Unis depuis les années 1990<sup>1</sup>.

La dégradation de la situation socio-économique des États-Unis pourrait également être la conséquence d'une catastrophe naturelle (important séisme, ouragan, tornade...) frappant le sol américain, qui conduirait le gouvernement à réorienter massivement ses investissements. En effet, les principales catastrophes météorologiques ayant frappé les États-Unis en 2022 ont causé au moins 165 milliards de dollars de dégâts, des montants qui pourraient augmenter au regard de l'effet amplificateur du changement climatique (source : [Le soleil numérique](#)).

De même, une crise migratoire, telle que celle qui est en cours à la frontière mexicaine, pourrait également obliger le gouvernement à réorienter ses investissements et ses efforts législatifs.

Ces différents scénarios de dégradation globale du niveau de vie des Américains pourraient donc conduire à un recentrage de la politique américaine sur ses problèmes intérieurs.



<sup>1</sup> Des millions d'Américains sont devenus dépendants aux médicaments antidouleur à base d'opiacés dans les années 1990 et 2000, à la suite de campagnes de marketing agressives de la part de l'industrie pharmaceutique. Depuis l'interdiction de la vente libre de ces médicaments en pharmacie, les consommateurs se sont tournés vers le marché noir, et notamment vers une drogue qui s'appelle le fentanyl, particulièrement addictive.

## QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**Un retrait partiel des États-Unis des affaires européennes créerait une fracture entre les pays pour lesquels l'aide militaire américaine est une question de survie face à la menace russe et ceux qui favoriseraient une souveraineté européenne.**

La Pologne, et la plupart des pays de l'Est, ont besoin de l'OTAN et du soutien militaire américain pour faire face à la menace russe. Si les relations européennes avec les États-Unis se dégradaient, et dans un contexte de tensions potentiellement toujours fortes entre l'UE et la Russie, ces États pourraient choisir de se désolidariser de la politique européenne, jusqu'à créer deux camps distincts en Europe en fonction de leurs relations avec le gouvernement américain.

**Cette prise de distance américaine pourrait mettre fin à certains accords internationaux.**

Déjà observée lors de la présidence Trump, dont le gouvernement s'était notamment retiré de l'Accord sur le Climat, un repli nationaliste et protectionniste pourrait s'accompagner d'un retrait des Américains de certains accords internationaux, sur le commerce ou sur les données numériques si ces derniers ne leur conviennent plus. Au niveau global, la fin de ces accords signifierait l'apparition de normes différentes entre continents et donc des problèmes d'accès à certains marchés pour les entreprises européennes.

**Les Européens développeraient des solutions alternatives pour faire face à la disparition de certains produits et services américains.**

Le numérique européen dépend de plusieurs entreprises américaines. Par exemple, les trois géants américains du cloud (AWS, Microsoft et Google) détiennent 72% des parts de marché en Europe (source : [IT for Business](#)).

Si, suite à la prise de distance des États-Unis des affaires européennes, la collaboration avec ces entreprises était compromise, l'Europe devrait être en capacité de développer des solutions pour faire face à la disparition de certains produits et services américains, dont certains, comme le cloud, sont particulièrement centraux pour les entreprises.

**Les MAG pourraient aller à l'encontre de la politique américaine afin de conserver leur marché européen.**

*A contrario*, les MAG, dont le chiffre d'affaires dépend beaucoup du marché européen, pourraient rejeter les décisions des autorités de régulation et organiser l'opposition des entreprises américaines qui souhaitent continuer à commercer avec l'Europe. La plupart des grandes entreprises du numérique ne pourraient en effet pas se passer du marché européen sans revoir en profondeur leurs politiques de développement. Selon ses déclarations, Alphabet aurait généré un chiffre d'affaires de 82 milliards de dollars dans la région EMEA (Europe, Moyen-Orient et Afrique) en 2022, ce qui représente environ 29% de leur chiffre d'affaires global (source : [Alphabet](#)). Ces revenus proviennent principalement de la publicité en ligne, mais aussi des abonnements à YouTube Premium, des ventes de hardware (Pixel, Nest, etc.) et des services cloud (*Google Cloud Platform*).





# Économie du numérique, acteurs, fournisseurs, & réglementation

*p. 100*

D'ici 2040, le modèle économique des MAG (Microsoft, Amazon et Google) s'effondre.

*p. 110*

D'ici 2040, l'Europe a consolidé une industrie du numérique performante qui renforce son indépendance stratégique.



# 07

Rupture

# D'ici 2040, le modèle économique des MAG (Microsoft, Amazon et Google) s'effondre.

**Même si une disparition brutale de Microsoft, Amazon et Google apparaît aujourd'hui peu probable, un ralentissement accru de leur croissance et un effondrement progressif de leur capitalisation boursière sont envisageables pour des raisons internes ou externes à ces entreprises.** Les MAG pourraient s'affaiblir progressivement au profit d'autres acteurs, par incapacité à réorienter leur stratégie pour s'adapter à des évolutions technologiques majeures, à des changements profonds dans les usages numériques des sociétés ou à des exigences nouvelles de concurrence imposées par les régulateurs. Parmi ces géants du numérique, certains pourraient disparaître complètement quand d'autres parviendraient à survivre mais avec des difficultés grandissantes et une part de marché réduite. De nombreux événements extérieurs, comme des décisions politiques américaines réduisant l'accès à des marchés extérieurs ou encore des chocs géopolitiques, économiques ou environnementaux, pourraient également les contraindre à se retirer de certains marchés.

La disparition de ces acteurs pourrait participer à l'émergence d'acteurs plus nombreux qui tenteraient de récupérer les marchés restants. Cette situation pourrait rendre plus complexe l'accès à certains produits et services numériques.

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Les trois éditions précédentes du rapport d'orientation stratégique ont largement documenté et suivi la manière dont les trois plus grands acteurs du numérique, les MAG (Microsoft, Amazon et Google), parviennent à maintenir leur position oligopolistique depuis une dizaine d'années. C'est aussi le cas de Facebook et Apple, les deux autres entreprises américaines de la tech au positionnement plus grand public, avec lesquelles ils forment l'acronyme GAFAM.

Les grands fournisseurs, notamment du cloud, connaissent une croissance organique<sup>1</sup> mais se développent aussi par une croissance externe reposant sur l'acquisition de concurrents et de startups. Cette stratégie contribue à assécher le marché et à réduire le nombre des petits fournisseurs. Les multiples fusions-acquisitions du secteur concentrent le marché et leur procurent des positions hégémoniques. Rien qu'en 2021, selon les données de Dealabs, Google a acheté 120 entreprises, Microsoft en a acquis 56, et Amazon 29. Chacune des trois grandes entreprises américaines (MAG) a ainsi fait dans les 10 dernières années au moins une acquisition très importante se comptant en milliards de dollars. Par exemple, l'acquisition d'Activision Blizzard par Microsoft, encore en attente de validation par les instances de régulation américaines, pour 70 milliards de dollars en janvier 2022 viendrait battre largement le record du rachat de LinkedIn en 2016 pour 26 milliards de dollars (source : [Le Figaro](#)). Le modèle économique de ces entreprises repose sur des logiques de croissance forte du nombre d'utilisateurs et de valorisation importante de leur capital.

Par ailleurs, la crise du Covid a largement contribué à renforcer leur position hégémonique car de nombreuses entreprises se sont alors tournées vers ces grands fournisseurs de logiciels et de services pour faire face à la demande croissante de leurs clients, contribuant ainsi à augmenter les parts de marché de ces acteurs. Ainsi, de manière générale, les revenus des GAFAM ont augmenté en moyenne de 40% entre 2019 et 2020, et leurs bénéfices ont augmenté de 90% (source : [The Economist](#)). À titre d'exemple, les ventes de Microsoft en matière de logiciels ont crû de 20% au premier trimestre 2021 par rapport au trimestre précédent et l'entreprise a réalisé un chiffre d'affaires de 41,7 milliards de dollars sur la seule période janvier-mars 2021, cette croissance est largement due à l'augmentation de la demande de services cloud sur la période de la pandémie (source : [Microsoft](#)).



<sup>1</sup> **La croissance organique** - ou croissance interne - correspond au développement de l'entreprise par la mobilisation de ses ressources internes : son savoir-faire, ses compétences, ses ressources financières, etc. Elle se distingue de la croissance externe qui correspond à l'acquisition de structures existantes. (source : [bpifrance](#))

Pour élargir leur marché, ces acteurs se diversifient dans de nombreux secteurs en s'appuyant sur leur puissance technologique pour proposer des services pertinents à leurs clients reposant sur les données collectées. Le géant Amazon, historiquement simple plateforme de vente de livres en ligne, illustre bien ce phénomène. Ainsi, cette entreprise a ouvert des supermarchés, a obtenu les marchés de diffusion des compétitions sportives en France, propose également une plateforme de jeux en ligne, mais a surtout créé AWS proposant des infrastructures cloud, activité qui lui rapporte le plus à ce jour.

La place dominante de ces acteurs, qui empêchent l'émergence de concurrents par des acquisitions tueuses de petites entreprises, rend leurs clients de plus en plus dépendants de leurs services. Ainsi, au moment de la négociation de leurs contrats, ces fournisseurs peuvent leur imposer des clauses contractuelles en leur défaveur ou des tarifs très élevés.

Même si ces géants ont connu des difficultés en termes de capitalisation boursière en 2022 et ont procédé à de nombreux licenciements, et malgré la crise qui parcourt actuellement le milieu de la tech américaine, leur domination sur le marché mondial des solutions cloud, des suites collaboratives, et des moteurs de recherche, entre autres services numériques, les rendent indispensables pour de nombreuses entreprises et citoyens. Leur chute, si elle devait advenir, ne semble *a priori* pas imminente.

## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**Les pratiques déloyales des MAG conduisent d'ores et déjà les justices américaine et européenne à réagir pour empêcher l'institution d'un marché anticoncurrentiel du numérique.**

Face à la puissance croissante des géants du web, les gouvernants américains et européens expriment leur volonté de restreindre leur champ d'action voire de les démanteler. Aux États-Unis, dès 2021, le président Biden a nommé à la tête d'institutions fédérales telles que la *Federal Trade Commission* et le *National Economic Council*, des partisans de la mise en place et de l'application de lois anti-trust contre les géants du web (source : [CNBC](#)).

En Europe, les entreprises américaines du numérique pourraient à l'avenir rencontrer une plus grande difficulté à accéder au marché intérieur en raison du durcissement de la réglementation à leur encontre. La France et l'Union européenne manifestent déjà leur volonté de taxer davantage les géants du web, et en 2021, l'Union européenne a renforcé l'application de ses règlements, notamment le RGPD. La CNIL a infligé des amendes de plusieurs millions d'euros à Google et Meta pour non-conformité à la collecte de cookies, ces deux entreprises ne permettant pas aux utilisateurs de supprimer cette collecte sur leurs sites (source : [CNIL](#)). De plus, l'amende de 4,3 milliards d'euros infligée à Google en 2018 par l'Union Européenne pour abus de position dominante de son système d'exploitation Android, a été confirmée en septembre 2022 par la Cour de justice de l'UE, qui a rejeté le recours de Google.

Progressivement, l'Union européenne est parvenue à imposer des sanctions aux géants du web pour pratiques anticoncurrentielles et abus de position dominante, ce qui est une bonne nouvelle pour les entreprises qui pourront se tourner vers le législateur pour lutter contre les conséquences de leur dépendance à ces acteurs (source : [Le Monde](#)). À cet égard, le *Digital Markets Act* (DMA), qui s'applique depuis le 2 mai 2023, établit un cadre législatif visant à réguler les pratiques déloyales des plateformes et des services numériques. L'ambition de la Commission est de réguler la concurrence sur les marchés numériques en ciblant les comportements économiques systémiques des entreprises qui pourraient emprisonner leurs utilisateurs. Les mesures de ce règlement visent à favoriser une concurrence loyale entre les acteurs du numérique, en particulier en soutenant les petites et moyennes entreprises ainsi que les start-up européennes. Cela permet de prévenir la domination écrasante des géants du web et de garantir des opportunités équitables pour tous les acteurs du marché (source : [Vie Publique](#)).



**Les citoyens et les entreprises se méfient de plus en plus de ces géants du numérique quant à la protection de leurs données personnelles.**

Les révélations d'Edward Snowden en 2013, d'abord publiées dans le journal britannique "*The Guardian*", puis reprises dans de nombreux médias à travers le monde, ont participé à faire grandir la méfiance des citoyens européens envers les géants américains du numérique qui ont délibérément donné accès aux données de leurs utilisateurs à la NSA et au FBI. Les capacités de surveillance des services de renseignement américains sont aujourd'hui davantage connues et sont directement inscrites dans le droit américain, notamment dans l'article 702 du *Foreign Intelligence Surveillance Act*, qui les autorise à surveiller des personnes ciblées en dehors du territoire américain via tous les moyens technologiques à leur disposition, et également dans le *Cloud Act* qui contraint les fournisseurs de services cloud à leur transmettre des données sur demande. Ces dispositions réglementaires, plus ou moins connues du grand public, ont très certainement participé à accroître le sentiment de méfiance des citoyens européens envers les services des GAFAM.

Par ailleurs, l'Union Européenne et les États européens promeuvent les notions de respect de la vie privée au travers de leurs différentes réglementations sur le numérique, dont le RGPD adopté en 2016 est l'exemple le plus significatif. En effet, les principaux objectifs du RGPD sont d'accroître la protection des personnes concernées par un traitement de leurs données personnelles et de responsabiliser les acteurs responsables de ce traitement.

Malgré cela, les différentes polémiques autour de la collecte de données de certains grands acteurs américains du numérique suscitent de plus en plus la méfiance des internautes français et européens. Par exemple, la modification des conditions d'utilisation de Whatsapp en 2021 qui prévoyait un partage de données avec Facebook a suscité de nombreuses incompréhensions de la part des utilisateurs (source : [Phonandroid](#)). Ainsi, selon un sondage d'Odoxa/Oracle, 29% seulement des français déclarent avoir confiance dans les GAFAM concernant la protection de leurs données (source : [Statista](#)). Cependant, cette méfiance n'entraîne pas toujours un changement de comportement durable et systématique. Par exemple, bien que suite à la polémique concernant Whatsapp, de nombreux utilisateurs aient migré vers des messageries concurrentes, et que le nombre de téléchargements de Signal et Telegram, réputées être plus respectueuses de la vie privée de leurs utilisateurs, ait bondi et dépassé largement celui de Whatsapp en janvier 2021 (source : [Statista](#)). Dès 2023, Whatsapp était à nouveau l'application de messagerie instantanée la plus utilisée dans le monde (source : [Statista](#)). Cette recherche d'alternatives ne concerne cependant pas tous les services proposés par les GAFAM, et l'on peut se questionner sur les garanties apportées par Signal, entreprise américaine, et Telegram, entreprise russe localisée à Dubaï, concernant le respect des données de leurs utilisateurs. Ainsi, le marché de la messagerie mail est toujours dominé en 2023 par Google et Apple (source : [Kinsta](#)).

### Les MAG (Microsoft, Amazon, Google) connaissent un ralentissement de leur croissance.

En 2022, la capitalisation boursière des MAG a fondu et la croissance de leurs chiffres d'affaires a fortement ralenti par rapport aux dernières années. Ainsi, Google, en affichant un chiffre d'affaires en croissance de seulement 6%, le plus faible taux depuis 2013, montre que son modèle d'affaires qui repose en partie sur les investissements publicitaires, souffre d'une baisse de ces investissements du fait d'annonceurs devenus plus prudents. Microsoft et Amazon font face également à une baisse de leur croissance, avec respectivement une hausse de seulement 11% de son chiffre d'affaires pour le premier, et de 15% pour le second en 2022. Cette croissance est largement portée par leurs activités sur le cloud qui continuent de se développer même si, là encore, on observe un certain ralentissement (source : [Le Figaro](#)).

Ce ralentissement de la croissance a entraîné des vagues de licenciements chez ces trois géants début 2023 : 5% des effectifs pour Amazon, soit 18 000 salariés (source : [Usine Digitale](#)), 6% pour Google, soit 12 000 salariés (source : [Les Échos](#)), et environ 5% pour Microsoft, soit 10 000 employés (source : [Les Échos](#)). Ces dernières années, ces grands éditeurs de logiciels avaient largement recruté pour soutenir leur croissance et leurs ambitions, et ils avaient alors contribué à l'augmentation des salaires dans le secteur numérique en attirant les meilleurs profils à travers le monde. Le risque avec ces vagues de licenciements est qu'ils perdent des profils expérimentés, des ingénieurs de R&D, et concentrent leurs recrutements sur des profils commerciaux afin de soutenir les ventes de services et ainsi de stimuler leur croissance. À terme, une telle stratégie risque de ralentir la capacité d'innovation qui avait pourtant permis à ces géants de construire leur oligopole.

Plusieurs causes peuvent expliquer ce ralentissement de leur croissance. Tout d'abord, la raréfaction des matières premières met le secteur des technologies en tension, et ce phénomène devrait se poursuivre dans les décennies à venir. Ensuite, les actionnaires, comme dans de nombreuses entreprises, souhaitent augmenter leur marge au détriment de l'innovation, et insistent pour baisser les masses salariales. Enfin, les rachats de petites entreprises innovantes, de startups nécessitent de nombreux travaux et développements informatiques spécifiques pour intégrer les produits de la société achetée aux solutions pré-existantes de l'entreprise. Ainsi, il arrive fréquemment que des services soient mis sur le marché alors qu'ils ne sont pas correctement intégrés provoquant l'insatisfaction des clients. À terme, un manque de ressources financières couplé à une mauvaise réorientation des investissements pourraient participer à l'effondrement de ces géants du numérique.

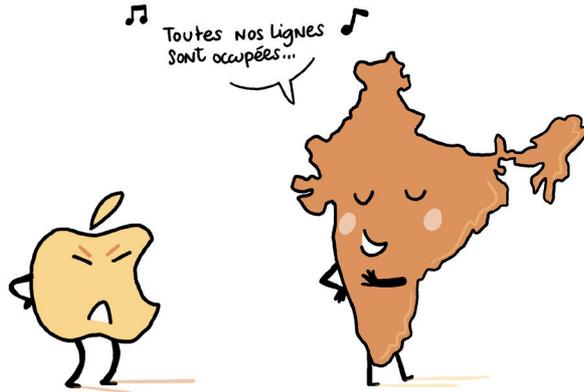
## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

**Les MAG n'arrivent pas à s'adapter pour réduire leur empreinte environnementale et les internautes européens, ainsi que les organisations, cherchent des alternatives plus éco-responsables chez leurs concurrents.**

Les internautes européens, ainsi que les entreprises et administrations européennes, pourraient chercher des alternatives aux services des MAG afin de réduire leur empreinte environnementale et répondre aux enjeux RSE de leur direction. Actuellement, 70% de l'empreinte environnementale du numérique provient de la fabrication de composants électroniques. Ainsi, conserver son matériel informatique plus longtemps est une des solutions pour réduire son empreinte environnementale. Cependant, la mise à jour de certains logiciels crée de l'obsolescence matérielle, et oblige entreprises et citoyens à changer prématurément leur outils numériques. Ainsi, des alternatives « éco-responsables » issues de la société civile se développent. Un groupe de développeurs américains a ainsi mis au point une version allégée de Windows 11, nommée Tiny 11, afin qu'elle puisse être installée sur des machines plus anciennes (source : [Github](#)).

**L'Inde se positionne dans le camp sino-russe et les activités qu'elle mène pour les MAG, délocalisées sur son territoire, s'arrêtent brutalement.**

Depuis le début de la guerre en Ukraine, l'Inde a adopté une « politique équilibrée » en ne condamnant pas l'invasion russe et en s'abstenant lors du vote sur la guerre à l'ONU. Elle entretient une relation privilégiée avec la Russie depuis l'époque soviétique, cette dernière lui fournissant notamment une grande partie de ses armes. Par ailleurs, l'Inde aspire à l'avènement d'un monde multipolaire qui servirait davantage ses intérêts, et l'affaiblissement de la Russie viendrait entraver cette trajectoire en plaçant davantage le pays dans le camp chinois, grand adversaire de l'Inde sur la scène internationale (source : [Science Po](#)). Au regard de cette situation, et en fonction de l'évolution du conflit, l'Inde pourrait soutenir de façon plus marquée la Russie. Les relations internationales évolueraient alors vers la constitution d'un monde de blocs, rassemblant des pays alliés, tel que nous l'avons décrit dans les scénarios 2 et 3 de [notre rapport de 2021](#). Cette évolution de la position indienne pourrait conduire le pays à se refermer sur lui-même, notamment en raison de sanctions prononcées par les États-Unis à son encontre.



Dans les années 2000, les MAG ont délocalisé une partie de leurs activités informatiques en Inde, auprès de géants indiens comme TSC et Infosys, et notamment l'exploitation d'activités quotidiennes comme le support à incidents. Un arrêt brutal de ces activités pourrait alors avoir des conséquences sur la continuité des services proposés par les MAG (source : [École de guerre économique](#)).

### Des acteurs innovants émergent et refusent de se faire acheter par les MAG.

Si les MAG n'investissent pas assez sur les nouvelles technologies, comme l'informatique quantique, l'intelligence artificielle ou l'IoT, d'autres acteurs pourraient dominer ces nouveaux secteurs et ainsi affaiblir la position oligopolistique de ces géants. Ainsi, l'irruption de ChatGPT sur la scène médiatique, développé par OpenAI, est venu rebattre les cartes de l'évolution des intelligences artificielles. Racheté par Microsoft, OpenAI ne viendra donc pas défier les capacités d'innovation de ces géants, mais d'autres *scale-ups* pourraient apparaître, choisir de rester indépendants ou s'associer avec d'autres acteurs émergents.

## QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**Le cours boursier des entreprises européennes (utilisatrices, intégratrices, etc.) s'effondrerait en même temps que celui des MAG.**

L'activité des entreprises européennes repose sur le numérique, et ce numérique est soutenu par les MAG qui fournissent une grande partie des services informatiques aux entreprises. Rien que sur le marché du cloud, les MAG représentent 65% du marché des services IaaS et Paas publics et de cloud privé hébergé (source : [Silicon](#)). Un effondrement progressif ou brutal de la capitalisation boursière des MAG, suivie d'une diminution de leur capacité à fournir leurs services, viendrait donc ralentir l'activité et la croissance des entreprises européennes.

**Les entreprises et les citoyens recherchaient des alternatives européennes ou chinoises, si elles existent, ce qui pourrait permettre à un « champion européen » d'émerger.**

La recherche d'alternatives pour faire face à une défaillance de services des MAG serait une des premières solutions envisagées par les citoyens et les organisations. La contractualisation d'administrations publiques et d'entreprises auprès d'acteurs européens pourrait ainsi stimuler leur croissance et faire émerger un ou plusieurs géants du numérique européen. Cependant, la période de transition serait longue et nécessiterait des ajustements de la stratégie des entreprises. Une autre solution serait de se tourner vers les solutions proposées par les entreprises chinoises, soit de manière définitive, soit en attente de l'émergence d'un acteur européen.

**Certains acteurs pourraient profiter de la faiblesse des MAG pour accéder aux données que ces entreprises possèdent.**

En dominant le marché du cloud, les MAG stockent une importante quantité de données. En fonction du contexte de leur effondrement, le manque d'attention qui pourrait être portée aux problématiques de cybersécurité sur leurs serveurs pourrait susciter de la convoitise auprès de groupes de cybercriminels. Des campagnes de cyberattaques pourraient alors être menées sur les serveurs et conduire à la divulgation d'une grande quantité de données.

**L'open-source se développerait rapidement en entreprise.**

Les logiciels open source sont déjà omniprésents dans de nombreuses technologies utilisées en entreprise. Bien que ces logiciels demeurent difficiles à installer, à mettre à jour et à configurer, ce qui génère des risques en matière de cybersécurité (source : [IT Social](#)), leur usage a même augmenté en 2022 au sein de 80% des organisations françaises, selon un rapport d'*OpenLogic by Perfore et de l'Open Source Initiative*. Ce marché de l'open source qui croît depuis 20 ans pourrait donc accélérer son développement et constituer un vivier important pour répondre à une diminution, voire à une disparition, des logiciels proposés par les GAFAM (source : [Systematic](#)).

# Point de vue – Les Big Tech resteront-elles des alliées ?

Depuis le déclenchement de la guerre en Ukraine et le renforcement des politiques en matière de compétition technologique entre les États-Unis et la Chine, les « *Big Tech* » sont concernées de façon croissante par les enjeux géopolitiques. Pourtant, sur la scène internationale, ces acteurs suivent davantage les événements géopolitiques qu'ils ne les anticipent voire les résolvent. La pandémie de Covid-19 a ainsi montré le relatif retrait de ces plateformes – à l'exception d'Amazon – et, dans certains cas (Facebook, YouTube, etc.), leur participation à la diffusion virale d'informations biaisées ou fausses sur les réponses des gouvernements à la crise.

Mais d'objets des relations internationales, ils en deviennent aussi des acteurs. Plus que jamais ces multinationales sont en situation d'arbitrage sur des questions économiques, politiques, géostratégiques. Et elles sont bien sûr au cœur de l'essentiel des mécanismes de désinformation. À cet égard, l'implication de plusieurs *Big Tech* dans la guerre en Ukraine illustre l'évolution de leur positionnement vis-à-vis d'un conflit militaire. Il faut dire qu'avant février 2022, ces grandes plateformes n'ont guère fait preuve de capacités d'adaptation rapide face à des conflits armés : elles ont plutôt évité de prendre position lors des principaux foyers de crises et de guerres qui ont rythmé la décennie 2010 (Ukraine déjà, Syrie, Myanmar, etc.). Elles ont, il est vrai, également dû lutter pour adapter leurs politiques en matière de contenus, centrées sur la « neutralité », à une situation de guerre.

La principale nouveauté du conflit ukrainien tient à l'intervention décisive des architectes du monde numérique que sont les grands acteurs américains : d'Elon Musk à Eric Schmidt, de Microsoft à Google, de Twitter à Facebook... Certains de ces acteurs étaient déjà présents de longue date en Ukraine où ils ont contribué à éviter le « *Cyber Pearl Harbor* » qui était le plus souvent annoncé. Certains ont agi de manière plus opportuniste, à l'image d'Elon Musk mettant à disposition son système Starlink pour remplacer le système Viasat rendu inopérant par une attaque des services russes. D'autres ont dû prendre parti dans la guerre informationnelle qui se déroulait sur leurs plateformes. Twitter ou encore Facebook ont ainsi été contraints de définir une politique de modération, voire de fermeture des comptes, afin de limiter ou de contrecarrer les efforts de propagande menés par l'écosystème russophile qui s'y employait activement. Aussi, en se conformant rapidement aux jeux de sanctions successifs adoptés contre la Russie, les *Big Tech* ont participé au mouvement plus global de détricotage accéléré des interdépendances qui avaient été tissées entre le monde du numérique et la Russie depuis la fin des années 1990.

L'invasion de l'Ukraine, donc, confirme leur statut d'acteurs géopolitiques. Faudra-t-il le reconnaître et inventer un cadre qui mette en lien leur puissance économique, leur rôle social et leur responsabilité politique ? Quel peut et doit être le statut de ces acteurs privés dans les conflits actuels et à venir ?

Les entreprises évoquées ici jouent un rôle essentiel du fait de leur capacité à canaliser, à mesurer ou à interdire certaines manœuvres. Elles se sont également saisies, pour la plupart, de l'approche dite de « défense collective », y compris en reprenant le terme dans leur propre narration du conflit. Elles sont ainsi devenues prescriptrices de récits voire de normes. Pourront-elles rester neutres ? À l'inverse, du côté des États, à commencer par les États-Unis, ceux-ci, lors de la prochaine « crise de Suez », pourront-ils interdire la participation des *Big Tech* ? Face au délitement de l'ordre stato-centré par les effets de l'utilisation de technologies maîtrisées par des acteurs privés, les *Big Tech* ne seront pas nécessairement, en toutes circonstances, nos alliées. Cela impose de s'y préparer, d'abord conceptuellement.

**Julien Nocetti**, Chercheur associé à l'IFRI et à GEODE



08  
Rupture

# D'ici 2040, l'Europe a consolidé une industrie du numérique performante qui renforce son indépendance stratégique.

**Les prochaines évolutions technologiques (web3, quantique, IA, 5G, métavers...) et une ambition forte de l'Europe soutenue par des investissements importants pourraient lui permettre de se positionner en tant que puissance numérique sur la prochaine décennie.** L'arrêt de la guerre en Ukraine, et un retour à la *Pax Europaea* favoriseraient cette hypothèse. D'autres éléments favorables seraient nécessaires à l'émergence de leaders européens du numérique, tels que l'investissement massif dans la recherche et le développement de technologies avancées ou encore l'adoption de politiques industrielles fortes pour soutenir les entreprises numériques européennes. Ce soutien politique et financier permettrait de faire émerger des acteurs de niveau mondial dans le domaine de l'IA, de la cybersécurité ou des technologies quantiques. L'apparition d'acteurs européens dominants favoriserait la création de nouveaux emplois et attirerait les investissements extérieurs.

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Actuellement, l'industrie du numérique est dominée par des acteurs américains et chinois, les GAFAM et les BATX. D'ici 2040, leur avance commerciale ainsi que technologique sur le cloud computing, l'intelligence artificielle ou encore l'informatique quantique leur permettrait de maintenir leur position de leader mondial, au détriment de l'Europe.

À horizon 2040, les giga-plateformes devraient donc poursuivre leur stratégie actuelle de « domination », leur permettant de garder la mainmise sur les marchés, en mobilisant leur immense capital financier. Elles continueront vraisemblablement à se diversifier dans de nombreux secteurs, en continuant leur stratégie d'acquisition.

De son côté, le marché européen du numérique devrait rester prisonnier de sa dépendance aux fournisseurs américains et chinois. Certains acteurs pourraient cependant réussir à se positionner en partenaires de ces géants - comme l'ont fait en France Capgemini et Orange avec Microsoft (dans l'offre Bleu) ou Thalès avec Google (S3NS), pour proposer des solutions de cloud souverain - mais sans assurer une autonomie stratégique à l'Union européenne en matière numérique.

L'industrie du numérique repose également sur certains composants stratégiques, comme les semi-conducteurs. Plusieurs acteurs se partagent la domination de cette industrie et de ses différentes technologies. Les États-Unis dominent la R&D et les brevets. L'Europe (les Pays-Bas, avec l'entreprise ASML) a le monopole des machines de lithographie extrême ultraviolet, permettant de produire les microprocesseurs les plus puissants. La Corée du Sud, le Japon et Taïwan sont les leaders mondiaux dans la technologie inférieure à 7 nanomètres. La Chine est leader dans l'assemblage, l'emballage et les tests, mais affiche un retard technologique dans la fabrication.



## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

L'Europe s'organise pour que les chercheurs collaborent et investit pour soutenir leurs recherches dans le domaine technologique.



L'Europe s'organise activement pour investir dans le domaine technologique et favoriser la collaboration entre chercheurs afin de devenir compétitive sur le marché numérique. Pour atteindre cet objectif, elle met en place différents programmes et initiatives de financement stratégique.

Le « programme pour une Europe numérique » établi en 2021, par exemple, est conçu pour soutenir des projets dans cinq domaines clés : le supercalcul, l'intelligence artificielle, la cybersécurité, les compétences numériques avancées et l'utilisation généralisée des technologies numériques dans l'économie et la société. Doté d'un budget global de 7,5 milliards d'euros, il vise à accélérer la reprise économique et à façonner la transformation numérique de l'Europe, en accordant une attention particulière aux petites et moyennes entreprises (source : [Commission européenne](#)).

L'Union européenne investit également dans le domaine des semi-conducteurs, reconnaissant l'importance stratégique de cette industrie. Par le biais du *Chips Act* adopté en février 2022, l'UE prévoit de consacrer 43 milliards d'euros d'ici à 2030 pour doubler la production de semi-conducteurs et atteindre une part de marché de 20% (source : [Les Échos](#)). Cela implique l'acquisition de technologies de pointe et le développement des ressources humaines nécessaires à cette industrie. Des entreprises compétitives comme STMicroelectronics, installée dans la région grenobloise, se sont associées à des partenaires internationaux pour construire de nouvelles usines et investir massivement dans ce domaine.

Par ailleurs, l'Europe et la France jouent également un rôle de premier plan dans les domaines de l'informatique quantique et des ordinateurs à haute performance. Des entreprises françaises telles que Pasqal se démarquent dans le développement d'ordinateurs quantiques, soutenues par un plan quantique en France doté de 1,8 milliard d'euros (source : [Gouvernement français](#)). Cependant, pour rivaliser avec les investissements massifs réalisés aux États-Unis, la France a besoin d'attirer des fonds privés plus substantiels et de s'appuyer sur un marché intérieur européen plus harmonisé et mieux structuré pour le numérique.

L'Europe reconnaît donc l'importance stratégique des nouvelles technologies et investit activement pour soutenir la recherche et l'innovation dans ces domaines. Elle met en place des programmes de financement ambitieux et cherche à renforcer sa position sur le marché numérique mondial, tout en favorisant la collaboration entre chercheurs et en encourageant l'essor de start-ups technologiques prometteuses.

## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

### Un effondrement des MAG favorise l'émergence d'acteurs européens.

*L'hypothèse d'un effondrement des MAG est développée dans la rupture 7 de ce rapport. L'effondrement des géants américains du numérique favoriserait le développement d'alternatives européennes et stimulerait la constitution d'entreprises compétitives en Europe.*

### L'Europe ou les États-Unis distendent leurs liens commerciaux.

*L'hypothèse d'une interruption des liens entre l'Europe et les États-Unis est étudiée dans la rupture 6 de ce rapport. Le numérique européen repose majoritairement sur les géants américains, notamment en ce qui concerne le *cloud computing*. Une interruption des échanges commerciaux avec les États-Unis pourrait motiver l'Europe à investir massivement dans une industrie européenne du numérique.*

### Une découverte technologique majeure en Europe permet au continent de dominer le marché des nouvelles technologies.

L'Europe dispose de chercheurs compétents dans des domaines clés tels que l'informatique quantique, qui a besoin d'une percée technique pour atteindre sa pleine maturité. Dans ce domaine, des chercheurs européens font preuve de compétence et d'expertise prometteuses, tel Alain Aspect qui a reçu le Prix Nobel de Physique 2022. Des pôles de recherche importants, tels que ceux situés à Grenoble en France, autour du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), sont à la pointe de ces avancées. Ces chercheurs travaillent activement pour développer des technologies révolutionnaires dans le domaine de l'informatique quantique, qui pourraient changer la donne et offrir un avantage concurrentiel à l'Europe.

De plus, des alliances stratégiques sont formées entre différents instituts de recherche en Europe. Par exemple, le Leti en France et l'Institut Fraunhofer en Allemagne ont resserré leurs liens dans le domaine de la recherche en microélectronique. Ensemble, ils aspirent à devenir le moteur franco-allemand du futur plan européen d'innovation dans les puces électroniques. Cette collaboration vise à renforcer la souveraineté européenne en maîtrisant les technologies clés des semi-conducteurs (source: [Usine nouvelle](#)). L'Institut Fraunhofer, en tant qu'organisation de recherche appliquée de premier plan dans le monde, joue un rôle majeur dans le processus d'innovation. Avec 76 instituts et unités de recherche répartis dans toute l'Allemagne, un budget annuel dédié à la recherche de 3 milliards d'euros, et près de 30 800 employés, principalement des scientifiques et des ingénieurs, ils disposent de ressources considérables pour mener des projets de recherche ambitieux (source : [site de l'institut](#)).

Une découverte technologique majeure en Europe, soutenue par la compétence des chercheurs et les alliances stratégiques entre instituts de recherche, pourrait positionner le continent en tant que leader dans le domaine des nouvelles technologies. Cela permettrait à l'Europe de renforcer sa souveraineté et de devenir un acteur clé sur le marché mondial des technologies émergentes.

## L'Europe modifie son approche des marchés publics pour soutenir son industrie du numérique.

La politique de concurrence de l'Union européenne a longtemps adopté une position rigoureuse pour empêcher la formation de monopoles et favoriser la concurrence. Cette politique de concurrence de l'UE, inscrite dans le traité de Rome de 1957, a pour objectif d'assurer une concurrence loyale entre les entreprises des différents États membres. Elle vise à éviter les ententes, les abus de position dominante et promeut le contrôle des concentrations qui pourraient fausser la concurrence sur le marché unique européen. L'interdiction des aides publiques, sauf exceptions prévues par le traité, fait partie intégrante de cette politique, visant à prévenir les distorsions de concurrence en favorisant certaines entreprises ou productions (source : [ENS Lyon](#)). Cependant, certaines voix se sont élevées pour demander une atténuation de l'application de cette doctrine, notamment après la pandémie de Covid-19. La Commission européenne a commencé à réexaminer ses instruments de politique de concurrence en réponse à cette demande, et des ajustements ont déjà été effectués pour autoriser un soutien plus important à certains secteurs, comme celui des semi-conducteurs, dans le contexte de la pandémie (source : [Toute l'Europe](#)).

Dans ce contexte, l'*Inflation Reduction Act* (IRA), adopté aux États-Unis, dont les modalités sont exposées dans la rupture 6 de ce rapport, a suscité de vives réactions en Europe et a incité l'Union européenne à repenser sa doctrine économique. L'UE a proposé un assouplissement des règles en matière d'aides d'État. Cette idée se heurte aux réticences de certains pays membres, qui y voient une atteinte au marché unique, avec une inégalité entre, d'un côté, la France et l'Allemagne qui offrirait des subventions massives à leurs entreprises et, de l'autre, les États de l'Union aux marges budgétaires plus restreintes (source : [Challenges](#)). Ainsi, les mesures protectionnistes prises par d'autres pays obligent l'Europe à revoir sa stratégie économique pour favoriser son industrie.

Dans l'ensemble, ces évolutions des marchés publics européens et de la politique de concurrence témoignent de la volonté de l'Europe de soutenir son industrie du numérique et de favoriser une concurrence équitable.

## QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

### L'Europe affirmerait dans l'univers numérique mondial ses valeurs centrées sur la protection de la vie privée.

« L'effet Bruxelles » est un concept inventé en 2012 par le professeur américain Anu Bradford de la faculté de droit de Columbia, qui fait référence à l'influence des normes et réglementations de l'Union européenne sur les entreprises et les États du monde entier. En tant que l'un des plus grands marchés mondiaux et représentant 20% du PIB mondial, l'Union européenne exerce une pression significative sur les acteurs économiques internationaux. Les entreprises et les États prennent en compte cette réalité lorsqu'ils évaluent les opportunités commerciales et concluent qu'il est plus avantageux de se conformer aux normes de l'UE, réputées pour être parmi les plus élevées et contraignantes. Cette approche leur permet d'accéder au marché européen, composé de près de 500 millions de consommateurs disposant d'un pouvoir d'achat élevé.

Cet « effet Bruxelles » se manifeste également dans la régulation d'internet, en particulier en ce qui concerne la protection des données personnelles. Le Règlement général sur la protection des données (RGPD), mis en place par l'UE, a ainsi servi d'inspiration pour l'élaboration de législations similaires dans des États tels que le Brésil, l'Inde, le Japon, la Californie, et d'autres encore. De plus, certaines entreprises multinationales, comme Sodexo par exemple, ont choisi d'appliquer le RGPD à toutes leurs filiales à travers le monde (source : [Les Surligneurs](#)).

Cette influence de l'UE pourrait se renforcer grâce à une industrie du numérique performante, qui pourrait s'exporter dans d'autres pays, et avec elle des éléments constitutifs du corpus européen de valeurs.



### L'économie européenne serait stimulée par l'industrie du numérique.

Les investissements dans la R&D et la contribution des TIC (Technologies de l'information et de la communication) à la valeur ajoutée de l'économie européenne pourraient croître suite à la constitution d'une industrie du numérique performante. Actuellement, cette industrie vient amplifier les investissements en R&D et sa part dans la valeur ajoutée de l'économie européenne augmente d'année en année. Dans le cadre de cette hypothèse de rupture, la contribution de l'industrie du numérique à l'économie européenne pourrait continuer à croître sur ces deux aspects.

En 2006, l'intensité de la R&D, indicateur qui mesure les dépenses de R&D en pourcentage du PIB, était seulement de 1,76%. En 2016, les États membres de l'Union européenne ont investi plus de 300 milliards d'euros dans la R&D. L'intensité de la R&D a donc augmenté pour atteindre 2,03% et est restée stable jusqu'à aujourd'hui. Cette augmentation des dépenses en R&D au sein de l'UE est notamment le fait de la transformation numérique. Il convient cependant de noter que, comparée à d'autres grandes économies mondiales, l'intensité de la R&D dans l'UE est restée inférieure à celle de pays tels que la Corée du Sud (4,23% en 2015), le Japon (3,29% en 2015) et les États-Unis (2,79% en 2015) dont l'industrie numérique est particulièrement développée ce qui laisse une grande marge de progression (source : [Eurostat](#)).

Par ailleurs, les technologies, contenus et supports de l'information (TCSI) ont une contribution significative à la valeur ajoutée de l'économie européenne. En France, par exemple, en 2016, les TCSI représentaient 6,0% de la valeur ajoutée de l'économie.

Cette catégorie englobe des secteurs tels que la programmation, le conseil informatique, les télécommunications, et d'autres activités informatiques (source : [Insee](#)).

### **Sur la scène internationale, l'UE développerait une indépendance stratégique et pourrait étendre son économie du numérique dans le monde.**

En développant une industrie du numérique compétitive, l'UE pourrait réduire sa dépendance à l'égard des technologies étrangères et renforcer son autonomie technologique. Cela lui permettrait de protéger ses intérêts stratégiques et de préserver sa souveraineté numérique, c'est-à-dire sa capacité à maîtriser et à protéger ses données, ses infrastructures et ses services numériques.

Cette indépendance stratégique pourrait s'accompagner d'un renforcement de la place de l'Europe sur les marchés mondiaux. Une industrie du numérique performante stimulerait l'essor économique de l'UE à l'échelle internationale. En développant des entreprises innovantes et en favorisant l'émergence de start-ups, l'UE pourrait créer de nouveaux emplois et attirer des investissements. Elle pourrait également jouer un rôle de premier plan dans la définition des normes et des réglementations, en mettant l'accent sur la protection des droits et des valeurs européennes, notamment en matière de protection de la vie privée, de la sécurité des données et de l'éthique dans l'utilisation des technologies numériques, et bénéficier de cet atout sur le plan international.

### **En Europe, les entreprises réorganiseraient leurs chaînes de valeur au profit des entreprises européennes du numérique.**

Cette restructuration aurait vraisemblablement un impact significatif sur les relations partenariales et les relations avec les fournisseurs des entreprises concernées. Les partenariats et collaborations existants pourraient être revus afin de favoriser les entreprises européennes du numérique, ce qui pourrait entraîner des ajustements dans les accords de coopération et les contrats existants.

En ce qui concerne les prix d'accès, il est plausible que les technologies produites sur le sol européen soient plus coûteuses en raison d'un prix de la main-d'œuvre plus élevé, entre autres facteurs. Cependant, ces coûts plus élevés peuvent également être compensés par d'autres avantages des technologies produites en Europe en termes de qualité, de sécurité et d'innovation.

La transition vers ces entreprises européennes peut également avoir des conséquences sur l'évolution du parc numérique des entreprises. La question de l'interopérabilité des solutions européennes avec les outils préexistants sera à envisager. Les technologies européennes ne seront peut-être pas directement compatibles avec les outils numériques que les entreprises utilisent actuellement. Cela pourrait nécessiter des investissements supplémentaires pour adapter les systèmes existants ou même une transition vers de nouveaux outils et plateformes numériques.

Par ailleurs, cette réorganisation des chaînes de valeur pourrait également entraîner une concurrence accrue sur le marché européen. Les leaders européens déjà établis et développés dans le domaine du numérique pourraient se retrouver concurrencés par des entreprises européennes émergentes. Cette dynamique concurrentielle pourrait stimuler l'innovation et la croissance économique en Europe, mais elle pourrait également créer des défis pour les entreprises bien établies qui devraient s'adapter pour rester compétitives.

## Point de vue – Virage technologique : le *sine qua non* pour les entreprises européennes

Le temps où l'entreprise pensait d'abord à sa stratégie commerciale puis à la manière dont la technologie pouvait la soutenir est révolu. Désormais, la technologie doit être pensée et intégrée en amont pour développer de nouveaux produits et services ou explorer de nouveaux *business models*.

Peut-on aujourd'hui imaginer commercialiser des offres personnalisées rapidement et à grande échelle sans le cloud, les données et l'IA ? C'est en s'appuyant sur ces derniers que L'Oréal, pionnier de la beauty tech, offre une expérience hyper personnalisée à ses clients en leur proposant plus de 1400 services disponibles en ligne.

### **Les entreprises européennes doivent combler leur déficit technologique**

Or, en matière de technologie, les entreprises européennes sont en retard par rapport à leurs homologues d'Amérique du Nord et d'Asie-Pacifique. Alors qu'elles exploitent très bien la technologie pour réduire les coûts et améliorer la productivité, elles peinent encore à s'en emparer pour créer de nouveaux modèles économiques, dans une logique de croissance des revenus.

Des investissements inférieurs en R&D et une présence plus faible de profils technologiques au plus haut niveau de l'organisation, peuvent expliquer cette situation en Europe.

En effet, la part du chiffre d'affaires investie en R&D est significativement moins élevée dans les entreprises européennes que chez leurs homologues d'Amérique du Nord et cet écart ne cesse de s'accroître. En effet, d'après les estimations d'un rapport diligenté par mon entreprise, cet écart est passé de 70 points de base en 2017 à 140 points de base en 2022. Ce déficit d'investissement s'élève à près de 150 milliards de dollars en 2022.

Aussi, le passage au crible des membres des conseils d'administration des 2000 plus grandes entreprises au monde, révèle que seuls 14% des administrateurs en Europe ont un profil technologique, comparé à 22% en Amérique du Nord. L'une des missions du conseil d'administration est de définir la stratégie de l'entreprise et s'assurer que ses choix stratégiques soient bien mis en œuvre. Par conséquent, dans un contexte où le rythme de l'innovation technologique s'accélère, il est critique pour les administrateurs de disposer d'une expérience suffisante dans ce domaine, afin d'en comprendre les enjeux et de mieux appréhender les opportunités de croissance.

Le jeu en vaut la chandelle car les entreprises européennes pourraient générer jusqu'à près de 3000 milliards d'euros de chiffre d'affaires additionnel d'ici la fin de 2024, si elles réduisaient ce déficit technologique.

## Ces technologies qui façonneront la prochaine décennie

Pour cela, les entreprises européennes doivent prioritairement se concentrer sur certaines technologies déjà matures, afin de constituer un « noyau numérique ». À commencer par le cloud. Aujourd'hui, à peine 30% des infrastructures des organisations sont sur le cloud.

L'IA devrait être aussi au cœur de la stratégie des entreprises européennes. Or, seul un très faible nombre d'entre elles tirent parti de son potentiel, affichant une croissance bien supérieure à celle de leurs pairs. Ceci s'explique par un budget IT dédié à l'IA en forte augmentation, mais pas seulement. Un travail considérable a aussi été effectué sur leurs *data*, notamment en repensant la façon dont elles sont collectées, transformées, distribuées et utilisées, et à un recours accru au cloud, en particulier pour « désiloter » ces données et les rendre toutes accessibles facilement, peu importe leur volume et quelle que soit l'organisation à laquelle elles sont rattachées – finance, ressources humaines, marketing, etc.

Quant au métavers, jumeaux numériques et autres technologies de réalité virtuelle/augmentée, ils devraient également être au centre des préoccupations des entreprises. À titre d'illustration, le marché mondial du métavers industriel devrait passer de 80 milliards de dollars en 2023 à 760 milliards dans dix ans.

## Les prochaines frontières technologiques

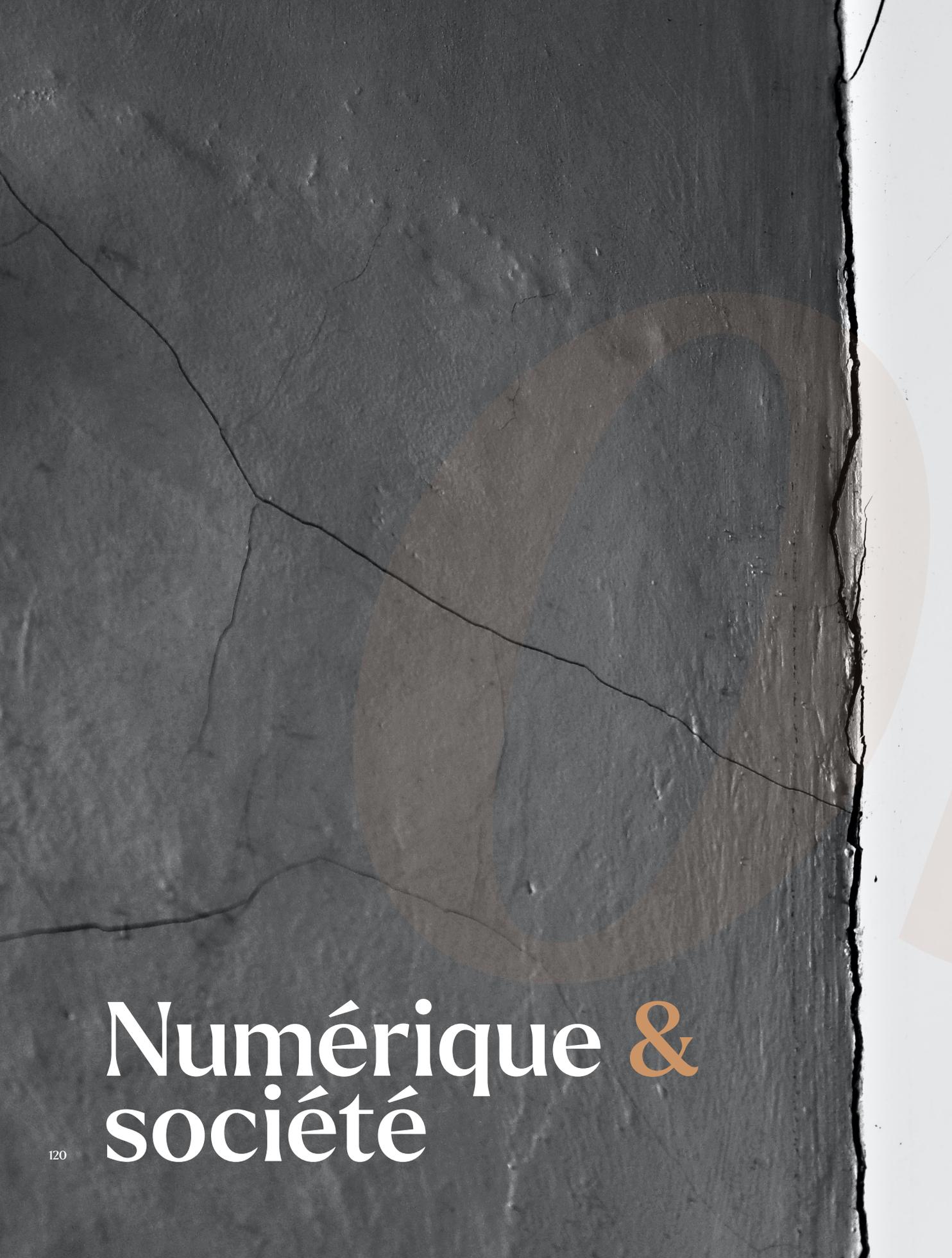
De nouveaux horizons se profilent déjà, dessinant les ruptures technologiques qui sont à l'honneur de cette nouvelle édition du rapport d'orientation stratégique, comme l'informatique quantique.

La révolution quantique apporte un changement radical dans le traitement des données (vitesse et volume). Des problèmes complexes voire insolubles aujourd'hui seront traités en quelques secondes. Cela ouvre des perspectives vertigineuses, de l'optimisation de la supply chain ou du cycle de vie d'un produit à la modélisation climatique en passant par la programmation publicitaire et la recherche moléculaire. Le groupe Volkswagen est un des premiers constructeurs automobile à investir dans un projet d'informatique quantique pour concevoir des prototypes fonctionnels.

Autre révolution technologique en devenir : le stockage ADN. Plus de 150 zettaoctets de données numériques sont créés chaque année et devraient doubler tous les deux ans. Grâce à ce procédé informatique qui consiste à encoder des données sur un ADN de synthèse, toutes les données mondiales pourraient être stockées dans l'équivalent d'une tablette de chocolat. Nous n'en sommes aujourd'hui qu'au balbutiement mais quel formidable potentiel en particulier pour l'environnement ! Place à une masse de données à exploiter inédite et au coût de stockage quasi nul, offrant des résultats plus précis, de nouvelles hypothèses de *business* et une limitation des risques dans les prises de décision.

Il faut pouvoir embrasser ces nouveaux horizons avec bravoure, optimisme et lucidité. Pour reprendre une célèbre citation d'André Gide « *L'homme ne peut découvrir de nouveaux océans tant qu'il n'a pas le courage de perdre de vue la côte* ».

**Yves Bernaert**, Accenture Technology Europe CEO



# Numérique & société

*p. 122*

D'ici 2035, les populations européennes font face à une surveillance globale et généralisée permise par les outils numériques.

*p. 132*

D'ici 2030, les progrès de l'Intelligence Artificielle, et particulièrement des IA génératives, modifient radicalement l'organisation du travail.



# 09

## Rupture

# D'ici 2035, les populations européennes font face à une surveillance globale et généralisée permise par les outils numériques.



**D'ici 2035, les États européens utiliseraient des outils numériques pour surveiller leurs populations, et la coopération entre États serait renforcée pour faciliter l'échange d'informations.** Les gouvernements justifieraient par l'accroissement des menaces sécuritaires le déploiement de ces outils, conçus comme une réponse à l'aversion croissante au risque des populations. Par ailleurs, les avancées technologiques faciliteraient ce développement accéléré d'une surveillance globale généralisée en Europe.

Les acteurs privés, tels que les géants du numérique, seraient, par ailleurs, de plus en plus impliqués dans la collecte et l'analyse de données, ce qui leur permettrait de recueillir des informations précieuses sur les habitudes de consommation, sur l'opinion ou sur la vie en général des citoyens européens. Ainsi, à titre d'exemple, des assureurs pourraient demander l'accès à un ensemble de données concernant les habitudes de leurs assurés (temps de sommeil, de sport, alimentation...) et les utiliser pour personnaliser les polices d'assurance.

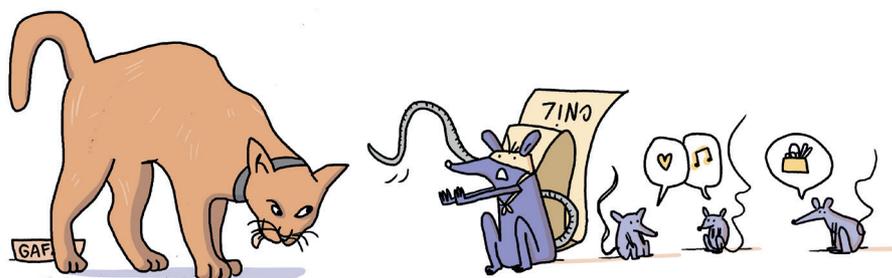
Cette situation entraînerait des conséquences importantes pour la vie privée des individus, avec une surveillance accrue de leurs activités en ligne et hors ligne. La reconnaissance faciale et les technologies de surveillance biométrique seraient largement utilisées dans les lieux publics et les espaces privés, ce qui réduirait la liberté de mouvement des individus. Le système de valeurs des démocraties européennes serait alors largement affecté. En effet, cette surveillance renforcée soulève notamment des questions de respect de la vie privée et de protection des données personnelles, mais également des inquiétudes concernant les abus potentiels de pouvoir par les gouvernements et les entreprises. Cette surveillance pourrait contribuer à la stigmatisation des minorités et des dissidents politiques, et renforcer les inégalités sociales et économiques.

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Actuellement, les possibilités de suivi des populations ouvertes par l'arrivée à maturité de technologies spécifiques laissent présager une augmentation de la surveillance généralisée par des acteurs privés et publics. Les technologies de surveillance, telles que la reconnaissance faciale, les drones, les caméras de surveillance et les outils de collecte de données, sont de plus en plus accessibles et utilisées par les gouvernements et les entreprises à travers le monde. La pandémie de Covid-19 a accéléré cette tendance avec le déploiement massif de technologies de suivi et de traçage des individus pour des raisons de santé publique. Ainsi, le déploiement de moyens de surveillance par les acteurs publics persisterait à horizon 2040 pour répondre à des besoins de sécurité ou faire face à des crises de différentes natures (sanitaire, environnementale, géopolitique...). Quant aux acteurs privés, la collecte des données de leurs utilisateurs se prolongerait dans un scénario tendanciel pour améliorer toujours plus l'expérience client et la recommandation de produits et services ciblés.

Cependant, des garde-fous existent dans la loi européenne, notamment le RGPD adopté en 2016, pour empêcher une collecte et une utilisation débridée des données personnelles. La CNIL, et ses équivalents européens, parviennent de plus en plus à faire appliquer ces principes aux géants du numérique américains. Ainsi, le nombre de sanctions et le montant des amendes prononcées ont augmenté d'année en année à l'égard de ces entreprises. Citons par exemple : trois amendes contre Google allant de 50 à 150 millions d'euros prononcées entre 2019 et 2021, une amende à l'encontre de Microsoft en 2022 pour un montant de 60 millions d'euros, une autre du même montant contre Facebook en 2021 et enfin une dernière à hauteur de 35 millions d'euros prononcée à l'encontre d'Amazon en 2020 (source : [Next Impact](#)). D'ici 2035, la collecte et l'utilisation des données par des acteurs privés resterait donc limitée par ces législations et par l'action des agences régulatrices européennes.

L'adoption du RGPD a également permis une plus grande prise de conscience des populations européennes de la nécessité de protéger leur vie privée en ligne. Ainsi à horizon 2035, les citoyens devraient rester attentifs à la préservation de leurs libertés et la protection de leur vie privée dans les espaces publics et lors de leur accès aux services en ligne.



## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

Depuis le début du 21<sup>ème</sup> siècle, et l'aggravation des risques terroristes, les gouvernements ont déployé des processus de surveillance utilisant de plus en plus de moyens numériques, qui n'ont pour la plupart pas été supprimés une fois le risque réduit.

Depuis les attaques terroristes perpétrées par Al-Qaida sur le sol américain le 11 septembre 2001, les États-Unis ont adopté le *Patriot Act* dans l'urgence et l'émotion qui ont suivi. Ce texte législatif a placé la société sous surveillance de l'État au nom de la guerre contre le terrorisme, restreignant ainsi les libertés individuelles afin d'augmenter la sécurité (source : [Contrepoints](#)). Cette mesure a marqué le début d'une ère de surveillance accrue, où la protection de la vie privée des individus a été compromise au profit de la sécurité nationale. Cette tendance a été confirmée par les révélations d'Edward Snowden, qui a exposé les méthodes des services de renseignement américains pour surveiller des personnes sur et en dehors du territoire américain, notamment en utilisant des *backdoors* implantées par des géants du numérique comme Facebook, Google et Microsoft.

De plus, la vidéosurveillance est devenue omniprésente dans de nombreuses villes, avec des exemples frappants comme Londres qui compte plus de 620 000 caméras de surveillance en 2020 (source : [CCTV.co.uk](#)), ou Nice avec 2 149 caméras pour 344 000 habitants (source : [Les Échos](#)). On assiste également à l'émergence de la reconnaissance faciale, dont l'utilisation pourrait s'intensifier au nom de la sécurité. Par exemple, la loi relative aux Jeux olympiques de 2024 en France prévoit un cadre juridique expérimental pour l'utilisation de la « vidéosurveillance intelligente pour assurer la sécurité des manifestations sportives, récréatives et culturelles » jusqu'au 31 mars 2025 (source : [Vie publique](#)).

Ces mesures de surveillance, initialement justifiées par des menaces concrètes, ont souvent tendance à se prolonger une fois le risque réduit, remettant en question les droits fondamentaux et la vie privée des citoyens. Ainsi, la loi relative au renseignement en France, promulguée le 24 juillet 2015, après les attentats de Charlie Hebdo, en est un exemple marquant, autorisant les services de renseignement à surveiller en temps réel les communications nationales grâce à des boîtes noires installées chez les opérateurs. De même, des mesures temporaires comme le plan Vigipirate, mis en place en France après les attentats de 1995, demeurent toujours actives, témoignant de la difficulté de réduire les pouvoirs de surveillance une fois qu'ils ont été établis (source : [Qu'est ce qu'on fait ?!](#)).

**Les services publics et administratifs sont de plus en plus dématérialisés, permettant une collecte et une analyse des données plus précises et rapides.**

Au cours des dernières décennies, nous avons assisté à une dématérialisation croissante d'un grand nombre d'informations. Cette transition vers le numérique a été motivée par divers facteurs, notamment la volonté de réduire les frais de gestion associés à la manipulation de documents physiques, mais aussi par la capacité à réaliser certaines actions jusque-là impossibles.

De nombreux secteurs ont adopté cette approche, tels que les services bancaires, où les relevés, les transactions et les services en ligne ont remplacé les opérations papier traditionnelles. Les factures et les relevés de services publics sont désormais souvent envoyés par voie électronique, offrant une alternative plus pratique et économique à l'envoi postal. Même les bulletins de salaire ont été dématérialisés, permettant aux employeurs de les distribuer rapidement et efficacement via des portails en ligne.

La dématérialisation des services publics et administratifs facilite donc la collecte et permet de fournir rapidement une analyse détaillée de certaines données des citoyens.

### **Le sentiment d'insécurité augmente au sein des populations européennes.**

Ces dernières années, on observe une montée du sentiment d'insécurité parmi les populations européennes. En France, cette perception est alimentée en grande partie par le traitement médiatique accru des faits divers. Les médias, en cherchant à attirer l'attention du public, mettent souvent en avant des événements violents et des crimes, ce qui crée une atmosphère de peur et d'insécurité (source : [Cause Commune](#)).

Un sondage réalisé par [l'Ifop](#) met en évidence que ce sentiment d'insécurité est également renforcé par le sentiment d'impunité dont bénéficient les criminels en raison d'une justice perçue comme laxiste. Près de trois quarts des Français (73%) partagent l'opinion selon laquelle les juges en France ne sont pas assez sévères, une proportion en hausse de 22 points depuis 2011 (51%). Cette perception témoigne d'une préoccupation croissante quant à l'efficacité du système judiciaire dans le maintien de l'ordre et la lutte contre la criminalité.

Du fait de ce sentiment d'insécurité, les citoyens demandent des mesures de sécurité renforcées et plus performantes, et n'excluent pas l'utilisation de moyens technologiques pour améliorer ces dispositifs sécuritaires.



## Les populations européennes privilégient d'autres valeurs au détriment du respect de leur vie privée et des libertés.

Nous assistons à un changement hiérarchique des valeurs qui favorise une surveillance grandissante des individus. Ce phénomène est alimenté par plusieurs évolutions clés. Par exemple, la prise en compte croissante des enjeux environnementaux a conduit à une remise en question de la liberté individuelle au nom de la protection de l'environnement.

Cela justifie, selon certains, la mise en place de dispositifs de surveillance et de contrôle de plus en plus importants pour réguler les comportements individuels, à l'exemple de Singapour où des caméras sont déjà utilisées dans l'espace public pour réguler et verbaliser tout acte de pollution (source : [France info](#)).

Autre exemple, le désir de commodité prime souvent sur le respect de la vie privée dans l'écosystème numérique et la vie quotidienne. Les utilisateurs sont de plus en plus nombreux à accepter d'échanger leurs données, même les plus intimes, contre un service de meilleure qualité. Malgré les scandales impliquant des violations majeures de la vie privée par des entreprises telles que Cambridge Analytica et Equifax, une étude internationale menée par le cabinet de conseil Experian en janvier 2019 révèle que 70% des consommateurs interrogés seraient prêts à partager davantage de données personnelles avec des entreprises numériques privées si cela leur apporte une « plus grande commodité » ou une meilleure sécurité (source : [Venture Beat](#)). Ainsi, la fluidité du service reçu est souvent privilégiée par rapport à la protection de la vie privée.

## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

### L'émergence de nouvelles crises permet de justifier la mise en place de régulations qui viennent restreindre les libertés individuelles.

Lors de la crise sanitaire, un peu partout dans le monde, les libertés individuelles ont été réduites, voire supprimées, au nom de l'intérêt général pour limiter la létalité de l'épidémie. La gravité de la situation a conduit plusieurs gouvernements à prendre des mesures drastiques pour contenir la propagation du virus, ce qui a eu des implications majeures sur les droits et les libertés fondamentales des individus. Si d'autres crises devaient émerger, les mesures de surveillance pourraient alors se développer. Ainsi, en 2020, certaines entreprises en Allemagne et en Angleterre exigeaient de leurs employés qu'ils fournissent régulièrement une preuve de non-infection par le SARS-CoV-2 afin de pouvoir accéder à leur lieu de travail (source : [Financial Times](#)).

### L'Union Européenne abroge toutes les réglementations assurant la protection de la vie privée de ses citoyens.

La fin de l'exception européenne en matière de protection de la vie privée des citoyens pourrait faciliter la mise en place de mesures de surveillance par des gouvernements nationaux.

L'arrivée au pouvoir d'un parti autoritaire dans plusieurs pays membres pourrait conduire à ce changement de paradigme. De même, si des tensions se durcissaient au sein de l'UE, ou si l'UE était contrainte de faire primer d'autres valeurs, comme la sécurité, ces situations conduiraient à un renforcement des moyens de surveillance.

## QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**Au sein des organisations, certains salariés pourraient être marginalisés car ils refuseraient ce système de surveillance.**

De manière générale, l'opinion publique pourrait se diviser sur cette surveillance créant une société à deux vitesses avec une marginalisation des individus qui refuseraient ce système et ne pourraient alors plus accéder à certains services. Ces individus auraient davantage de difficultés à trouver un emploi, ce qui pourrait renforcer la pénurie des talents dans le secteur du numérique comme ailleurs. De même, l'accès aux soins, aux assurances, aux emprunts, aux voyages et/ou aux loisirs, sans céder le contrôle de ses données personnelles, pourraient devenir un luxe, réservé à une minorité. Les organisations, entreprises et administrations publiques, seraient partie prenante de ces systèmes de surveillance, participant à la collecte d'information sur leurs employés et leurs interlocuteurs ou clients.



**La multitude et le caractère privé des informations collectées aggraverait les conséquences d'une fuite de données.**

La concentration croissante de données personnelles, partagées entre divers acteurs privés et publics, présente des risques accrus en matière de cybersécurité. Alors que de nombreuses activités sociales, économiques et de sécurité nationale reposent sur des infrastructures numériques qui agrègent des informations sensibles, les tentatives de piratage par des organisations malveillantes, qu'elles soient criminelles, terroristes ou étatiques, pourraient se multiplier.

Ces cyberattaques pourraient viser à obtenir les données d'une entreprise concurrente dans un but de compétitivité ou à paralyser les opérations d'une organisation. De même, les systèmes de surveillance d'un pays ou les outils de suivi des crises environnementales ou sanitaires pourraient devenir des cibles pour des hackers cherchant à perturber ces dispositifs, ainsi que des groupes terroristes ou des États cherchant à déstabiliser un gouvernement.

De plus, les défaillances techniques inhérentes aux systèmes informatiques, qu'elles soient dues à des problèmes électriques, à des bugs ou à d'autres facteurs, pourraient avoir des conséquences majeures en fonction de l'importance du dispositif dans la société. Par exemple, l'inaccessibilité des registres numériques contenant les informations de toute une population pourrait avoir des répercussions considérables sur l'organisation politique ou le maintien de l'ordre social d'un pays.

### **Sur la scène internationale, l'accès aux données pourrait engendrer de nouvelles formes de collaboration et/ou de conflit entre les États.**

Cette situation pourrait enfin entraîner une restructuration des débats internationaux concernant les enjeux du numérique, de la collecte des données personnelles et de la surveillance de masse. Des accords internationaux ou des collaborations entre pays pourraient permettre une meilleure coordination entre les gouvernements dans la gestion de risques planétaires tels que le terrorisme, les pandémies et le changement climatique.

Cependant, cette évolution vers plus de surveillance et de suivi peut également engendrer de nouveaux conflits entre les pays. Certains pourraient refuser que leurs citoyens soient soumis aux systèmes de contrôle déployés par d'autres gouvernements, ce qui pourra entraîner des litiges et des restrictions d'accès à certaines zones.

Cette situation pourrait conduire à une fragmentation des réseaux Internet et même à la fermeture des frontières par certains pays pour préserver leur modèle spécifique.

Dans un cas comme dans l'autre, les entreprises et administrations publiques devraient s'adapter à ce nouvel environnement de gouvernance de la donnée. Elles pourraient être appelées, elles aussi, à se positionner en termes éthiques sur ces enjeux. Un facteur différenciant pour une organisation pourrait être, dans ce scénario de rupture, la mise en œuvre de systèmes de protection des données personnelles très pointus, voire de non-collecte de ces données.

### **Des entreprises pourraient choisir de se démarquer en proposant des services en contre-pied de cette surveillance généralisée.**

Dans un contexte de surveillance généralisée, certaines entreprises pourraient faire le choix de se démarquer en proposant à leurs clients des services reposant sur une « hyper confidentialité ». Elles pourraient mettre en avant des solutions de protection de la vie privée, mettant l'accent sur la sécurité des données et la confidentialité des informations personnelles. Ces entreprises pourraient chercher à répondre à une demande croissante de consommateurs soucieux de préserver leur vie privée dans un environnement de plus en plus surveillé. Ainsi, une société à plusieurs vitesses pourrait émerger, où la protection de la vie privée deviendrait un critère de différenciation, et où les citoyens les plus aisés seraient prêts à payer un prix plus élevé pour bénéficier de services qui garantissent une plus grande confidentialité.

## Point de vue Mieux vivre avec le numérique

Le numérique n'est pas qu'un outil : il est un environnement à part entière qui intervient sur nos manières d'être, de vivre, de penser et d'interagir. Vis-à-vis de cela, un enjeu éthique d'envergure consiste à sortir d'une représentation figée du progrès technologique dont la forme serait décidée une fois pour toutes. Il nous revient d'apprendre à mieux vivre avec nos technologies numériques, plus démocratiquement et davantage en connaissance de cause. Afin d'éviter des visions trop enchantées de l'innovation à tout prix et qui serait nécessairement synonyme de mieux, il est décisif de réfléchir aux conditions d'une éducation qui soit plus transversale et appliquée à la complexité des systèmes technologiques eux-mêmes.

Un enjeu techno-éthique s'impose en ce sens et s'exprime déjà par des dynamiques de recherche d'autres modèles économiques que ceux des GAFAM. On observe à quel point l'ambition d'allier responsabilité éthique et innovation technologique est désormais plus vive d'un point de vue sociétal. *C'est par rapport à de telles exigences que des politiques publiques du numérique devront être engagées, en assumant ainsi un certain jeu du pluralisme des valeurs dans notre rapport à l'innovation. Une ambition pourrait être, dans cet horizon, de permettre à des formations transdisciplinaires de se déployer, afin que les technologies puissent par exemple davantage s'adresser à la part émotionnelle des individus, comme dans le cas où des artistes créent des dispositifs numériques venant accroître certains modes de perception sensible<sup>1</sup>.* Mais vis-à-vis de telles dynamiques alliant les arts, les sciences et les technologies, la France d'un point de vue éducatif est manifestement en retard vis-à-vis de certains pays d'Europe du Nord, du fait de frontières disciplinaires persistantes entre sciences de l'ingénieur et sciences humaines et sociales.

<sup>1</sup> Voir à cet égard la chaire « Arts et sciences » commune à l'École Polytechnique et l'École Nationale Supérieure des Arts Décoratifs – PSL : <https://chaire-arts-sciences.org/>

Pourtant, on sait qu’embrasser un certain degré de complexité devra nous imposer de revoir en profondeur nos modèles éducatifs, car si les technologies peuvent nous aider dans une transition écologique en nous donnant les moyens d’être au monde en étant plus informés sur lui, l’accroissement quotidien des flux informationnels n’engendre pas nécessairement une bonne appropriation de ces derniers, loin s’en faut<sup>1</sup>. Nous assistons, en outre, à l’émergence de pratiques numériques qui nous ferment toujours un peu plus sur nous-mêmes, en compromettant du même coup la possibilité de se projeter dans un monde commun. En alignant leurs calculs personnalisés sur les comportements des internautes, les plateformes ajustent leurs intérêts économiques à la satisfaction des usagers<sup>2</sup>. Or à force de laisser nos vies envahies par des logiques de recommandation algorithmique, nous risquons de bloquer notre capacité à nous transcender, à nous engager pour des causes communes qui nous dépassent.

Nos environnements numériques appellent le développement de nouvelles capacités d’agir des citoyens qui sont encore trop massivement tenus à l’écart de décisions touchant au développement du numérique dans leur vie. Afin de surmonter de tels écueils, la généralisation d’universités populaires du numérique, dont le principe existe déjà, serait une manière de faciliter des appropriations plus éclairées et contributives des innovations technologiques. On pourrait imaginer la création de telles universités au sein des nombreuses écoles d’ingénieurs que nous avons sur le territoire français, afin qu’une transmission de savoirs et de compétences puisse avoir lieu, entre les jeunes générations et la société civile. Une telle dynamique d’enrichissement mutuel, permettra aux citoyens de mettre à jour leurs connaissances des évolutions techniques, ainsi qu’aux futurs ingénieurs d’être plus en prise avec les conséquences sociétales et les formes de vie générées par les innovations elles-mêmes.

<sup>1</sup> Pierre-Antoine Chardel, Socio-philosophie des technologies numériques. Éthique, société, organisations, Paris, Presses des Mines, 2022.

<sup>2</sup> Dominique Cardon, À quoi rêvent les algorithmes ? Nos vies à l’heure des big data, Paris, Éditions du Seuil, 2015.

**Pierre Antoine Chardel**, Professeur de sciences sociales et d’éthique à l’école de management de l’Institut Mines-Télécom (IMT-BS) et enseignant à l’école d’ingénieurs Télécom SudParis.



# 10 Rupture

# D'ici 2030, les progrès de l'Intelligence Artificielle, et particulièrement des IA génératives, modifient radicalement l'organisation du travail.

**D'ici 2030, une meilleure connaissance des potentialités ouvertes par l'IA générative et sa meilleure intégration dans les outils utilisés dans les entreprises pourraient développer considérablement son usage.** De nombreuses tâches, y compris de création, seraient alors automatisées, ce qui entraînerait une augmentation de l'efficacité et de la productivité des salariés, mais cette technologie pourrait également avoir des conséquences négatives sur l'emploi. Les travailleurs dont les tâches seraient automatisées pourraient perdre leur emploi ou devoir se reconvertir dans d'autres domaines. En revanche, cela pourrait également créer de nouveaux types d'emplois liés au développement et à la supervision de l'IA générative, qui nécessiteraient des compétences spécifiques. Cette augmentation de la productivité pourrait réduire le temps de travail de nombreux salariés, ce qui aurait des conséquences sur tous les grands équilibres au sein de nos sociétés (vie professionnelle/vie privée, démocratie/autoritarisme...).

## CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX

Les IA génératives sont des algorithmes d'IA et de Machine Learning qui utilisent du contenu existant pour leur apprentissage ce qui leur permet de générer à leur tour de nouveaux contenus. Ce type d'IA peut ainsi produire, de manière autonome, du texte, des images, des vidéos, des musiques, du contenu pour les jeux vidéo et les réseaux sociaux et du code. La médiatisation inédite de ChatGPT à partir de novembre 2022, dont la mise à disposition auprès du grand public lui a permis d'atteindre 100 millions d'utilisateurs en deux mois, démontre en partie l'amélioration sensible des performances de ce type d'outils. De nombreuses entreprises cherchent désormais à se doter d'un système d'IA générative afin de traiter des tâches répétitives nécessitant l'analyse d'un grand volume de données complexes. Depuis, le 14 mars 2023, OpenAI a dévoilé GPT-4, modèle de traitement du langage qui succède à GPT-3,5 sur lequel s'appuie ChatGPT, et qui est prévu pour être multimodal, c'est-à-dire qu'il est capable de recevoir des images et du texte dans ses requêtes. Les progrès sont donc rapides et s'adaptent aux retours des utilisateurs, en permettant à l'outil de rechercher en temps réel ses réponses sur internet par exemple (la première version ne s'appuyait que sur des données datant d'avant 2022).

GPT-4 n'est pas le seul outil d'IA générative ; il appartient à une famille qui comporte de nombreux autres outils qui n'ont pas encore connu le même succès médiatique, comme Bard chez Google, LLaMA chez Meta, mais aussi Midjourney, équivalent de Dall-E d'OpenAI dans le domaine de l'image. Ces outils sont progressivement déployés dans les suites collaboratives des entreprises, comme dans Microsoft 365 avec GPT-4 et dans Google Workspace avec Bard.

Cependant, des questions sont encore en suspens concernant l'avantage que constituent ces outils. En ce qui concerne la génération de texte, malgré la fluidité des réponses proposées par Chat-GPT, l'outil se fonde encore sur la probabilité qu'un mot en suite un autre pour générer du texte, et il s'appuie sur une analyse statistique des données auxquelles il a accès. Ce système n'est donc en rien intelligent, au sens humain du terme, et propose ainsi régulièrement des réponses fausses aux questions qu'on lui pose, d'autant qu'il ne fournit pas les sources de ses réponses.



Même si l'évolution de l'IA générative était prévisible et anticipée, peu d'entreprises avaient identifié au préalable leurs cas d'usages pour exploiter au mieux ses progrès. Du côté de la société civile, les efforts de pédagogie n'en sont qu'à leurs débuts pour que ces outils soient utilisés au mieux, et ne soient pas seulement propagateurs de biais, d'erreurs, ou pire encore de *fake news*. Ainsi, ces outils sont aujourd'hui majoritairement utilisés en entreprise comme des assistants (aide à la rédaction, à la création, au développement informatique...). D'ici 2030, ils devraient être de plus en plus performants avec une réduction drastique du taux d'erreur et ils pourraient être déployés plus largement en entreprise mais ne constitueraient pas nécessairement une révolution dans l'organisation du travail. Les employés les utiliseraient pour les accompagner dans certaines de leurs tâches quotidiennes et augmenter leur productivité.

## QUELLES TENDANCES LOURDES POURRAIENT CONDUIRE À CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

### Les progrès technologiques dans les IA génératives s'accélèrent.

Les progrès technologiques dans le domaine des IA génératives s'accélèrent, avec les versions des principales IA qui apparaissent de plus en plus rapidement, parfois plusieurs versions sortant la même année. Un exemple marquant est l'évolution de la série GPT, dont la seconde version est sortie en 2019, suivie dès juillet 2020 de GPT-3, permettant de générer des textes de différentes natures, et dont les résultats étaient déjà très satisfaisants (source : [MIT Technology review](#)). Et en mars 2023, GPT-4 a été dévoilé, offrant des fonctionnalités encore plus avancées, notamment la capacité d'intégrer un prompt composé d'un texte et d'une image, avec des résultats limités au format texte. Les performances de GPT-4, testées et jugées bien supérieures à celles de GPT-3.5, permettent de gérer plus de 25 000 mots, favorisant ainsi la création de textes plus longs, des conversations plus riches, des recherches plus approfondies et des synthèses de documents (source : [BDM](#)). En outre, d'autres modèles d'IA génératives émergent ou accélèrent la mise à jour de leur version, créant un environnement dynamique qui favorise l'innovation rapide. Ainsi, en mars 2023, Google annonçait le lancement de son agent conversationnel, Bard, basé sur LaMDA, un modèle de langage, développé depuis 2021 (source : [Zdnet](#)). Enfin, Midjourney, le générateur d'images, fondé par David Holz, cofondateur de Leap Motion, a également suivi cette tendance avec des versions 2 et 3 sorties respectivement en avril 2022 et juillet 2022 (source : [Twitter de Midjourney](#)). Ces avancées témoignent de l'accélération des progrès technologiques dans le domaine des IA génératives.

### La concurrence internationale pousse les entreprises à améliorer constamment leur productivité pour rester compétitives.

Dans un contexte de concurrence internationale, les entreprises sont contraintes d'améliorer constamment leur productivité pour rester compétitives et les IA génératives peuvent jouer un rôle essentiel dans cette amélioration. En utilisant ces outils, les entreprises peuvent réduire les coûts en automatisant des tâches répétitives et fastidieuses, libérant ainsi le temps des employés qui peuvent se concentrer sur des tâches plus complexes nécessitant des compétences humaines.

Par exemple, une banque multinationale peut utiliser l'IA générative et les modèles de langage (LLM) et transformer la façon dont elle communique avec ses clients, en rédigeant automatiquement des messages avec des actions recommandées, par exemple, et en les acheminant vers les destinataires.

L'IA peut également participer à l'amélioration des processus de travail, en facilitant par exemple, la prise de décisions rapides et précises grâce à l'analyse avancée des données, permettre de gérer plus efficacement les chaînes d'approvisionnement à l'aide de modèles prédictifs qui anticipent les besoins en matières premières, les niveaux de stock et les tendances de la demande. Elles peuvent pareillement permettre de personnaliser l'expérience client, et ainsi répondre plus efficacement aux besoins de celui-ci.

De plus, l'IA peut renforcer la cybersécurité des entreprises, notamment en améliorant la recherche de menaces en langage naturel, la catégorisation des contenus indésirables et en apportant des explications plus claires sur les logiciels malveillants complexes (source : [Dark reading](#)). Une réduction des risques cyber permet à l'organisation de diminuer les coûts associés et de se prémunir de cyberattaques qui pourraient interrompre son activité.

En outre, l'intégration accrue de l'IA générative peut, grâce à la réduction du temps de travail générée et à la modernisation des processus, rendre les métiers plus attractifs pour les demandeurs d'emploi. Dans un contexte de pénurie des talents, ces avantages jouent un rôle essentiel dans l'attractivité des entreprises.

Ainsi, les IA génératives offrent de nombreuses possibilités d'amélioration de la productivité des organisations, qui répondent au besoin de compétitivité imposé par la concurrence internationale.

## QUELS ÉVÉNEMENTS POURRAIENT ACCROÎTRE LA PROBABILITÉ DE CETTE HYPOTHÈSE ?

**Si l'IA générative est largement répandue et utilisée par le grand public, son déploiement en entreprise sera facilité.**

Au sein des organisations, l'adoption des IA génératives se fera sur le temps long. En France, d'après un sondage OpinionWay commandé par la société Ekimetrics, seuls 15% des patrons envisagent d'utiliser ces outils dans les prochains mois (source : [Les Échos](#)). À plus long terme, à horizon 2027, selon le [rapport du World Economic Forum](#), 75% des organisations interrogées envisagent de déployer plus largement les outils d'IA génératives.

L'adoption rapide dans le grand public pourrait accélérer le déploiement de ces outils en entreprise. Ainsi, rien qu'en mars 2023, ChatGPT a généré 1,6 milliard de visites. Si on compare ce chiffre aux visites reçues par les principaux moteurs de recherche, on constate qu'il dépasse celui de Bing, mais reste loin derrière Baidu, Yandex et Google, avec plus de 80 milliards de visites par mois (source : [Les Échos](#)). Si l'utilisation des applications et des services basés sur l'IA générative continuent de croître dans les prochaines années, les consommateurs apprendront à interagir avec ces outils, ce qui pourrait faire baisser les craintes et les réticences initiales des entreprises, les salariés pouvant même participer à l'identification des cas d'usages spécifiques.

**Si les outils d'IA générative sont intégrés dans les logiciels utilisés en entreprise, leur déploiement généralisé sera facilité.**

L'intégration des outils d'IA générative avec les logiciels utilisés en entreprise joue un rôle essentiel dans le déploiement généralisé de ces technologies. Les entreprises devront adapter ces outils en les affinant avec leurs propres données, afin de les rendre largement utilisables et utiles dans leurs contextes spécifiques. Une intégration notable a été réalisée avec ChatGPT et Microsoft Office 365, permettant aux utilisateurs de bénéficier des fonctionnalités de l'IA générative directement au sein de leurs applications bureautiques (source : [Informatique News](#)). Cette convergence entre l'IA générative et les logiciels couramment utilisés en entreprise offre une expérience fluide et familière aux utilisateurs, facilitant ainsi l'adoption et l'intégration de ces technologies dans leurs flux de travail existants.

En outre, l'introduction de *plug-ins* par Open AI, en mars 2023, constitue une avancée majeure pour intégrer ChatGPT dans les outils logiciels d'entreprise. Ces *plug-ins* ont été mis à disposition en version alpha pour des entreprises partenaires sélectionnées ainsi que pour des développeurs et utilisateurs inscrits sur une liste d'attente. Par exemple, les utilisateurs peuvent interagir avec la machine en langage naturel pour effectuer diverses tâches, telles que la réservation de vols ou de voitures de location, les achats en ligne, ou encore l'accomplissement de tâches administratives (source : [Next Impact](#)).

En somme, la réussite de l'intégration des outils d'IA générative avec les logiciels utilisés en entreprise constitue un élément clé pour faciliter le déploiement généralisé de ces technologies. Les utilisateurs pourraient alors tirer pleinement parti des avantages offerts par l'IA générative dans leurs activités quotidiennes. L'introduction de *plug-ins* et d'intégrations étendues avec des services tiers renforce encore davantage les possibilités offertes par ces technologies.

## QUELLES POURRAIENT ÊTRE LES CONSÉQUENCES DE CETTE HYPOTHÈSE DE RUPTURE ?

**Les écarts technologiques se creuseraient entre les entreprises utilisant des IA génératives et les autres.**

L'accélération de l'usage des IA génératives pourrait offrir un avantage technologique concurrentiel majeur aux entreprises qui les adoptent. Par exemple, les IA génératives pourraient faire évoluer significativement le domaine de la programmation en permettant aux développeurs de coder en langage naturel plutôt qu'en langages de programmation traditionnels. Ces avancées faciliteraient l'accès à la programmation au sein de ces entreprises. Un autre impact majeur concernerait la gestion de la connaissance en entreprise. Les IA génératives seraient capables de recueillir et d'exploiter toutes les informations disponibles au sein d'une entreprise, qu'elles proviennent d'applications, de systèmes, de documents, de courriels, de conversations, d'enregistrements vidéo ou audio. Cette capacité de gestion avancée de la connaissance offrirait un avantage compétitif considérable aux entreprises qui intègrent ces technologies.

Cependant, l'adoption de ces outils pourrait *a priori* renforcer la position des géants du numérique, conduisant à une consolidation des oligopoles technologiques et favorisant le concept de "*winner takes all*". Des entreprises telles que Microsoft avec Megatron-Turing, Meta avec Open Pretrained Transformer et Large Language Model Meta AI (LLaMA), Google avec GLaM, LaMDA et Gopher, Baidu avec sa famille de grands modèles de langage Ernie, et Yandex avec YaLM sont à la pointe de la création de ces puissants modèles de langage (source : *Next Impact*). Le déploiement de ces outils pourrait alors renforcer la dépendance des organisations européennes aux grands acteurs américains et/ou chinois du numérique.

Dans le cadre d'échanges commerciaux entre entreprises et particuliers, ces grands acteurs technologiques pourraient même devenir des intermédiaires incontournables entre les entreprises et leurs clients, en proposant des recommandations et en exerçant une influence sur les transactions commerciales. Dans l'exemple de Booking.com, le site a dans un premier temps été perçu par les hôteliers comme un moyen de remplir leurs chambres, puis il est devenu finalement un incontournable de la réservation, et la plupart des hôteliers reversent désormais une partie de leurs profits à la plateforme pour qu'elle les mette en avant. Nous pouvons alors imaginer que dans une utilisation grand public, les outils d'IA génératives pourraient servir de vecteurs à la promotion en ligne en mettant en avant des entreprises, des services et des produits en fonction de la question posée par l'utilisateur.

## De nouveaux profils apparaîtraient dans les entreprises pour la gestion des ces technologies, ce qui viendrait modifier la structure des organisations.

Une étude réalisée par Brynjolfsson, Mitchell et Rock en 2018 a révélé que la plupart des professions, quel que soit le secteur, présentaient des tâches automatisables grâce au *Machine Learning*. Cependant, aucune profession ne peut être entièrement automatisée, ce qui souligne la nécessité d'une transformation significative du contenu des emplois et l'invention de nouvelles articulations organisationnelles (source : [Forbes](#)).

Dans ce contexte, on verrait émerger de nouveaux profils professionnels pour gérer ces technologies. Par exemple, des responsables de l'IA (*Responsible AI officer*) seraient nécessaires pour superviser et coordonner l'intégration des IA génératives dans les processus et les décisions de l'entreprise. De même, des superviseurs de robots (*Robots Supervisors*) pourraient être chargés de gérer l'interaction entre les machines et les employés. Ces changements auraient un impact sur la structure des organisations, qui pourraient adopter des formes hiérarchiques plus horizontales, avec une concentration de postes de cadres. En effet, les IA génératives pourraient effectuer un nombre grandissant de tâches administratives et répétitives, favorisant une organisation centrée sur les postes de direction, pour laisser la prise de décision à l'humain.

La création de ces nouveaux emplois ne se limiterait pas à la gestion des technologies, mais s'appliquerait également à des profils aux compétences transversales. Les ingénieurs de « prompts » devraient posséder des connaissances approfondies dans des domaines tels que la linguistique, la psychologie, l'histoire de l'art, la sécurité informatique et la philosophie pour dialoguer avec les modèles sous-jacents aux IA génératives. Des offres d'emploi bien rémunérées pour ces ingénieurs spécialisés dans l'IA sont déjà apparues, avec des salaires pouvant atteindre 175 000 à 335 000 dollars annuels (source : [Le Monde](#)).

Bien que l'automatisation liée à l'IA puisse entraîner la disparition de certains emplois, le Forum économique mondial estime que d'ici à 2025, celle-ci sera également à l'origine de 97 millions de nouveaux emplois. Ainsi, malgré les changements organisationnels et les ajustements nécessaires, l'intégration généralisée des IA génératives dans les entreprises ouvre de nouvelles opportunités d'emploi.

## Certaines entreprises pourraient diversifier leurs activités grâce à la hausse de productivité de leurs salariés.

Les différentes fonctions de l'IA offrent un large éventail de possibilités. Tout d'abord, l'IA peut être utilisée comme un conseiller fournissant un soutien aux employés dans divers domaines tels que l'assistance à la clientèle, l'aide à la vente, les ressources humaines, la recherche médicale et scientifique, la stratégie d'entreprise et la veille concurrentielle. Ensuite, l'IA peut jouer un rôle crucial dans la création en tant qu'assistant à la création, en aidant à la génération de texte et d'images pour les réseaux sociaux et les campagnes de communication. Elle peut contribuer à augmenter l'efficacité et la qualité des contenus créatifs produits par l'entreprise. De plus, l'IA peut être un atout précieux dans le domaine du codage, en permettant une conversion rapide d'un langage de programmation à un autre et en automatisant l'écriture du code. Les capacités de l'IA à prévoir et à anticiper les problèmes, ainsi qu'à gérer la documentation du système, facilitent le travail des développeurs et améliorent leur productivité. L'automatisation des tâches est un autre domaine où l'IA générative peut apporter des avantages significatifs.

Enfin, l'IA générative peut participer au renforcement de la protection des entreprises en luttant contre la fraude, en améliorant la conformité aux réglementations et en identifiant les risques de manière proactive.

Ainsi, ces outils pourraient permettre, par exemple, à des entreprises dont ce n'est pas le cœur de métier de se diversifier dans les métiers de la prévoyance face à une population vieillissante. Pour tous les secteurs en contact avec le client, ces interfaces pourraient permettre de proposer des services conversationnels adaptés aux personnes âgées ou isolées, en offrant un soutien personnalisé et accessible. Elles permettraient d'obtenir des informations, des conseils et un accompagnement, contribuant ainsi à améliorer leur bien-être et leur autonomie.

### L'utilisation massive des IA génératives pourrait créer des dissensions au sein des organisations.

La désynchronisation entre l'évolution des démocraties et les avancées technologiques crée des écarts qui polarisent les débats politiques. Les sociétés ont du mal à suivre le rythme des avancées technologiques, ce qui entraîne des incompréhensions et des divergences d'opinions. Cette incompréhension peut également se manifester au sein des groupes sociaux, et dans les entreprises en particulier, alimentant ainsi les tensions. À plus court terme, l'utilisation des IA génératives peut donner de la crédibilité à des contenus douteux, favorisant la propagation de fausses informations et intensifiant les tensions géopolitiques. Il est donc essentiel de prendre en compte ces aspects pour minimiser les conflits et favoriser une utilisation responsable et éthique de ces technologies.



# D'autres hypothèses de ruptures envisagées ...

Le processus de sélection des hypothèses de rupture a permis d'en identifier plusieurs que nous n'avons pas traitées extensivement par souci de synthèse mais qu'il nous semble pertinent de partager. Nous vous proposons de vous en saisir si elles s'avèrent intéressantes pour votre organisation. Voici donc la liste des hypothèses de rupture auxquelles vous avez échappé...

## Champ 1. Technologies et innovations

- D'ici 2035, les nouvelles technologies de stockage (verre, ADN) révolutionnent l'accès et la conservation des données de masse.
- Entre 2030 et 2040, les industries agroalimentaires et de santé utilisent massivement les biotechnologies.

## Champ 2. Numérique, environnement, ressources

- Entre 2030 et 2040, une réduction drastique des usages du numérique est imposée en Europe pour répondre aux enjeux environnementaux et à l'amenuisement des ressources énergétiques.
- Entre 2030 et 2040, une révolution du stockage de l'électricité permet aux entreprises d'être moins dépendantes de certaines ressources rares.

## Champ 3. Géopolitique du numérique et enjeux cyber

- Entre 2030 et 2040, des contraintes frontalières sur les données échangées entre grandes aires d'influence régionales sont mises en place par les instances régulatrices nationales.
- Entre 2030 et 2040, une coupure des câbles sous-marins et l'indisponibilité des réseaux satellites provoquent un black-out d'internet mondial.
- Entre 2030 et 2040, plusieurs pays (dont la France) sortent de l'UE.
- Entre 2030 et 2040, le Royaume-Uni s'effondre économiquement.

## Champ 4. Économie du numérique, acteurs, fournisseurs et réglementations

- Entre 2030 et 2040, un hub numérique low-tech se consolide en Afrique de l'Ouest
- Entre 2030 et 2040, des quotas de production minimale de certaines ressources stratégiques sont mis en place au sein de l'UE.
- Entre 2030 et 2040, le dollar recule dans les échanges internationaux, en faveur des monnaies digitales ou d'une monnaie créée par les BRICS.

## Champ 5. Numérique et société

- Entre 2030 et 2040, le développement des technologies immersives dans tous les secteurs d'activité permet une réorganisation massive du temps de travail.

# Membres du Conseil d'Orientation Stratégique

## Membres du Cigref

Jean-Michel ANDRÉ - GROUPE SEB  
Jean-Christophe LALANNE - AIR FRANCE-KLM  
Jean-Claude LAROCHE - ENEDIS  
Agnès MAUFFREY - SODEXO  
Bastien MIRAULT - UNIBAIL-RODAMCO-WESTFIELD  
Emmanuel SARDET - CRÉDIT AGRICOLE

## Personnalités qualifiées

Yves BERNAERT - ACCENTURE  
Pierre-Antoine CHARDEL - INSTITUT MINES-TELECOM BUSINESS SCHOOL - IMT BS  
Jean-Gabriel GANASCIA - UPMC  
Julien NOCETTI - IFRI/GEODE  
Cécile WENDLING - AXA

# Membres du Conseil d'Orientation Stratégique Jeunes

Constitué cette année, le Conseil d'Orientation Stratégique Jeunes est constitué de 78 collaborateurs de moins de trente ans, issus de 30 organisations membres du Cigref.

AIOUAZ Selma - FONDATION DE FRANCE  
ANDRE Joan - STELLANTIS  
ARNOULT Maxence - EDF  
ASNACIOS Youri - MINISTÈRE DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
AUBARET Auriane - ORANGE  
AZABOU Sofiene - EDF  
BANIÈRE Bertrand - AIRBUS  
BARASCUD Aude - AIR FRANCE-KLM  
BELLOSO RICHER Sophie - AXA  
BERRIAT Thomas - AIRBUS  
BIGANT Etienne - BRED  
BIHAN Alexis - GROUPE SAVENCIA  
BOURGEAT Lauriane - AXA  
BOUSSAHABA Marvin - BANQUE DE FRANCE  
BROTHIER Coline - ENEDIS  
CASTANET Delphine - BRED  
CAUET Béranger - MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR  
CHAUMONT Kévin - EDF  
DE LAVENNE Charles - AIR FRANCE-KLM  
DE PRADIER D'AGRAIN Maxime - EPITA  
DELAUNAY Clément - SODEXO  
DESHASEAUX Axel - AIRBUS  
DESCROIX Eudes - EDF  
EL AROUNI Smahane - ACCOR  
FOUCARD Maxime - ORANGE  
GALOUZEAU DE VILLEPIN Côme - KERING  
GERMAIN Guillaume - SAUR  
GERMÉ Allan - AG2R LA MONDIALE  
GOBÉ Sébastien - GROUPE AVRIL  
GUILHEN Lucas - MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR  
HAMON Fanny - MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR  
HARRIZI Maha - AMUNDI  
HERVOUET Marine - COVEA  
HERWAL Sahar - BNP PARIBAS  
JEAN Clément - GEODIS INTERSERVICES  
JEMETZ Maël - HARMONIE MUTUELLE  
JOLIMAY Damien - MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR  
JOUIS Gaëlle - PÔLE EMPLOI  
KERKICH Dounia Léa - KERING  
KOBESSI Victor - AXA

LAFFITTE Merlin - BANQUE DE FRANCE  
LAHLOU Houda - ARKEMA  
LAMOUREUX Valentin - GROUPE ROCHER  
LAVODRAMA Muriel - AIR FRANCE-KLM  
LEFRANCOIS Alexandre - PÔLE EMPLOI  
MANENTI Cécile - Avocate stagiaire  
MARILLEAU Mallik - COVEA  
MARQUES Géréme - BRED  
MARTINS GONCALVES Amandine - BNP PARIBAS  
MAURICE Laure - KERING  
MERIEN Grégoire - SODEXO  
METAYER Pauline - EIFFAGE  
MILLEVILLE Camille - AXA  
MOORE Tom - BRED  
MORELLE Estelle - GROUPE SEB  
NACIRI Jad - AIR FRANCE-KLM  
NGOUEUZE NZALI José - ENEDIS  
NGUYEN Tich Bao - SOCIÉTÉ GÉNÉRALE  
PALERMITI Mathilde - EIFFAGE  
PELLOUX Mathilde - AIR FRANCE-KLM  
PONCHAUX Agathe - BNP PARIBAS  
PROST Maxime - EDF  
RAMIREZ DOZ Irene - AIRBUS  
RICHARD Solène - AIR FRANCE-KLM  
ROCHAS Vincent - GROUPE SEB  
SAINTE-CLAIRE DEVILLE Géraud - DASSAULT  
AVIATION  
SCHWERTZ Alexis - VEOLIA  
SEBAH Carole - DASSAULT AVIATION  
SHANMUGAVADIVEL Sophitha - SOCIÉTÉ GÉNÉRALE  
SIMON Clément - SOCIÉTÉ GÉNÉRALE  
SOLAUX Cécile - ENEDIS  
TAOUINT Ania - BRED  
TIAGO Lydie - BNP PARIBAS  
TOMASI Anne-Mathilde - MINISTÈRE DE LA  
TRANSITION ÉCOLOGIQUE  
TROSSEVIN Carolane - LISI GROUP  
VASAPOLLI Julien - SOCIÉTÉ GÉNÉRALE  
WIERTELAK Félix - AMUNDI  
WILLAERT Thomas - AIRBUS

# Remerciements

Le Cigref souhaite chaleureusement remercier les membres du Conseil d'orientation stratégique, du Conseil d'Orientation Stratégique Jeunes et tous les membres du Cigref pour leur contribution riche et stimulante.

Pour la quatrième année consécutive, nous remercions également l'équipe de Futuribles, un partenaire historique du Cigref, pour son accompagnement sans faille dans l'élaboration de cette vision prospective.

Destiné tout d'abord aux membres du Cigref, ce rapport s'adresse également à l'ensemble de l'écosystème du numérique et à toutes les personnes intéressées par les enjeux numériques et une approche géopolitique et prospective de ceux-ci.

## Rédaction

**Aurélie Chotard**, Chargée de mission

**Henri d'Agrain**, Délégué général

## En collaboration avec Futuribles

**François de Jouvenel**, Directeur

**Marie Ségur**, Directrice d'études

Contributions équipe Cigref : Aymeric Bourdin, Flora Fischer, Frédéric Lau, Marine de Sury, Elena Silvera

Relecture : **Chantal de Bardies**, Directrice des contenus, Cigref

Communication : **Baptiste Chauveau**, Chargé de communication, Cigref

Direction artistique et graphismes : **Baptiste Chauveau**, Chargé de communication, Cigref

Illustrations originales : **Anna Lentzner** (<https://lheuredelasieste.fr/>)

*Ce rapport a été réalisé par HandiPRINT, entreprise adaptée qui emploie 120 personnes en situation de handicap, dans la gestion globale de documents imprimés. Plus d'informations : [www.handi-print.fr](http://www.handi-print.fr)*



**Cigref**  
RÉUSSIR  
LE NUMÉRIQUE

Cigref  
[www.cigref.fr](http://www.cigref.fr)  
21 av.de Messine, 75008 Paris  
+33 1 56 59 70 00  
[cigref@cigref.fr](mailto:cigref@cigref.fr)