



FILIÈRE
INFRASTRUCTURES
NUMÉRIQUES

La 5G industrielle

Quelles opportunités pour
les PME et ETI ?

5G

.Edito



Au-delà des bénéfices évidents pour le grand public, la 5G constitue un levier de compétitivité et de croissance pour l'industrie. Les avantages qu'elle apporte, la faible latence, le débit très élevé mais surtout la possibilité de piloter les usages du réseau et de connecter de très nombreux terminaux et d'objets, en font une technologie essentielle pour l'industrie pilotée par la donnée. C'est une technologie qui a la capacité de transformer de nombreux écosystèmes industriels : la mobilité connectée, la santé, l'industrie 4.0, la logistique, avec des gains de compétitivité potentiels très importants sous deux conditions : la maîtrise technologique et la maîtrise d'exploitation.

Je suis convaincu que la 5G s'imposera comme un vecteur essentiel au déploiement des nouvelles technologies qui dessineront le futur de nos entreprises : de l'intelligence artificielle à l'edge computing, en passant par les technologies robotiques ou immersives.

Je félicite les filières industrielles et numériques françaises qui se sont mobilisées pour sensibiliser l'ensemble des acteurs aux bénéfices économiques de la 5G. Ce livre blanc,

fruit d'une coopération de long terme entre les comités stratégiques de filières (CSF) « *Infrastructures numériques* » et « *Solutions industrie du futur* », présente les moyens de faire de la 5G industrielle un levier d'attractivité et de compétitivité accessible à toutes les entreprises, quelle que soit leur taille.

L'écosystème français des télécoms ainsi que les accompagnateurs publics et privés des projets de 5G industrielle se mobilisent pour développer des offres répondant aux besoins des industriels... Depuis plus de deux ans, Le Gouvernement a mis en place de nombreuses mesures facilitant le déploiement des projets : fréquences dédiées avec une tarification adaptée, financement de 21 expérimentations des cas d'usage sur l'ensemble du territoire, accompagnement des territoires d'industrie dans l'émergence de nouveaux projets et bientôt de nouveaux espaces dédiés à l'expérimentation de projets 5G dans les campus fablab 5G.

Tout est prêt pour que nos entreprises puissent saisir pleinement cette opportunité.

Jean-Noël Barrot

Ministre délégué auprès du ministre de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, chargé de la transition numérique et des télécommunications

La 5G apporte avec elle de nombreuses promesses de compétitivité pour notre industrie. Elle doit être un instrument au service de la réindustrialisation de nos territoires. C'est la raison pour laquelle le Gouvernement a fait du développement de la 5G industrielle une des priorités du grand plan France 2030.

Contrairement aux précédentes technologies de réseaux mobiles comme la 3G ou la 4G, la 5G a été pensée pour un usage dans le monde de l'entreprise et de l'industrie. Elle emporte avec elle un ensemble d'innovations nécessaires à l'avènement de la réindustrialisation et de l'industrie 4.0, que j'appelle de mes vœux. La 5G s'illustre ainsi comme un réel outil de souveraineté industrielle et économique.

Je remercie les représentants des comités stratégiques de filières Infrastructures numériques et Solutions industrie du futur d'avoir répondu à la recommandation de la Mission « *5G industrielle* » de mieux mettre en valeur les bénéfices de la 5G industrielle en rédigeant ce livre blanc. Il propose une

information claire et complète sur les spécificités et avantages de la connectivité 5G appliquée aux usages industriels : la performance, la fiabilité du réseau, une compatibilité large et une interopérabilité accrue. Cette démarche pédagogique est, à mes yeux, essentielle à l'effort de démocratisation de cette technologie de réseau pour les industriels français.

Roland Lescure

Ministre délégué auprès du ministre de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, chargé de l'Industrie





L'industrie française est en train de se transformer en profondeur sous l'impulsion de la révolution du numérique et de la transition écologique. C'est une période pleine de promesses et d'opportunités, avec l'émergence ou l'accélération de tendances fortes : hydrogène, véhicules électriques, digitalisation, décarbonation, fabrication additive, 5G industrielle... Les caractéristiques de la 5G - débit élevé, moindre consommation énergétique et faible latence - en font une technologie vitale qui doit permettre à nos entreprises de rester compétitives. Pour l'industrie, il est à prévoir que la 5G bouleversera les process de fabrication dans des usines connectées aux performances augmentées. L'industrie du futur, et ses usines 5.0 davantage digitalisées, plus flexibles, plus propres et plus sécurisées, repose sur des nouvelles technologies pour lesquelles la 5G est une absolue nécessité : capteurs intelligents, impression 3D, réalité virtuelle et augmentée, internet des objets, véhicules autonomes, et d'autres qui seront rendues possibles grâce aux perspectives offertes par la 5G. Ce document pédagogique illustré de témoignages et cas d'usages doit contribuer à la diffusion de la 5G dans l'industrie. Je salue le travail réalisé par les membres de nos groupes de travail qui se sont mobilisés pour répondre aux attentes des Ministres et de nos Industriels, dans la droite ligne des conclusions de la récente Mission 5Gi.



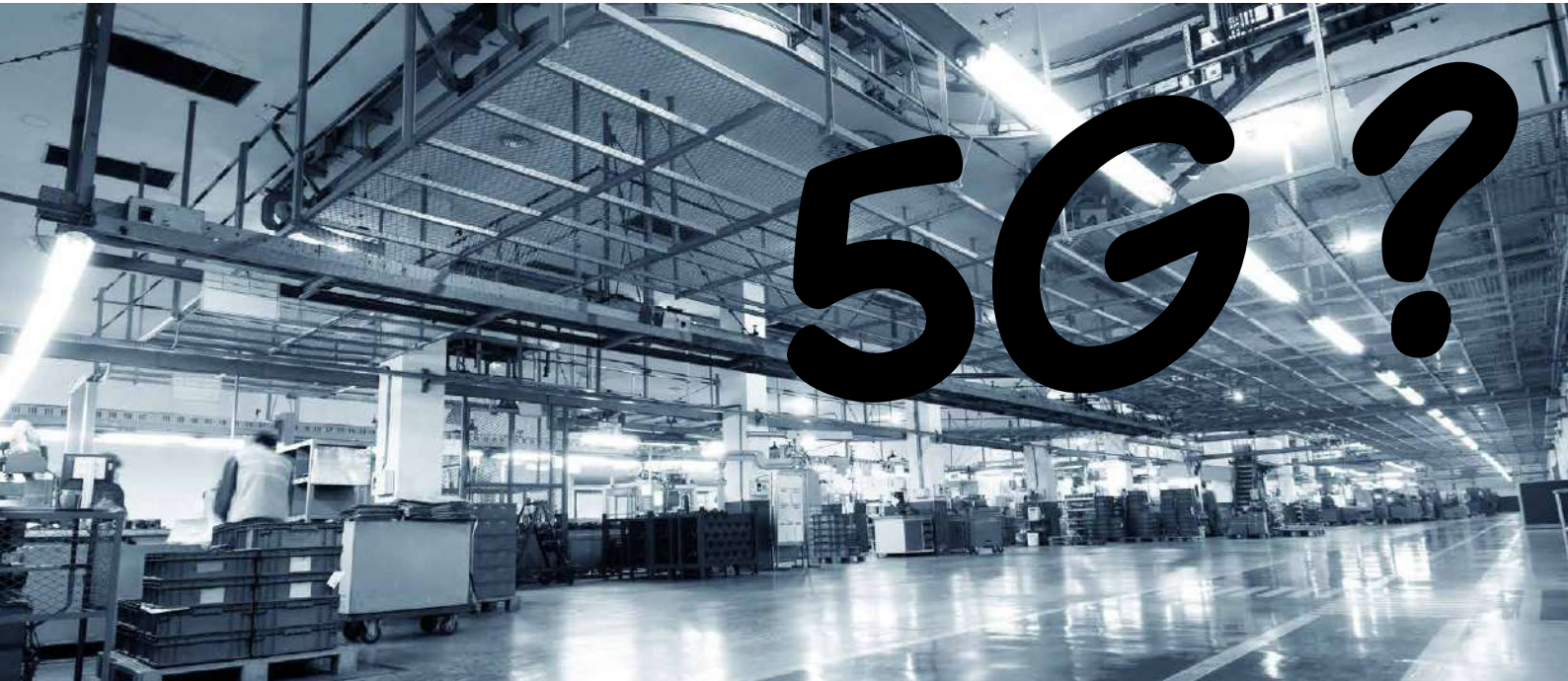
Frédéric Sanchez, président du CSF Solutions Industrie du Futur



Il semble aujourd'hui clair que la 5G est l'un des vecteurs rendant possible la transformation numérique des industriels, que ce soit pour se différencier, pour réaliser des économies, y compris d'énergie, ou encore pour accompagner une démarche de sécurité des biens et des personnes. Il faut ainsi que nos entreprises françaises de toutes tailles parviennent à se saisir de ces opportunités afin de réussir leur projet de 5G industrielle qui leur permettra de profiter pleinement des infrastructures qui sont déjà existantes et d'utiliser ce levier d'amélioration essentiel de la compétitivité de l'industrie française. Cependant, la maîtrise de la 5G par les industries françaises, comme précisé dans les conclusions de la Mission 5Gi, passe par sa promotion et sa compréhension, justifiant l'intérêt des travaux menés en collaboration par les CSF « Solutions Industrie du Futur » et « Infrastructures Numériques » sur la communication autour de son attrait et de son intérêt. Je remercie le travail réalisé par ces deux filières, qui, j'en suis persuadé, permettra d'éclairer les industriels sur leurs éventuelles questions sur la 5G et démontreront toute son attractivité



Nicolas Guérin, président du CSF Infrastructures Numériques



.Qu'est-ce que la 5G industrielle ?

« La 5G est le système nerveux de l'industrie de demain ». Telle est la vision de Philippe Herbert, président de la mission 5G industrielle, dont l'objectif est de mettre en lumière les freins et les recommandations au développement de la 5G industrielle en France. « La 5G est une excellente opportunité pour la France d'accélérer les multiples transformations de l'industrie ainsi que sa renaissance ». Selon ses conclusions, remises au gouvernement en mars dernier, la cinquième génération de réseaux mobiles offre en effet une réponse à de nombreux enjeux auxquels font face les industriels, dont l'amélioration de leur compétitivité, la relocalisation, la digitalisation des processus ou encore l'indépendance technologique. La 5G industrielle est donc porteuse de nombreuses promesses.

Mais de quoi parle-t-on exactement ? Quelle est la définition de la 5G industrielle ? La 5G s'est en effet surtout popularisée via les offres grand public, disponibles en France depuis la fin de l'année 2020. Les opérateurs mettent en avant des débits jusqu'à 10 fois supérieurs à ceux de la 4G et une latence 10 fois moindre, pouvant atteindre théoriquement la milliseconde. Pour le grand public, cela permet par exemple de télécharger des gros volumes de contenus en quelques secondes.

Quelle est la différence entre cette 5G grand public et la 5G industrielle ? La base technologique est la même. La seule différence réside dans son exploitation, ainsi que la sélection des fonctionnalités utilisées. Cette base technique est la norme 5G du 3GPP, l'organisme international qui définit les spécifications des réseaux mobiles. Et plus précisément, les équipements et services 5G actuels sont conformes à la quinzième mouture de la norme 5G, ou « Release-15 », publiée en 2018. La Release-16 (publiée en 2020) devrait être implémentée progressivement d'ici 2023.

La 5G, qu'elle soit industrielle ou grand public, est donc une norme de réseau de communication cellulaire dont l'objectif général est de succéder à la 4G, en offrant principalement un plus haut niveau de performances, mais aussi de fiabilité. Elle englobe pour cela une multitude de technologies réseau, comme le « massive MIMO » (Multiple Input Multiple Output), qui permet des transferts de données à plus longue portée et avec un débit plus élevé. Elle repose aussi sur le « beamforming », qui rend les antennes « intelligentes », c'est-à-dire capables de concentrer leurs faisceaux vers la zone où il y a les plus de terminaux actifs. La 5G intègre différents procédés pour assurer une qualité de service de bout en bout et différenciée selon les différents flux de communication



Des représentants d'industriels participent à l'élaboration de la norme. Cela garantit que leurs enjeux et contraintes sont pris en considération

Mathieu Lagrange - b<>com

et de données. « La 5G n'est pas une seule technologie, mais un ensemble d'innovations qui doivent être mises en pratique dans la construction de nouveaux réseaux de téléphonie mobile », résume la Fondation Concorde, think tank économique qui a publié en 2020 un rapport sur l'émergence de la 5G en France(1).

Premier point notable : la 5G industrielle n'est donc pas une déclinaison d'une technologie d'abord pensée pour le grand public, comme ce fut le cas avec les précédentes générations de réseaux mobiles (1G, 2G, 3G et 4G). Ce serait même plutôt l'inverse. Dès le départ, la norme 5G a en effet été pensée pour des usages professionnels, dont ceux de l'industrie.

« Dans l'élaboration de la norme 5G par le 3GPP, le domaine industriel a été largement pris en compte », souligne ainsi Mathieu Lagrange, Directeur Réseaux & Sécurité chez b<>com, Institut de Recherche Technologique privé qui explore, conçoit et fournit des innovations aux entreprises qui veulent développer leur compétitivité grâce au numérique. « Des représentants d'industriels participent à l'élaboration de la norme. Cela garantit que leurs enjeux et contraintes sont pris en considération ».

Réseau 5G « privé », « hybride » ou « public » : quelles différences ?

Quatre grandes catégories d'offres 5G répondant aux besoins des industriels se développent aujourd'hui. La **première**, qui correspond à la quasi-totalité des déploiements déjà réalisés, est celle des réseaux dits « **privés** ». Il s'agit d'un réseau 5G construit spécifiquement pour un client, avec une infrastructure dont il est le propriétaire et des fréquences qui lui ont été réservées. Ce réseau est géré directement par l'industriel ainsi que ses fournisseurs techniques. Avec ce type d'offre, l'industriel a donc la garantie d'un usage exclusif des fréquences radio, grâce à la licence accordée par l'Arcep (Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse) sur son périmètre géographique. Cela présente comme avantage une réduction sensible des risques de perturbations de la connexion.

Deuxième option : le réseau « **public** ». Il s'agit ici d'utiliser le réseau 5G déployé par

les opérateurs mobiles pour le grand public, avec des offres tarifaires et techniques spécifiques pour les industriels. Elles devraient être proposées à l'horizon 2024.

Troisième catégorie d'offres : les réseaux publics avec réservations de ressources. L'idée est ici que le client bénéficie de ressources spécifiques sur le réseau public pour ses propres usages. Il pourra s'agir par exemple de lui réserver un slice.

Enfin, **quatrième option** : le réseau « **hybride** ». Cette notion recouvre toutes les combinaisons possibles des formules précédentes. Plusieurs formes d'hybridations existeront, de la simple supervision déléguée du réseau à un partage d'infrastructure (connexion à un cœur de réseau de l'opérateur). Le développement de cette approche hybride et des offres associées est également plutôt attendu pour 2024/2025.

(Lire également le guide « **5G INDUSTRIELLE - TOUT SAVOIR POUR VOUS LANCER** »).

Comment cela se traduit-il concrètement dans la norme 5G ? Par la présence d'innovations clairement dédiées à un usage industriel, orientées vers des hauts niveaux de qualité de service, de sécurité et de robustesse. Parmi ces innovations figure le network slicing, qui peut être résumé comme : la capacité des réseaux 5G à se « découper en tranche » pour allouer des ressources de réseau et des configurations spécifiques à un usage donné. Chaque « slice » possède ainsi ses propres spécificités, en matière de débit, de latence ou même de cybersécurité. Le débit et la latence de chaque slice peuvent ainsi être théoriquement garantis, car il y a une véritable isolation des ressources réseau entre les tranches. C'est le réseau 5G qui s'adapte (déterminisme) pour que les caractéristiques de chaque slice soient maintenues, quoi qu'il arrive. Des garanties de performances que n'offrent pas le WiFi ou la 4G. Le slicing permet aussi la gestion des priorités en cas de saturation du réseau ou de mode dégradé. Cela ouvre des perspectives d'usage très pertinentes autour des AGV ou du contrôle commande à distance.

Autre atout de la 5G utile aux usages industriels : sa bidirectionnalité. Les premières générations de réseaux mobiles (2G, 3G, 4G) utilisent en majorité deux sous-bandes de fréquences appariées deux à deux. Une sous-bande est exploitée pour la communication du réseau vers le terminal (sens descendant) et l'autre pour la communication du terminal vers le réseau (sens montant). Les experts parlent dans ce cas de duplexage fréquentiel ou « mode FDD » (Frequency Domain Duplexing). Par contre, dans bon nombre de bandes de fréquences définies pour la 5G, la voie montante et la voie descendante sont sur la même bande, selon le principe du TDD (Time Division Duplex). Cela est particulièrement bien adapté aux usages industriels qui nécessitent pour la plupart un équilibre entre le sens descendant et le sens montant. C'est le cas par exemple pour des usages comme le pilotage à distance de machines ou l'opérateur augmenté.

Dernier grand bénéfice de la 5G pour les industriels : son catalogue d'offres, qui devrait être particulièrement riche et varié afin de proposer des solutions adaptées à chaque cas de figure. Aujourd'hui la quasi-totalité des premiers déploiements de 5G industrielle reposent sur des réseaux « privés », c'est-à-dire construits spécifiquement et localement pour un client, et utilisant une fréquence pour laquelle il aura obtenu une licence d'autorisation. Mais très prochainement, la 5G industrielle sera disponible également grâce aux réseaux des opérateurs et l'introduction du slicing dans ces réseaux (lire encadré).

(1) La 5G : prendre le virage du monde d'après, Fondation Concorde, publié en juin 2020



.Quels bénéfices et usages pour les entreprises industrielles ?



Les deux premières promesses de la 5G sont : des débits théoriques jusqu'à 10 fois supérieurs à ceux de la 4G et une latence 10 fois moindre. De nombreux paramètres entrent cependant en compte pour atteindre ces niveaux de performances, dont la bande de fréquence. Les premiers déploiements sur les réseaux privés industriels ont démontré qu'il était déjà possible d'atteindre une latence de l'ordre de 10 ms et un débit d'environ 500 Mbit/s, ce qui offre déjà des avantages notables pour plusieurs usages industriels.

Ces performances sont par exemple exploitées, dans le cadre d'expérimentations, pour optimiser le fonctionnement des AGV. Grâce aux gros volumes de données échangées en temps réel, les AGV peuvent mieux se repérer dans leur environnement, en exploitant notamment des caméras HD comme capteurs. « *L'AGV est plus agile et peut évoluer plus rapidement, jusqu'à quelques dizaines de Km/h* », résume Viktor Arvidsson, responsable de la stratégie et des affaires publiques pour Ericsson France.

Le débit élevé de la 5G ouvre globalement des nombreuses perspectives en matière de vidéo. Plusieurs expérimentations de 5G industrielle portent ainsi sur le contrôle qualité. « *Des caméras 4K peuvent bénéficier des débits de la 5G afin de réaliser du contrôle qualité de haut niveau en temps réel, sur des matériaux ou des pièces* », explique Cédric Bourrely directeur spécialiste des technologies émergentes chez Capgemini Invent et responsable des Labs 5G

Capgemini. Ces caméras envoient des données à une intelligence artificielle (IA) hébergée dans le cloud. Et cette IA est dotée de capacité de « *machine learning* » (apprentissage autonome), ce qui lui permet d'améliorer progressivement ses performances d'analyses visuelles.

La latence faible est quant à elle un avantage pour les services nécessitant une grande réactivité, estiment les experts du secteur. C'est le cas par exemple de l'opérateur augmenté, dont le principe est de superposer des images 3D (via une tablette ou des lunettes connectées) sur celles captées en temps réel par le terminal. La latence faible permet ainsi d'éviter l'effet « *mal de mer* » que peut parfois entraîner la réalité augmentée. Un léger décalage, même de 30 millisecondes, entre le rendu 3D et les images peut ainsi s'avérer très perturbant pour l'utilisateur. Or, la latence de la 5G permet d'éviter ce type de problème.

Le pilotage à distance de robots peut bien entendu tirer parti également de cette latence faible, par exemple pour les arrêts de sécurité, qui se doivent d'être le plus réactifs possibles. Et elle est décisive pour les véhicules autonomes lourds. « *En Suède, en Australie ou au Canada, la 5G est déjà utilisée dans les mines pour piloter à distance des camions autonomes qui ramènent le minerai dans des zones dangereuses, par exemple après ou à proximité de l'utilisation d'explosifs* », explique-t-on chez Ericsson. « *Ils peuvent intervenir plus rapidement sur une zone critique, en*



©AdobeStock

présence de gaz toxiques non encore dissipés, que s'ils étaient conduits par des humains à bord, ce qui permet de gagner en productivité. »

La fiabilité des réseaux 5G : premier atout au-delà des performances

Comme évoqué précédemment, la norme 5G a été pensée pour offrir un très haut niveau de fiabilité. Mais un autre de ses atouts est d'être très peu sensible aux perturbations radio générées par certains matériaux, à commencer par le métal, très présent dans l'industrie. La 5G offre en outre une liaison sans coupures, grâce à la connexion maintenue lors du passage d'une antenne à une autre (transfert intercellulaire).

« Un réseau 5G est très fiable dans le temps. Son taux de disponibilité peut être de l'ordre de 99,99 %,

soit le taux de référence de l'univers IT (data centers notamment). Il n'y a pas mieux aujourd'hui en termes de réseau radio standardisé opérable », estime Sébastien Dudreuilh Responsable Smart Industries chez Orange Business Services.

L'opérateur rappelle que la couverture d'un réseau radio dépend de trois paramètres : la performance des équipements de transmission (puissance des antennes, formes des antennes, trames de communication), les lois de propagation des ondes radio (découlant directement des fréquences utilisées) et la sensibilité des équipements en réception (capacité à décoder un signal). Sur ces trois paramètres la 5G est particulièrement bien positionnée, souligne Orange Business Services. La 5G est par conséquent bien adaptée « pour la couverture de larges espaces » ainsi que pour celle « des espaces très métalliques ».

Cette qualité de service accrue est un avantage certain pour de nombreux usages industriels. Les acteurs du secteur évoquent par exemple la protection des travailleurs isolés. Le Dispositif d'Alarme pour



Travailleur Isolé (DATI), aussi connu sous le nom de « *dispositif homme mort* », offrira un plus haut niveau de fiabilité en 5G, ce qui est essentiel pour un outil aussi critique. « *Un DATI en 5G apportera un très haut niveau de sécurité* », explique Franck Noyaret, chef produit communications et infrastructures chez Siemens France. « *Et comme les réseaux 5G offrent une couverture plus large que bien d'autres technologies sans-fil, il sera possible de couvrir de plus larges zones* ».

Le haut niveau de qualité de service offert par la 5G peut également bénéficier au domaine du levage industriel. Schneider Electric, qui déploie des systèmes de levages opérés à distance, voire complètement autonomes, est confronté aujourd'hui aux limites du WiFi et d'autres solutions sans-fil propriétaires. « *La 5G permettra de rationaliser le nombre de réseaux tout en apportant de nouvelles performances, ce qui devrait faciliter le déploiement de ces systèmes de levages avancés* », explique Olivier Coutelou, Innovation Project Manager chez Schneider Electric Industry BU. « *Par ailleurs, la 5G simplifiera la gestion de l'architecture réseau, réduira les risques de chevauchement des fréquences et optimisera les temps de réponse* ».

Une exploration 5G est en cours dans un laboratoire Schneider Electric de Grenoble avec ses partenaires Cag Gemini et Qualcomm Technologies Inc., pour solutionner également la problématique de certaines pièces en mouvement aujourd'hui câblées. « *Elles gagneraient à être connectées en 5G. Le passage au sans-fil permettra d'éliminer les risques de casse des câbles ou des fibres optique* », indique Schneider Electric.

Le taux de disponibilité peut être de l'ordre de 99,99 %, soit le taux de référence de l'univers IT. Il n'y a pas mieux aujourd'hui en termes de réseau radio standardisé opérable.

**Sébastien Dudreuilh - Orange
Business Services**

La fiabilité de la norme 5G se retrouve également au niveau de la sécurisation des échanges de données et donc de la cybersécurité, indique l'ensemble des acteurs du secteur. De nombreuses briques de cyberprotection sont intégrées à la norme 5G, notamment au niveau du contrôle de leur intégrité ou encore de la protection des identifiants. C'est le cas par exemple du protocole AKA (Authentication and Key Agreement), qui existe déjà en 3G et 4G, mais qui a renforcé pour la 5G. Il sert à authentifier la connexion entre un équipement et le réseau mobile, et aussi à générer la clé de chiffrement des communications. Selon les experts en cybersécurité le protocole AKA 5G offre des améliorations sensibles par rapport aux normes précédentes 3G et 4G.

Enfin, ce haut niveau de sécurité est bien entendu également un atout pour l'instrumentation des automates et, plus largement, pour le déploiement progressif des objets connectés (IoT) dans les usines. Dans cette perspective, les prochaines moutures de la norme 5G doivent intégrer la notion de « *Massive IoT* », c'est-à-dire la gestion de grands volumes de capteurs et autres équipements IoT. La promesse de la 5G dans ce domaine est de pouvoir accueillir jusqu'à un million d'objets connectés par antenne.

Une compatibilité accrue avec d'autres technologies

Autre grand bénéfice de la 5G pour les industriels : sa compatibilité avec d'autres technologies, dont le WiFi. Grâce à un module 5G de « convergence » (N3IWF - non-3GPP Inter-Working Function) il sera possible de connecter des équipements WiFi sur un cœur de réseau 5G. Un terminal WiFi pourra par exemple se connecter, via le WiFi, au cœur de réseau 5G et ainsi accéder aux services associés sans coupure. « *Le WiFi n'est pas un réseau en voie d'obsolescence et il peut tout à fait être complémentaire de la 5G* », tient à souligner Sébastien Dudreuilh d'Orange Business Services. Un avis partagé par Franck Noyaret, chef produit communications et infrastructures chez Siemens France : « *Il y a clairement une complémentarité. Et la licence du WiFi est gratuite ce qui le rend économiquement avantageux. Les portées sont cependant limitées. Le WiFi n'est pas adapté à des sites de grande taille alors que la 5G permet de couvrir de plus longues distances* », tient-il à préciser.

La norme 5G repose également sur des technologies issues de l'IT. Parmi les perspectives : déployer les solutions de communication téléphoniques sur IP (VoIP) sur un réseau 5G. « *La téléphonie d'entreprise pourra migrer sur la 5G avec une simplification des réseaux présents sur un site industriel* », estime Régis Picard, Private Wireless Campus Sales Manager chez Nokia France.

La 5G, et sa base IP (Internet Protocol), est également un atout pour la convergence des réseaux IT et OT. En effet la norme 5G intègre les protocoles réseaux industriels tels qu'OPC UA, EtherNet/IP ou Modbus. « *La 5G va encore accélérer la convergence IT/OT car un réseau 5G peut ainsi facilement s'interconnecter avec un réseau exploitant un autre protocole comme l'OPC UA. L'infrastructure 5G deviendra une plateforme de service pour accueillir les applications métiers et s'interconnecter avec l'ensemble des protocoles existants* », poursuit Régis Picard.

La 5G intègre aussi des possibilités non négligeables en termes de « virtualisation ». Ce procédé informatique consiste à faire fonctionner plusieurs systèmes (serveurs ou applications) sur un même équipement physique. Pour cela une couche logicielle va « simuler » les fonctionnalités de différents équipements, qui sont donc virtuels et non physiques. Quel intérêt pour les industriels ? Cela simplifie

l'architecture du système d'information (et au passage en réduit les coûts), car il n'y a besoin que d'un nombre réduit de serveurs virtualisés. Un data center local, de taille réduite, peut tout à fait convenir.

Enfin, la 5G est particulièrement bien adaptée pour fonctionner avec l'Edge Computing. Rappelons que le principe du « Edge » est de traiter des données au plus près de l'équipement qui les produit, afin de réduire la quantité de data transmise sur le réseau à des équipements distants (principalement des data centers).

Au final, vu ses nombreuses compatibilités avec d'autres technologies, dont celles issues de l'univers IT, la 5G constitue un « accélérateur » de la transformation numérique des entreprises industrielles, estiment les experts du secteur. La mise en place d'un réseau 5G, serait ainsi l'occasion d'accélérer la digitalisation de nombreux processus et d'évoluer vers l'industrie 4.0, met en avant le rapport de la Mission 5G industrielle.



.Comment déployer un réseau 5G industriel ?



Le déploiement d'un réseau 5G industriel repose sur trois volets de briques technologiques : les télécommunications, l'IT et l'OT. Des compétences qui sont rarement déjà réunies au sein d'une entreprise industrielle, notamment les PME et ETI. C'est pourquoi les experts du secteur de la 5G recommandent de ne pas se lancer seul dans un projet 5G. Il est vivement recommandé de se faire accompagner, notamment par les fournisseurs de solution, les cabinets d'études spécialisés, les opérateurs télécoms ou même les autorités de régulation. L'Arcep rappelle ainsi qu'elle se tient « à la disposition des industriels voulant lancer des projets autour de la 5G, en particulier pour les accompagner sur les sujets réglementaires ».

Un projet de 5G industrielle débute classiquement par une identification des besoins. La deuxième étape est la construction d'une feuille de route technologique et fonctionnelle, qui doit intégrer la mise en place d'un suivi pour évaluer la pertinence des usages et la valeur ajoutée apportée par la technologie la 5G. « La bonne approche reste d'élaborer une feuille de route de connectivité avec des objectifs métiers clairs à atteindre à court et moyen terme (de 1 à 3 ans). Puis, en fonction de cette feuille de route, d'évaluer les expérimentations à lancer et l'écosystème à assembler, puis définir par exemple un site pilote dédié à la 5G, avant d'envisager un passage à l'échelle », résume Capgemini.

Comme évoqué précédemment, l'entreprise industrielle peut choisir de déployer un réseau 5G privé. Elle pourra également prochainement opter pour des offres exploitant les réseaux 5G publics ou encore miser sur des formules hybrides (lire encadré). L'Arcep souligne le potentiel de ces solutions, qu'elle a envisagées et prévues dès les attributions des fréquences 5G aux opérateurs mobiles en 2020. Ainsi, à compter de fin 2023, les opérateurs seront tenus de

faire droit aux demandes raisonnables des industriels et des acteurs économiques, en leur apportant des offres adaptées avec de la couverture et des performances, voire, si l'opérateur le préfère, en leur confiant localement ses fréquences.

Enfin, techniquement : déployer ce réseau 5G passe par l'installation d'antennes, dont le nombre va notamment varier selon la fréquence utilisée. Comme évoqué précédemment, plus elle est élevée, plus la portée est courte, et donc le nombre d'antennes à déployer important. Il faut également disposer d'un cœur de réseau, connecté à différents routeurs et serveurs, sans oublier bien entendu les terminaux 5G et autres capteurs. Et bien entendu, il est impératif d'intégrer le réseau 5G avec les applications métiers utilisées par les industriels.

Des fréquences dédiées qui s'ouvrent aux PME et ETI

L'accès à la 5G industrielle en France est techniquement possible depuis 2019, suite aux premières autorisations d'exploitation de bandes de fréquences dédiées délivrées par l'Arcep. Durant ces trois dernières années, plus d'une centaine d'expérimentations ont ainsi pu être menées autour de la 5G industrielle en France, dont une trentaine ont été pérennisées.

Elles concernent notamment des secteurs comme l'énergie (EDF - communication voix et vidéo, réalité augmentée pour la maintenance des infrastructures), les transports (SNCF - récupération de data technique en gare à des fins de maintenance prédictive), l'industrie portuaire (Haropa Port - solutions 5G d'optimisation des processus de chargement et déchargement des conteneurs en support des dockers dans le port du Havre, accès temps réel aux données, synchronisation des acteurs et de leurs activités), sans oublier l'industrie manufacturière (Orange, Nokia et Schneider Electric ont testé différents usages de la 5G dans l'usine de Vaudreuil dont l'opérateur a augmenté et le pilotage à distance de robot).

A Dunkerque, ArcelorMittal teste avec Orange Business Services et Ericsson, de nombreux cas d'usages autour de la 5G dont celui de l'opérateur augmenté, pour les opérations de maintenance (pour l'instant via des tablettes). En Normandie, Acome expérimente pour sa part l'exploitation de la 5G pour les AGV et la sécurité périmétrique par drones. Il ne s'agit ici que de quelques exemples de cas d'usages, parmi tant d'autres (lire nos prochains cas d'usages à paraître).

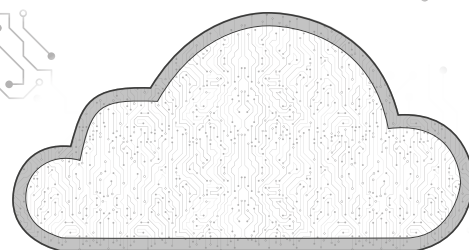
Les premiers déploiements de la 5G industrielle ont principalement été réalisés par des grands groupes. Mais les conditions d'accès aux fréquences s'ouvrent aujourd'hui aux PME et ETI. La taille minimale de

Site local de l'entreprise



Réseau d'accès radio

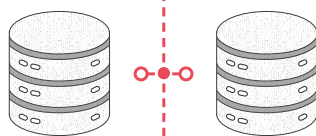
Data center de l'entreprise



Services et applications locaux

Plan usager :

Déployé en mode distribué - "Edge"



Plan de contrôle :

Gestion des terminaux, des sessions, de la qualité de service, de la mobilité, etc.

la surface prévue par les premières autorisations d'accès aux fréquences de la 5G était en effet de 100km² pour la bande des 2,6 GHz TDD (la plus utilisée pour le déploiement des premiers réseaux industriels). Le gouvernement a cependant fait une proposition de décret permettant des demandes pour des zones plus petites (moins de 1km²). Elle a été soumise en octobre à consultation publique. Ces nouvelles redevances seront effectives en 2023. L'idée est bien de voir émerger des projets 5G portés par des PME et de ETI. Rappelons que la bande des 2,6 GHz TDD offre comme avantage d'avoir assez peu de restrictions techniques. Par ailleurs, elle peut être utilisée pour un usage expérimental, mais aussi pour des projets pérennes avec une durée de licence de 10 ans.

La bande des 2,6 GHz TDD n'est pas la seule à pouvoir être utilisée par les industriels. D'autres bandes sont également accessibles, cependant à titre purement expérimental. C'est le cas de la bande des 3,8 à 4,0 GHz, ouverte depuis mars 2022, qui permet de mener des expérimentations sur une durée allant jusqu'à trois ans. Les acteurs peuvent exploiter jusqu'à 100 MHz de spectre contre 40 maximum sur la 2,6 GHz. L'Arcep et le



La bonne approche reste d'élaborer une feuille de route de connectivité avec des objectifs métiers clairs

Cédric Bourrely - Capgemini Invent





©AdobeStock

gouvernement ont souhaité mettre à disposition une nouvelle bande qui soit plus proche de celle utilisée pour le grand public par les opérateurs, afin de faciliter l'accès à l'écosystème, dont les équipements compatibles. « *Cela permet aussi d'offrir plus de spectre aux acteurs, donc plus de débit et une latence plus faible* », précise l'Arcep.

Autre bande ouverte aux expérimentations : celle des 26 GHz. Une bande dite « *millimétrique* », qui offre un fort potentiel au niveau des performances. Sa portée est cependant très courte, soit environ 150 mètres. À titre de comparaison, les autres bandes permettent de couvrir des distances allant de plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres (le principe étant que plus les fréquences sont hautes plus la portée est faible). Mais, la largeur de bande disponible pour les utilisateurs dans le domaine fréquentiel 26 GHz étant beaucoup plus grande, le débit atteignable sur ces fréquences millimétriques est beaucoup plus élevé.

La bande des 26 GHz permet donc d'échanger des gros volumes de données dans un temps très court. En outre le transport du signal sur cette bande de fréquence apporte un gain en sécurité puisque le signal radio sera confiné à proximité de l'antenne, et une latence plus faible. Certaines expérimentations de la SNCF sont ainsi basées sur cette bande des 26 GHz.

Enfin, notons que dans le cadre de l'utilisation des réseaux publics des opérateurs (lire encadré), il est possible d'accéder à la bande 3,4 - 3,8 GHz qui constitue la « *bande-cœur* » de la 5G.

Obtenir une autorisation d'utilisation des fréquences pour les réseaux privés ou hybrides

Un réseau 5G privé ou hybride ne peut bien entendu être déployé sans autorisation d'exploiter les fréquences radio, qui restent une ressource rare. Comme évoqué précédemment, plusieurs fréquences sont disponibles, de la 2,6 GHz à la 26 GHz, en passant par 3,8 à 4,0 GHz. Quelles sont les procédures administratives dans ce domaine ? Pour la bande pérenne (2,6 GHz), un dossier doit être déposé, via une plateforme numérique, à l'Arcep. Ensuite, il faut compter environ trois mois de traitement du dossier avant la délivrance des autorisations. Les potentiels conflits d'usages sur la zone sont notamment étudiés. Une période d'AMI (Appel à Manifestation d'Intérêt) de deux mois est mise en place pour laisser à d'autres acteurs locaux la possibilité de s'exprimer sur la demande.



Pour les bandes expérimentales (2,6 - 3,8 à 4,0 et 26 GHz), un formulaire est à envoyer par mail à l'Arcep. Côté temps de traitement du dossier, il faut compter au minimum un mois, certaines demandes nécessitant un important travail de coordination avec les autres utilisations dans cette bande de fréquences ou celles adjacentes. Pour ces bandes expérimentales, la redevance est de quelques centaines d'euros par an.

Bénéficiaire d'un soutien public

La Stratégie d'accélération sur la 5G et les futures technologies de réseaux de télécommunications de France 2030, lancée en juillet 2021 par le gouvernement, intègre une enveloppe d'aides financières allant jusqu'à 735 millions de financements publics d'ici 2025. Pilotées par la Direction Générale des Entreprises, ces aides ont déjà permis d'accompagner 21 projets de plateformes d'expérimentation des usages de la 5G, dont 9 spécifiquement pour l'industrie 4.0.

Ces aides ont été accordées dans le cadre de l'Appel à Projets « *Souveraineté dans les réseaux de télécommunications afin d'accélérer les applications de la 5G* ». Même s'il est clos depuis fin 2021, cela ne signifie pas pour autant que de nouveaux projets ne peuvent pas en bénéficier, de manière indirecte. Concrètement, il n'est plus possible d'obtenir des aides financières par ce biais, mais plutôt un accompagnement pour venir se greffer sur les projets 5G déjà réalisés, afin de « *partager l'expérience* ».

« *L'Appel à projets prévoit en effet que les projets déjà en cours soient ouverts à d'autres acteurs qui souhaiteraient expérimenter la 5G. Donc un industriel peut tout à fait se rapprocher d'un acteur ayant déjà un projet en cours pour travailler à une coopération, dans les limites du possible* », explique la DGE. « *Nous entendons aujourd'hui travailler sur l'accompagnement et la montée en puissance collective des acteurs* ». Pour favoriser ce rapprochement d'acteurs, le Comité Stratégique de Filière (CSF) « *Infrastructures numériques* » anime avec la DGE des « *clubs sectoriels* », dont certains sont spécifiquement dédiés à l'industrie, afin d'échanger sur les problématiques rencontrées durant les déploiements et capitaliser sur les expériences des projets pionniers pour les solutionner. Par ailleurs, un catalogue « *recensant ces plateformes et les conditions d'accès à leurs infrastructures pour que des industriels ou des offreurs de solutions puissent y réaliser des tests sera publié prochainement* », a annoncé en octobre 2022 Jean-Noël Barrot, ministre délégué chargé de la Transition numérique et des Télécommunications,

C'est le moment de démarrer, car il faut passer par une phase d'apprentissage et une montée en compétences

Philippe Herbert - Mission 5G Industrielle

en lien avec Roland Lescure, ministre délégué chargé de l'Industrie.

Au-delà de cet appel à projet spécifique à la 5G, d'autres dispositifs plus génériques de France 2030 peuvent permettre d'obtenir des aides financières. C'est le cas de l'appel à projets « *i-Démo* ». Lancé en 2022, il sera clôturé en juin 2023. Son objectif : le « *développement d'entreprises industrielles et de services sur les marchés porteurs, créateurs de valeur et de compétitivité* », notamment pour des projets liés à la 5G et à ses usages. Ce dispositif générique permet de financer des projets innovants pouvant aller jusqu'à 4 millions d'euros. Il s'agit d'un cofinancement qui couvre entre 25 et 65 % des investissements. Ce dispositif est surtout dédié la phase de R&D et aux premières expérimentations.

La Banque des Territoires a également accompagné plusieurs projets 5G et souhaite poursuivre dans cette voie en finançant des industriels, notamment des PME et ETI, ou en accompagnant le déploiement d'infrastructures numériques fixes et mobiles sur des sites industriels. « *Depuis 2022, nous cherchons activement à financer des projets autour de la 5G industrielle, qu'ils soient expérimentaux ou non* », indique Sarah Fauconnier de la Banque des Territoires.

La Banque des Territoires propose tout d'abord d'investir, avec l'industriel et éventuellement une collectivité territoriale selon le type de projet, dans une société commune qui mènera le projet 5G. La Banque des Territoires peut également proposer des crédits d'ingénierie, afin de financer des études préalables. Une solution surtout dédiée à l'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage, par exemple pour financer les études préalables qui seront réalisées par des cabinets de conseil consultants ou des bureaux d'études lors de la phase de conception du projet.

Un écosystème qui se développe en France

Il y a deux ans, les observateurs du marché s'inquiétaient d'un relatif retard de la France en matière de déploiement de la 5G industrielle. Un retard qui se creusait par rapport à l'Asie et aux États-Unis, mais également vis-à-vis d'autres pays européens comme l'Allemagne ou la Grande-Bretagne. D'où les multiples initiatives, notamment gouvernementales, pour accélérer l'adoption de la 5G auprès du secteur de l'industrie. Où en est la situation aujourd'hui ? Six mois après la remise de son rapport, Philippe Herbert, se veut rassurant. « *L'ensemble des actions [préconisées dans le rapport] ont été engagées (...). Cela dépendait d'un certain nombre d'acteurs qui ont joué le jeu dont l'Arcep et le gouvernement, mais aussi des industriels. Et l'on voit que les choses ont bougé* », a-t-il déclaré le 12 octobre 2022 à l'occasion de l'événement « *5G x Industrie 4.0* » organisé au Ministère de l'économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique.

Et de rappeler que le retard français est désormais tout à fait rattrapable car la dynamique au niveau mondial reste toujours expérimentale. « *Le marché de la 5G industrielle ne sera pas mature avant 2024* », a-t-il souligné. Rien n'est donc encore joué. « *C'est le moment de démarrer, car il faut passer par une phase d'apprentissage et une montée en compétences* », recommande Philippe Herbert.

Outre l'accès facilité aux fréquences, une autre recommandation du rapport était de favoriser le partage d'expériences. Dans ce domaine, Philippe Herbert s'est félicité de la mise en place pour 2023 des « *Campus Fablabs 5G industrielle* » qui doivent permettre aux industriels de travailler concrètement sur les cas d'usages. Rappelons que la DGE a lancé, en avril dernier, l'AMI « *Campus Fablab 5G industrielle* » dans le cadre de la Stratégie d'accélération sur la 5G et les futures technologies de réseaux de télécommunications. L'objectif est de permettre à des lieux existants, dédiés à l'accompagnement des industriels vers la numérisation de leurs processus de production, de proposer une offre spécifique 5G industrielle. Le rôle de ces campus est donc de mettre en place un soutien au déploiement, alors que les plateformes d'expérimentations visent à tester les cas d'usage. Ces lieux rassemblent divers acteurs de la 5G (opérateurs, équipementiers, industriels, experts ...). « *Il y a eu plus d'une dizaine de candidatures pour cet appel à projet et je m'en réjouis* », a déclaré Philippe Herbert.

Et de conclure : « *Nous sommes dans une phase de démarrage. Le développement de l'offre 5G industrielle est en train de se constituer. Tout n'existe pas encore. Mais il y a un marché qui se dessine et il vaut mieux être parmi les premiers à s'y positionner* ». Un avis partagé par la DGE. « *Un écosystème est en train de se développer en France autour de la 5G industrielle. La plupart des freins identifiés à ce jour au développement de la 5G industrielle sont sur le point d'être levés* ».

.Conclusion

La France réunit aujourd'hui toutes les conditions pour devenir un pays leader en matière de 5G industrielle. Après les grands groupes, c'est désormais aux PME et ETI de démarrer des projets autour de cette norme de réseau de communication cellulaire, qui pourrait bien s'imposer comme le « système nerveux de l'industrie de demain ».

Tel est le principal enseignement du livre blanc « *La 5G industrielle : Quelles opportunités pour les PME et ETI ?* », publié par le CSF S-I-F et ses partenaires. Car pour ces entreprises, la 5G offre de nombreux atouts. Tout d'abord, il convient de rappeler qu'il s'agit d'un ensemble de technologies pensées dès le départ pour des usages professionnels, dont ceux de l'industrie. Les contraintes et enjeux des industriels ont donc été pris en compte dans l'élaboration de cette norme. C'est pourquoi le premier atout de la 5G industrielle est sa fiabilité. Le taux de disponibilité d'un réseau 5G peut ainsi atteindre les 99,99 % !

Autre bénéfice : ses performances, avec aujourd'hui une latence de l'ordre de 10 ms et un débit d'environ 500 Mbit/s. Et demain : l'objectif est d'atteindre des débits théoriques jusqu'à 10 fois supérieurs à ceux de la 4G (de l'ordre de plusieurs Gbit/s) et une latence 10 fois moindre (de l'ordre de la milliseconde). Des performances très utiles pour optimiser le fonctionnement des AGV, améliorer le contrôle qualité (via des caméras 4K), déployer des services d'opérateur augmenté ou encore piloter à distance des robots.

Côté cybersécurité, la 5G intègre de nombreux éléments de protection qui en font un réseau particulièrement robuste face aux cyberattaques. Enfin, cette norme est compatible avec d'autres, comme le WiFi ainsi qu'avec des technologies issues de l'IT. Elle devrait donc favoriser la convergence des réseaux IT et OT.

Au final, la 5G est donc un « accélérateur » de la transformation numérique des entreprises industrielles. Pour les PME et ETI, elle favorise à la fois l'innovation et offre également des perspectives de gains de compétitivité. L'écosystème de la 5G industrielle est en train de se développer en France. Et les premiers acteurs à tenter l'aventure prennent clairement une longueur d'avance. Choisir la 5G c'est se tourner vers l'avenir de l'industrie.

5G

La 5G industrielle

Quelles opportunités pour les PME et ETI ?

Ce document a été réalisé par :

Le Groupe 5G Industrielle issu de la feuille de route du Contrat Stratégique de Filière Solutions Industrie du Futur (CSF S-I-F) et piloté en étroite collaboration avec le CSF Infrastructures Numériques

Présidé par Jean-Yves BOIS - AGILICOM, et Jocelyn Zindy - EIFFAGE ÉNERGIE SYSTÈMES - CLEMESY avec le soutien du GIMELEC et de la Fédération Française des Télécoms

Ce groupe comprend également deux commissions :

- PROMOTION, pilotée par Boris Madeleine - b<>com
- OFFRE, pilotée par Flore Naiman - Hub One

Remerciements particuliers aux contributeurs :





FILIÈRE
INFRASTRUCTURES
NUMÉRIQUES

SC