

Votre migration vers la 5G :

**comment actionner
les leviers de croissance
de la 5G privée et de
l'edge computing ?**

Un rapport réalisé par
Digital Catapult pour
Verizon Business,
novembre 2021

verizon

Sommaire

Contexte et objet	02
Méthodologie	02

01

Introduction	03
--------------	----

02

Définition des technologies	05
-----------------------------	----

Qu'est-ce que la 5G, la 5G privée et l'edge computing ?	06
Ouvrir la voie à l'Industrie 4.0	07

03

Avantages métiers	08
-------------------	----

Réseaux 5G privés	09
Edge computing	10

04

Les réseaux 5G et l'edge computing en Europe	11
--	----

Réseaux 5G	12
Bandes de fréquence : capacité, disponibilité et variation	15
Edge computing	15

05

Quelle est la place de la 5G privée dans l'innovation ?	16
---	----

Réseaux 5G privés : état des lieux de l'innovation	17
Secteurs de la culture et de la création	18
Ports, aéroports et plateformes de transit	20
Industrie, logistique et construction	20
Hôpitaux et services de santé	22
Autres cas d'usage : Enseignement supérieur et grande distribution	23

06

Problématiques d'adoption de la 5G	24
------------------------------------	----

Idées reçues	25
Écarts de connaissances et de compétences	25
Manque d'informations	27
Coût et retour sur investissement	28
Rareté des études de cas	29
Écosystème et interopérabilité limités	29
Standards et écarts réglementaires	30
Différentes définitions	30
Impact du COVID-19 sur la 5G et l'innovation digitale	31

07

Conclusions	32
-------------	----

Migration 5G : les points clés à considérer	34
Remerciements & Annexe	36
Contributeurs	39

Contexte et objet

Destiné aux fonctions business de l'entreprise, le présent rapport fait la lumière sur l'importance des réseaux 5G privés et de l'edge computing dans la concrétisation de leurs objectifs métiers. Rédigé par Digital Catapult pour Verizon, ce guide entend combler le déficit d'information qui entoure ces deux technologies.

À cette fin, les auteurs se sont entretenus avec des acteurs sectoriels au Royaume-Uni, en Allemagne, en Italie, au Danemark et dans d'autres pays européens à différentes étapes de leur parcours d'implémentation 5G. L'étude qui en découle décrypte les avantages qu'à eux deux, les réseaux mobiles de cinquième génération (notamment la 5G privée) et l'edge computing peuvent apporter aux utilisateurs professionnels.

Verizon Business Group fournit des produits et services aux entreprises et administrations du monde entier, allant de solutions leaders des réseaux – dont la 5G privée – et de la cybersécurité aux services axés sur la collaboration et l'expérience client.

Digital Catapult, le centre d'innovation britannique spécialisé dans les technologies numériques avancées, possède une expertise et une expérience concrètes de la 5G appliquée en milieu industriel. Par son approche collaborative, l'organisme a pour vocation d'accélérer la transformation digitale en vue de stimuler la croissance et de favoriser l'émergence de nouvelles perspectives économiques.

Méthodologie

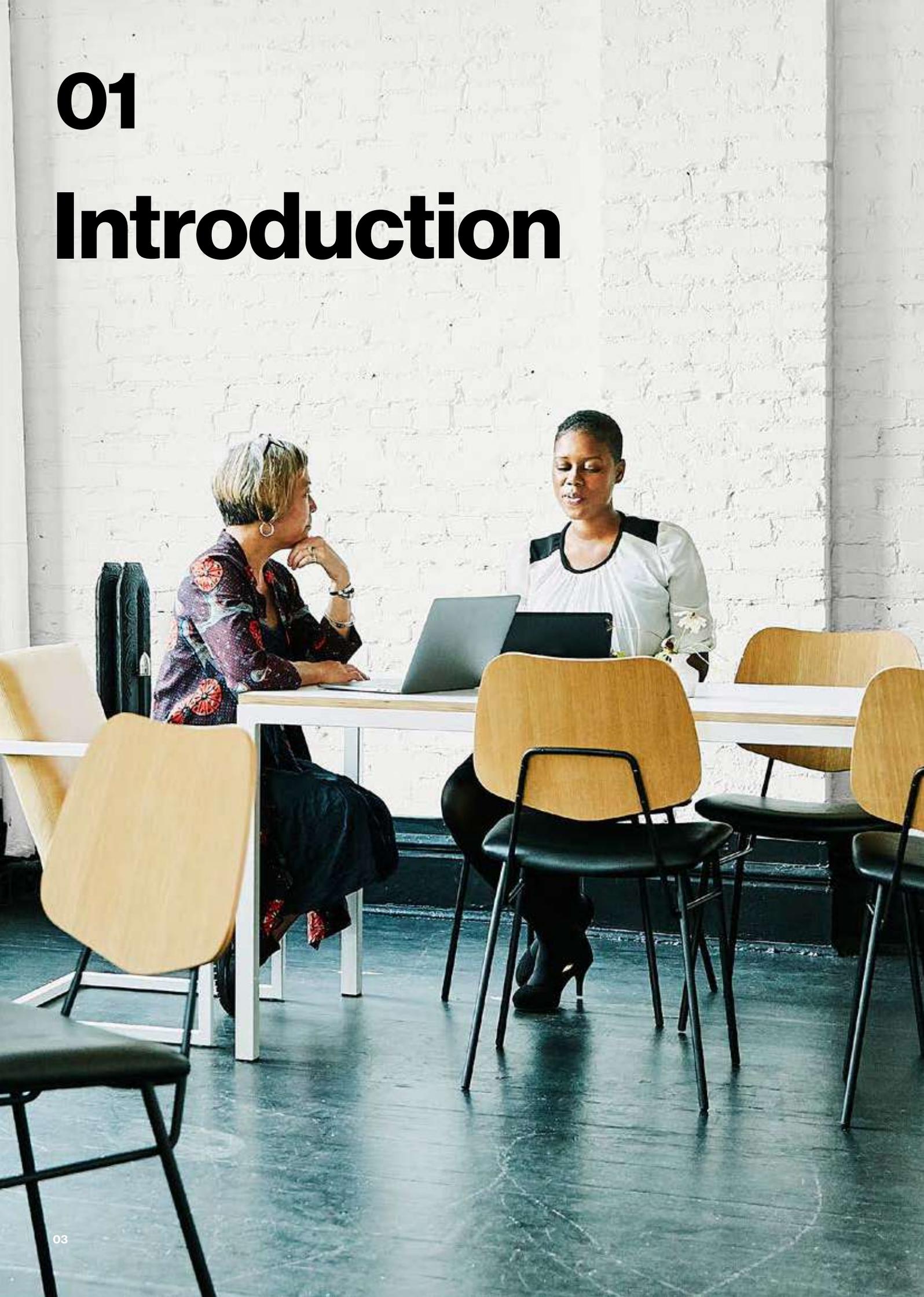
Les analyses présentées dans ce rapport s'appuient sur des entretiens menés pendant l'été 2021 auprès de dirigeants issus de divers secteurs : des télécommunications aux transports, en passant par l'industrie, le divertissement, l'enseignement supérieur et la recherche. Pour plus de concision, nous emploierons les termes « experts », « dirigeants » ou « professionnels interrogés » pour désigner ces différents interlocuteurs.

Nous avons par ailleurs recueilli des informations supplémentaires à l'occasion d'un atelier réunissant treize collaborateurs d'organisations utilisatrices et actrices de la 5G (entreprises, fournisseurs, laboratoires de recherche et universités) qui explorent actuellement les réseaux mobiles privés de cinquième génération ainsi que l'edge computing.

Ces éclairages sont complétés par des données et des informations auxiliaires extraites de revues académiques, d'articles de presse, de livres blancs et autres sources accessibles en ligne.

01

Introduction



Introduction

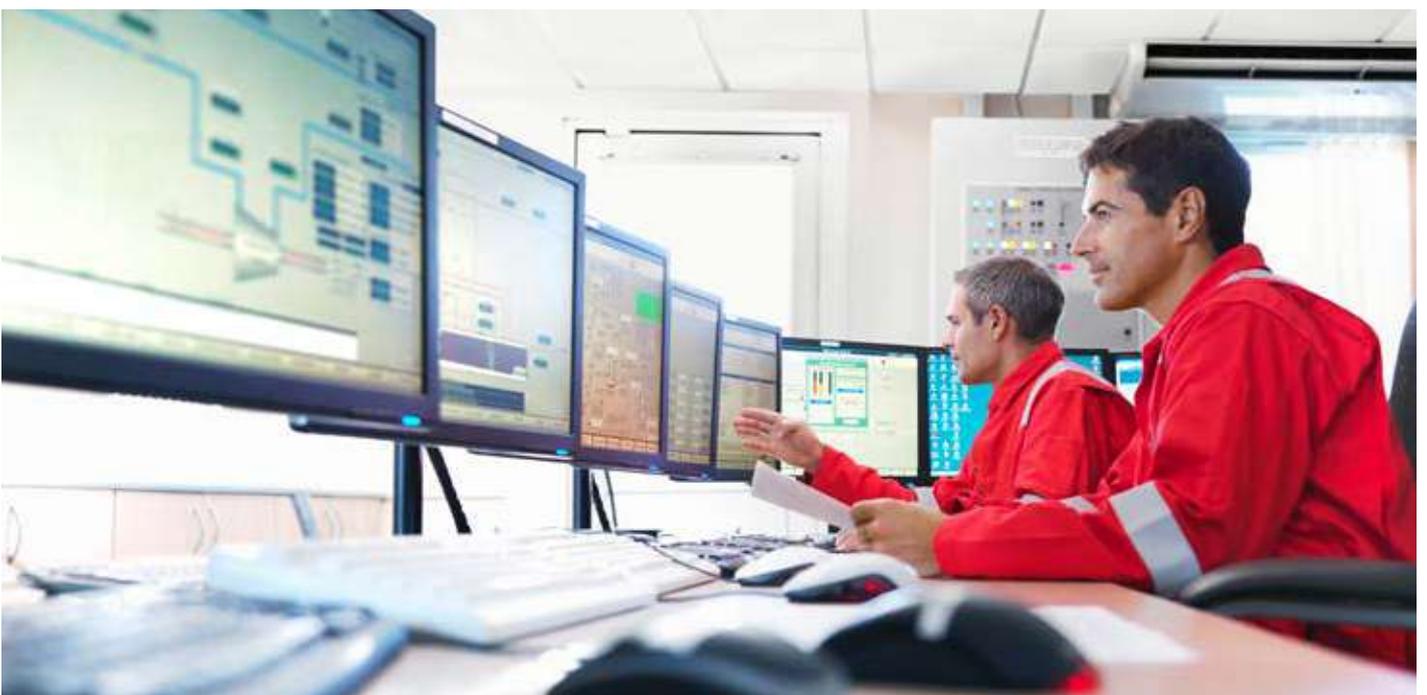
La 5G constitue la dernière génération de réseaux mobiles qui, en plus d'accélérer la connectivité, ouvrent la voie à tout un éventail de possibilités. Dans bon nombre d'industries, ces avantages métiers seront concrétisés grâce au déploiement combiné de la 5G privée (un réseau local détenu et contrôlé par l'entreprise) et de l'edge computing, c'est-à-dire un traitement informatique situé en périphérie du réseau, au plus près des utilisateurs.

Malgré leur potentiel immense, ces deux technologies n'en sont pas moins complexes et aux premiers stades de leur développement. Faute de retours d'expérience suffisants, leur potentiel est donc parfois mal compris, voire surestimé. D'après les experts, ce relatif flou complique la réflexion des professionnels quant à l'opportunité d'une migration vers ces nouvelles technologies.

Ce rapport se destine donc aux entreprises qui en sont encore aux premières étapes de leur transition vers la 5G. Il vise à les aider à mieux comprendre les nouvelles méthodes de travail, les cas d'usage innovants et les avantages métiers pouvant émerger de l'association 5G privée/edge computing. Les responsables de ces organisations y trouveront des recommandations ainsi que des facteurs à prendre en considération avant d'explorer, d'adopter et d'exploiter ces technologies.

Ce guide s'appuie sur l'expertise d'experts du secteur, d'opérateurs réseau et d'acteurs de l'innovation pour fournir un éclairage sur :

- Les principaux avantages business pour des secteurs allant des métiers de la création à la production industrielle, le tout illustré par des études de cas.
- Les freins à l'adoption technologique et leurs solutions
- Les fonctionnalités spécifiques par rapport aux autres formes de connectivité
- Le contexte politique et réglementaire autour des réseaux 5G privés en Europe



02

Définition des technologies



Qu'est-ce que la 5G, la 5G privée et l'edge computing ?

La **5G** représente la nouvelle génération de réseaux mobiles. Elle représente un tournant majeur en matière de performances, avec des niveaux de service, de fiabilité et de disponibilité incomparables par rapport aux itérations précédentes.

La technologie mobile de cinquième génération offre en effet des débits jusqu'à 100 fois supérieurs à la 4G, une latence ultra-faible, ainsi qu'une fiabilité et des capacités revues à la hausse. À terme, elle permettra de connecter sans la moindre interférence jusqu'à un million d'équipements par kilomètre carré, contre 2 000 actuellement pour la 4G. La 5G fournira de plus une connexion stable et fiable, y compris pour des objets soumis à des déplacements rapides. Dans les années à venir, ces nouveaux réseaux mobiles donneront vie à des cas d'usage innovants, allant des smart cities aux ports connectés, en passant par de nouvelles expériences dans le monde du divertissement, de la collaboration à distance, de la formation industrielle, du contrôle qualité et plus encore.

La **5G privée** désigne un réseau 5G conçu et déployé pour une organisation ou une entreprise donnée. Le Wi-Fi est déployé sur une fréquence partagée et non gérée, ce qui crée fréquemment des problèmes de chevauchement et d'interférences. Par contraste, l'architecture 5G privée opère sur une fréquence dédiée et octroyée sous licence, ce qui permet à chaque structure de connecter tous ses équipements sans jamais compromettre la qualité de service. Un réseau 5G privé couvre une zone géographique parfaitement délimitée, par exemple un port maritime, un campus, un entrepôt ou une usine, voire plusieurs sites d'une même structure. En comparaison, la

5G publique fonctionne sur des zones étendues pour répondre aux besoins d'un public beaucoup plus large. L'intérêt d'un réseau 5G privé est donc d'être spécialement taillé pour les besoins spécifiques des utilisateurs professionnels.

La 5G privée se distingue des autres formes de connectivité (p. ex. la fibre optique, le Wi-Fi et la 4G/LTE privés) sur plusieurs tableaux : couverture sur mesure, performances supérieures, capacité dédiée, excellente fiabilité et latence réduite. La 5G, ce n'est pas seulement un monde de possibilités et une flexibilité hors norme, c'est aussi des garanties de confidentialité et de sécurité renforcée. Elle donne ainsi naissance à de tout nouveaux services et applications.

L'**edge computing** consiste à traiter les données informatiques à la périphérie du réseau, au plus près de leur source ou de leurs utilisateurs. Les systèmes de stockage, eux aussi, sont situés en périphérie plutôt que dans le cloud. Il s'agit d'une technologie essentielle pour l'essor de la 5G en général, et de la 5G privée en particulier. L'architecture MEC (Multi-access Edge Computing) se décline en deux grandes catégories, l'une publique et l'autre privée. Cette dernière implémente les services MEC directement sur le site du client, par exemple un campus, une usine ou un centre de traitement de commandes. La plateforme informatique est étroitement liée à l'infrastructure réseau sous-jacente, qui peut être déployée soit chez l'opérateur télécom, soit dans l'enceinte de l'entreprise. Cette approche réduit le volume de données transmises par l'intermédiaire d'un réseau externe (dans le cas d'un traitement local) ainsi que la distance parcourue par les signaux. Les autres avantages se situent au niveau d'une triple diminution de la latence, du trafic et des coûts de transmission. Enfin, une plateforme MEC on-prem permet de garder les données sur site lorsque les applications sont soumises à de strictes exigences de sécurité et de conformité.



« Les fréquences sous licence de la 5G privée présentent un avantage certain : payer pour neutraliser les interférences. L'un des problèmes des réseaux Wi-Fi, c'est qu'on ne connaît pas les niveaux de diaphonie et qu'on ne peut pas toujours transmettre à l'instant souhaité, ce qui crée des problèmes de latence. »

Petar Popovski, Professeur en communications sans fil, Université d'Aalborg (Danemark)

De même, le MEC permet d'exécuter un grand nombre de workloads au plus près de leur lieu d'utilisation, qu'il s'agisse d'applications destinées aux utilisateurs finaux, par exemple dans le cadre de systèmes immersifs et de l'automatisation industrielle, ou encore de fonctions réseau virtuelles (VNF), comme les unités centralisées et distribuées (CU/DU) du Radio Access Network (RAN) 4G et 5G.

Ouvrir la voie à l'Industrie 4.0

La 5G et l'edge computing sont deux piliers de la quatrième révolution industrielle. L'Industrie 4.0, comme on la nomme couramment, offre des applications inédites grâce aux innovations de l'intelligence artificielle (IA), la réalité virtuelle et augmentée (VR/AR), l'Internet des objets (IoT) ainsi que les réseaux avancés. Si la troisième révolution industrielle s'est construite autour de l'informatisation de l'économie, l'Industrie 4.0 met quant à elle l'accent sur l'automatisation à travers l'utilisation de systèmes robotiques, de jumeaux

numériques, ainsi que de l'analyse et de la visualisation prédictives. Elle favorise, entre autres, l'utilisation de capteurs et de trackers connectés, avec en prime de nombreuses autres capacités, dont une réactivité en temps quasi réel.

L'Industrie 4.0 crée des systèmes cyberphysiques qui, appliqués à de nouveaux cas d'usages et solutions, donneront naissance à des modèles économiques inédits. Son concept est particulièrement adapté aux chaînes de valeur connectées (propres aux usines du futur), aux chaînes logistiques intelligentes (Supply Chain 4.0), ainsi qu'aux opérations et aux produits.

D'après les experts, une connectivité fiable est essentielle pour répondre aux besoins croissants d'automatisation et sous-tendre des applications telles que la maintenance prédictive avancée. Face à la multiplication progressive des solutions et cas d'usage de l'Industrie 4.0, la 5G s'imposera comme une nécessité absolue pour soutenir tous ces domaines d'application à forte composante data.



« Plus les lignes de production deviennent flexibles et modulaires, plus le besoin de communications sans fil fiables et en temps réel se fait sentir. C'est pourquoi la 5G privée va s'imposer comme la voie à suivre pour la création de smart factories. »

Niklas Ambrosy,
Volkswagen & 5G ACIA (Allemagne)



03

Avantages métiers



En entreprise, les réseaux 5G privés et l'edge computing peuvent donner l'impulsion à une innovation technologique synonyme d'efficacité, tout en pérennisant les opérations métiers au quotidien : les véhicules à guidage automatique (AGV), les drones, les capteurs ainsi que les robots industriels sont les clés de l'entreprise de demain.

Réseaux 5G privés

La 5G privée peut devenir un véritable levier de croissance :

- Amélioration de la confidentialité et de la sécurité
- Hausse de la productivité
- Efficacité opérationnelle et réduction des interruptions de service
- Soutenabilité accrue des opérations à long terme

Ensemble, les atouts de la 5G et les avantages d'une architecture réseau privée sont porteurs de réels bénéfices pour les entreprises :

- **Confidentialité et sécurité accrues** – La sécurité est une composante intrinsèque de l'architecture 5G. De fait, le propriétaire/opérateur d'un réseau 5G privé peut gérer son propre programme de sécurité – y compris la configuration, les processus et les procédures – sans aucune intervention externe. Il bénéficie en outre d'un niveau de contrôle supérieur à celui d'une infrastructure publique : l'entreprise détermine qui est autorisé à se connecter et quelles données peuvent être stockées sur site. De par leur nature, les réseaux 5G privés améliorent à la fois la disponibilité, l'intégrité et la confidentialité – c'est-à-dire le triptyque « DIC » de la cybersécurité¹.
- **Réseau taillé sur mesure** – Contrairement à un réseau public, une infrastructure privée peut être configurée selon les besoins précis d'une entreprise. Son évolution peut également être planifiée en fonction de la feuille de route de l'entreprise.

- **Maîtrise totale du réseau** – Une fois déployé, un réseau 5G privé reste sous le contrôle de son propriétaire/opérateur, ce qui favorise la gestion homogène et unifiée des systèmes IT.

L'introduction de la technologie 5G dans les réseaux privés apporte ces autres avantages :

- **Faible latence** – La réduction de la latence, c'est-à-dire l'intervalle observé entre l'envoi et la réception des données, est l'un des fers de lance de la 5G. Sa diminution est souhaitable dans la majorité des cas, puisqu'elle permet de raccourcir les temps de réponse et aide donc à garantir la qualité sur certaines applications comme la collaboration à distance. Actuellement, les communications mobiles de cinquième génération proposent une latence significativement inférieure (17 à 26 millisecondes) aux autres modes de connectivité (36 à 48 ms pour la 4G)². Théoriquement, cette durée devrait encore diminuer de quelques millisecondes sur les réseaux 5G privés, surtout lorsqu'ils sont combinés avec l'edge computing et ses avantages en termes de réduction de la latence applicative³. En ouvrant la voie aux opérations pilotées à distance, cette faible latence optimise l'utilisation des ressources humaines et la soutenabilité des opérations.
- **Fiabilité** – Les réseaux 5G devraient accroître la fiabilité des services par rapport aux autres formes de connectivité. Leurs schémas de codage renforcés éliminent en grande partie les problèmes de transmission des données, offrant à la clé moins d'interruptions et plus d'efficacité.
- **Découpage réseau** – Avec la 5G, un réseau de communication physique peut être divisé en plusieurs réseaux virtuels. Ces derniers peuvent être configurés sur mesure afin de répondre aux exigences spécifiques des différents utilisateurs. Le découpage du réseau permet de réduire les temps d'indisponibilité des applications prioritaires. Cette méthode offre une flexibilité sans précédent et optimise le retour sur investissement, puisqu'une infrastructure commune peut être partagée entre de multiples services.

¹ <https://www.verizon.com/about/news/verizon-advances-5g-network-and-cyber-security>

² <https://5g.co.uk/guides/4g-versus-5g-what-will-the-next-generation-bring/>

³ https://www.3gpp.org/ftp/Information/presentations/Presentations_2017/2017_03_Bertenyi_5G_3GPP.pdf

- **Fréquence dédiée et libre de toute interférence** – Les réseaux 5G privés opèrent sur des fréquences spécifiques du spectre radio. Celles-ci sont attribuées à l'échelle locale afin de prévenir toute interférence. Cette approche diffère des systèmes Wi-Fi, qui peuvent se chevaucher avec les réseaux situés à proximité. La 5G privée garantit un niveau de débit et de contrôle supérieur pour les entreprises.
- **Mobilité complète** – Contrairement au Wi-Fi, les communications 5G offrent une mobilité totale : les appareils connectés sont libres de se déplacer dans de larges zones tout en bénéficiant d'une couverture parfaite et d'un niveau de performance homogène. Ceci ouvre la voie à de nombreux cas d'usage industriels innovants qui étaient jusque-là impossibles.

Les réseaux mobiles privés de cinquième génération combinent tous les avantages d'un réseau d'entreprise privé à ceux de la technologie 5G, ce qui en fait une solution vraiment unique pour les utilisateurs professionnels.



Edge computing

Pour libérer tout le potentiel de la 5G, les entreprises doivent aussi choisir la méthode la plus efficace de calcul et de stockage des données. C'est là que l'edge computing s'impose comme une évidence par sa capacité à répondre aux exigences de l'Industrie 4.0 en termes de faibles latences et de traitement d'énormes volumes de données. Devant la multiplication des équipements sans fils, le déploiement de la 5G dans les usines et l'émergence de solutions industrielles sensibles à la latence, l'edge computing devient en effet une technologie incontournable.

En plaçant les systèmes de calcul au plus près des points de captation des données⁴, l'informatique en périphérie réduit naturellement la latence. Ceci entraîne un effet immédiat sur la qualité d'expérience (QoE) et permet d'envisager de nouveaux types de services tels que la robotique collaborative (cobotique). Cette technologie peut aussi contribuer à réduire les passages par le data center central (backhaul) et les coûts associés. Certains cas d'usage industriels, comme la robotique et les VGA, se prêtent particulièrement au binôme edge computing privé et réseau privé. Les données sont ainsi conservées sur site, ce qui renforce la sécurité et aide à réduire le coût des machines.

L'edge computing renforce également la résilience des services, notamment dans certains environnements qui n'ont pas systématiquement accès à Internet via une connexion haut débit. Les applications exécutées sur la plateforme MEC de l'usine peuvent continuer de fonctionner pendant les périodes de dégradation ou de perte de connectivité à Internet, réduisant ainsi les temps d'immobilisation de l'appareil productif.

Les experts estiment que l'edge computing représente un complément essentiel des réseaux 5G privés pour des raisons de latence et de sécurité. Le stockage local des données renforce la protection du système et peut aider les entreprises à respecter leurs obligations de conformité⁵. Les fournisseurs d'applications peuvent quant à eux exploiter cette fonctionnalité afin d'améliorer à la fois la qualité de service et le réseau lui-même.

Par exemple, la périphérie peut avoir accès à certaines données relatives aux performances fournies par le RAN (Radio Access Network). Les applications sont ensuite personnalisées et optimisées à la lumière de ces informations (p. ex. pour adapter un schéma de codage vidéo afin d'améliorer l'expérience utilisateur en cas de saturation réseau). D'autre part, les fournisseurs de services peuvent protéger leurs infrastructures contre les attaques basées sur des informations contextuelles telles que la géolocalisation. Les opérateurs réseau, quant à eux, peuvent filtrer le trafic entrant en provenance d'emplacements inconnus, généralement symptomatique d'une fraude.

Le retail fait partie de ces secteurs dans lesquels l'edge computing présente des avantages majeurs. En utilisant les données et les analyses en périphérie, les retailers peuvent étudier l'activité et le comportement des consommateurs en magasin afin de stimuler les taux de conversion. Les vidéos filmées par les caméras intelligentes peuvent être traitées au niveau de l'équipement ou de la périphérie pour comprendre certains aspects du parcours client dans les linéaires, la façon dont le consommateur manipule les produits ainsi que ses interactions avec les vendeurs en magasin. Toutes ces informations favorisent la conversion et sont susceptibles d'améliorer certains aspects tels que la productivité des vendeurs et l'efficacité des outils de planification retail.

⁴ <https://www.techtarget.com/searchnetworking/answer/What-are-edge-computing-challenges-for-the-network>

⁵ Notamment les obligations relatives au RGPD.

04

Les réseaux 5G et l'edge computing en Europe



Réseaux 5G

De nouvelles générations de systèmes de communications sans fil apparaissent tous les dix ans environ. Le marché se tourne aujourd'hui vers la 5G, successeur des réseaux 4G lancés en 2009. Les acteurs politiques et économiques européens ne ménagent pas leurs efforts pour que la région devienne un pôle d'excellence dans divers domaines liés à la 5G, notamment la disponibilité de l'Open RAN⁶ (Radio Access Network) et la production d'équipements.

Bien que le Royaume-Uni et l'Europe continentale soient traditionnellement à la pointe des réseaux mobiles – la 4G a été introduite en Suède en 2009⁷, tandis que la norme GSM (Global System for Mobile Communications) a été développée en Europe en 1991 –, des pays comme la Corée du Sud, le Japon, la Chine et les États-Unis ont pris de l'avance dans le déploiement de la 5G, tant en termes de couverture, que de débit et d'expérience utilisateur⁸. Or, les gouvernements européens entendent bien rattraper ce retard.

Réglementation, essais et déploiement

Royaume-Uni

Le gouvernement britannique ambitionne de placer le Royaume-Uni à l'avant-garde de l'innovation 5G⁹, autour d'un calendrier ambitieux qui vise à couvrir la majorité de la population d'ici 2027¹⁰, puis l'ensemble du territoire en 2033¹¹. Il prévoit également la mise en place

Étude de cas : 5G Innovation Centre

Le banc d'essai du 5G Innovation Centre (5GIC) de l'université de Surrey couvre une zone de quatre kilomètres carrés sur le campus de l'établissement, offrant aux utilisateurs un accès mobile et des fonctionnalités d'edge computing afin de tester la cybersécurité, les applications 5G, le découpage réseau et plus encore.

Le 5GIC conduit ses expérimentations en intérieur comme en extérieur. Son RAN permet de développer des outils et des algorithmes avancés qui améliorent l'expérience et modélisent le profil des utilisateurs. Le banc d'essai soutient plusieurs projets et implique des PME partenaires. Les parties intéressées peuvent contacter l'université afin d'explorer les différentes possibilités¹⁵.

d'une chaîne logistique innovante et diversifiée pour veiller à la sécurité et la résilience des réseaux numériques¹². En octobre 2021, les pouvoirs publics ont dévoilé un plan stratégique structurant le développement, le déploiement et l'adoption de la 5G et des futurs réseaux dans le pays pour les dix prochaines années¹³.

La 5G privée commence à susciter un engouement certain au Royaume-Uni, avec le lancement de programmes d'investissement et d'expérimentation privés et publics comme le 5G Testbeds and Trials (5GTT)¹⁴.

Les opérateurs de réseaux mobiles (ORM) britanniques participent à plusieurs de ces initiatives, collaborant étroitement avec les différents partenaires pour fournir les fonctionnalités réseau adaptées.

L'Ofcom, l'autorité régulatrice des télécommunications au Royaume-Uni, travaille également avec les opérateurs afin de tester l'interopérabilité et l'intégration de solutions réseau ouvertes, dont l'Open RAN.

La majorité des essais financés dans le cadre du programme 5GTT interviennent dans les domaines du divertissement et de la création (notamment pour donner vie à des expériences immersives via la réalité augmentée et virtuelle), ainsi que dans des zones rurales, notamment dans des domaines d'application comme le tourisme¹⁶. La production industrielle et la construction arrivent à égalité, en deuxième position, avec les applications relatives à la mobilité, aux ports et à la logistique.

Les conclusions de la première phase d'évaluation du programme 5GTT suggèrent que la 5G pourrait générer 2,58 milliards de livres Sterling pour l'économie britannique, avec un retour de 15 GBP pour chaque livre investie, grâce à « [...] l'adoption précoce de la technologie dans des secteurs comme la santé et l'industrie¹⁷ ».

6 L'Open RAN est un terme désignant les standards industriels propres aux interfaces Radio Access Network qui assurent l'interopérabilité des équipements de différents fournisseurs et offrent une flexibilité réseau à coût réduit.

7 <https://techcrunch.com/2009/12/14/4g-mobile-network-sweden-teliasonera/>

8 <https://www.opensignal.com/2021/02/03/benchmarking-the-global-5g-experience>

9 https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1009577/uk-innovation-strategy.pdf

10 <https://www.gov.uk/government/publications/statement-of-strategic-priorities>

11 <https://www.gov.uk/government/publications/future-telecoms-infrastructure-review>

12 <https://www.gov.uk/government/publications/5g-supply-chain-diversification-strategy>

13 <https://www.gov.uk/government/consultations/wireless-infrastructure-strategy-call-for-evidence>

14 <https://www.gov.uk/guidance/5g-testbeds-and-trials-programme>

15 <https://www.surrey.ac.uk/institute-communication-systems/facilities/campus-testbed>

16 https://uk5g.org/media/uploads/resource_files/UK5G_5GTT_Sector_and_Place_Matrix_24022021.pdf

17 <https://www.gov.uk/guidance/5g-programme-findings>

Les acteurs de l'industrie, comme le géant américain de l'automobile Ford, le groupe allemand Siemens, ainsi que le constructeur de machines britannique Tharsus travaillent au côté des ORM, des instituts de recherche technologique (IRT)¹⁸ et d'autres partenaires afin de tester les cas d'usage, les besoins réseau et autres caractéristiques permettant d'optimiser les environnements 5G pour les entreprises. Le secteur logistique s'intéresse également de plus en plus à la 5G, alors que des organisations comme le port de Southampton¹⁹ travaillent à l'élaboration d'une architecture 5G privée sur toute leur surface.

Étude de cas : 5G Vertical ISS

Mis en place dans le cadre du plan France Relance, le projet *5G Verticale Interopérable Souveraine Sécurisée (5G Vertical ISS)*²⁵, dirigé par l'opérateur télécom Alsatis, teste les usages de la 5G proposés par des partenaires issus de la santé, des collectivités et de l'industrie. Outre le déploiement de la 5G dans ces domaines d'activité, le projet développe des passerelles pour y intégrer les usages et réseaux existants.

Allemagne

En 2016, le gouvernement fédéral a lancé sa stratégie 5G visant à faire de l'Allemagne un marché leader des réseaux et des applications mobiles de cinquième génération d'ici 2025.²⁰ Le plan de Berlin s'articule autour de cinq grands axes :

1. Accélération du déploiement du réseau
2. Mise à disposition des fréquences selon la demande
3. Promotion de la coopération entre les télécoms et les industries utilisatrices, avec une normalisation tenant compte des cahiers des charges spécifiques de chacune
4. Études ciblées et coordonnées
5. Lancement anticipé de la 5G en milieu urbain

Les pouvoirs publics collaborent avec d'autres États européens afin d'accélérer l'adoption et le développement des réseaux privés de cinquième génération dans le secteur industriel. En mai 2021, l'Allemagne et la France ont ainsi lancé – dans le cadre d'une coopération visant à promouvoir la souveraineté technologique européenne²¹ – un appel à projets commun à hauteur de 20 millions d'euros pour soutenir des initiatives d'innovation sur les réseaux 5G privés²².

France

La France encourage elle aussi l'adoption et le développement de la 5G, comme l'illustrent les propos du secrétaire d'État chargé du Numérique, Cédric O, qui annonce que la France entend bâtir une « [...] solution souveraine pour les réseaux d'entreprise à l'horizon 2022 ». Le déploiement et les essais de la 5G en France concernent principalement l'Industrie 4.0, ainsi que les smart cities et la mobilité connectée²³. En juillet 2021, le gouvernement français a présenté une stratégie²⁴ visant à placer la 5G au cœur de l'industrie. Celle-ci s'articule autour de quatre axes :

1. Contribuer à la compétitivité de l'économie française en développant les usages 5G au profit des territoires et de l'industrie
2. Construire une offre française souveraine sur les réseaux télécoms à l'horizon 2022-2023
3. Soutenir une R&D française de pointe sur les futures technologies réseaux
4. Renforcer la formation et attirer les talents pour répondre aux besoins de compétences sur la conception et le déploiement des réseaux du futur

18 <https://www.ericsson.com/en/news/3/2020/ericsson-and-digital-catapult-to-unlock-5g-potential-with-uk-smart-manufacturing-partners>

19 <https://www.verizon.com/about/news/verizon-european-private-5g-deal-associated-british-ports>

20 https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/5g-strategy-for-germany.pdf?__blob=publicationFile

21 <https://www.euractiv.com/section/digital/news/eu-commission-greenlights-german-initiative-to-eradicate-dead-spot-problem/>

22 <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/05/20210525-Deutschland-und-Frankreich-starten-Foerderung-zu-5G-Anwendungen-und-privaten-Kommunikationsnetzen.html>

23 <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/experimentations-5g-en-france/tableau-de-bord-des-experimentations-5g-en-france.html>

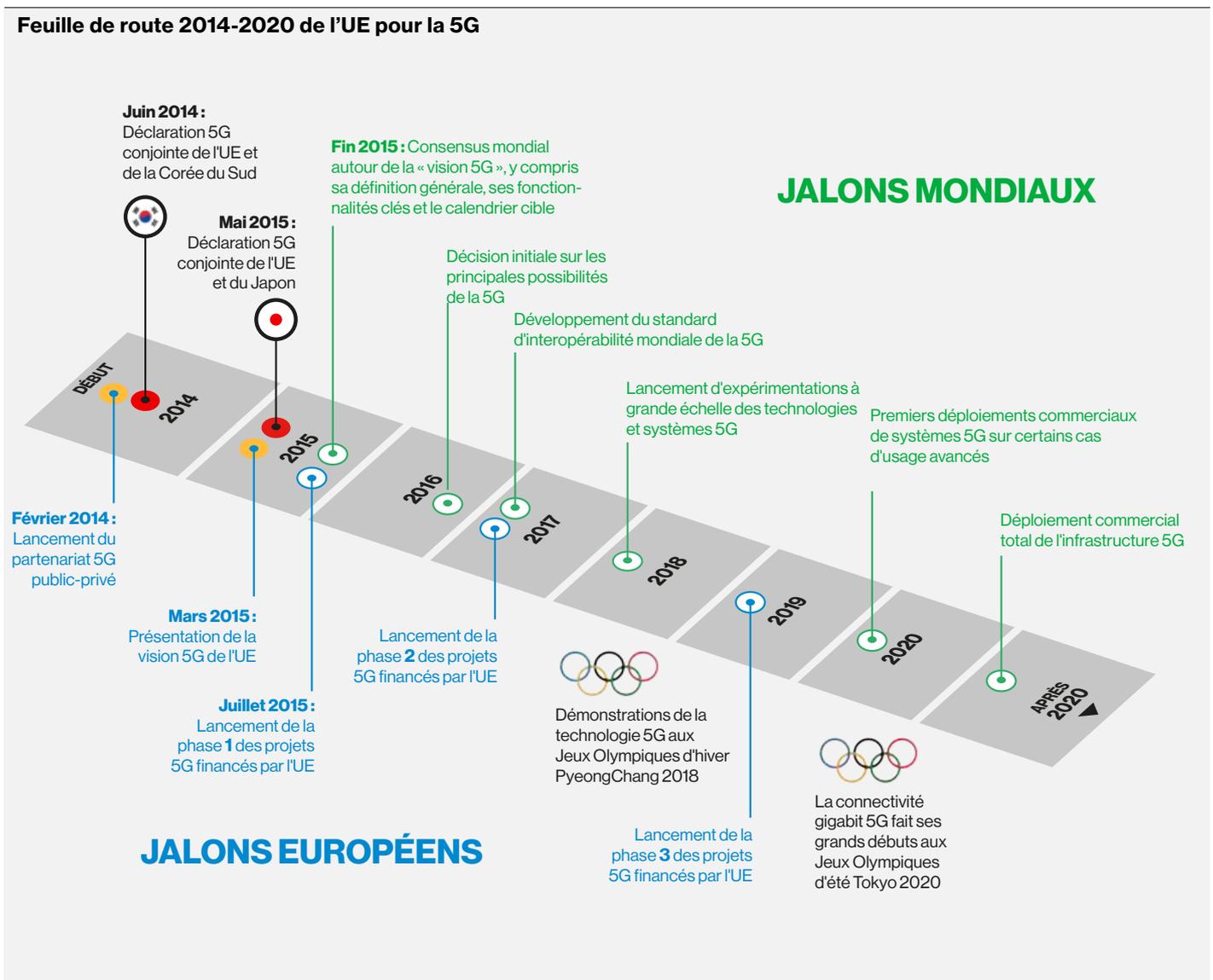
24 <https://www.economie.gouv.fr/plan-de-relance/5g-lancement-strategie-nationale>

25 https://www.fftelecoms.org/nos-travaux-et-champs-dactions/soutien-du-comite-strategique-de-filieres-infrastructures-numeriques-projets-innovants-lies-au-developpement-de-la-5g/#projet_engage_5g_and_beyond

Union européenne

Après avoir décidé d'accélérer l'adoption et la disponibilité de la 5G pour les entreprises²⁶, la Commission européenne vise une couverture de toutes les zones peuplées d'ici 2030²⁷. L'UE finance divers tests 5G à travers des programmes-cadres de recherche et d'innovation comme Horizon Europe. En mars 2021, plus de 200 essais étaient en cours dans 25 États membres ainsi qu'au Royaume-Uni²⁸.

Feuille de route 2014-2020 de l'UE pour la 5G



26 <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/5g-action-plan>

27 https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_en

28 <https://5gobservatory.eu/5g-trial/major-european-5g-trials-and-pilots/>

Bandes de fréquence : capacité, disponibilité et variation

La 5G fonctionne sur différentes bandes de fréquences radio dont l'usage est réglementé dans chaque pays. La directive (UE) 2018/1972 établissant le code des communications électroniques européen²⁹ a fixé à fin 2020 l'échéance d'attribution de la bande 5G au sein des États membres. Cependant, toutes les nations n'ont pas respecté ce calendrier. Les régulateurs nationaux distribuent ces bandes de fréquence aux ORM ou – notamment au Royaume-Uni, en Allemagne et en France – aux entreprises, le plus souvent via un système d'enchères. Pandémie oblige, l'attribution des licences pour les réseaux publics et les ORM a accusé un certain retard. Certains marchés, notamment les trois que nous venons d'évoquer, ont déjà entamé

ou achevé la mise en place d'un cadre réglementaire qui permet aux entreprises de se voir octroyer des bandes de fréquences pour l'exploitation de la 5G privée.

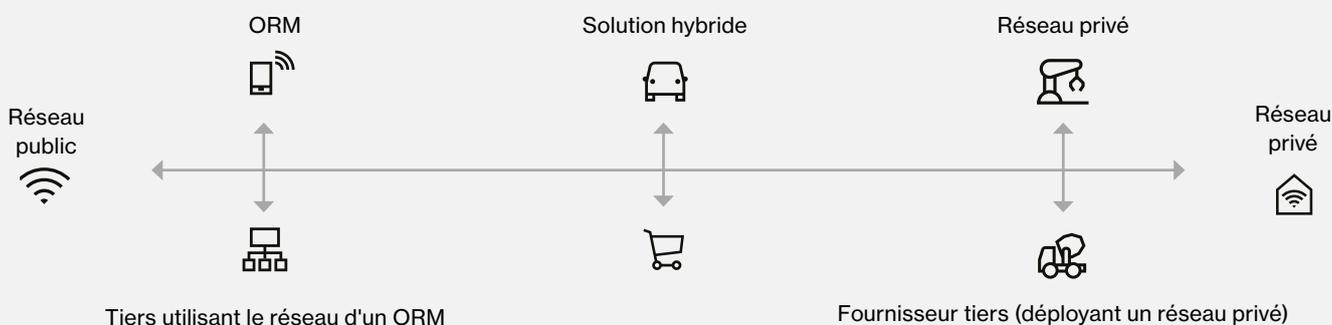
Edge computing

Nos entretiens auprès de dirigeants montrent un niveau de connaissance relativement faible de l'edge computing. Il semble en effet que le message des acteurs du secteur ne soit pas vraiment passé. Cela n'empêche pourtant pas de nombreux industriels européens d'envisager d'adopter cette technologie pour répondre à la croissance des volumes de données que génère l'Industrie 4.0. Cet engouement se reflète dans l'augmentation des investissements engagés par les fournisseurs de services cloud (p. ex. Amazon Web Services, Google Cloud Platform ou Microsoft Azure) à la périphérie du réseau. L'UE estime qu'il s'agit d'une réelle chance pour l'Europe. L'initiative

Next Generation Internet of Things (NGIoT)³¹, financée par l'Union, juge ainsi que l'edge computing « [...] ouvre la voie à de nouvelles applications, de nouvelles propositions de valeur ainsi qu'à une croissance durable, ce qui répond aux objectifs du Pacte vert pour l'Europe³² ».

L'UKRI (UK Research and Innovation) – l'organisme de financement de la recherche et de l'innovation britannique – soutient pour sa part plusieurs projets collaboratifs comme Intelligent Edge of Things³³ et Piccolo. Le premier vise au développement d'une architecture IoT Edge tri-niveau intelligente, tandis que le second se concentre sur les applications de l'edge computing et des services 5G dans les domaines de l'automobile et du traitement de données visuelles d'objets connectés (IoT)³⁴. En Europe, les gouvernements des États membres sont eux aussi actifs sur le front de l'edge computing : l'Allemagne a par exemple annoncé en juin 2020 le financement d'un programme de recherche dans ce domaine.

Business models potentiels pour le déploiement des réseaux sans fil, dont la 5G :



Source : Stratégie de gestion des bandes de fréquence d'Ofcom pour les années 2020³⁰

29 <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-europe-fit-for-the-digital-age/file-5g-action-plan>

30 https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0017/222173/spectrum-strategy-statement.pdf

31 <https://www.ngiot.eu/>

32 <https://www.ngiot.eu/report-iot-and-edge-computing-opportunities-for-europe/>

33 <https://gtr.ukri.org/projects?ref=106199#/tabOverview>

34 <https://gtr.ukri.org/projects?ref=106196>

05

Quelle est la place de la 5G privée dans l'innovation ?



Pour beaucoup, la 5G représente un catalyseur de nouvelles tendances et d'usages inédits dans des domaines comme les industries de pointe, le divertissement ou encore la santé, notamment avec des solutions AR/VR ainsi que la collaboration, la cocréation et le contrôle qualité à distance. Toutefois, les experts rappellent que ces technologies et applications ne sont guère nouvelles : elles n'ont simplement pas pu libérer leur potentiel, faute de connexion sans fil fiable, rapide et sécurisée. Les réseaux 5G privés peuvent lever tous ces freins à l'innovation.

La 5G privée a aussi un rôle essentiel à jouer pour accompagner les évolutions du monde du travail, notamment face à la généralisation du télétravail et à l'émergence de nouveaux business models induits par la pandémie de COVID-19. Les acteurs sectoriels voient donc dans la 5G un moyen de renforcer les opérations actuelles, tout en donnant naissance à des méthodes de travail novatrices ainsi qu'à de nouvelles propositions de valeur.

Réseaux 5G privés : état des lieux de l'innovation

Parmi les entreprises que nous avons consultées dans le cadre de cette étude, celles qui ont choisi de migrer vers la 5G et l'edge computing n'en sont pour la plupart qu'aux premiers stades de leur parcours. Cela se vérifie pour tout l'écosystème d'utilisateurs et d'intégrateurs : la majorité des structures en sont encore aux étapes de planification et d'idéation, tandis qu'une faible minorité d'entre elles ont commencé à tester et implémenter ces technologies.

Un rapport de la Global Mobile Suppliers Association (GSA)³⁵ sur l'utilisation des réseaux privés souligne qu'au moins 370 entreprises dans le monde sont en cours de déploiement d'infrastructures mobiles LTE (4G) ou 5G privées, ou ont tout du moins reçu une licence d'implémentation. À titre de comparaison, elles étaient au nombre de 311 en mai 2021. D'après la Dre Esmat Mirzamany, Responsable solutions 5G internationales chez Verizon, ce nombre ne cesse d'augmenter³⁶. Mathieu Lagrange, Directeur réseaux et sécurité de l'IRT français b<>com, estime lui aussi que « la demande de solutions de réseaux privés est très forte », et que le marché européen devrait connaître « une croissance annuelle d'environ 20 % jusqu'en 2030³⁷ ».

Les entreprises restent malgré tout relativement prudentes quant à l'implémentation de réseaux privés. Bon nombre d'applications n'ont pas encore dépassé les phases de la preuve de concept (PoC) ou de valeur (PoV), tandis que peu d'équipements ont quitté le stade de prototype. Or, les PoC et les PoV sont essentielles pour démontrer, respectivement, le fonctionnement et la viabilité économique d'un produit.



« Plus le nombre de PoV va augmenter, plus la valeur de la 5G deviendra évidente aux yeux des entreprises. Mais comme pour toute nouvelle technologie, il faudra du temps [aux réseaux 5G privés] pour atteindre leur pleine maturité commerciale. »

Dre Esmat Mirzamany, Responsable solutions 5G internationales, Verizon

³⁵ <https://gsacom.com/paper/private-mobile-networks-executive-summary-august-2021/>

³⁶ Entretien de Digital Catapult avec la Dre Esmat Mirzamany, Verizon

³⁷ <https://b-com.com/en/accelerate/do-you-really-need-this-private-5g-network>

Secteurs de la culture et de la création

À l'heure où les formes de consommation et de production du divertissement connaissent une mutation profonde, les industries créatives doivent jouer à fond la carte de l'innovation sur tous les fronts : distribution, production de contenu et expériences offertes à des clients toujours plus exigeants.

La 5G s'utilise de plus en plus en conjonction avec d'autres technologies novatrices, comme la réalité augmentée ou virtuelle. Ses avantages techniques, notamment sa latence ultra faible et sa haute capacité, peuvent donner vie à de nouvelles idées et applications dans les secteurs de la création et du divertissement, y compris les rencontres sportives, le jeu vidéo, le théâtre, la musique et l'audiovisuel.



« La 5G [privée] offre au monde des arts et de la culture l'opportunité de basculer facilement vers des expériences hybrides assurant le lien entre le monde physique et le numérique. »

Donna Close, Chargée de mission pour la culture numérique, Brighton Dome & Brighton Festival (BDBF)

Étude de cas : 5G Festival

Le 5G Festival est l'une des toutes premières rencontres du genre dédiées aux expériences hybrides et immersives pilotées par les réseaux sans fil de nouvelle génération. L'événement, qui a lieu dans le sud-est de l'Angleterre, met à la disposition des artistes des plateformes connectées, innovantes et fonctionnelles pour écrire, répéter et produire ensemble de la musique tout en abolissant les barrières géographiques. Le public découvre quant à lui de nouvelles façons d'interagir avec des concerts et représentations en live. Ce festival primé utilise un réseau 5G privé pour ses tests sur site et la 5G publique pour les expériences à domicile.

Le dernier 5G Festival a offert un cadre grandeur nature pour l'expérimentation de fonctionnalités 5G indispensables à la collaboration musicale à distance. Ces tests ont notamment permis de déterminer le seuil de latence audio tolérable pour les musiciens, ainsi que la façon dont la spatialisation audio (3D) – en lieu et place de la stéréo – peut favoriser la collaboration³⁸.

Un autre cas d'usage permettra aux salles de concert de contourner les restrictions capacitaires en diffusant le spectacle directement

dans les foyers, le tout avec un minimum d'équipement : une liaison point à point entre une équipe caméra déployée sur site et le studio de mixage en direct, d'où sera transmis le flux audiovisuel aux spectateurs.

Le festival s'inscrit dans le cadre du 5G Testbeds and Trials, un programme d'investissement à hauteur de 200 millions de livres lancé par le département du Numérique, de la Culture, des Médias et du Sport du Royaume-Uni. Le projet rassemble plusieurs partenaires dont Brighton Dome, Metropolis Studios, O2, Sonosphere, Digital Catapult, Audiotonix, BDBF, Warner Music Group, Mativision et Live From.



5G FESTIVAL

³⁸ <https://uk5g.org/discover/testbeds-and-trials/5g-festival/>

Gavin Newman, Directeur de marque du studio londonien d'enregistrement et de mixage Metropolis Studios, juge que le projet du 5G Festival « ouvre les yeux sur les atouts de la 5G [privée]... Ces réseaux permettront de garantir une performance, une communication et des workflows parfaitement transparents ». Gavin Newman évoque diverses applications, comme la collaboration et les répétitions à distance, soulignant qu'il s'agit d'une technologie « révolutionnaire pour l'industrie de la musique live et la communauté artistique dans son ensemble ». Ces usages devraient permettre au secteur de dégager

des économies, à la fois en termes de temps et de coût. « The Remotes » est un groupe formé spécialement pour les expérimentations conduites lors du 5G Festival.

Grâce à la faible latence et à la haute capacité de la 5G, ses musiciens ont pu jouer ensemble depuis des villes différentes grâce à des lunettes de réalité mixte du fabricant Nreal, ainsi qu'une captation vidéo à 360°. Les lunettes Nreal ont fourni une expérience pleinement immersive. Ces applications de la 5G « offrent un petit aperçu de ce que nous réserve l'avenir », conclut Newman³⁹.

La 5G, associée à l'IoT sous la forme de wearables, permet également au public d'interagir et de dialoguer avec les artistes en temps réel. Les spectateurs peuvent ainsi participer aux processus créatifs en devenant eux-mêmes acteurs de certains aspects de la représentation.

Dans le monde du sport, les clubs de football commencent eux aussi à explorer les nouvelles pistes qu'offrent les réseaux 5G privés : ces derniers pourraient améliorer l'expérience dans les stades en proposant de nouveaux modes d'engagement lors des rencontres sportives.

Étude de cas : 5G VISTA

5G VISTA (Video in Stadia Technical Architecture) est un projet collaboratif de R&D basé à Londres, en partie financé par le gouvernement britannique. Son ambition : offrir aux spectateurs des expériences vidéo de nouvelle génération via la diffusion de flux HD multi-angles et de contenus interactifs en live. Grâce au multi-access edge computing, ces images seraient transmises à la fois dans les stades, sur les appareils mobiles des supporters, ainsi que dans tout le Royaume-Uni.

Les acteurs du projet entendent démontrer la demande latente des consommateurs et la viabilité de la 5G pour les événements sportifs. Prévu pour février 2022, un test grandeur nature mobilisera la technologie 5G LTE feMBMS (further evolved Multimedia Broadcast Multicast Service). Pendant les matchs, le public pourra ainsi visionner des replays instantanés sur smartphone, tout en accédant aux images sous différentes prises de vue⁴⁰.



39 Entretien de Digital Catapult avec Gavin Newman, Metropolis Studios

40 <https://uk5g.org/discover/testbeds-and-trials/project-vista/>

Ports, aéroports et plateformes de transit

Les ports, aéroports et autres infrastructures de transport sont un domaine clé pour les opérateurs 5G et les fournisseurs de services. Ces hubs d'échange et de coordination à grande échelle drainent déjà de gros investissements dans les réseaux mobiles publics (intérieurs et extérieurs), le Wi-Fi et d'autres technologies sans fil⁴¹.

L'aéroport de Cologne-Bonn, en Allemagne, travaille par exemple à la mise en place d'un réseau 5G privé pour expérimenter des applications innovantes dans les domaines du contrôle aux frontières et de l'inspection des bagages, le but étant d'optimiser l'efficacité opérationnelle globale⁴². Pour ce projet, l'Agence fédérale des réseaux allemande lui a attribué une licence sur des fréquences comprises entre 3,7 GHz et 3,8 GHz.

Étude de cas : ABP Ports

ABP Ports, opérateur du port de Southampton au Royaume-Uni, collabore avec des partenaires industriels afin de sécuriser la connectivité dans certaines zones de son infrastructure. L'intégration de la 5G offrira :

- Une simplification des systèmes de connectivité
- Le renforcement de la sécurité et de la fiabilité des communications entre les terminaux
- Le développement de nouvelles opérations automatisées

La généralisation de l'IoT, de l'IA, du machine learning et du data analytics requiert la capacité d'un réseau 5G privé pour faire face à l'explosion des volumes de données générés et consommés. La 5G est donc appelée à soutenir la majeure partie des installations portuaires afin de donner l'impulsion à ces nouvelles technologies⁴³.

Industrie, logistique et construction

L'Allemagne, l'Italie, la France et le Royaume-Uni comptent parmi les dix plus grandes nations industrielles au monde⁴⁴. Toutefois, la compétitivité du secteur européen est challengée par d'autres régions, tant au niveau du volume de production que de l'adoption des technologies numériques, notamment la 5G.

L'industrie et la logistique occupent les avant-postes de l'innovation 5G (le secteur industriel étant celui qui expérimente le plus sur les réseaux privés de cinquième génération)⁴⁵. Les grands groupes multinationaux comme Ford et Volkswagen, pour l'automobile, BAE Systems, dans l'aéronautique, ainsi que le fabricant de câbles Prysmian Group, explorent différentes pistes d'optimisation opérationnelle autour de la 5G⁴⁶.

La faible latence de la 5G permet de déployer des fonctions automatisées à distance (cobots, véhicules autonomes, jumeaux numériques, maintenance prédictive, contrôle qualité et détection des anomalies, etc.) qui optimisent les processus de production. Côté efficacité, les résultats sont déjà au rendez-vous, comme le révèle un projet expérimental dirigé par Worcester Bosch, au Royaume-Uni, qui a conclu que la 5G privée générerait un gain de productivité pouvant atteindre 2 % sur certaines applications⁴⁷.



41 <https://stlpartners.com/research/airports-the-roles-of-5g-private-networks/>

42 <https://www.airport-technology.com/news/cologne-bonn-airport-ntt/>

43 <https://www.abports.co.uk/news-and-media/latest-news/2021/verizon-business-signs-its-first-european-private-5g-contract-with-associated-british-ports/>

44 Make UK, UK Manufacturing Facts 2020/21

45 <https://uk5g.org/attend/driving-smart-x-world-with-private-5g-networks/>

46 Entretiens de Digital Catapult auprès d'experts du secteur (été 2021)

47 <https://www.ericsson.com/en/cases/2020/the-5g-factory-of-the-future>

Étude de cas : 5G Factory of the Future

Dirigé par un consortium de partenaires industriels, universitaires et de PME – dont BAE Systems, IBM, le centre AMRC de l'université de Sheffield, Digital Catapult, aql, Miralis et MTT – le projet 5G Factory of the Future a pour vocation de tester la connectivité 5G à travers cinq cas d'usage majeurs de l'industrie. Le projet porte sur cinq différents volets :

- Monitoring temps réel (RTM) et contrôle en boucle fermée d'un processus machine permettant de contrôler l'entrée de variables et d'assurer le maintien de tolérances extrêmement réduites
- Monitoring de l'écosystème pour la reconfiguration des cellules d'assemblage de l'usine
- Conditionnement optimisé et surveillance de la chaîne logistique, pour améliorer la transparence et la passation des ressources numériques d'un projet (digital handover)
- Réalité virtuelle/augmentée pour l'assistance, la collaboration et l'inspection à distance
- Usage des technologies de jumeaux numériques pour créer une architecture de référence et permettre le mapping de scénarios – avec la possibilité de mises en situations réelles et d'analyses de données historiques pour prévoir les comportements, ou pour optimiser l'aménagement et les flux dans les ateliers

Ces expérimentations devraient permettre de réduire les temps d'arrêt de l'appareil productif, diminuer les besoins en infrastructure et produire un modèle de connectivité à terme⁴⁸.

Les études montrent que 76 % des industriels de quatre pays comptent adopter la 5G privée d'ici 2024⁴⁹. C'est par exemple le cas d'une usine allemande de Volkswagen, dont la ligne de production est actuellement dotée d'une flotte de VGA opérant en Wi-Fi. Le constructeur entend se tourner vers la production matricielle dans un avenir proche afin de gagner en flexibilité. Selon ce modèle, les véhicules en construction passeront uniquement par les postes requis pour leur configuration et l'installation des équipements, éliminant de fait toutes les étapes inutiles pour optimiser la productivité. Face à la complexité croissante de la production automobile, Volkswagen devra envisager certains concepts tels que le guidage centralisé dans le cloud pour piloter ses VGA. Dans cette optique, le groupe prévoit le déploiement d'un réseau 5G privé⁵⁰. Grâce à la latence réduite, les VGA circuleront bien plus vite, sans transiger sur la sécurité, et seront ainsi plus efficaces.

Les résultats de notre étude laissent à penser que l'industrie et la logistique devraient rester les grands primo-adoptants de la 5G. Ils vont donc continuer à apprendre, mettre de nouveaux cas d'usage en pratique et établir un cahier des charges technique type dont pourront bénéficier d'autres secteurs. Quant aux équipements et infrastructures industriels, ils devraient bientôt être équipés de fonctionnalités 5G en standard, que ce soit en interne ou pour interagir avec d'autres partenaires de la supply chain numérique.



« Dans les cinq à dix prochaines années, avec l'émergence des jumeaux numériques et des chaînes logistiques connectées, mais aussi la banalisation des appareils compatibles 5G, la question de la connectivité à ces nouveaux réseaux deviendra cruciale. »

Farooq Yaqub, Ingénieur innovation et responsable XR, Ford

48 <https://uk5g.org/discover/testbeds-and-trials/5g-factory-future/>

49 https://accedian.com/wp-content/uploads/2021/09/Accedian_Accelerating-Smart-Manufacturing-with_Analyst-Research.pdf

50 Entretien de Digital Catapult avec Niklas Ambrosy, Volkswagen DE

Le secteur de la construction et de l'environnement bâti, quoique traditionnellement plus lent à adopter les nouvelles technologies numériques, explore notamment comment l'association de la 5G privée et de l'edge computing peut renforcer le suivi et la connectivité à usage commercial dans des projets d'infrastructure comme les aéroports et les autoroutes. Les experts estiment que, compte tenu de leur très longue durée de vie, les bâtiments et les infrastructures doivent tenir compte des besoins à long terme.

Les chantiers se trouvent souvent dans des zones mal couvertes par le réseau, puisque l'infrastructure nécessaire est encore elle-même en construction. De par leur nature, ces sites font également l'objet d'une mutation rapide et drastique impliquant des changements fréquents de configuration réseau, ce que facilitent les solutions 5G privées. Ces environnements, qui représentent en quelque sorte des installations de production temporaires, nécessitent par ailleurs une faible latence pour un contrôle optimal. Les études montrent que l'edge computing peut aussi améliorer l'efficacité et la qualité de la gestion de la sécurité sur les chantiers de construction (CSM - Construction Safety Management)⁵¹.



Étude de cas : 5G et routes intelligentes

En Espagne, l'entreprise Ferrovial, spécialiste des services de mobilité et des infrastructures de transport, travaille au côté de partenaires internationaux comme Microsoft, 3M et Kapsch TrafficCom à l'élaboration d'AIVIA, une plateforme de routes intelligentes connectées au réseau 5G.

Lancée début 2021, cette initiative fait appel à la 5G privée et d'autres technologies pour la construction et l'exploitation des routes de demain. Ces voies de circulation formeront un maillon critique de l'infrastructure connectée nécessaire à la conduite de véhicules autonomes, tout en améliorant la sécurité routière globale des moyens de locomotion traditionnels. La 5G privée interviendra au niveau de la construction, tandis que la 5G publique sera proposée aux usagers de ces nouvelles « smart roads », avec à terme une réduction des embouteillages, un raccourcissement de la durée des trajets et une connexion 5G pour tous les usagers⁵².

Hôpitaux et services de santé

En milieu hospitalier, les réseaux 5G privés soutiennent de nouvelles applications et contribuent à l'optimisation de la collaboration et de l'automatisation. L'un des principaux avantages de la 5G privée réside dans la capacité des établissements de santé à déployer des réseaux mobiles sur site et à transmettre des informations sans passer par des infrastructures publiques, d'où une confidentialité accrue des données. Le débit, la faible latence et la bande passante élevée de la 5G privée (combinés à l'IA et à la réalité mixte) pourraient permettre des interventions chirurgicales de précision en temps réel, ainsi que le partage rapide de fichiers volumineux en vue d'améliorer les soins aux patients. Une étude récente⁵³ met l'accent sur trois applications possibles dans ce secteur :

- Télémétrie et formations chirurgicales en VR
- Transmission fiable et rapide de larges fichiers d'imagerie médicale
- Connectivité plus rapide et résiliente pour l'équipement hospitalier

51 https://www.itcon.org/papers/2020_25-ITcon-Chen.pdf

52 https://newsroom.ferrovial.com/en/press_releases/ferrovial-launches-aivia/

53 https://accedian.com/wp-content/uploads/2021/09/Accedian_5G-Brief_Healthcare.pdf

Étude de cas : Engage 5G & Beyond

Le gouvernement français, dans le cadre de son plan de relance post-pandémie, a financé le projet « Engage 5G & Beyond » mené par l'IRT b<>com – l'un des huit instituts de recherche technologique labellisés et soutenus par l'État. Son but est d'améliorer le suivi à distance des patients grâce au déploiement d'un réseau 5G privé au sein du CHU de Rennes⁵⁴. L'établissement compte ainsi renforcer son efficacité opérationnelle en permettant le partage de fichiers volumineux, la transmission des données patients directement jusqu'à leurs chambres, tout en libérant l'accès Wi-Fi pour les usagers. Au cours des trois prochaines années, Engage 5G & Beyond servira par ailleurs de socle d'expérimentation dans l'Industrie 4.0 et le secteur de l'énergie.



Au Royaume-Uni, la ville de Liverpool a mis en place un réseau 5G privé⁵⁵ en vue de réduire les coûts et de créer de nouvelles capacités pour les personnels de la santé et des services sociaux. Le King's College de Londres a quant à lui déployé une infrastructure 5G en combinaison avec des robots chirurgicaux pour montrer comment le transfert à distance des technologies haptiques, tactiles et audiovisuelles peut permettre aux médecins et aux chirurgiens d'établir un diagnostic, voire de réaliser une intervention sur un patient n'importe où dans le monde⁵⁶.

Autres cas d'usage : enseignement supérieur et grande distribution

Sur les campus, les réseaux 5G privés peuvent renforcer l'efficacité des opérations quotidiennes, améliorer la connectivité – pour les étudiants comme pour le corps enseignant – et favoriser l'exploration académique de la 5G.

Quant aux enseignes et aux lieux de loisir, ils testent actuellement les technologies mobiles de cinquième génération pour donner vie à de nouvelles formes d'interaction et étendre les capacités d'accès réseau. Les structures équipées de la 5G, comme The Square (Camberley, Royaume-Uni) et Tripla, en Finlande, collaborent avec des partenaires de la tech et de la recherche pour fournir des expériences « data-driven », proposer des offres innovantes et accompagner l'évolution des smart cities.



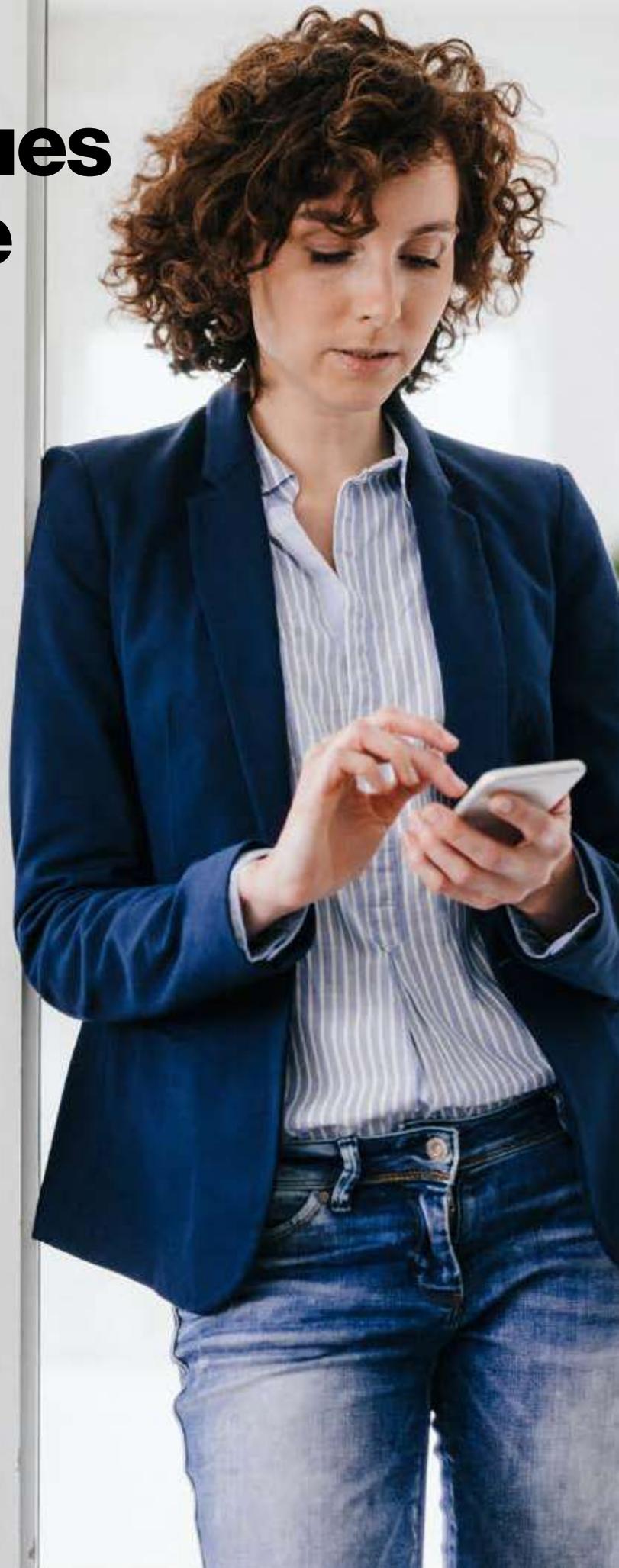
54 <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/presse/france-relance/france-relance-developper-des-applications-5g-dans-domaine-de-la-sante>

55 Liverpool 5G, un consortium rassemblant des prestataires de services médico-sociaux publics, le NHS (système de santé britannique), des chercheurs universitaires, des organisations du tiers-secteur, des PME locales ainsi qu'un opérateur 5G britannique.

56 <https://www.kcl.ac.uk/archive/news/informatics/newsrecords/king's-demonstrates-how-5g-technology-can-enable-mission-critical-services>

06

Problématiques d'adoption de la 5G



Les nouvelles technologies rencontrent souvent des difficultés dans leurs phases de démarrage, et la 5G privée comme l'edge computing n'échappent pas à la règle. Des problèmes d'intégration avec les réseaux existants au manque d'équipements compatibles, en passant par l'identification des usages pertinents en fonction de l'activité⁵⁷, les entreprises sont confrontées à de multiples enjeux.

Idées reçues

La complexité inhérente de la 5G favorise l'émergence d'idées reçues dues le plus souvent à un manque de connaissances.

La plus courante concerne la conviction selon laquelle la 5G et l'edge computing n'apporteraient aucun avantage réel par rapport au Wi-Fi et à d'autres méthodes de connectivité, ce qui est faux. Par exemple, les dernières évolutions des technologies LTE et Wi-Fi 6 offrent certes une capacité élevée, mais elles ne sont pas de taille à gérer les ressources radio aussi efficacement que la 5G. La 4G permet un découpage du réseau, mais pas sans une part importante de réplication d'éléments clé, et elle ne constitue pas non plus une solution complète de bout en bout. À l'autre extrémité du spectre, les experts interrogés pointent du doigt la démesure de certaines promesses marketing autour de la 5G. En effet, les mérites vantés de cette technologie émergente tendent parfois à tomber dans l'excès, au point de paraître trompeurs. Comme souvent, la vérité est à nuancer entre ces deux versants.

Écarts de connaissances et de compétences

Les professionnels que nous avons interrogés observent dans bien des cas que seule une partie des équipes – par exemple le département R&D ou les responsables du numérique, de l'automatisation et de l'innovation – maîtrise réellement les spécificités de la 5G privée. De fait, ces connaissances restent souvent cloisonnées en interne. D'après une étude Accedian, 68 % des industriels consultés dans quatre pays souhaiteraient externaliser la gestion des réseaux privés en raison de leur complexité⁵⁸. Pour élargir la base de connaissances interne de la 5G, les experts doivent en premier lieu partager leurs savoirs et bonnes pratiques au sein de leur entreprise.

La résistance des équipes de direction face aux propositions d'expérimentation de la 5G s'explique le plus souvent par un manque de connaissances : les décideurs hésitent car ils peinent à voir les retombées immédiates de cette technologie. Le business case doit donc démontrer les avantages de ces réseaux à l'échelle de l'organisation – et pas seulement pour la fonction IT. Pour convaincre les dirigeants, les experts interrogés estiment qu'il faut leur présenter des cas d'usage concrets et des bonnes pratiques éprouvées. Les acteurs de la 5G ont également un rôle essentiel à jouer dans cet effort de sensibilisation.



« La 5G est souvent présentée comme une panacée, une réponse à tout. Or, cette affirmation attise les attentes sans offrir de perspective précise sur le plan technique, économique ou technologique ».

Stefano Brandinali, Directeur du numérique, Prysmian Group (Italie)

57 <https://www.capgemini.com/gb-en/wp-content/uploads/sites/3/2021/06/Final-Web-Report-5G.pdf>

58 https://accedian.com/wp-content/uploads/2021/09/Accedian_Accelerating-Smart-Manufacturing-with_Analyst-Research.pdf

« La plus grande difficulté ne concerne pas l'implémentation de la technologie [5G] en soi, mais plutôt l'évolution des mentalités. Les gens doivent s'ouvrir au changement et accepter une certaine forme de risque, Mais le jeu en vaut la chandelle. »

Ingénieur senior chez un leader des services de stockage de données

Tout projet 5G digne de ce nom doit d'abord régler la question de la pénurie de connaissances internes, soit par la formation interne, soit par le recrutement de spécialistes. Certains secteurs, malgré un enthousiasme certain pour la technologie, sont en effet freinés par un manque de savoir-faire technique.

L'intérêt pour les réseaux 5G privés gagne du terrain dans le monde du divertissement. Les acteurs du secteur estiment que la technologie représente une évolution majeure vers de nouveaux modèles économiques au niveau des processus créatifs, que ce soit pour l'écriture, l'enregistrement et même de nouvelles formes artistiques. Toutefois, bien que la situation sanitaire ait incité les entreprises à se pencher sur la question de la 5G, celles-ci n'ont pas eu l'occasion d'expérimenter concrètement ce standard nouvelle génération.

Une enquête menée par Capgemini Research Institute⁵⁹ souligne en outre que les utilisateurs de réseaux 5G privés manquent encore des compétences nécessaires pour acquérir l'infrastructure et les solutions adaptées à leur secteur

d'activité. Cette absence d'expertise interne, couplée à une forme de frilosité – qui serait prédominante en Europe –, laisse peu de place aux expérimentations 5G pourtant indispensables.

Des études indiquent que les salariés sont globalement motivés à l'idée d'acquérir ces compétences, mais que les équipes de direction ont du mal à trouver des programmes de formation suffisamment qualitatifs et adaptés à leurs enjeux. Pour les structures peu enclines à recruter, tout l'enjeu consiste à bien former leurs collaborateurs et à leur inculquer des connaissances pratiques. Dans des industries spécialisées à très forte composante technologique, certaines équipes maîtrisent déjà les savoir-faire nécessaires à l'utilisation et l'implémentation de la 5G. Cependant, le besoin d'intervenants externes perdure en ce qui concerne la formation des autres départements. Une bonne solution consiste à chercher des recommandations auprès de pairs de confiance, et à encourager la montée en compétences permanente des collaborateurs en formation.



⁵⁹ <https://www.capgemini.com/gb-en/wp-content/uploads/sites/3/2021/06/Final-Web-Report-5G.pdf>

Manque d'informations

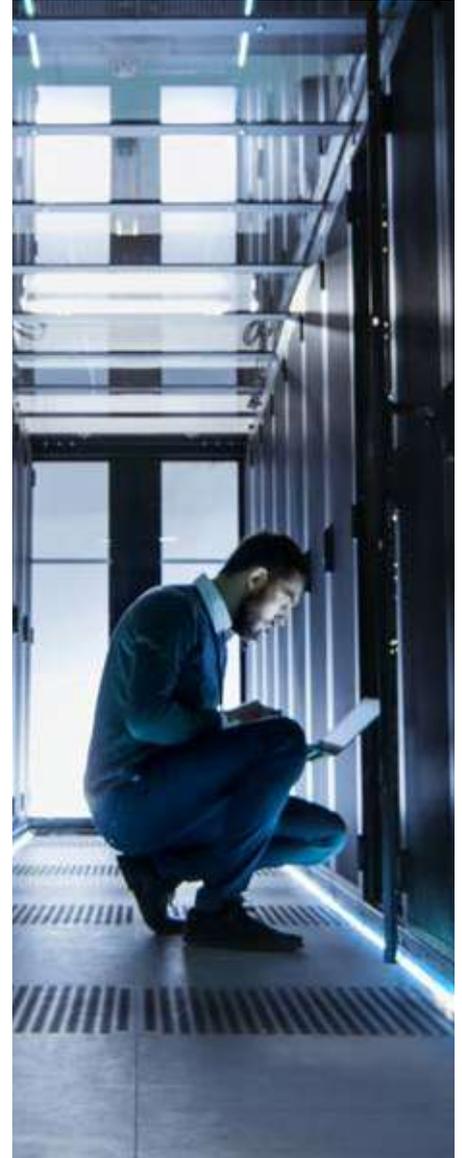
Les experts interrogés rapportent une insuffisance de ressources informatives sur les cas d'usage et les bonnes pratiques de la 5G privée. Étant donné que nous n'en sommes encore qu'au stade de la primo-adoption, la transmission de savoirs et d'information se fait le plus souvent par l'intermédiaire de conférences, de salons et de forums spécialisés comme celui de la 5G-ACIA⁶⁰. Toutefois, certains professionnels font également état d'une certaine dépendance aux informations fournies par les fabricants d'équipements.

Pour faciliter le partage de connaissances, les entreprises ont tout intérêt à s'impliquer dans des projets collaboratifs de recherche et de développement, à dialoguer avec leurs homologues, à étudier les résultats d'essais concluants et à collaborer avec les opérateurs réseau. Les pouvoirs publics, les agences nationales d'innovation (comme UK Research & Innovation) et les organismes de recherche, développement et innovation (Digital Catapult au R.-U., les instituts Carnot en France ou Fraunhofer en Allemagne, par exemple) ont un rôle essentiel à jouer en appuyant ces initiatives et en accompagnant les preuves de concept (PoC) visant à démontrer la rentabilité de la 5G.



« Nous ne pouvons toujours pas intégrer officiellement la 5G privée dans notre budget ou nos usages dans la mesure où nous n'en maîtrisons pas tout à fait les aspects, sans parler de l'absence de grilles tarifaires pour comprendre le coût du transfert de données sur site. La situation serait différente si nous pouvions nous appuyer sur un plus grand nombre d'études et ressources académiques présentant les cas d'usages, les bonnes pratiques et les workflows propres à la technologie. »

Tomasz Witkowski, Directeur des technologies et de l'ingénierie, Twickenham Film Studios



⁶⁰ <https://5g-acia.org>



Coût et retour sur investissement

Le succès d'une technologie repose sur plusieurs facteurs comme l'adhésion du public, les démonstrations de sa viabilité et une compréhension claire du retour sur investissement (RSI). Pour l'heure et d'après les observations, les primo-adoptants de la 5G industrielle sont pour la plupart de grands groupes multinationaux, les structures de plus petite taille devant débuter leurs expérimentations d'ici environ trois ans, d'après les estimations.

La rentabilité de la 5G passe par une planification minutieuse des essais et des déploiements pour chaque cas d'usage spécifique. Comme l'a souligné Chris White, Responsable de l'électrification des véhicules chez Ford Europe, à l'occasion du

dernier Private Networks Forum (en mai 2021)⁶¹ : « [...] il existe un argument économique pour tout ce que [la 5G privée] permet de réaliser en entreprise, que ce soit l'Industrie 4.0, la réalité augmentée ou la maintenance prédictive via des capteurs connectés. Mais l'implémentation de la technologie ne se suffit pas à elle seule : le retour sur investissement dépend d'une planification rigoureuse en amont⁶². » En d'autres termes, avant de raisonner en termes de délai d'amortissement de leur réseau 5G, les entreprises doivent d'abord veiller à en définir précisément les usages.

La 5G ne pourra réellement exprimer toutes ses possibilités que si elle fonctionne en synergie avec d'autres technologies. Or, pour les entreprises souhaitant franchir le pas, déployer plusieurs technologies à la fois peut paraître trop risqué en l'absence d'éléments suffisamment probants.

Pour justifier l'investissement, les études suggèrent d'expérimenter les réseaux 5G privés autour de plusieurs cas d'usage. Pour ce faire, les fournisseurs de services doivent collaborer avec l'ensemble des équipes pour faire le point sur les usages potentiels, obtenir le feu vert des dirigeants et veiller à impliquer les responsables de la modernisation de l'infrastructure IT/réseau dès le début des discussions⁶³.

Pour être plus convaincant, l'argumentaire doit mettre en avant les avantages en matière de flexibilité : il ne faut pas se limiter aux cas d'usage actuels mais plutôt se projeter sur les enjeux de demain et d'après-demain, lorsque la 5G devra sous-tendre des services qui n'existent pas encore. Les experts rappellent enfin que si la 5G publique a un avantage coût, celui-ci s'opère au détriment du contrôle et de la flexibilité.

61 <https://www.privatenetworksforum.com/home>

62 <https://enterpriseiotinsights.com/20210525/channels/news/enterprises-dont-understand-the-tech-or-the-business-case-ford-on-what-to-fix-with-private-5g>

63 https://accedian.com/wp-content/uploads/2021/09/Accedian_Accelerating-Smart-Manufacturing-with_Analyst-Research.pdf

Rareté des études de cas

De plus en plus de cas d'usages industriels de la 5G font actuellement surface : contrôle et inspection à distance des machines, VGA et robots autonomes, formation industrielle, jumeaux numériques, collaboration en réalité augmentée/virtuelle, etc.⁶⁴ Cependant, ces applications restent encore relativement confidentielles.

La rareté des études de cas connues constitue un frein à l'expérimentation de la 5G. Il est donc nécessaire d'identifier et de documenter les cas d'usage existants afin de partager les connaissances entre les acteurs de l'industrie et de la recherche.

Certaines entreprises sont convaincues que la 5G permettra d'introduire de nouveaux produits, services et modèles économiques, avec à la clé une augmentation du chiffre d'affaires qui fera plus que justifier l'investissement initial. Les avis et analyses recueillis dans le cadre du présent rapport suggèrent que, pour donner de l'élan à ce marché, les fournisseurs de technologies et les opérateurs doivent définir clairement les cas d'usage de la 5G et en estimer le RSI. Des opportunités d'expérimentation existent, dès lors que les entreprises se rapprocheront des fournisseurs.

Écosystème et interopérabilité limités

Les nouvelles technologies sont par nature confrontées à des problématiques de disponibilité, d'interopérabilité et de compatibilité des équipements et de l'infrastructure. Pour ce qui concerne la 5G, la faiblesse actuelle du parc d'appareils compatibles n'est que temporaire et devrait disparaître à mesure que la 5G gagnera en maturité⁶⁵. Les experts observent que, malgré la commercialisation de smartphones et de routeurs haut-débit « 5G-ready » pour le grand public, les produits réservés à un usage industriel et professionnel se font quant à eux plus rares sur le marché.

On se retrouve donc dans un scénario de la poule et de l'œuf : pourquoi une entreprise investirait-elle dans la 5G si le matériel n'est pas encore prêt ? D'autres observateurs soulignent le besoin de rétrocompatibilité avec la 4G, ce qui pourrait toutefois soulever des risques de sécurité⁶⁶.

De même, l'interopérabilité des équipements tournant sous différents OS est un élément que les constructeurs et les intégrateurs système doivent prendre en compte. Pour débloquer le potentiel industriel, l'architecture de services des équipements 5G doit s'intégrer parfaitement aux outils d'ancienne génération. Plusieurs acteurs de l'écosystème 5G planchent déjà sur la question.



64 <https://www.capgemini.com/gb-en/wp-content/uploads/sites/3/2021/06/Final-Web-Report-5G.pdf> & interview/workshop findings

65 <https://www.capgemini.com/gb-en/wp-content/uploads/sites/3/2021/06/Final-Web-Report-5G.pdf>

66 <https://www.electropages.com/blog/2020/10/vulnerability-old-tech-how-5g-may-face-problems>

Standards et écarts réglementaires

Bien que les réseaux mobiles de cinquième génération reposent sur des normes internationales, les pays n'adoptent pas forcément la même approche de la 5G et de l'edge computing : il n'existe encore aucun cadre réglementaire à l'échelle européenne et l'attribution des fréquences a été retardée. Le développement de standards a de plus été fortement ralenti en raison de la pandémie. Toutes ces variables compliquent l'équation pour les entreprises. L'un des experts interrogés estime que : « [...] étant donné que la plupart des initiatives 5G n'en sont qu'au stade de prototypes

d'équipement, les estimations financières ne sont pas en mesure d'évaluer le coût total de possession à terme, de nombreuses spécifications standard devant encore être implémentées ».

Les « releases », c'est-à-dire les moutures successives de la 5G, sèment aussi le trouble dans les industries souhaitant adopter la technologie. Le 3GPP – l'organisme en charge de la création de normes de communication mobile – utilise un système de releases parallèles qui offre aux développeurs une plateforme stable pour l'implémentation de nouvelles fonctionnalités⁶⁷. Les quatre versions déjà annoncées pour la 5G sont les releases 15, 16, 17 et 18 (le 3GPP est susceptible d'en ajouter à mesure que les besoins évoluent).

Différentes définitions

Un autre problème rapporté par les experts concerne les définitions divergentes de la technologie. Par exemple, toutes les entreprises n'accordent pas le même sens au terme « edge computing », ce qui affecte l'importance d'un réseau 5G privé selon la solution envisagée.

Lorsque l'edge computing se situe à l'échelle du cloud et requiert une très faible latence, la 5G est de fait nécessaire. En revanche, si le calcul s'effectue au niveau de l'équipement, un réseau 5G privé n'a pas forcément d'utilité – sauf si le système implique de larges transferts de données depuis cet appareil vers une machine virtuelle et un cloud qui soient centraux. Dans certains cas d'usage spécifiques, la 5G privée s'impose toutefois comme une évidence : par exemple, si une entreprise traite les données de ses capteurs IoT par IA/ML en périphérie (sans passer par le cloud), la 5G privée permettra d'envoyer des réponses en temps quasi réel.



⁶⁷ <https://www.3gpp.org/specifications/67-releases>

Impact du COVID-19 sur la 5G et l'innovation digitale

La pandémie a bouleversé tous les pans de la société. Lorsque les entreprises ont basculé dans l'urgence vers le télétravail, le numérique et les nouvelles technologies – comme la 5G – sont devenus un enjeu encore plus fondamental pour répondre aux nouveaux besoins de l'infrastructure IT.

Les participants à notre étude rapportent des effets aussi bien positifs que négatifs sur les implémentations 5G. La crise a par exemple accéléré l'adoption des nouvelles technologies dans le milieu de la culture, dont les acteurs ont dû imaginer de nouvelles méthodes d'interaction avec le public. Si le secteur avait jusque-là fait preuve d'une certaine lenteur à s'approprier le concept des expériences virtuelles, les réseaux 5G privés ont permis à Brighton Dome & Brighton Festival (BDBF) et à d'autres de se rapprocher de l'immédiateté et de l'immersion propres aux événements en présentiel. Le COVID-19 a poussé les salles de spectacle à explorer des modes inédits de cocréation et de collaboration entre artistes – à l'image du projet 5G Festival (voir l'étude de cas plus haut). BDBF voit dans le 5G Festival un véritable « moteur d'innovation⁶⁸ ».

La pandémie a également boosté les initiatives technologiques du service public. En Italie, par exemple, le plan national de

relance et de résilience (PNRR)⁶⁹ est largement axé sur les questions de transition énergétique et d'infrastructures. La crise sanitaire a par ailleurs permis au concept de « smart villages » de faire ses preuves, après être longtemps resté au simple stade de théorie. À l'avenir, il devrait permettre d'expérimenter les réseaux 5G privés dans d'anciennes « zones blanches » et autres territoires autrefois considérés comme les parents pauvres du progrès technologique⁷⁰.

D'un autre côté, le COVID-19 a impacté négativement la 5G en ralentissant le développement des standards – notamment le lancement de la release 16⁷¹ – ainsi que la mise aux enchères des fréquences à travers le monde. Plus généralement, la pression économique et financière a réduit les investissements dans le domaine de l'innovation⁷².



« La plupart des salles ont une capacité d'accueil limitée. Les réseaux 5G privés pourraient transporter les événements hors de l'enceinte du bâtiment, que ce soit à domicile ou même sur le trajet vers le lieu du spectacle. Cette technologie a les moyens d'enrichir l'expérience sans impliquer nécessairement la présence physique du public dans un même lieu. »

Stephen Hilton, Fondateur et directeur, City Global Futures Ltd et membre du Digital Futures Institute de l'université de Bristol

68 Entretien de Digital Catapult avec Donna Close, BDBF

69 <https://www.mef.gov.it/en/focus/The-National-Recovery-and-Resilience-Plan-NRRP/>

70 Entretien de Digital Catapult avec Stefano Brandinali, Directeur du numérique, Prysmian Group

71. La release 16 apporte des fonctionnalités clés comme l'architecture NPN (Non-Public Network), l'amélioration des services pour l'IoT et les applications TSN (Time-Sensitive Networking) (p. ex. dans l'automatisation industrielle) et l'IoT mobile sur la 5G.

72 <https://www.capgemini.com/gb-en/wp-content/uploads/sites/3/2021/06/Final-Web-Report-5G.pdf>

07

Conclusions



Même si leurs bénéfices immédiats ne doivent pas être surestimés, les réseaux 5G privés et l'edge computing ont beaucoup à offrir aux utilisateurs européens. Ensemble, ces deux technologies aident à optimiser les opérations, faciliter l'innovation et créer de nouvelles propositions de valeur. Mais alors que l'architecture privée suscite déjà l'intérêt des primo-adoptants de la 5G, son association à l'edge computing n'est pas toujours perçue comme une évidence. Pourtant, les deux solutions sont parfaitement complémentaires, notamment dans la planification des infrastructures du futur.

L'une des forces de l'Europe réside dans ses marchés verticaux. L'écosystème industriel est idéalement positionné pour favoriser l'innovation 5G, et les entreprises peuvent dès à présent engager les mesures nécessaires pour en concrétiser tout le potentiel.

Rappel des avantages clés

Fonctionnalités d'un réseau privé d'entreprise

- **Maîtrise totale du réseau** : un réseau 4G/5G privé peut être configuré selon les besoins spécifiques de l'entreprise et son contrôle est assuré directement par le propriétaire.
- **Confidentialité et sécurité accrues** : un propriétaire/opérateur de réseau 5G gère son propre programme de sécurité, y compris la configuration, les processus et procédures.
- **Réseau taillé sur mesure** : la capacité à configurer un réseau selon les exigences précises d'une entreprise est un atout dont les infrastructures publiques ne peuvent se prévaloir.



Fonctionnalités technologiques de la 5G

- **Faible latence** : la réduction de la latence, recherchée dans la grande majorité des cas d'usage, raccourcit le délai de réponse sur des opérations critiques et non critiques.
- **Fiabilité** : les réseaux 5G offrent des services plus fiables que les autres formes de connectivité.
- **Découpage réseau** : Un réseau de communication physique peut être divisé en plusieurs réseaux virtuels personnalisés, pour plus de flexibilité et un meilleur RSI.
- **Fréquence dédiée et libre de toute interférence** : La 5G privée garantit un niveau de débit et de contrôle supérieur pour les entreprises.
- **Mobilité complète** : Les ressources connectées peuvent se déplacer dans de larges zones, tout en bénéficiant d'une connectivité parfaite et d'un niveau de performance homogène.

Migration 5G : les points clés à considérer

La 5G et l'edge computing n'en sont qu'à leurs premiers balbutiements. Aussi, certaines pièces du puzzle restent encore à mettre en place. Comme pour tout marché émergent, la disponibilité totale des produits n'interviendra pas du jour au lendemain. Cependant, l'écosystème évolue rapidement.

Les études de cas présentées dans ce rapport montrent que les projets expérimentaux sont possibles dès à présent. Les entreprises ont donc tout intérêt à prendre dès maintenant le bon wagon et à se familiariser le plus tôt possible avec les solutions 5G/edge computing.

Voici les points fondamentaux à considérer en amont :



Planification et cas d'usage

Pour réaliser pleinement leur potentiel, la 5G privée et l'edge computing doivent s'appliquer à des problématiques et des perspectives industrielles concrètes. En d'autres termes, l'investissement technologique doit reposer sur un but précis. Le problème, jusqu'à présent, était que les entreprises manquaient de preuves tangibles de la valeur de la 5G. Aujourd'hui, les cas d'usage se multiplient, offrant des points de référence précieux à ceux qui planchent sur une éventuelle expérimentation.

En s'inscrivant dans une perspective plus large que leur seul secteur d'activité, les entreprises peuvent s'inspirer des différents usages et partager à leur tour leurs activités innovantes. Les efforts doivent s'articuler autour des enjeux métiers spécifiques que la 5G permettra de résoudre, avec un plan et un cas d'usage précis sur lesquels axer leur expérimentation. Déterminez les fonctionnalités 5G/MEC susceptibles de faire la différence dans votre entreprise, puis planifiez minutieusement votre projet autour des impératifs de coûts, de financement et de RSI.

Élaboration du business case et RSI

La rentabilisation des investissements 5G peut prendre du temps, mais pour beaucoup, c'est un passage obligé vers un avenir tout acquis à la data. La 5G requiert une perspective de long terme du RSI, en tenant compte d'un large éventail d'avantages potentiels. Cette technologie, plus que les autres, implique d'évaluer l'équilibre entre, d'un côté, les coûts initiaux des équipements, de la formation et de l'exploitation et, de l'autre, les bénéfices au long cours d'une infrastructure parée pour les grands enjeux du futur. Les études montrent que les primo-adoptants sont en majorité de grands groupes qui disposent du capital et

des compétences pour tester les conditions, les configurations et la structure opérationnelle nécessaires à une matérialisation des avantages de la 5G.

Il est possible d'atténuer l'investissement initial en intégrant les composants requis au sein de l'infrastructure IT et réseau existante. Généralement, il n'est pas nécessaire d'opérer une refonte immédiate de l'infrastructure de communication. Les projets de recherche et développement collaboratifs, les aides publiques et l'autofinancement offrent plusieurs avenues aux entreprises qui explorent des pistes de financement pour l'expérimentation et l'adoption de la 5G privée. Ces dernières devront également veiller à ne pas limiter le calcul de la valeur créée à des seuls critères d'efficacité, mais aussi l'étendre à des facteurs moins tangibles comme la satisfaction client, l'image de marque et l'amélioration du contrôle qualité. En plus des économies immédiates telles que la réduction des dépenses énergétiques, il faut aussi tenir compte des gains à long terme (éviter d'amendes, de rappels de produits, etc.) et miser sur l'innovation pour attirer et conserver les meilleurs talents.

Faut-il investir dès maintenant ou attendre ?

L'utilisation de la 5G et de l'edge computing n'est pas encore généralisée. Les primo-adoptants peinent souvent à trouver des applications concrètes qui soient à la fois utiles et en phase avec leur propre situation.

En réalité, le nombre de cas d'usage ne cesse d'augmenter. Les résultats de notre étude laissent à penser que l'industrie et la logistique devraient rester les grands primo-adoptants de la 5G. Ils vont donc continuer à apprendre, mettre de nouveaux cas d'usage en pratique et établir un cahier des charges technique type dont pourront bénéficier d'autres secteurs.

Pour se former et élargir leur champ de vision, les entreprises doivent multiplier leurs sources (recherche universitaire, organisations à but non lucratif, pouvoirs publics, forums et salons), y compris hors de leur secteur d'activité. Les hackathons et le rapprochement avec le monde de la recherche offrent aussi l'avantage d'interagir avec l'écosystème 5G et les innovateurs qui développent des solutions pour le marché. Pour mettre toutes les chances de leur côté, les utilisateurs professionnels des réseaux 5G doivent se tenir informés des derniers essais et des expériences concrètes. La participation à des conférences ainsi qu'à des projets de recherche collaboratifs est particulièrement intéressante. Les entreprises doivent aussi comparer les risques d'une expérimentation précoce à ceux – beaucoup plus conséquents – d'avoir toujours un train de retard sur les primo-adoptants. Ceci est d'autant plus vrai si l'on prend en considération

les phases d'expérimentation nécessaires à la maîtrise d'une nouvelle technologie, afin d'en concrétiser tous les avantages et d'en imaginer toutes les possibilités.

Partage de connaissances et de modèles 5G

Alors que les entreprises sont de plus en plus nombreuses à déployer des réseaux 5G et l'edge computing, les primo-adoptants peuvent partager leurs retours d'expérience avec l'ensemble de leur secteur. Des feuilles de route de la 5G peuvent ainsi être tracées pour créer un modèle d'adoption au sein de certains marchés verticaux.

Les primo-adoptants sont toujours encouragés à partager leurs connaissances. Les modèles destinés aux marchés verticaux peuvent inclure des exigences en matière d'infrastructure, des solutions

pour garantir l'interopérabilité et la compatibilité entre les équipements connectés, ainsi que le développement de normes et de réglementations sectorielles ou génériques. Cette démarche peut venir étayer le business case et les prévisions de RSI.

S'inscrire dans une optique d'innovation

Les innovations technologiques sont parfois risquées, mais elles présentent des avantages certains et pérennisent l'infrastructure. Les professionnels que nous avons interrogés estiment que l'aversion au risque peut freiner le progrès. Les entreprises commencent à prendre réellement conscience de la valeur des données qu'elles recueillent mais n'utilisent pas de manière active. L'adoption de la 5G leur permettra de franchir une nouvelle étape dans le déploiement de l'IoT, notamment en utilisant les données récoltées pour la création de jumeaux numériques.



Pour actionner tous les leviers de la croissance, l'innovation requiert à la fois de l'audace et de l'ouverture d'esprit. Si la prudence doit toujours être de mise, veillez toutefois à ne pas fermer la porte au progrès et à la compétitivité de votre entreprise.

Remerciements et annexe

Remerciements

Le présent rapport a été rédigé par Digital Catapult pour Verizon Business.

Nous remercions les dirigeants qui ont accepté de répondre à nos questions :

- **Tomasz Witkowski**, Directeur des technologies et de l'ingénierie, Twickenham Film Studios (R.-U.)
- **Gavin Newman**, Directeur de marque, Metropolis Studios (R.-U.)
- **Donna Close**, Chargée de mission pour la culture numérique, Brighton Dome & Brighton Festival (R.-U.)
- **Farooq Yaqub**, Ingénieur innovation et responsable XR, Ford (R.-U.)
- **Stephen Hilton**, Fondateur et directeur, City Global Futures Ltd et membre du Digital Futures Institute de l'université de Bristol (R.-U.)
- **Paul Adams**, Directeur marketing, Nokia (R.-U.)
- **Esmat Mirzamany**, Responsable solutions 5G internationales, Verizon Business (R.-U.)
- **Oliver Swift**, Chef d'équipe, Technology Capability Delivery, BAE Systems AIR (R.-U.)
- **Adrian Talbot**, Directeur, Centre of Excellence for Mobility & Digital Infrastructure, Ferrovial (R.-U./Espagne)
- **Xavier Riley**, SVP, Stratégie numérique et innovation, Standard Industries (R.-U./É.-U.)
- **Stefano Brandinali**, Directeur du numérique (CDO), Prysmian Group (Italie)
- **Niklas Ambrosy**, Volkswagen & 5G ACIA (Allemagne)
- **Petar Popovski**, Professeur en communications sans fil, université d'Aalborg (Danemark)

Attribution des fréquences privées au R.-U. et dans l'UE

Le Royaume-Uni, l'Allemagne et la France font partie des rares pays à octroyer une partie des fréquences à des entreprises privées sans systématiquement impliquer les opérateurs de réseaux mobiles.

Royaume-Uni

Le régulateur national, Ofcom, a introduit deux nouveaux mécanismes pour l'accès localisé aux bandes de fréquence de la technologie mobile : les licences en accès partagé (Shared Access) ou local (Local Access).

Les entreprises peuvent solliciter l'accès partagé dans certaines localisations, sur la base du premier arrivé, premier servi. Voici les bandes déjà attribuées :

- Bande 1 800 MHz : 1 781,7 à 1 785 MHz et 1 876,7 à 1 880 MHz
- Bande 2 300 MHz : 2 390 à 2 400 MHz
- Bande 3 800 à 4 200 MHz
- Bande 24,25 à 26,5 GHz (seulement disponible pour les licences de faible puissance exploitées en intérieur)

Ofcom estime que la bande 24,25 à 26,5 GHz sera adaptée aux utilisateurs industriels et professionnels souhaitant déployer leurs propres réseaux privés. L'autorité régulatrice juge en outre que la bande 3,8 à 4,2 GHz permettra d'implémenter la 5G dans les réseaux industriels privés. Elle en interdit donc l'usage aux opérateurs mobiles, qui bénéficient à la place de la bande 3,6 à 3,8 GHz⁷³.

Les licences Local Access permettent d'accéder à des fréquences déjà octroyées aux opérateurs de réseau mobile (ORM), mais qui ne sont pas appelées à être exploitées dans une zone donnée au cours des trois prochaines années⁷⁴.

Pour atteindre ses objectifs, Ofcom s'est engagée à rendre les fréquences disponibles sous différentes conditions, en proposant notamment des licences spécifiques pour l'innovation et l'expérimentation (à l'image du programme 5GTT).

Allemagne

Bundesnetzagentur (BNetzA), le régulateur, a réservé aux entreprises privées une plage de 100 MHz dans la bande des 3 700 MHz à 3 800 MHz. Les Allemands parlent de « lokale Netze » pour désigner ces campus ou réseaux locaux. En octobre 2021, l'autorité avait déjà attribué des fréquences 5G locales à 158 entreprises appartenant à différents secteurs et marchés verticaux – des universités aux industriels, en passant par les services publics et les grands cabinets de conseil – comme Accenture, Airbus, Audi et BMW. Cette démarche doit ainsi permettre aux entreprises d'exploiter des réseaux 5G sur site, à condition de pouvoir démontrer que la fréquence est utilisée pour des cas d'usage spécifiques, qui seraient impossibles sans cette technologie. L'Allemagne est l'un des seuls pays où le régulateur publie les chiffres des demandes et octrois de licences⁷⁵.

France

L'autorité de régulation française, l'ARCEP, a attribué une partie des fréquences 5G à des fins expérimentales (industrie du futur, mobilité connectée, IoT, smart cities,

jeux vidéo, etc.). Les bandes de fréquences sont proposées aux entreprises depuis un guichet en ligne lancé en mai 2019. En février 2020, l'opérateur aéroportuaire ADP Group et sa filiale HubOne ont reçu une licence 4G et 5G valable pour dix ans, dont Air France bénéficie également. EDF possède quant à elle une licence de 10 ans pour la centrale nucléaire du Blayais. À Rouen, le spécialiste du transport TransDev s'est vu attribué une fréquence pour une période de quatre ans (2020-2024).

Union européenne

Au côté des États membres, la Commission élabore la politique d'attribution à l'échelle de l'Union européenne et en coordonne l'harmonisation ainsi que l'implémentation pour soutenir l'innovation. Cette régulation vise trois principaux objectifs :

- Harmoniser l'utilisation du spectre radio
- Rendre sa répartition plus efficace
- Mieux informer au sujet des usages actuels et futurs, ainsi que sur la disponibilité des fréquences

Les États membres coordonnent l'utilisation du spectre radio en implémentant les décisions de la Commission au niveau national. La dernière d'entre elles, adoptée en juin 2021, concerne le Wi-Fi et l'utilisation harmonisée de la bande 6 GHz pour les réseaux sans fil au sein de l'Union.

73 https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

74 https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0017/222173/spectrum-strategy-statement.pdf

75 https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber3,7GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=14

Les releases 5G du 3GPP

Chaque nouvelle release inclut une liste des fonctionnalités définies, développées et approuvées par le 3GPP. Une fois validées (ou « gelées »), les spécifications sont finales et ne peuvent plus être modifiées.

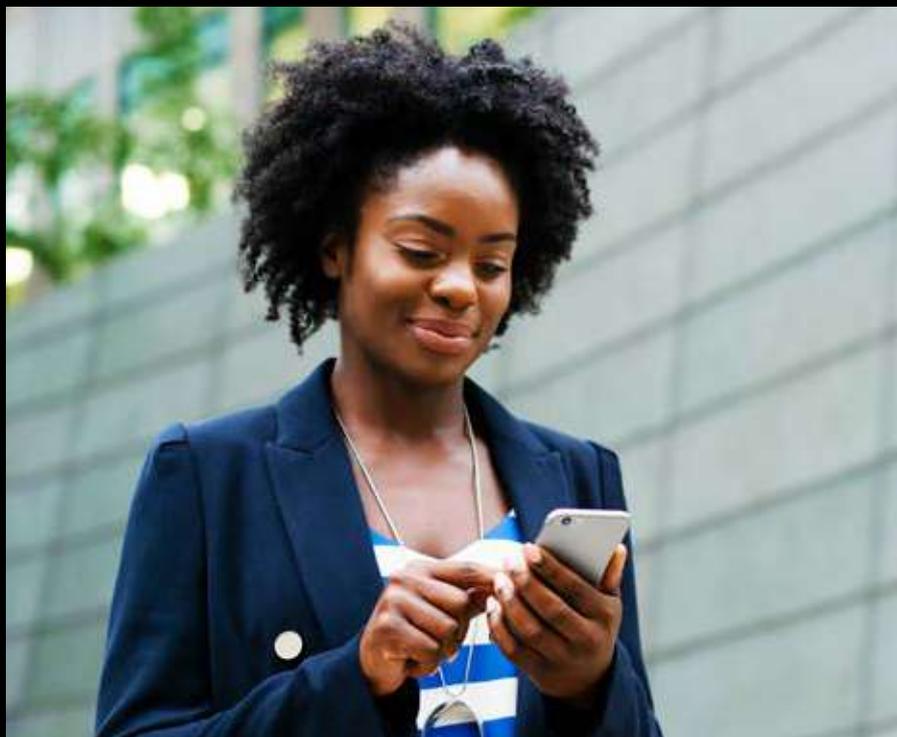
- **La release 15** (approuvée en mars 2017) est le premier ensemble complet de normes 5G. Il s'agit de la spécification la plus utilisée actuellement. La release 15 peut sembler limitée, mais elle suffit amplement aux premières initiatives d'expérimentation. Elle inclut une augmentation de la vitesse et de la capacité, ainsi que le haut débit mobile, ce qui permet d'exploiter des fonctionnalités plus avancées comme la multiplicité de l'input et de l'output. Les releases ultérieures offrent des fonctions tournées principalement vers les déploiements professionnels. Toutefois, l'attente de leur publication réduit les avantages par rapport aux primo-adoptants.
- **La release 16** (approuvée en juin 2018) a surtout été adoptée par des marchés verticaux comme les réseaux non terrestres (NTN), les communications V2X (Vehicle-to-everything), la sécurité publique et l'Internet industriel

des objets (IIoT). L'objectif était de permettre à la 5G de remplacer les réseaux privés Ethernet, Wi-Fi et LTE.

- **La release 17** (prévue pour juin 2022) et la release 18 fourniront des avantages aux marchés verticaux. Comme la version précédente, la release 17 améliorera quelques fonctionnalités des spécifications antérieures (15 et 16), y compris certaines relatives

aux réseaux 5G privés. La release 17 proposera également de nouvelles possibilités, comme l'optimisation de la batterie et un accès par satellite.

- **Release 18** : la liste des fonctionnalités sera clôturée fin 2021. La crise pandémique ayant retardé le déploiement de cette release, le 3GPP table sur une approbation pour décembre 2021.



Contributeurs

Nous remercions les dirigeants qui ont accepté de répondre à nos questions :



Tomasz Witkowski, Directeur des technologies et de l'ingénierie, Twickenham Film Studios (R.-U.)



Gavin Newman, Directeur de marque, Metropolis Studios (R.-U.)



Donna Close, Chargée de mission pour la culture numérique, Brighton Dome & Brighton Festival (R.-U.)



Farooq Yaqub, Ingénieur innovation et responsable XR, Ford (R.-U.)



Esmat Mirzamany, Responsable solutions 5G internationales, Verizon (R.-U.)



Oliver Swift, Chef d'équipe, Technology Capability Delivery, BAE Systems AIR (R.-U.)



Adrian Talbot, Directeur, Centre of Excellence for Mobility & Digital Infrastructure, Ferrovial (R.-U./Espagne)



Petar Popovski, Professeur en communications sans fil, université d'Aalborg (Danemark)



Xavier Riley, Responsable stratégie numérique et innovation, Standard Industries (R.-U./É.-U.)



Niklas Ambrosy, Volkswagen & 5G ACIA (Allemagne)



Stephen Hilton, Fondateur et directeur, City Global Futures Ltd et membre du Digital Futures Institute de l'université de Bristol (R.-U.)



Stefano Brandinali, Directeur du numérique (CDO), Prysmian Group (Italie)

Avec la participation de :

Paul Adams, Directeur marketing, Nokia (R.-U.)

Ingénieur senior chez un leader des services de stockage de données



À propos des auteurs

Verizon

Verizon Communications Inc. (NYSE, Nasdaq : VZ), fondée le 30 juin 2000, est l'un des principaux fournisseurs de produits et services technologiques, de communication, d'information et de divertissement. L'entreprise, établie à New York et forte d'une présence à l'international, a enregistré 128,3 milliards de dollars de chiffre d'affaires en 2020. Verizon offre des services et solutions data, voix et vidéo sur ses réseaux et plateformes multi-primés, répondant aux besoins de mobilité et de fiabilité de ses clients en matière de connectivité, de sécurité et de contrôle du réseau.

Digital Catapult

Digital Catapult fait figure d'autorité dans les technologies numériques avancées. Par son approche collaborative, l'agence britannique a pour vocation d'accélérer la transformation digitale en vue de stimuler la croissance et de favoriser l'émergence de nouvelles perspectives économiques.

Réunissant l'expertise d'une communauté de chercheurs, de start-up, de scale-up et de dirigeants d'entreprises, Digital Catapult met au jour de nouvelles méthodes pour libérer le potentiel de toutes les forces vives du pays. Grâce à nos programmes spécialisés et à nos centres d'expérimentation, nous aidons à créer une dynamique d'innovation et à accompagner les solutions les plus prometteuses jusqu'à leur lancement sur le marché.

L'objectif de Digital Catapult est d'accélérer la croissance de chacun de ses partenaires en brisant les barrières, en sécurisant l'innovation, en ouvrant de nouveaux marchés et en modelant les produits, services et expériences de demain dans une optique de développement durable.

Digital Catapult fait partie du Catapult Network, un réseau de centres technologiques et d'innovation établis par Innovate UK pour aider les entreprises à transformer leurs idées en produits et services leaders.

The Verizon logo, featuring the word "verizon" in a bold, lowercase sans-serif font, followed by a red checkmark symbol.The Digital Catapult logo, consisting of the word "CATAPULT" in a bold, uppercase sans-serif font, with "Digital" in a smaller, lowercase sans-serif font below it.