



MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE,
DES FINANCES
ET DE LA RELANCE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

5G INDUSTRIELLE

RAPPORT DE LA MISSION

Philippe HERBERT

PRÉSIDENT DE LA MISSION

Avec la collaboration de :

Lucas GRAVIT

RAPPORTEUR

DIRECTION GÉNÉRALE
DES ENTREPRISES



RAPPORT DE LA MISSION

5G INDUSTRIELLE

Par

Philippe Herbert

Président de la Mission 5G industrielle

Avec la collaboration de Lucas Gravit, Direction générale des Entreprises,
en qualité de rapporteur

À

Agnès Pannier-Runacher

Ministre déléguée auprès du ministre de l'Économie, des Finances et de la
Relance, chargée de l'Industrie

ET

Cédric O

Secrétaire d'État chargé de la Transition numérique et des Communications
électroniques

TABLE DES MATIÈRES

Table des illustrations.....	6
Édito	7
Introduction	8
1 - Contexte	11
a) Industrie 4.0 : la 5G, enjeu de compétitivité et de relocalisation	11
b) Les changements de paradigme induits par la 5G : nouveau marché et nouveaux acteurs 13	
2 - État des lieux.....	17
a) La dynamique française autour de la 5G industrielle	17
b) Modes de déploiement et cadre réglementaire pour la 5G industrielle en France	21
c) Panorama international	26
3 – Principaux freins et recommandations pour le développement de la 5G industrielle en France	29
a) Accès actuel aux fréquences, un frein à l'adoption de la 5G par les industriels	29
b) Nécessité d'accélérer le développement de l'écosystème 5G industrielle en France ..	30
c) Insuffisante disponibilité d'équipements et de services adaptés à la 5G industrielle...	32
d) Besoin de simplifier et rendre plus accessible la 5G industrielle	33
e) Difficulté à trouver les bonnes compétences pour déployer la 5G industrielle	34
f) Interrogations sanitaires, environnementales et sociétales liées à la 5G industrielle....	35
g) Manque de visibilité et de maturité des écosystèmes 5G industrielle français et européens, y compris pour la technologie 5G, le <i>cloud</i> et la cybersécurité.....	36
Annexe 1 – Liste et biographies des membres du groupe de travail de la Mission 5G industrielle	38
Annexe 2 – Liste des entités rencontrées ou ayant contribué directement À la Mission 5G industrielle	40
Annexe 3 – Détails des Engagements À mettre en œuvre les recommandations de la mission 5G industrielle	42

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 - Exemples de cas d'usage industriels de la 5G identifiés par la SNCF dans l'industrie	12
Figure 2 - Apports des différentes releases de <i>The 3rd Generation Partnership Project</i> (3GPP) pour les usages industriels de la 5G.....	14
Figure 3 – Apports pour les usages industriels de l'évolution des réseaux mobiles de la 4G vers la 5G	15
Figure 4 - Carte des 21 projets de plateformes d'expérimentation des usages de la 5G soutenus dans le cadre du plan de France Relance et de la stratégie d'accélération sur la 5G	19
Figure 5 - Schéma d'une architecture de réseau mobile professionnel s'appuyant sur le « <i>network slicing</i> »	22
Figure 6 - Schéma d'une architecture de réseau mobile professionnel privé dédiée « sur site »	22
Figure 7 - Schéma d'une architecture de réseau mobile professionnel hybride avec le cœur de réseau distant du site radio de l'entreprise	23
Figure 8 - Différentes initiatives de réservation de spectre pour les réseaux mobiles privés dans le monde.....	27
Figure 9 - Exemple de structuration d'un « campus fablab 5G industrielle »	31

ÉDITO

Lorsque les ministres, Madame Agnès Pannier-Runacher et Monsieur Cédric O, m'ont sollicité pour animer la Mission 5G Industrie, ma première réaction a été de répondre que je n'étais ni un expert ni un spécialiste de la 5G ou des télécoms. Puis, en analysant le sujet de plus près, le lien avec mon engagement et mon parcours professionnel m'est clairement apparu. Pour le grand public, la 5G représente la suite de la 4G, avec ses apports en termes de performances ou de nouvelles utilisations. Mais, pour l'industrie, la 5G correspond à une nouvelle technologie qui vient appuyer la numérisation des processus industriels. Cette évolution profonde du monde industriel est communément appelée soit « Industrie du Futur », soit « *Smart Industry* », soit « Industrie 4.0 ». Elle correspond à l'arrivée en force et en masse des données tout au long de la vie d'un produit : de sa conception à sa fabrication, sa logistique, sa maintenance, voire son recyclage.

Dans ce contexte où le volume et l'importance stratégique des données montent en puissance, le temps réel, la mobilité et l'intelligence artificielle décuplent les besoins d'un « système nerveux » plus fluide, plus transparent et plus sécurisé. C'est à ce point précis qu'intervient la 5G industrielle, et pour moi le lien avec cette Mission 5G industrielle.

Je remercie donc Madame et Monsieur les ministres pour leur confiance. J'espère qu'ils trouveront dans ce rapport un panorama documenté de la situation actuelle de la 5G industrielle en France ainsi qu'à l'international, leur permettant de mettre immédiatement en mouvement l'ensemble de l'écosystème de la 5G industrielle français.

Je tiens à remercier également tous les membres du groupe de travail de la Mission, que j'ai beaucoup sollicités et qui ont apporté l'intelligence collective à nos recommandations et à leurs plans d'action opérationnels.

Ensemble, à l'image de ce qu'est l'industrie, nous avons voulu ces recommandations pratiques, concrètes et « actionnables » dès maintenant. C'est la raison pour laquelle je voudrais souligner et remercier toutes les sociétés, fédérations, associations, etc., qui ont accepté d'être parmi les premières à s'engager sur des actions liées à nos recommandations. Au-delà de ces premiers engagements, j'invite tous les acteurs de l'écosystème 5G Industrielle français et européens à se mobiliser : c'est le futur de l'Industrie qui est en jeu.

Je désire terminer cet éditto en partageant avec vous une citation d'Antoine de Saint-Exupéry que j'ai faite mienne et qui me semble très bien s'appliquer à cette Mission et ses résultats attendus : « Dans la vie, il n'y a pas de solutions ; il y a des forces en marche, il faut les créer et les solutions suivent. »

Philippe HERBERT

Président de la Mission 5G industrielle

INTRODUCTION

La 5G constitue une rupture technologique majeure. En raison de ses performances tout d'abord (latence, débit, fiabilité ou connexion massive d'objets), mais aussi en termes de fonctionnalités : le « *network slicing* »¹ par exemple ouvre la voie vers de nouveaux usages professionnels des réseaux mobiles publics. Ces caractéristiques de la 5G permettent d'envisager de nouvelles perspectives pour notre industrie. La mise en œuvre de nombreux cas d'usage repose sur la 5G : lignes de production reconfigurables, maintenance prédictive et réalité augmentée, véhicules industriels autonomes, etc. La 5G intègre une véritable dimension industrielle.

La transition de l'industrie vers des processus « profondément numérisés », c'est-à-dire vers l'industrie dite « 4.0 », est un levier fondamental de croissance et de compétitivité pour l'industrie française. C'est aussi l'un des principaux moteurs de la relocalisation, comme l'illustre Chamatex et son usine de chaussures de sport « 4.0 »² inaugurée à Ardoix en 2021. C'est pourquoi la 5G et ses usages ont été érigés comme une des composantes du Plan de Relance pour l'industrie et que la Stratégie d'accélération sur la 5G et les futures technologies de réseaux de télécommunications comprend un axe dédié au développement de ces applications.

Cependant, l'adoption de la 5G par l'ensemble des industriels qui pourraient en tirer un bénéfice dans le cadre de leur numérisation reste un défi majeur. Elle nécessite une forte mobilisation des filières industrielles, des acteurs des télécoms et des équipementiers industriels. Pour accélérer ce mouvement, le Gouvernement a confié à Philippe Herbert le 19 octobre 2021 la Mission 5G industrielle. Afin de capitaliser au maximum sur les efforts déjà engagés, cette Mission s'inscrit dans le cadre de la Stratégie d'accélération sur la 5G et les futures technologies de réseaux de télécommunications, dont elle constitue le 4^e chantier. Elle associe également les Comités Stratégiques de Filière (CSF) « Infrastructures numériques » et « Solutions pour l'industrie du futur ».

La Mission 5G industrielle a pour objectif d'accélérer le déploiement d'applications industrielles de la 5G pour en faire des leviers de compétitivité, d'attractivité et d'innovation de l'industrie française. Pour cela, elle a poursuivi trois objectifs : (i) établir un dialogue soutenu avec les acteurs industriels et télécoms afin de les inciter à se saisir des usages de la 5G, (ii) repérer les freins au développement de cette technologie dans l'industrie, et (iii) formuler des propositions concrètes pour un déploiement des usages les plus prometteurs de la 5G, en intégrant l'objectif de renforcer l'offre de solutions françaises pour l'industrie du futur.

¹ Le « *slicing* », le fait de réaliser et d'instancier des tranches (des « *slices* » en l'occurrence), consiste à offrir, d'un point de vue réseau, des ressources quantitatives et qualitatives à la demande pour un utilisateur, un groupe d'utilisateurs ou pour un type de service donné.

Source : CSF Infrastructures numériques, « 5G : Stratégie et Enjeux. Livre Blanc », Septembre 2020, p.8.

² Fabricant de textiles techniques, Chamatex a intégré dans son usine de nombreuses technologies telles que la réalité augmentée, le jumeau numérique ou encore les robots autonomes, accompagnées gestion de la production avec notamment une gestion digitalisée de l'ordre de fabrication. Cette automatisation extrêmement poussée permettra de sortir une paire de chaussure par minute mais surtout d'obtenir une ligne de production flexible pour fabriquer plusieurs types de chaussures pour les différentes marques.

Une méthodologie de travail pour la Mission a été définie dès le 19 octobre 2021. Elle est basée sur l'installation d'un groupe de travail présidé par Philippe Herbert. Ce groupe est composé de 14 personnes³ issues de fédérations membres des CSF « Infrastructures numériques » et « Solutions pour l'industrie du futur », d'entreprises représentant ces CSF et d'experts de la 5G ou de l'industrie du futur.

Cette méthodologie repose également sur la notion de « 5G industrielle ». Afin de garder un champ d'étude réaliste, il a été choisi de concentrer au maximum les travaux de la Mission aux industries manufacturières, où la 5G est avant tout un enjeu pour le pilotage des processus de production et de l'espace de l'atelier ou de l'usine. La « 5G industrielle » peut donc être définie pour cette Mission comme l'ensemble des usages de la 5G dans l'industrie, les solutions utilisées pour la mise en œuvre de ces usages et les technologies associées. Si les usages de la 5G dans, par exemple, la mobilité ou les territoires intelligents n'ont pas été au centre de ces travaux, les acteurs qui les portent pourront néanmoins reprendre pour eux une grande partie des conclusions et recommandations dans lesquelles ils pourraient reconnaître certaines de leurs problématiques.

Trois séquences se sont succédées lors des quatre mois de travaux du groupe de travail de la Mission 5G industrielle. Tout d'abord se sont tenues des auditions d'industriels français utilisateurs de la 5G et d'acteurs de l'écosystème français de la 5G industrielle. Ensuite, des auditions d'acteurs industriels allemands menant des travaux sur la 5G industrielle, ponctuées d'un déplacement du groupe de travail au « 5G *Industry Campus Europe* », dans les locaux du Fraunhofer *Institute for Production Technology* (IPT) à Aix-la-Chapelle. Enfin, plusieurs sessions de travail ont été consacrées à la formulation des principales conclusions et recommandations de la Mission.

Philippe Herbert, avec certains membres du groupe de travail, a mené en parallèle de ces travaux plusieurs dizaines de rencontres avec des acteurs de l'écosystème 5G industrielle français ou international. Des contributions écrites ont également été intégrées. Des voyages d'étude complémentaires ont été organisés au Salon de l'AGURRE et au Campus Région du numérique à Charbonnières-les-Bains. Au total, plus de 60 acteurs ont pu contribuer d'une manière ou d'une autre aux travaux de la Mission.⁴

L'adoption de la 5G par les industriels français est un sujet de court comme de moyen terme. De moyen terme tout d'abord, car ce marché ne sera pas mature avant 2024. Cependant, les bases sur lesquelles repose la diffusion des usages de la 5G dans l'industrie doivent être construites bien avant. La 5G industrielle est en cela un sujet de très court terme. C'est pourquoi la Mission a choisi de formuler des recommandations les plus concrètes, opérationnelles et « actionnables » possibles. Il faut qu'elles puissent être enclenchées ou mises en œuvre dès la remise du rapport et au plus tard dans les 12 mois à venir. Surtout, elles doivent s'appuyer ou agréger des initiatives déjà en cours afin de ne pas multiplier les points d'entrée. Un plan d'action est rattaché à chacune d'entre elles, et des engagements d'acteurs prêts à les porter sont déjà inscrits dans ce rapport. Cette liste n'est absolument pas figée : tout industriel ou acteur de l'écosystème 5G industrielle souhaitant participer à la mise en œuvre de ces plans d'action est invité à le faire.

Le rapport de la Mission 5G industrielle a été écrit dans le même état d'esprit. De nombreuses sources de qualité sont déjà disponibles sur la 5G et ses usages, par exemple le rapport de l'Académie des sciences sur la 5G publié en juillet 2021⁵ ou le Livre blanc du CSF Infrastructures numériques « 5G : Stratégie et Enjeux ». ⁶ Le présent rapport ne vise donc pas l'exhaustivité ou

³ Cf. Annexe 1 Liste et biographies des membres du groupe de travail de la Mission 5G industrielle.

⁴ Cf. Annexe 2 Liste des entités rencontrées ou ayant contribué directement à la Mission 5G industrielle.

⁵ *Rapport de l'Académie des sciences*, « Rapport sur la 5G et les réseaux de communications mobiles », 12 juillet 2021.

⁶ CSF Infrastructures numériques, « 5G : Stratégie et Enjeux. Livre Blanc », Septembre 2020.

la réécriture de travaux précédents. Il propose plutôt une photo de la 5G industrielle en France en 2022, et est centré sur les recommandations opérationnelles et leurs plans d'action. Il est divisé en trois parties : tout d'abord (i) le contexte de la 5G industrielle en 2022 et les grands enjeux qui le traversent, ensuite (ii) un état des lieux de la 5G industrielle en France et dans le monde, et enfin (iii) les sept freins et recommandations associées pour accélérer le développement de la 5G industrielle en France.

1 - CONTEXTE

La 5G industrielle s'inscrit dans un contexte pluriel. Tout d'abord, celui de la transition numérique de l'industrie, dont la 5G industrielle constitue une brique essentielle. Elle représente en cela un enjeu de compétitivité et de relocalisation pour l'industrie française. Ensuite, le contexte d'un changement de paradigme dans le monde des télécoms. La virtualisation des réseaux mobiles et l'émergence de marchés professionnels pour ces réseaux sont deux dynamiques sous-tendant la 5G industrielle. Elle s'inscrit donc à la croisée du monde des télécoms, de l'industrie, mais aussi du monde plus large des technologies de l'information et de la communication.

a) Industrie 4.0 : la 5G, enjeu de compétitivité et de relocalisation

La valeur de la 5G pour l'industrie n'est pas directement située dans les infrastructures de réseaux en elles-mêmes : elle se trouve dans les usages et applications industriels qui vont être développés grâce aux caractéristiques et performances des réseaux 5G. La mise en œuvre de ces usages n'implique par ailleurs pas uniquement la 5G, mais l'ensemble des technologies et applicatifs liés, au premier rang desquels le *cloud* ou l'*edge computing*.

La diversité de ces applications est large, et n'a sûrement pas été explorée en intégralité à ce jour. Quelques exemples observés durant les travaux de la Mission peuvent être soulignés :

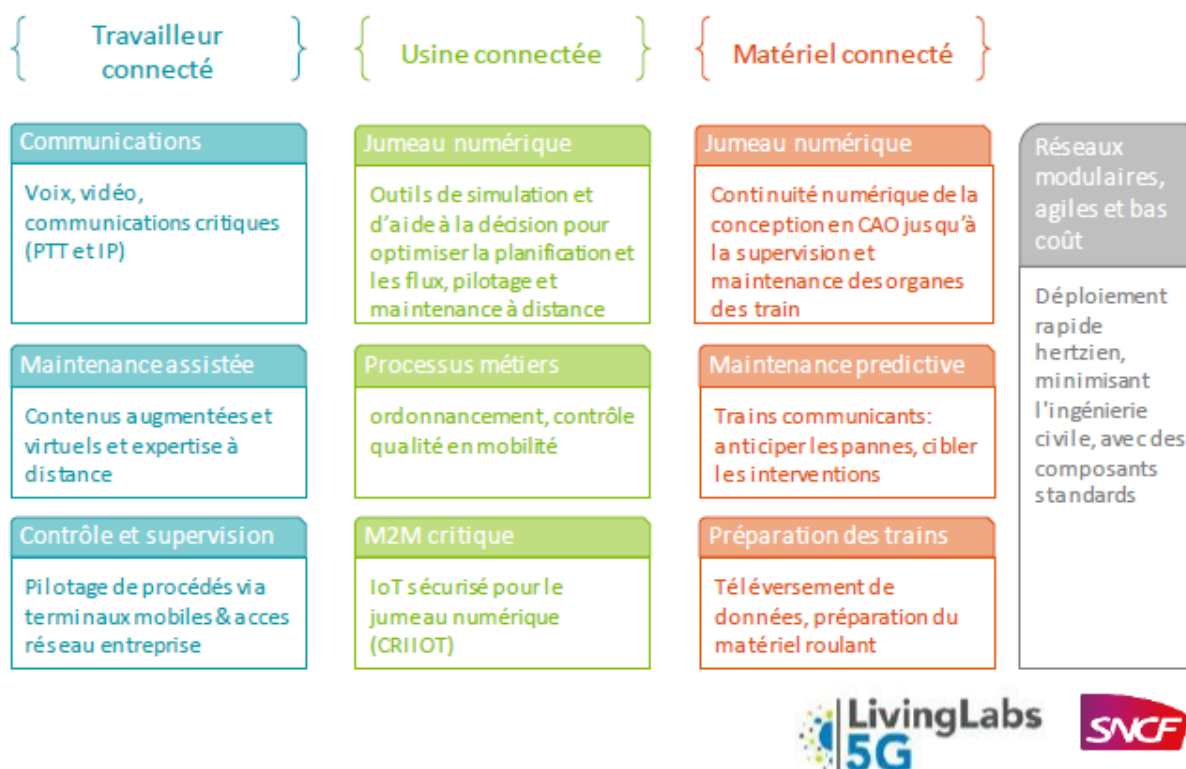
- le Fraunhofer IPT,⁷ en Allemagne, développe un cas d'usage visant à améliorer la précision et la qualité de la production lors des opérations d'affutage d'objets industriels critiques. Un capteur de vibration est connecté à un jumeau numérique de l'objet afin de pouvoir assurer un contrôle et un ajustement automatique de l'affutage. Un autre cas d'usage industriel de ce même Institut concerne la chaîne de production automobile du futur, où machines, robots industriels autonomes sont tous en mobilité, renseignée en temps réel par un très grand nombre de capteurs intelligents communicants ;
- la SNCF, à Rennes, développe entre autres un cas d'usage sur la réalité augmentée pour les opérations de maintenance. Les performances de la 5G sont indispensables pour avoir une connectivité suffisante et une continuité de service, même en mobilité. Sur les sites industriels complexes que sont les technicentres de la SNCF, où les réseaux de type WiFi ont du mal à se propager, les réseaux mobiles privés sont particulièrement bien adaptés pour des cas d'usage plus simples comme la transmission de la voix. La figure 1 ci-après présente les différents cas d'usage industriels identifiés par la SNCF.

⁷ Créés en 1949, les Fraunhofer sont des instituts allemands spécialisés dans la recherche appliquée. 76 instituts et unités de recherches de ce type existent aujourd'hui en Allemagne. Plus d'informations sont disponibles ici : <https://www.fraunhofer.de/en/about-fraunhofer.html>

Le Fraunhofer Institute for Production Technology (IPT) est notamment spécialisé dans les technologies de procédés et les machines de production.

Figure 1 - Exemples de cas d'usage industriels de la 5G identifiés par la SNCF dans l'industrie

Source : SNCF



Hub One, au Havre, déploie avec HAROPA PORT et un industriel de type Seveso un réseau 5G privé afin d'assurer la redondance 5G privé du site, permettant ainsi notamment le pilotage à distance de ses installations critiques. Des cas d'usage autour de la maintenance connectée des pompes et la digitalisation des services opérationnels pourront également être mis en œuvre sur la base de ce réseau 5G. D'une manière plus générale, on constate que les usages de la 5G sont divers selon le type d'industrie et la nature du site de déploiement. Ceux qui ont été cités le plus souvent lors des travaux de la Mission sont :

- les lignes de production reconfigurables ;
- les robots mobiles autonomes ;
- les opérateurs connectés en mobilité, notamment avec la réalité augmentée ;
- la maintenance prédictive ;
- la communication « *machine-to-machine* » (M2M)⁸ sans-fils ;
- la surveillance et la gestion à distance, notamment de flottes ;
- les communications critiques à très faible latence, par exemple pour stopper le processus de production ;
- les applications nécessitant la réalité virtuelle ou augmentée ;
- etc.

La plupart de ces cas d'usage sont sous-tendus par le déploiement d'architectures se basant sur le *cloud*, l'*edge* et les jumeaux numériques, pour lesquels les caractéristiques de la 5G sont essentielles.

Il ressort des échanges de la Mission avec des industriels en Allemagne que les cas d'usage de la maintenance prédictive, des applications à distance et de la communication M2M sans-fils y

⁸ C'est-à-dire les technologies permettant à deux objets de communiquer.

ont été identifiés comme les plus prometteurs à court et moyen termes pour l'industrie manufacturière locale.

La 5G dans un contexte industriel peut également permettre l'accès aux services plus classiques des réseaux mobiles, privés comme publics. Par exemple, la transmission de données, la transmission de la voix ou les services « mission critique » dont la transmission de la voix à des groupes avec des terminaux « *push-to-talk* ». ⁹ Bien que moins innovants, ces usages ne sont pas à négliger : ils permettent aux industriels d'agréger la majorité de leurs besoins de connectivité sur le seul réseau 5G.

Ainsi, à travers les nombreux cas d'usage qu'elle permet, **la 5G apparaît comme une des composantes essentielles de l'industrie du futur**. Elle constitue un réel enjeu de compétitivité industrielle comme de réindustrialisation.

L'industrie française s'est engagée dans l'industrie 3.0 (automatisation, robotisation, numérisation des processus par des logiciels) depuis de nombreuses années, même si cela concerne encore davantage les grandes entreprises que les TPE et PME, et reste très hétérogène selon les filières. Le passage vers l'usine intelligente, connectée et durable mobilisant des technologies, relevant de l'industrie 4.0, est lui moins avancé. Le retard structurel des entreprises françaises est en cours de rattrapage depuis 2018, la dynamique autour de la numérisation de l'industrie s'accéléralant en France. Une étude menée pour les représentants de la filière des solutions pour l'industrie du futur en 2019 indique que 50 % des entreprises industrielles souhaitent consacrer une partie importante de leur CAPEX (au moins 5 %) à de l'investissement dans des solutions industrie du futur. ¹⁰

Comme cela a été évoqué en introduction, la réindustrialisation en France s'inscrit en corolaire de la transition numérique de l'industrie et du passage vers l'industrie du futur. Cela est illustré par de nombreux projets de relocalisation soutenus dans le cadre de France Relance ¹¹. La disponibilité de solutions et de savoir-faire en France dans ce domaine est essentielle pour assurer la compétitivité du tissu industriel.

Ainsi, les nombreux cas d'usage permis par la 5G lui donnent un rôle clé dans l'industrie du futur, comparable à celui d'un « système nerveux ». La maîtrise de la 5G par les industriels et leurs équipementiers est donc un élément indispensable du passage vers l'industrie du futur. La 5G industrielle n'est donc pas tant un sujet d'infrastructures de réseau, mais un sujet d'intégration d'une nouvelle technologie de connectivité dans des contextes industriels variables et complexes en cours de numérisation.

b) Les changements de paradigme induits par la 5G : nouveau marché et nouveaux acteurs

La 5G, par sa conception et son architecture, constitue une rupture pour le marché des télécoms. Au-delà des aspects techniques et d'amélioration des performances, la Mission identifie deux enjeux industriels sous-jacents à la manière dont la 5G a été conçue.

Tout d'abord, contrairement à ses prédécesseurs, la 5G a été pensée et conçue pour adresser des usages professionnels. La 5G dite « *Non-Standalone* » (NSA) ¹², telle qu'elle a été mise en fonctionnement en 2020 dans les réseaux publics en France, vise en premier lieu à permettre

⁹ LD Expertise, « Étude de marché sur les "Réseaux Mobiles Privatifs" (RMP) », Septembre 2021, réalisé pour le compte de Nokia.

¹⁰ Accenture Strategy, « L'industrie du futur : le levier pour relancer l'industrie française », 2019, étude réalisée pour le compte de AIF, Gimelec et Symop.

¹¹ On peut citer : les cuves en acier émaillé d'Auer à Feuquières-en-Vimeu (80), des briques technologiques de cartes à puce d'Eyco à Treys (13), la gamme dynamométrique de Sam Outillage à Saint-Etienne (42).

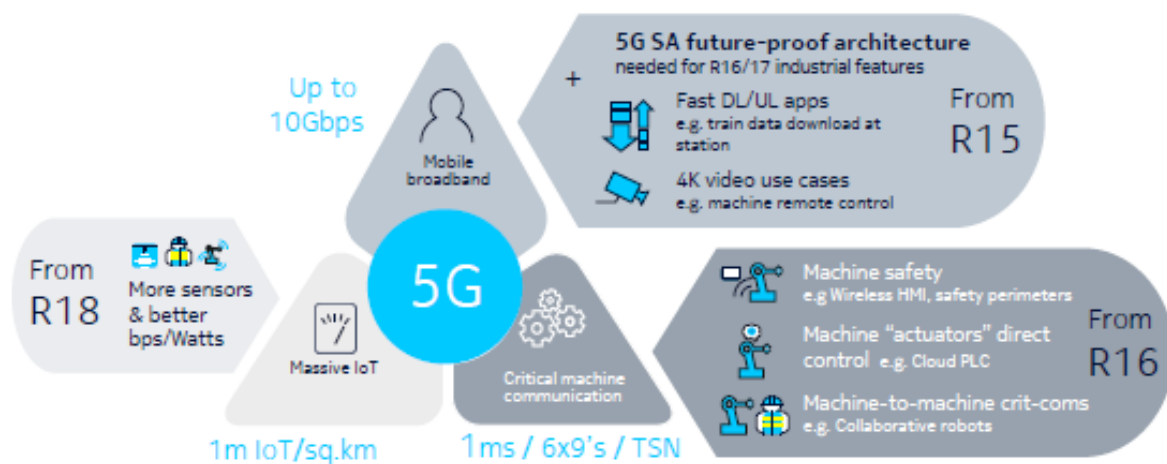
¹² Architecture de réseau où le cœur de réseau est 4G et la partie radio 5G. C'est une version préliminaire de la 5G.

aux opérateurs de répondre aux besoins de connectivité croissants. Cependant, la raison d'être à terme de la 5G est bien « la mutation de l'industrie, des services et de la mobilité qu'elle devrait permettre ».¹³ Cela sera notamment permis par le déploiement à partir de 2023 de la 5G dite « *Standalone* » (SA), c'est-à-dire où l'ensemble des composantes du réseau sont spécifiques à la 5G, y compris le cœur du réseau.

La standardisation progressive de la 5G à travers la publication de *releases* par le 3GPP¹⁴, organisme en charge de la définition des spécifications techniques des réseaux mobiles, permet d'étoffer les capacités de la 5G utiles à l'industrie. La *release* 15 a défini dès 2017 les premières spécifications de la 5G. Les fonctionnalités et capacités de la 5G les plus prometteuses pour l'industrie (internet des objets, faible latence, etc.) ont été ou vont être progressivement spécifiées jusqu'en 2024 avec les *releases* 16, 17 et 18.¹⁵

Figure 2 - Apports des différentes releases de *The 3rd Generation Partnership Project* (3GPP) pour les usages industriels de la 5G.

Source : Nokia



La 4G permet déjà de traiter un certain nombre de cas d'usage professionnels. Depuis le milieu des années 2010, les réseaux mobiles privés (PMR) sont en plein essor au niveau mondial. Bien que plus complexes à opérer et plus chers que le WiFi ou les réseaux LPWAN,¹⁶ ils apportent des garanties de performance et de sécurité supérieures à ces technologies de télécommunications radio pour leur utilisation dans des contextes professionnels.¹⁷ La 5G et ses caractéristiques ouvrent cependant réellement la voie vers cette transition des réseaux cellulaires vers les usages professionnels intensifs.

¹³ Rapport de l'Académie des sciences, « Rapport sur la 5G et les réseaux de communications mobiles », 12 juillet 2021, p. 17.

¹⁴ « Third Generation Partnership Project », c'est-à-dire l'entité en charge de la production et de la publication des spécifications techniques pour les réseaux mobiles, depuis la 3G à la 5G aujourd'hui.

¹⁵ CSF Infrastructures numériques, « 5G : Stratégie et Enjeux. Livre Blanc », Septembre 2020, p.4.

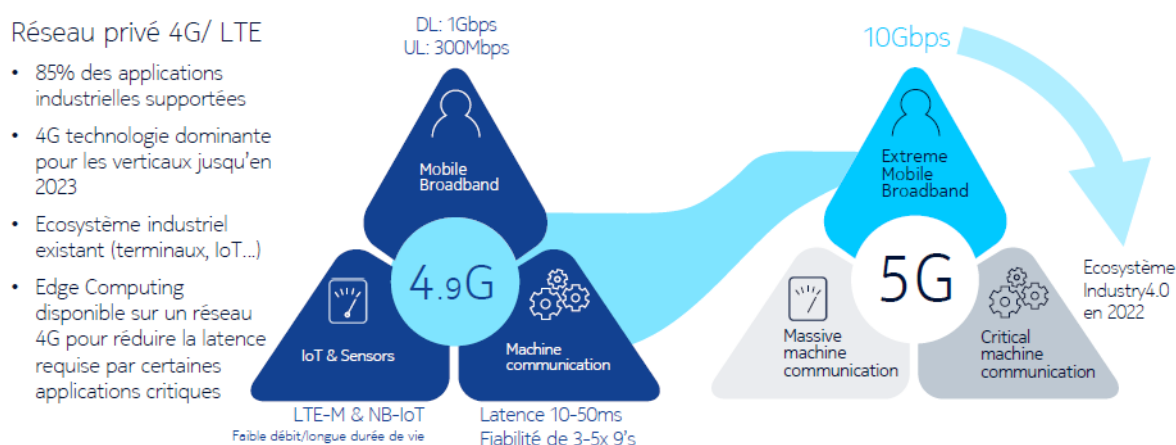
Toutes les informations sur ces *releases* sont disponibles sur le site internet du 3GPP : <https://www.3gpp.org/specifications/67-releases>

¹⁶ Low Power Wide Area Network, c'est-à-dire des réseaux bas débit, basse consommation et de longue portée. Ils sont souvent optimisés pour connecter en grand nombre des objets sur de larges espaces. Source : ARCEP, « Réseaux du futur. Note n°3. Enjeux de connectivité : l'exemple des territoires "intelligents" », 4 juillet 2019, p.4. Disponible : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/reseaux-du-futur-villes-intelligentes-juillet2019.pdf

¹⁷ LD Expertise, « Étude de marché sur les "Réseaux Mobiles Privatifs" (RMP) », Septembre 2021, réalisé pour le compte de Nokia.

Figure 3 – Apports pour les usages industriels de l'évolution des réseaux mobiles de la 4G vers la 5G

Source : Nokia



Existant bien avant le développement de la 5G, le marché de la connectivité industrielle est basé sur un ensemble de réseaux hétérogènes. Les réseaux WiFi portent les usages liés à la donnée, les réseaux DECT portent les usages liés à la voix, les réseaux LPWAN comme LoRa ou Sigfox portent les usages de l'internet des objets bas débits, les réseaux TETRA les communications critiques, etc. La modularité des réseaux 5G privés a l'avantage de permettre de combiner plusieurs de ces fonctions et les garanties qu'elles requièrent au sein d'une seule infrastructure, avec une qualité de service et une fiabilité réelles. *A contrario*, les réseaux WiFi par exemple ne garantissent pas une qualité de service suffisante pour avoir des usages à très faible latence ou critiques, tels qu'ils sont attendus dans l'industrie (contrôle de processus, robots autonome, etc.). La 5G n'est pas toujours adaptée : ces autres réseaux professionnels sont dimensionnés pour des besoins très précis de certains industriels, qui les maîtrisent et les opèrent à des coûts compétitifs.

L'optique professionnelle grandissante des réseaux cellulaires et notamment de la 5G implique un changement de la manière dont les opérateurs et équipementiers télécoms vont devoir concevoir et commercialiser leurs offres. L'offre de solutions et services autour des réseaux mobiles, historiquement tournée vers le grand public, doit pouvoir maintenant adresser le marché de l'industrie, aux besoins et modes de fonctionnement très différents.

Le marché des équipements télécoms connaît avec la 5G un changement de paradigme majeur avec la montée en puissance de la virtualisation des réseaux. Une place décisive est dévolue au logiciel dans l'ensemble de la chaîne de valeur des télécoms. Cette rupture concerne en particulier les technologies d'accès du réseau radio mobile, sans s'y réduire, et devrait amener une reconfiguration du marché à l'avantage des acteurs de l'industrie informatique (IT). Plusieurs technologies à forte valeur ajoutée contribuent également à cette transformation des réseaux comme l'automatisation et l'intégration de l'Intelligence artificielle (IA), la « cloudification », l'interopérabilité des réseaux, la gestion de la connectivité hétérogène des objets connectés, la convergence entre les réseaux fixes et mobiles autour de cœurs 5G unifiés, et la cybersécurité de bout en bout.

Cette nouvelle tendance de développement des réseaux du futur ouvre la voie à des infrastructures de réseaux plus ouvertes, virtualisées et « cloudifiées ». Toutefois, elle offre de nouvelles vulnérabilités. La segmentation des niveaux du réseau impose de nouvelles contraintes de sécurité et une meilleure prise en compte du risque cyber. Par ailleurs, des acteurs américains et asiatiques disposent d'une avance importante sur ce segment de marché du *cloud* et de l'*edge computing*, ce qui pose un risque en termes de maîtrise des

infrastructures et d'indépendance technologique. Par exemple, Amazon Web Services (AWS) a annoncé en novembre 2021 commercialiser sa propre offre de réseau 5G privé à destination spécifiquement du marché professionnel.¹⁸ La capacité de ces acteurs à s'insérer sur le marché de la 5G pour les professionnels, y compris l'industrie, est donc réelle et questionne la manière dont les acteurs européens de la 5G, qu'ils soient historiques ou non, s'en saisissent ou vont s'en saisir.

Dans ce contexte de mutation technologique et concurrentielle, la virtualisation des réseaux constitue donc une opportunité pour les acteurs porteurs de nouvelles solutions sur les réseaux télécoms du futur. Cela concerne notamment les entreprises innovantes qui seront capables d'accompagner les équipementiers dans l'adaptation à ces nouvelles conditions de marché. La France dispose en particulier de compétences techniques de pointe dans le développement logiciel et matériel, notamment sur le développement de cœurs de réseau, d'accès radio et de réseaux de raccordement.

Ainsi, la conception de la 5G, pour des usages professionnels et sur la base d'architectures de plus en plus virtuelles, amène un changement de paradigme fort pour le marché des télécoms. Les enjeux de maîtrise des infrastructures et d'indépendance technologique sont donc sous-jacents au marché émergent de la 5G industrielle.

¹⁸ <https://press.aboutamazon.com/news-releases/news-release-details/aws-announces-aws-private-5g>

2 - ÉTAT DES LIEUX

L'état des lieux de la 5G industrielle proposé dans ce rapport est divisé en trois volets. Tout d'abord, un état des lieux de la dynamique et des postures industrielles autour des usages de la 5G en France. Ensuite, un état des lieux des possibilités et attentes des acteurs concernant les aspects réglementaires et de déploiement de la 5G industrielle. Enfin, un état des lieux non-exhaustif de la 5G industrielle dans le monde.

a) La dynamique française autour de la 5G industrielle

La 5G industrielle fait l'objet de politiques publiques et d'initiatives privées particulièrement volontaristes depuis trois ans. Les premiers projets d'usage de la 5G pour l'industrie ont commencé dès 2019. L'ARCEP et le Gouvernement ont lancé conjointement en 2019 un appel à la création de plateformes d'expérimentation 5G dans la bande de fréquences 26 GHz. L'objectif de cet appel était de « favoriser l'appropriation par l'ensemble des acteurs des possibilités offertes par cette bande de fréquences, et d'identifier les nouveaux usages de la 5G ».¹⁹ Parmi les 11 lauréats, des projets industriels sont notables : sur le port du Havre dans un contexte industrialo-portuaire ou sur la gare de Rennes pour les applications de maintenance à distance.

Dans le cadre de la signature de son contrat de filière en décembre 2019, le CSF Infrastructures numériques a lancé la structuration d'un réseau de plateformes d'expérimentation de la 5G et de ses usages.²⁰ La montée en puissance de ce réseau depuis deux ans a permis d'identifier 15 plateformes d'expérimentation, dont 6 sont dédiées aux usages de la 5G pour l'industrie.²¹ Parmi celles-ci, 3 sont implémentées directement sur des sites industriels en activité : « 5G STEEL » sur les sites d'Arcelor Mittal à Dunkerque et Florange, « Lab PCN 5G » sur le site d'Acome à Romagny et « Living Lab 5G » sur le technicentre SNCF à Rennes.

La plupart de ces plateformes ont été soutenues, et souvent initiées, *via* un Appel à projets (AAP) lancé en août 2020 par le Gouvernement dans le cadre du Plan de Relance pour l'industrie.²² L'objectif de cet AAP était de soutenir des projets de plateformes d'expérimentation des usages de la 5G pour des donneurs d'ordres « verticaux », c'est-à-dire des entités qui vont utiliser la 5G pour leurs activités. Clos le 7 septembre 2021, cet AAP aura permis de soutenir au total 21 plateformes, pour un montant d'investissements de 175 millions d'euros, dont 65 millions d'euros de financements publics. Neuf de ces plateformes sont dédiées à la 5G industrielle.²³ Elles permettent des expérimentations très variées.

¹⁹ <https://www.arcep.fr/actualites/les-communiques-de-presse/detail/n/5g-6.html>

²⁰ Le contrat de filière est disponible à l'adresse suivante : https://www.conseil-national-industrie.gouv.fr/files_cni/files/csf/infrastructures-du-numerique/contrat_csf_infrastructures_numeriques.pdf

²¹ La liste des plateformes labellisées par le CSF est disponible à l'adresse suivante : <https://www.fftelecoms.org/5g/soutien-du-comite-strategique-de-filieres-infrastructures-numeriques-projets-innovants-lies-au-developpement-de-la-5g/>

²² <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/aap/numerique/ressources/5g-appel-projets-sur-la-souverainete-dans-reseaux-de-telecommunications>

²³ Les 9 plateformes dédiées pour partie à la 5G industrielle sont : 5G Calais 4.0, 5G Steel, Dev 5G Industrie, PCN 5G, Living Lab 5G, PI5G, 5G Innov Lab, CRIIoT, 5G mMTC.

Par exemple :

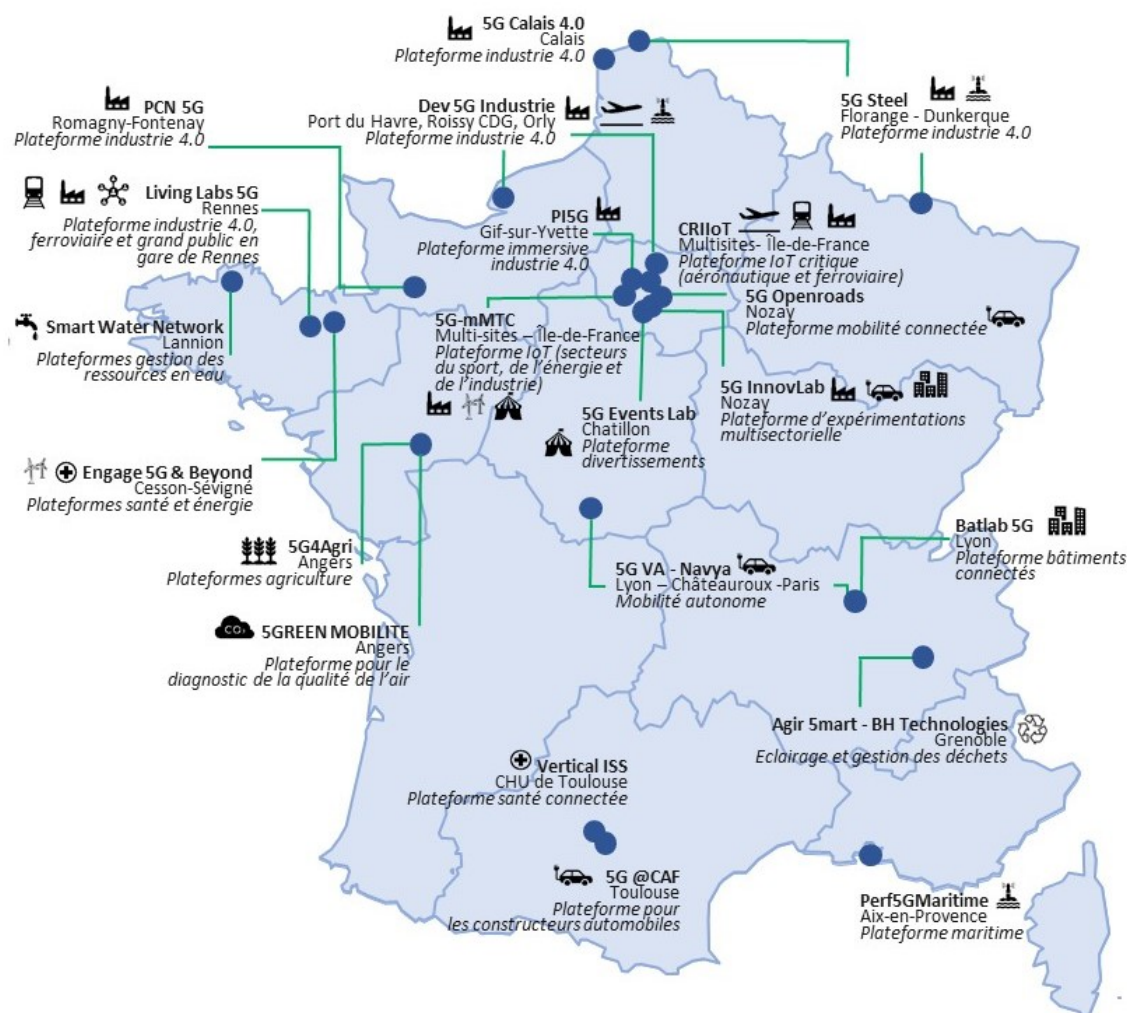
- le projet PI5G porté par le CEA vise le développement d'expérimentations d'usages innovants de réalité virtuelle pour l'industrie en s'appuyant sur la 5G ;
- le projet « PCN 5G » d'ACOME et Alsatis vise le déploiement d'une infrastructure 5G sur le site industriel d'ACOME à Romagny pour tester, évaluer puis déployer des usages de l'industrie 4.0 comme la maintenance prédictive, les techniciens augmentés, la sécurisation des AGV, les drones, les équipements de vision intelligente ou la supervision des lignes de production avec des caméras ;²⁴
- le projet 5G Steel d'Arcelor Mittal vise le déploiement d'un réseau 5G sur les sites de production métallurgique de Florange et de Dunkerque. Des cas d'usage autour de la conduite autonome de trains industriels ou la maintenance augmentée des trains vont être développés. Les cas d'usage autour de la voix seront aussi centraux pour ce projet, ce type de site industriel étant souvent situé en zone blanche avec des besoins de communications critiques forts.²⁵

²⁴ Plus d'informations sur le projet disponibles ici : <https://www.acome.com/fr/newsroom/groupe/acome-et-son-partenaire-alsatis-laureats-du-plan-france-relance-du-gouvernement>

²⁵ Plus d'informations sur le projet disponibles ici : <https://www.orange-business.com/fr/presse/arcelormittal-sassocie-orange-business-services-et-ericsson-pour-lancer-plus-grand-reseau-5g>

Figure 4 - Carte des 21 projets de plateformes d'expérimentation des usages de la 5G soutenus dans le cadre du plan de France Relance et de la stratégie d'accélération sur la 5G

Source : Direction générale des Entreprises



Informations sur le projet

Engage 5G & Beyond ← Nom du projet
 Rennes ← Commune
 Santé ← Secteur
 connectée

Cet AAP et le suivi du réseau de plateformes d'expérimentations s'inscrivent dans le cadre plus général de la Stratégie d'accélération sur la 5G et les futures technologies de réseaux de télécommunications, dont le premier axe est dédié au développement des usages de la 5G.

Cette Stratégie d'accélération sur la 5G a vocation à soutenir le développement d'une offre souveraine et sécurisée afin de garantir la maîtrise de bout en bout des réseaux télécoms. L'État s'est engagé, *via* le quatrième Programme d'investissements d'avenir (PIA4), à mobiliser 480 millions d'euros de financements publics, notamment pour soutenir des projets prioritaires d'ici 2022, et jusqu'à 735 millions d'euros de financements publics d'ici 2025, ce qui permettra, par effet de levier, de mobiliser jusqu'à 1,7 milliard d'euros d'ici 2025. Cette stratégie

d'accélération devra permettre de créer jusqu'à 20 000 nouveaux emplois à horizon 2025. Elle accompagnera la croissance du marché 5G en France en visant 15 milliards d'euros de chiffre d'affaires à horizon 2025.

En parallèle de ces expérimentations impulsées ou animées dans le cadre de politiques publiques, un certain nombre d'initiatives privées ont été lancées. Certaines entreprises ont mis en œuvre des expérimentations sur leurs sites industriels. Par exemple, Schneider Electric dans son usine de Vaudreuil déploie des cas d'usage autour de la réalité augmentée et de la télé-présence.²⁶ Lacroix Electronics a développé des expérimentations préliminaires d'usages industriels de la 5G dans le cadre de la préparation d'un projet de construction d'une « smart » usine à Beaupréau. Merem Electronique, lauréat du Plan de Relance dans le secteur de l'électronique, a lancé récemment un projet de transformation numérique de ses processus de production s'appuyant sur la 5G. Airbus mène également une démarche de long terme autour des usages de la 5G pour ses usines.

D'autres acteurs de la 5G industrielle ont fait le choix de créer des « 5G Labs », comme Orange ou Capgemini, qui ont été auditionnés par la Mission. L'« Orange 5G Lab » de Charbonnières-les-Bains, fonctionnant aujourd'hui sur réseau public, a un tropisme industriel par son inclusion dans le « Campus Région du numérique », où sont aussi présentes des plateformes dédiées à l'industrie du futur. Capgemini a ouvert un « 5G Lab » dédié aux usages de la 5G en France en 2021. Ce « Lab » permet à Capgemini de proposer un ensemble de services autour de la 5G, de la découverte de la technologie au test de solutions.

Ainsi, la 5G industrielle connaît aujourd'hui en France un certain nombre d'expérimentations menées sur tout le territoire par des industriels et des acteurs que nous dénommeront « activistes » dans ce rapport. **Les auditions menées par la Mission 5G industrielle invitent à mettre en perspective ce constat général de début de foisonnement d'expérimentations.** Tout d'abord, s'ils sont en augmentation, les projets d'expérimentation de la 5G industrielle ne sont, pour leur majorité, qu'à un stade de préparation et de planification. L'obtention puis le partage de résultats utiles à tout l'écosystème ne pourra avoir lieu avant plusieurs mois ou années. Une partie de ces projets pourrait également ne pas aboutir.

Ensuite, ces projets sont portés en grande partie par les directions de l'innovation, de la R & D ou du numérique des entreprises industrielles les hébergeant, avec des liens faibles avec les directions opérationnelles ou avec les systèmes d'informations de ces mêmes entreprises. Le temps entre l'expérimentation et l'implémentation de la 5G dans le processus de production peut être long. Cette implémentation peut également ne jamais avoir lieu.

Enfin, une partie de ces projets ne porte pas sur le processus de production au sens strict mais sur des activités annexes, où la valeur ajoutée du cas d'usage ou de la 5G peut être plus faible. Ainsi, si un nombre significatif d'expérimentations est mené en France, l'implémentation et la diffusion dans les processus de production à court ou moyen termes sont plus incertaines.

La Mission constate que la posture globale des industriels français vis-à-vis de la 5G est en retrait en comparaison de ce nombre restreint d'« activistes ». Si les projets cités jusqu'ici restent globalement prometteurs, peu d'autres projets de 5G industrielle en France ont été identifiés par la Mission. Certains industriels, une minorité, commençant des projets qui relèvent de la veille technologique ou s'intéressant à la 5G, peuvent être considérés par la Mission comme des « informés ». La grande majorité du tissu industriel français est dans une posture que nous nommerons ici « attentiste », beaucoup plus éloignée de la 5G industrielle.

Les raisons de cet éloignement sont diverses. Certaines entreprises industrielles ne sont pas encore allées assez loin dans leur transition vers l'industrie 3.0 puis 4.0 pour pouvoir envisager

²⁶ <https://www.orange.com/fr/newsroom/communiques/2020/orange-et-schneider-electric-experimentent-les-cas-dusage-de-la-5g-0>

l'utilisation de la 5G. D'autres indiquent manquer d'informations, de ressources d'accompagnement disponibles ou d'offres adaptées pour lancer une démarche autour de la 5G industrielle, dont elles n'arrivent pas encore à identifier le potentiel en comparaison à d'autres technologies de connectivité comme le WiFi ou les réseaux LPWAN. Les industriels soulignent les freins qui existent encore au déploiement de cette technologie, par exemple l'accès aux fréquences ou le nombre faible de terminaux compatibles. Enfin, beaucoup d'entreprises considèrent que la 5G est une technologie destinée au marché « grand public » uniquement et n'ont aucune conscience des enjeux qu'elle représente pour le futur de leurs activités industrielles.

Ce premier volet de l'état des lieux de la 5G industrielle en France permet donc de dégager deux constats clairs. Tout d'abord, la 5G industrielle fait l'objet d'un vrai volontarisme et de politiques publiques fortes, autour d'un petit nombre d'industriels « activistes ». Cependant, ces initiatives restent peu nombreuses. Les industriels français sont dans l'immense majorité dans une posture parfois « informée » et le plus souvent « attentiste » vis-à-vis d'une technologie dont ils attendent d'avoir une meilleure compréhension et un plus grand nombre de retours d'expérience.

b) Modes de déploiement et cadre réglementaire pour la 5G industrielle en France

Les modalités de l'accélération du déploiement de la 5G industrielle ont été au cœur des travaux de la Mission 5G industrielle. En effet, le changement de paradigme sous-jacent à l'émergence du marché de la 5G industrielle, tel que décrit en première partie de ce rapport, invite à réfléchir aux conditions techniques et réglementaires nécessaires à un développement de solutions 5G adaptées aux différents besoins des industriels. Cette réflexion se porte ici sur deux éléments : la possibilité d'accéder à des offres 5G industrielle adaptées aux besoins, incluant les compétences, et l'accessibilité des fréquences.

Concernant les modalités techniques de déploiement, la Mission constate que les offres 5G industrielle doivent pouvoir s'adapter aux besoins des industriels utilisateurs. Cela concerne en premier lieu les types de réseaux 5G utilisés.²⁷ C'est-à-dire aussi bien :

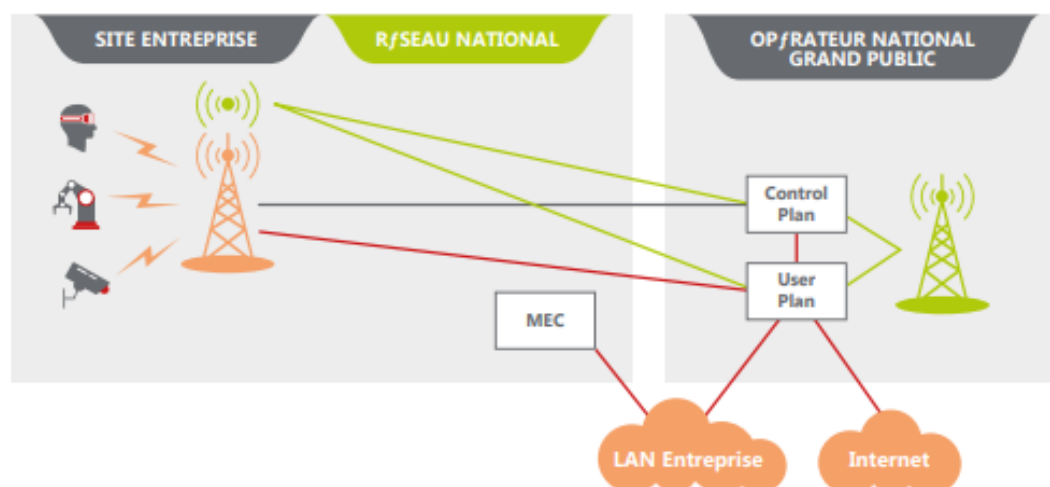
- **le réseau 5G public** opéré par les opérateurs télécoms nationaux, également utilisé pour les services « grand public ». Ce réseau pourra être divisé en tranches de réseaux distinctes avec la technique dite du « *slicing* », qui vise à dédier une partie des ressources du réseau public à certains utilisateurs et usages. Les usages industriels pourront ainsi être « séparés » des usages publics au sein d'un même réseau. Cela les préservera de certaines contraintes des réseaux publics, notamment les éventuelles surcharges. Le *network slicing* est une nouveauté apportée par la 5G dans son mode *standalone* (SA) et ne sera pas disponible avant 2023 au plus tôt.

²⁷ Plusieurs synthèses sur les types de réseaux 5G sont disponibles sur internet.

La synthèse réalisée par Hub One a notamment été utilisée dans le cadre de la Mission 5G industrielle : Hub One, « Livre Blanc. Industrie 4.0 et réseaux mobiles privés : la connectivité 5G est à votre portée », disponible à : https://www.hubone.fr/ressources/livre-blanc-5g-privee/?doing_wp_cron=1645390294.1003479957580566406250

Figure 5 - Schéma d'une architecture de réseau mobile professionnel s'appuyant sur le « *network slicing* »

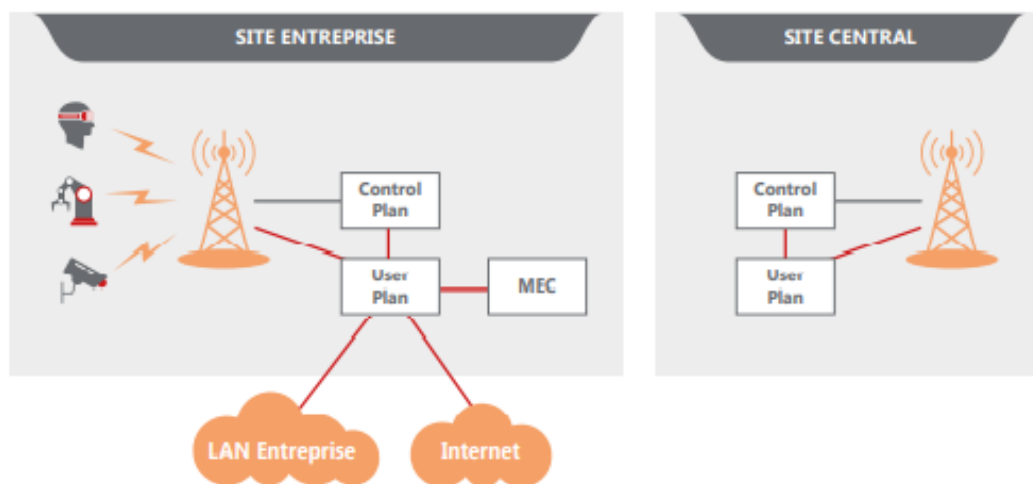
Source : Hub One



- **un réseau 5G privé**, c'est-à-dire un réseau qui utilise des bandes de fréquences dédiées et repose sur des infrastructures propres, incluant un cœur de réseau.

Figure 6 - Schéma d'une architecture de réseau mobile professionnel privé dédiée « sur site »

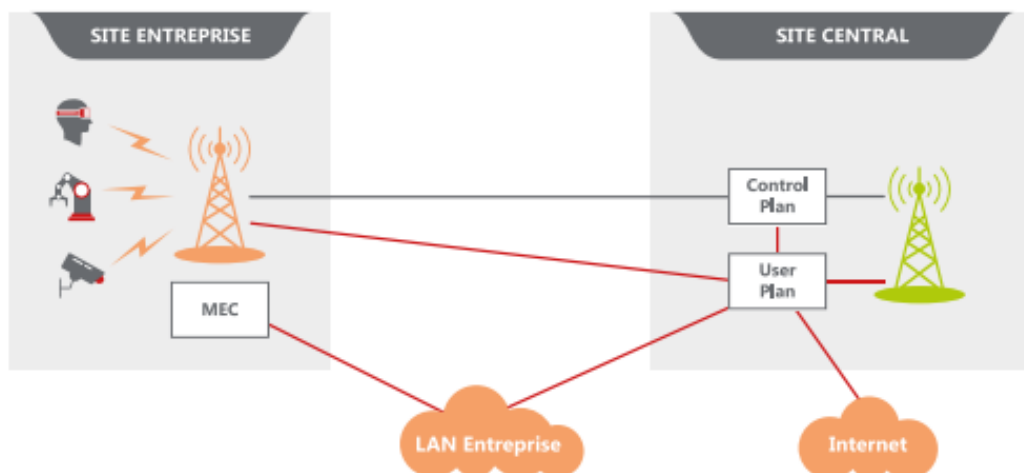
Source : Hub One



- **un réseau hybride**, c'est-à-dire un réseau reposant en partie sur des infrastructures propres et en partie sur des infrastructures mises à disposition par un tiers (souvent le cœur de réseau).

Figure 7 - Schéma d'une architecture de réseau mobile professionnel hybride avec le cœur de réseau distant du site radio de l'entreprise

Source : Hub One



Chacun des trois réseaux a des avantages et des inconvénients qui lui sont propres. Un **réseau complètement privé**, avec l'ensemble des équipements dédiés et localisés sur le site, entraîne des coûts d'acquisition importants. Son opération et sa maintenance requièrent des compétences très précises rarement disponibles au sein d'entreprises industrielles dont ce n'est pas le cœur de métier. Le coût d'acquisition des fréquences doit également être pris en compte. Cependant, ces réseaux peuvent permettre une maîtrise de bout-en-bout de la connectivité, ce qui est un critère essentiel pour certains des industriels audités par la Mission. Les **réseaux hybrides** peuvent être de différentes natures et peuvent amener à une mutualisation des coûts et des compétences sur plusieurs sites, avec d'autres industriels ou avec un opérateur. Enfin, les **réseaux publics** permettent de s'appuyer sur des réseaux entièrement existants mais ne permettent pas d'internaliser la maîtrise de sa connectivité. Ils font également reposer la qualité de service entièrement sur des réseaux externes à l'entreprise.

Si la solution d'un réseau entièrement privé ne semble pas encore aujourd'hui accessible à la majorité des industries d'une taille plus modérée, pour des raisons financières ou de compétences, les seuls réseaux publics ne pourront pas non plus répondre aux besoins de tous les industriels. Ces trois typologies de réseaux, qui répondent à différents besoins pour l'industrie, ont leur modèle économique propre et peuvent donc avoir un marché spécifique à saisir.

La question de la maîtrise est sous-tendue par celle des compétences. Plusieurs industriels audités ont souligné le manque d'ingénieurs disponibles sur le marché avec des profils « mixtes », c'est-à-dire sensibles à la fois aux sujets industriels, informatiques comme télécoms. De manière plus générale, l'hybridation des technologies entre l'informatique, les télécommunications et l'industrie est à la base de la 5G industrielle. Son développement plus large dans l'industrie française posera une question de disponibilité des compétences idoines sur le marché du travail.

Une des conditions pour que les réseaux privés ou hybrides puissent être déployés au plus proche des besoins des industriels repose sur la capacité à se fournir en équipements et en services à des prix compatibles avec les modèles économiques et de manière suffisamment facile à prendre en main et à intégrer aux réseaux et équipements existants.

La Mission constate au travers de ses travaux que la France dispose d'un écosystème de fournisseurs de solutions et d'intégrateurs très dynamiques autour des réseaux privés 5G pour l'industrie. Dans un contexte de virtualisation accrue des réseaux, ces entreprises permettront de construire un panel d'offres adaptées à la dimension, aux besoins et aux modèles économiques des sites industriels. Des acteurs américains ou asiatiques se positionnent également sur ce type de réseaux 5G privés pour l'industrie, à l'image d'AWS qui a lancé sa solution dédiée en 2021.²⁸ Enfin, des travaux sont menés autour de l'« ouverture » de certaines interfaces au niveau du réseau d'accès, ce qui donne la possibilité d'agréger des briques technologiques issues de fournisseurs différents. Il ressort des travaux de la Mission que ce type de solutions ouvertes ne sont pour la plupart pas encore matures et que, si leur prix d'acquisition est souvent inférieur à celui de solutions plus classiques, leur coût d'opération et de maintenance est encore significativement élevé. De plus, elles requièrent un grand degré de maîtrise technique pour être déployées et opérées.

Par ailleurs, le déploiement de réseaux 4G privé constitue pour certains industriels une étape préalable à la 5G en raison des coûts plus faibles de ces réseaux et de la plus grande maturité de l'écosystème. Le déploiement de réseaux privés pour des usages professionnels a commencé avec la 4G depuis le milieu des années 2010.²⁹ Sur l'ensemble des réseaux mobiles privés 4G ou 5G annoncés publiquement en 2020, 27 % étaient 5G à la fin de l'année 2020 contre 41 % en octobre 2021.³⁰

La Mission constate également que la disponibilité réelle d'offres 5G industrielle simples à prendre en main ou prêtes à l'emploi revêt un enjeu majeur. De nombreux industriels audités ont déploré le manque d'équipements industriels compatibles avec la 5G industrielle. Ce problème est en partie lié aux bandes de fréquences disponibles en France pour les réseaux privés (point développé ci-dessous). Il est aussi lié à une faible disponibilité sur les catalogues des équipementiers industriels, notamment français, de solutions 5G industrielle. Plusieurs des interlocuteurs industriels de la Mission ont souligné le rôle central qu'auront ces équipementiers et leurs revendeurs dans la diffusion de la 5G industrielle : beaucoup d'équipements industriels embarquent aujourd'hui leur propre technologie de connectivité (par exemple WiFi), souvent propriétaire. Plus généralement, les industriels audités ont souligné que : le plus les offres 5G industrielle seront « clé-en-main » (équipements de réseaux, applicatifs, gestion des données, terminaux, etc.), le plus elles seront facilement adoptées.

Ainsi, la Mission constate que le développement de la 5G industrielle dépendra de la capacité des industriels de se fournir en équipements et solutions 5G adaptées à leurs besoins. Le marché des solutions 5G pour l'industrie est encore en construction et représente réellement une opportunité pour nombre d'acteurs français.

Le déploiement de solutions 5G industrielles dépendra également de la capacité des industriels à accéder aux fréquences. Même si le sujet de l'attribution des fréquences n'est pas du ressort de la Mission, beaucoup de commentaires et questions à ce propos ont été entendus lors des auditions.

²⁸ <https://press.aboutamazon.com/news-releases/news-release-details/aws-announces-aws-private-5g>

²⁹ LD Expertise, « Étude de marché sur les "Réseaux Mobiles Privatifs" (RMP) », Septembre 2021, réalisée pour le compte de Nokia.

³⁰ Analyse d'Ericsson, basée sur : Analysis Mason, « Private LTE/5G networks deployments 3Q 2021 : trends and analysis », 2021.

Aujourd'hui, pour accéder à des fréquences pérennes pour déployer des réseaux privés ou hybrides, les industriels ont deux possibilités :

- l'attribution de la bande 2,6 GHz TDD (2570 - 2620 MHz), dans le cadre d'un guichet dédié ouvert par l'ARCEP en 2019³¹ ;
- l'accès aux fréquences d'un des quatre opérateurs nationaux dans la « bande-cœur » de la 5G 3,5 GHz (3,49 – 3,8 GHz), qui leur a été attribuée en 2020.³²

Les modalités d'accès aux fréquences, telles qu'elles existent aujourd'hui, ont fait l'objet de retours d'expérience mitigés de la part de la totalité des acteurs rencontrés dans le cadre de la Mission.

Tout d'abord, le guichet 2,6GHz apparaît comme trop compliqué d'accès en raison du mode de calcul des redevances pour son attribution.³³ Le premier palier de redevances comprend les surfaces de 0 à 100 km² pour un prix de 70 000 euros par an. La surface de 100 km² est largement supérieure à la très grande majorité des installations industrielles. Le prix pour ce premier palier est prohibitif pour la plupart des industriels qui souhaitent mener aujourd'hui des expérimentations, visant justement à tester le modèle économique encore incertain qu'ils pourraient tirer des usages de la 5G. Certains industriels ont également jugé le délai d'attribution trop long (il peut atteindre dans certains cas jusqu'à six mois). On peut noter la seule disponibilité d'une largeur de bande de 40 MHz, insuffisante pour mettre en œuvre certains cas d'usage nécessitant de forts débits. Seules 12 autorisations d'utilisation des fréquences (AUF) ont été délivrées à ce jour avec ce guichet.³⁴

L'accès aux fréquences par la bande 3,5GHz, attribuée aux opérateurs nationaux, semble lui aussi aujourd'hui difficile à mettre en œuvre. L'attribution de ces fréquences introduit une obligation visant à faciliter ces partenariats avec les industriels à partir de 2023 : les opérateurs titulaires des fréquences doivent répondre « aux demandes raisonnables selon sa préférence [...] soit par son réseau mobile au travers d'une offre sur mesure ou d'une offre disponible [...] soit par la mise à disposition locale de tout ou partie des fréquences de la bande 3490 – 3800 MHz dont il est titulaire ». ³⁵ Les éléments relatifs à la mise en œuvre de cette obligation ne sont pas précisés dans les autorisations d'utilisation des fréquences. Le terme « raisonnable » n'est pas non plus défini. De nombreux acteurs rencontrés par la Mission ont exprimé leurs difficultés à entrer en contact avec les opérateurs nationaux pour solliciter l'accès à ces fréquences, ainsi que le manque d'offres pour cela. D'autres acteurs ont souligné le manque de souplesse de cette solution pour le développement de réseaux 5G industrielle privés : le manque actuel d'offres d'opérateurs adaptées aux besoins et l'absence de garantie sur l'accord final des titulaires à laisser un accès aux fréquences apparaît comme un frein au lancement d'un projet 5G industrielle.

Certains acteurs ont souligné à la Mission un enjeu connexe à l'accès aux fréquences : la nécessaire continuité de service entre réseaux publics et réseaux privés. Elle demande par exemple des accords de *roaming* entre les opérateurs nationaux et l'opérateur du réseau privé industriel, et repose donc également sur la disponibilité de telles offres. Les alternatives

³¹ <https://www.arcep.fr/demarches-et-services/professionnels/transformation-numerique-des-entreprises/guichet-dattribution-des-frequences-de-la-bande-26-ghz-tdd.html>

³² <https://www.arcep.fr/la-regulation/grands-dossiers-reseaux-mobiles/la-5g/frequences-5g-procedure-dattribution-de-la-bande-34-38-ghz-en-metropole.html>

³³ Redevances fixées par l'article 8-1 du Décret n°2007-1532 du 24 octobre 2007.

³⁴ <https://www.arcep.fr/demarches-et-services/professionnels/transformation-numerique-des-entreprises/guichet-dattribution-des-frequences-de-la-bande-26-ghz-tdd.html>

³⁵ Extrait des décisions n°2020-1254, n°2020-1255, n°2020-1256 et n°2020-1257 de l'ARCEP en date du 12 novembre 2020. Les décisions sont disponibles à : <https://www.arcep.fr/la-regulation/grands-dossiers-reseaux-mobiles/la-5g/frequences-5g-procedure-dattribution-de-la-bande-34-38-ghz-en-metropole.html>

techniques comme les terminaux multi-SIM ou eSIM n'ont pas été présentées comme satisfaisantes par les industriels auditionnés.

Ainsi, l'accès à une bande de fréquences pérenne pour les réseaux privés 5G industriels tel qu'il est actuellement possible apparaît comme un point bloquant pour beaucoup d'industriels dans le lancement ou la mise en œuvre de leur projet 5G industrielle.

La conclusion de cette partie sur les modalités de déploiement de la 5G industrielle en France est double. Tout d'abord, l'offre 5G industrielle va devoir continuer d'évoluer pour permettre aux industriels de trouver des solutions adaptées à leurs besoins. Ensuite, l'accès aux fréquences n'est aujourd'hui pas assez adapté aux besoins des industriels.

c) Panorama international

Afin d'apporter un éclairage comparatif à cet état des lieux en France, un panorama non-exhaustif de la 5G industrielle au niveau international a été réalisé par la Mission. Ce panorama s'est concentré en premier lieu sur l'Allemagne, mais également sur des pays comme la Corée du Sud, le Japon ou les États-Unis.

D'un point de vue mondial, la dynamique autour de la 5G industrielle est hétérogène et toujours centrée sur les expérimentations. La Mission constate qu'aucun pays ne semble se détacher véritablement avec un passage à l'échelle généralisé des usages de la 5G dans l'industrie. La dynamique est plutôt centrée sur le développement plus ou moins large d'expérimentations. Par exemple, les acteurs auditionnés ayant une visibilité sur la **Corée du Sud** indiquent que, si le marché 5G « grand public » est particulièrement mature, le marché des usages industriels de la 5G est encore dans une dynamique expérimentale. Les questionnements sur le changement de paradigme du marché des télécoms, d'une perspective « grand public » vers une perspective d'usages industriels, semblent identiques à ceux existants en France.

En Allemagne, la dynamique industrielle autour des usages de la 5G est assez forte. Des acteurs clés de la transformation numérique de l'industrie comme les Fraunhofer se sont emparés du sujet depuis plusieurs années. Le « 5G Industry Campus Europe » (5GICE),³⁶ hébergé au sein du Fraunhofer IPT, a été lancé en mai 2020. Il propose sur la base de 7 000 m² d'ateliers, des bancs de tests et des solutions de prototypage d'usages de la 5G en vue d'un passage à l'échelle en usine. Le Fraunhofer IPT développe ainsi pour des industriels plusieurs cas d'usage de la 5G en vue d'une implémentation rapide sur les sites de production des donneurs d'ordre. Par exemple le cas d'usage autour de l'affûtage de produits industriels (cf. Section 1), ou des cas d'usage de robots mobiles autonomes. Le 5GICE propose également aux industriels une offre de services dédiée : journée « découverte », identification de cas d'usage pertinents, analyses d'impact, planification de projet et aide à l'implémentation.

L'exemple du 5GICE n'est pas isolé en Allemagne. Les constructeurs automobiles se sont par exemple emparés du sujet de la 5G. Volkswagen a déployé sur son usine de Wolfsburg un réseau privé 5G et un projet pilote de tests de cas d'usage pour rendre les lignes de production flexibles.³⁷ On peut également noter l'activisme des fédérations professionnelles allemandes. Le VDMA,³⁸ audité dans le cadre de la Mission, mobilise une centaine de ses membres autour d'une plateforme de coopération dédiée à la connectivité industrielle sans fil, au premier rang desquels la 5G. Des équipementiers industriels allemands produisent et mutualisent ainsi les

³⁶ Plus d'information sur le 5G Industry Campus Europe disponibles à : <https://5g-industry-campus.com/>

³⁷ <https://www.volkswagenag.com/en/news/2021/10/volkswagen-tests-5g-for-production-on-its-way-to-smart-factories.html#>

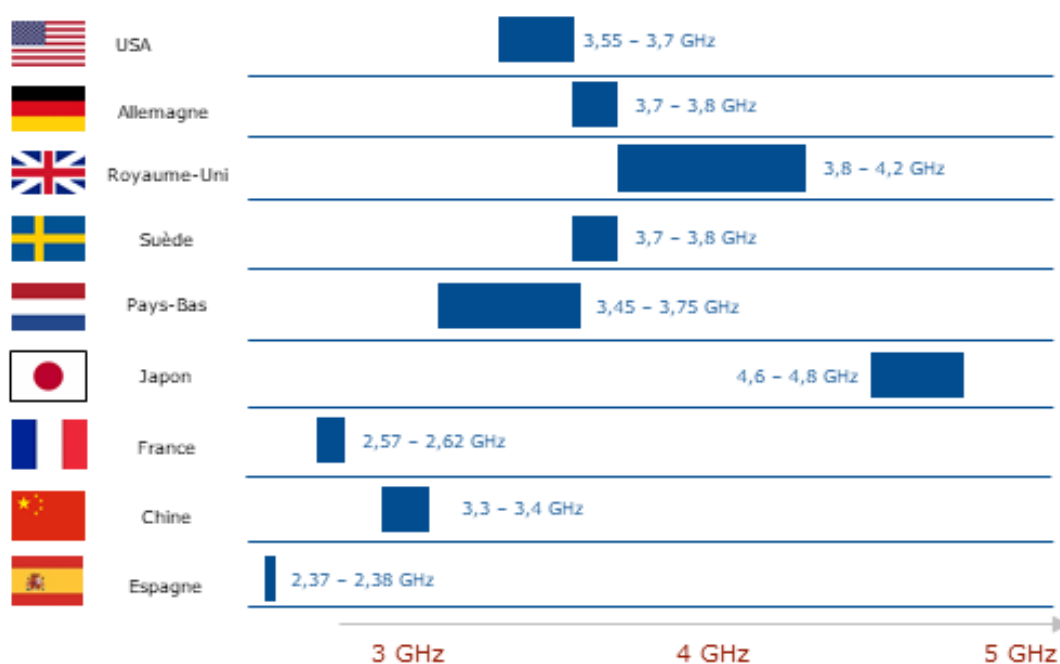
³⁸ Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau, c'est-à-dire l'association allemande des industries de génie mécanique.

premières solutions 5G industrielle (AGV, solution de géolocalisation, etc.) adaptées aux besoins à court terme de leurs clients.

L'activisme de ces écosystèmes industriels autour des usages de la 5G semble être corrélé à une certaine facilité d'accès aux fréquences pour les réseaux privés 5G. En Allemagne, le régulateur (BNetzA) a choisi de mettre à disposition des industriels une bande de fréquence de 100 MHz entre 3,7 et 3,8 GHz. Les fréquences sont disponibles selon une procédure jugée simple et rapide par les acteurs allemands audités. Elles peuvent être attribuées localement, à l'échelle d'une usine, et doivent être utilisées dans l'année sous peine d'un retrait de l'autorisation. Plus de 170 attributions ont déjà été faites à ce jour *via* ce dispositif. **Aux États-Unis**, un système appelé CBRS³⁹ a été mis en place pour faciliter l'accès aux fréquences pour les réseaux locaux. Il se base sur un principe de partage dynamique des ressources fréquentielles dans la bande 3,5 – 3,7 GHz entre trois catégories d'utilisateurs, du plus au moins prioritaire. **Au Japon**, où l'écosystème 5G industrielle a été présenté comme très dynamique par certains acteurs audités y travaillant, des fréquences sont disponibles pour les réseaux privés dans la bande 4,6 – 4,8 GHz.

Figure 8 - Différentes initiatives de réservation de spectre pour les réseaux mobiles privés dans le monde

Source : LD Expertise, « Étude de marché sur les "Réseaux Mobiles Privatifs" (RMP) », Septembre 2021, réalisée pour le compte de Nokia. Figure modifiée avec l'accord de ses auteurs.



La comparaison entre ces écosystèmes 5G industrielle et l'écosystème français conduit à tirer plusieurs enseignements. Tout d'abord, la plupart des écosystèmes 5G industrielle dynamiques ont accès pour leurs réseaux privés à des fréquences dans ou proches d'une « bande cœur » de la 5G, autour de 3,5 GHz. Plusieurs acteurs audités dans le cadre de la Mission ont souligné que l'écosystème de terminaux 5G disponibles dans cette bande est déjà significatif et sera

³⁹ Citizens Broadband Radio Service, plus d'informations disponible à : <https://www.anfr.fr/toutes-les-actualites/actualites/citizens-broadband-radio-service-cbrs-un-systeme-de-partage-dynamique-dans-la-bande-35-ghz/>

amené à croire si la demande continue de s'axer sur ces bandes. Plusieurs de ces acteurs ont à ce titre pointé l'intérêt de la bande 3,8-4,2 GHz pour les réseaux privés 5G en France, en raison de sa potentielle disponibilité et de son adéquation avec l'écosystème d'équipements et terminaux compatibles en construction.

Ensuite, la plupart de ces écosystèmes dynamiques ont des accès aux fréquences souvent plus adaptés, simples et moins coûteux. L'accès à la bande 2,6 GHz TDD en France coûte environ 70 000 euros pour un minimum de 100 km². En comparaison, un accès semblable à la bande 3,7 – 3,8 GHz en Allemagne coûterait 3 000 euros pour 4 km², c'est-à-dire une taille plus proche de la moyenne pour un site industriel. Ces écosystèmes ont accès à des largeurs de bande souvent plus élevées qu'en France avec le guichet 2,6 GHz TDD, indispensables pour la mise en œuvre de cas d'usage nécessitant un haut débit, comme la réalité augmentée ou virtuelle.

La conclusion de cet état des lieux de la 5G industrielle en 2022 est nuancée. La France n'apparaît pas comme étant réellement en retard à l'échelle mondiale, surtout si l'on se réfère à l'horizon de maturité de la 5G industrielle, soit pas avant 2024. Néanmoins les déploiements de réseaux privés 5G dans l'industrie sont moins nombreux que dans d'autres pays et la dynamique expérimentale française a besoin d'être largement amplifiée. Un certain nombre de freins au déploiement existent. La Mission en identifie sept principaux, qui sont exposés dans la partie suivante et font tous l'objet d'une recommandation concrète.

3 – PRINCIPAUX FREINS ET RECOMMANDATIONS POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA 5G INDUSTRIELLE EN FRANCE

a) Accès actuel aux fréquences, un frein à l'adoption de la 5G par les industriels

Afin de déployer des usages de la 5G dans leurs processus de production, les industriels ou leurs partenaires doivent pouvoir accéder à des fréquences pertinentes, de manière simple et à des coûts compatibles avec leur modèle économique. Il ressort des auditions menées dans le cadre de la mission 5G industrielle que les modalités d'accès à la bande 2,6 GHz TDD, en particulier le coût effectif de la redevance, ainsi que la maturité des offres proposées ne permettent pas un développement de la 5G industrielle à son plein potentiel.

Recommandation N°1 : Faciliter et élargir l'accès à des fréquences dédiées aux réseaux 5G privés pour les industriels afin de créer un appel d'air pour les projets industriels.

La procédure d'accès à ces fréquences utiles aux industriels doit se baser sur un triple principe : simplicité, transparence, facilité (notamment au niveau du coût).

Le plan d'action opérationnel de la recommandation est :

- ouvrir un guichet pour des expérimentations d'usages industriels de la 5G dans une partie de la bande 3,8-4,2 GHz. Ce guichet, qui repose sur la mobilisation du Gouvernement et de l'ARCEP, devrait respecter les différentes contraintes et usages existants dans cette bande ;
- simplifier les modalités existantes d'accès à la bande 2,57 – 2,62 GHz TDD. Cette révision devra se traduire par : (i) un ajustement des modalités de calcul du montant des redevances adapté aux besoins industriels, et (ii) un ajustement de la procédure d'attribution pour faciliter sa prise en main par les industriels ;
- inciter les industriels à formaliser leurs besoins ainsi que leurs attentes envers les opérateurs nationaux, titulaires des licences pour la bande 3,4-3,8 GHz, afin de leur permettre de fournir des offres en adéquation avec leurs besoins ;
- en corollaire : inciter les opérateurs nationaux, titulaires des licences pour la bande 3,4-3,8 GHz, à formuler des offres en adéquation avec les besoins des industriels souhaitant accéder à la 5G industrielle.

Engagements pour la mise en œuvre de cette recommandation :

Le Gouvernement s'engage à réviser l'article 8-1 du Décret n°2007-1532 du 24 octobre 2007 relatif aux redevances sur la bande 2,6 GHz TDD dédiée aux réseaux mobiles privés.

Liste des premiers industriels soutenant la recommandation :

Airbus, SNCF, MGA Technologies, Alcatel Submarine Networks, Fives, Lacroix, Merem Electronique, Dassault Systèmes, Someflu, ArcelorMittal, Redex, GYS, SWARM.

b) Nécessité d'accélérer le développement de l'écosystème 5G industrielle en France

L'industrie, notamment manufacturière, est attachée à l'efficacité de ses processus de production. Toute modification ou évolution de ces processus doit être analysée, testée et calibrée à l'aune d'un renforcement de cette efficacité et de la démonstration de l'apport de réels gains de productivité. Les évolutions que porte la 5G industrielle étant d'autant plus structurants pour les procédés industriels que pour emporter l'adhésion des acteurs, il est nécessaire de démontrer l'intérêt de cette technologie au travers de dialogues concrets et de rencontres de terrain entre acteurs de l'industrie et des télécoms. Le développement des usages de la 5G au service de la transformation numérique de l'industrie nécessite la création d'un écosystème de la 5G industrielle fort, en capacité d'adresser les problématiques et spécificités de chacun des secteurs industriels. De nombreuses initiatives de démonstration de cas d'usage de la 5G sont déjà en cours en France : que ce soient des plateformes d'expérimentation soutenues par l'État ou par des collectivités territoriales ou des « 5G Labs » lancés par des acteurs privés.

La Mission constate que ces initiatives doivent être renforcées, regroupées et complétées pour aboutir à la création de « Campus Fablab 5G Industrielle ». Leur mission serait d'opérer, en pleine collaboration avec les industriels, des projets de transformation numérique autour de cas d'usage. Ils s'appuieraient sur des équipements, une expertise et l'agrégation d'un écosystème 5G industrielle complet. Ainsi, la dynamique autour des Campus 5G industrielle vise à capitaliser au maximum sur l'existant pour accélérer la transformation numérique en 5G de l'industrie française : ils catalyseront un continuum d'offres et de ressources clair et facile d'accès pour les industriels, évitant une multiplication coûteuse et parfois contre-productive des dispositifs.

Recommandation N°2 : Accompagner et accélérer le partage des cas d'usage de la 5G industrielle, au sein de lieux fédérateurs dédiés à l'industrie, les "Campus Fablab 5G Industrielle".

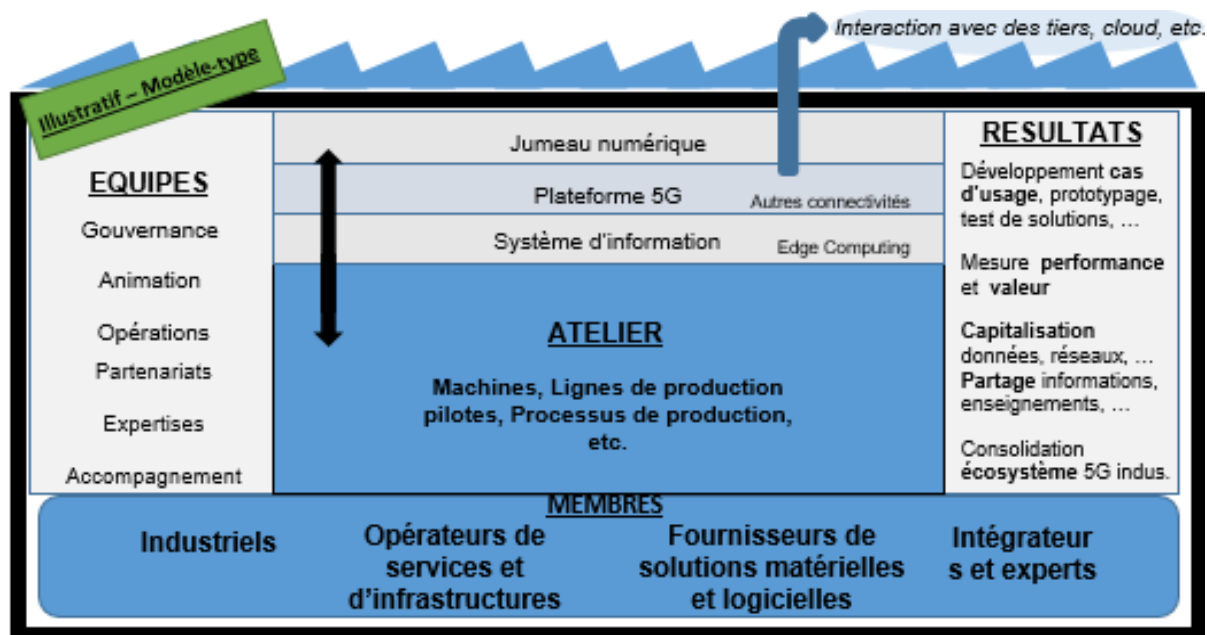
La Mission 5G industrielle identifie un besoin de rassembler en un même lieu tous les acteurs pertinents (industriels, opérateurs, équipementiers, intégrateurs, fournisseurs, experts, etc.) pour élaborer des solutions 5G industrielle. Ces sites permettront de démontrer la faisabilité, la robustesse et la valeur de ces solutions. Ils devront être des espaces fédérateurs pour un bassin industriel, catalysant localement l'écosystème 5G industrielle. Ils devront être déployés en s'appuyant sur des initiatives et entités existantes, fréquentées par les industriels dans le cadre de leur transformation numérique.

Le plan d'action opérationnel de la recommandation est :

- lancement d'un dispositif de soutien financier pour la création de « Campus Fablab 5G industrielle » ;
- multiplication des expérimentations d'usage de la 5G, et partage des résultats.

Figure 9 - Exemple de structuration d'un « campus fablab 5G industrielle »

Source : Mission 5G industrielle



Engagements pour la mise en œuvre de cette recommandation :

Le Gouvernement s'engage à lancer dès que possible un dispositif de soutien à la création de ces Campus Fablab 5G industrielle, dans le cadre de l'axe 1 de la Stratégie d'accélération sur la 5G et les futures technologies de réseaux de télécommunications.

La Banque des Territoires s'engage à accompagner le déploiement d'expérimentations d'usage de la 5G et de Campus Fablab 5G industrielle, y compris financièrement.

Liste des premières entités soutenant la recommandation et souhaitant participer à la mise en œuvre de son plan d'action opérationnel :

Agilicom, Alsatis, Arcelor Mittal, ASN, Capgemini, CEA, CETIM, EDF, Ericsson, Firecell, Hub One, Infovista, RedTechnologies, SNCF, WeAccess, Fives, Merem Electronique, Orange, Campus Région du numérique, Bouygues Télécom, Nokia, Brincube, SNEF Lab, IMT, Epitech, SWARM, Total Energie, We Network, PFA.

La description des initiatives et engagements de ces entités est disponible en Annexe 3.

c) Insuffisante disponibilité d'équipements et de services adaptés à la 5G industrielle

Afin de développer des cas d'usage et de démontrer la création de valeur liée à la 5G, la disponibilité de solutions technologiques compatibles et faciles à implémenter est clé. Ces solutions 5G industrielle doivent à la fois concerner de nouveaux équipements industriels compatibles à installer dans les sites de production, mais également l'intégration de capacités 5G dans des équipements industriels existants. Ces solutions doivent également être complètes : depuis les véhicules et automates industriels autonomes (AGV) jusqu'aux équipements de réseaux, en passant par les services liés (applications, cybersécurité, etc.). La Mission constate que l'offre française ou européenne pour ces solutions est aujourd'hui insuffisamment disponible et manque de maturité, autant en termes de couverture des besoins qu'en nombre. Les équipements 5G industrielle disponibles dans la bande 2,6GHz, peu ou pas utilisée au niveau mondial en 5G, sont très peu nombreux. Leur développement et leur commercialisation à un coût raisonnable par les grands équipementiers internationaux semble incertain si l'industrie française n'arrive pas à agréger ses besoins. Les équipements 5G industrielle en bande 3,8-4,2GHz (voir Recommandation N°1) sont eux plus nombreux, mais ils doivent pouvoir répondre aux spécificités des filières industrielles françaises. Les équipementiers industriels français auront à ce titre un rôle essentiel pour favoriser l'émergence de solutions adaptées. Afin de faciliter la prise en main de ces technologies par l'industrie, la Mission identifie également que ces offres doivent être, autant que possible, commercialisées « clés-en-main ».

Recommandation N°3 : Stimuler le développement d'offres 5G industrielle « clés-en-main » et dimensionnées pour le marché français.

Des offres d'équipements et de services 5G industrielle doivent exister à des prix correspondant aux réalités des modèles économiques industriels, et en adéquation avec les bandes de fréquences utilisées en France pour les usages auxquels elles répondent. Ces offres doivent être au maximum « clés-en-main » afin de simplifier leur prise en main par les industriels qui les utiliseront.

Le plan d'action opérationnel de la recommandation est :

- favoriser et accompagner l'émergence d'acteurs français innovants de la 5G industrielle ;
- favoriser le développement d'équipements et services compatibles 5G, y compris pour la bande 2,6 GHz TDD ;
- favoriser le développement d'offres 5G industrielle « clés-en-main » autour de cas d'usage.

Engagements pour la mise en œuvre de cette recommandation :

Dans le cadre de l'appel à projet relatif à la Stratégie d'accélération sur la 5G et les futures technologies de réseaux de télécommunications, un soutien prioritaire sera apporté aux projets portant sur le développement d'offres 5G industrielles intégrées « clés-en-main ».

BPI s'engage à favoriser l'accès des entreprises innovantes de la 5G industrielle à des financements, de manière transverse aux différents dispositifs qu'elle met en œuvre, via des fonds de fonds, investissements en fonds propres et dettes.

La Banque des Territoires s'engage à favoriser avec des dispositifs financiers l'émergence d'acteurs français innovants de la 5G industrielle.

Liste des premières entités soutenant la recommandation et souhaitant participer à la mise en œuvre de son plan d'action opérationnel :

Agilicom, b<>com, Ericsson, Firecell, Halys, Hub One, RedTechnologies, SNCF, WeAccess, Alstom, CSF Infrastructures numériques, Orange, Bouygues Télécom, Alstom, Nokia, SNEF Lab, CEA, Merem Electronique, CSF Solutions industrie du future.

La description des initiatives et engagements de ces entités est disponible en Annexe 3.

d) Besoin de simplifier et rendre plus accessible la 5G industrielle

La 5G est un nouveau standard de télécommunication qui représente plus qu'une simple mise à jour : contrairement à ses prédécesseurs, elle a été conçue pour répondre à l'afflux des données et besoins de connectivités professionnels critiques (temps réel, mobilité, applications critiques, très haut débit, etc.). En cela, la 5G implique un changement de paradigme profond pour l'ensemble des acteurs industriels et télécoms qui doivent découvrir un marché et des intérêts qu'ils ont maintenant en commun. La 5G est également un standard beaucoup plus complexe que les générations précédentes de réseaux cellulaires (2G, 3G et 4G), et qui présente des disruptions technologiques majeures, présentant ainsi des challenges importants pour les acteurs qui souhaitent l'adopter. La Mission identifie que beaucoup d'industriels ne se lancent pas encore dans des projets 5G industrielle par méconnaissance de la technologie, manque d'expertise interne ou absence d'accès à des ressources d'accompagnement suffisantes. Cela concerne notamment les enjeux de sécurité des données et applications ou l'utilisation d'architectures *edge* et *cloud* dans un contexte 5G industrielle. La Mission constate également que la communication actuellement menée autour de la 5G peut créer une certaine confusion chez les industriels : elle manque souvent de clarté par rapport à la réalité des fonctionnalités disponibles pour les applications industrielles.

Recommandation N°4 : Replacer la 5G industrielle dans le paysage de l'industrie 4.0 : informer, promouvoir, accompagner tous les acteurs de l'écosystème.

Des actions de pédagogie et de sensibilisation à la 5G industrielle (voir Recommandation N°2) permettront de répondre à la plupart des interrogations qu'ont les entreprises et leurs écosystèmes sur la 5G industrielle. Des actions d'accompagnement des projets et de mutualisation des expériences (voir Recommandation N°2) participeront à cette montée en puissance de la 5G industrielle en France.

En ligne avec les actions prévues dans le cadre de l'axe 1 de la stratégie d'accélération 5G pour le développement des usages, le plan d'action opérationnel de la recommandation est :

- développer et diffuser des ressources pédagogiques partagées sur la 5G et ses usages spécifiques dans l'industrie ;
- organiser des actions de sensibilisation autour de la 5G industrielle.

Engagements pour la mise en œuvre de cette recommandation :

BPI s'engage à déployer une animation spécifique et centralisée du sujet de la 5G de manière transversale à ses différentes activités, afin de favoriser la dynamique de partage et de pédagogie autour de la 5G en s'appuyant notamment sur son activité d'accompagnement des startups et PME.

Liste des premières entités soutenant la recommandation et souhaitant participer à la mise en œuvre de son plan d'action opérationnel :

Alsatis, b<>com, Capgemini, CEA, Ericsson, CSF Infrastructures numériques, Orange, Bouygues Télécom, Brincube, IMT, SWARM, CSF Solutions industrie du future, PFA.

La description des initiatives et engagements de ces entités est disponible en Annexe 3.

e) Difficulté à trouver les bonnes compétences pour déployer la 5G industrielle

Le déploiement des usages de la 5G dans l'industrie dépendra grandement de la capacité des entreprises à recruter ou former des personnes capables de maîtriser aussi bien les usages opérationnels de la 5G que les réseaux qui les sous-tendent. La Mission identifie plusieurs aspects problématiques concernant les compétences : un manque de main-d'œuvre actuellement disponible sur le marché du travail, un manque de formations continues adaptées au domaine de la 5G industrielle, et enfin un manque de mixité des parcours dans les formations d'ingénieurs industriels, informatiques ou télécoms.

Recommandation N°5 : Développer une offre de formations et des parcours plus adaptés aux enjeux de la 5G industrielle.

L'ambition de cette recommandation ne se limite pas aux seuls usages de la 5G pour l'industrie mais à la dynamique générale d'hybridation des technologies et compétences dans un contexte de transition numérique de l'industrie. L'enjeu de cette recommandation est aussi bien d'adresser les compétences propres à la 5G industrielle que de permettre une sensibilisation plus générale des futurs professionnels de l'industrie, de l'informatique et des télécoms aux réalités de chacun de leurs secteurs.

En ligne avec les actions prévues dans le cadre de l'axe 4 de la stratégie d'accélération 5G pour le renforcement des compétences sur les télécoms⁴⁰, le plan d'action opérationnel de la recommandation est :

- construire des offres de formation adaptées à la 5G industrielle ;
- favoriser la mixité des parcours entre filières industrielles, télécoms et informatiques.

Liste des premières entités soutenant la recommandation et souhaitant participer à la mise en œuvre de son plan d'action opérationnel :

Alsatis, b<>com, CEA, Ericsson, Fives, CSF Infrastructures numériques, Nokia, SNEF Lab, IMT, ISIMA.

La description des initiatives et engagements de ces entités est disponible en Annexe 3.

⁴⁰ Un protocole-cadre national d'engagement de développement de l'emploi et des compétences (EDEC) pour la filière des infrastructures numériques a été signé le 1^{er} décembre 2021. Ce type d'accord permet de mener des actions d'anticipation, de soutien et de développement de l'emploi et de compétences : [Infrastructures numériques : un nouveau protocole-cadre national pour la filière | Conseil national de l'industrie \(conseil-national-industrie.gouv.fr\)](https://conseil-national-industrie.gouv.fr/)

f) Interrogations sanitaires, environnementales et sociétales liées à la 5G industrielle

Le déploiement de la 5G en France a suscité de nombreux questionnements relatifs aux impacts de cette technologie sur la santé et l'environnement. Des actions ont déjà été mises en place notamment par le Gouvernement et les opérateurs pour répondre à ces questionnements. Par exemple, l'ANSES, saisie par le Gouvernement en 2019, a conduit une étude sur l'exposition aux champs électromagnétiques liés au déploiement de la technologie 5G, et a conclu en 2021 qu'elle ne constituait pas un nouveau facteur de risque pour la santé.⁴¹ Par ailleurs, la feuille de route « Numérique et environnement » lancée par le Gouvernement en octobre 2020 vise à améliorer la connaissance des différents impacts du numérique sur l'environnement et à les maîtriser. La Mission note que ces actions doivent être déclinées pour répondre aux questionnements toujours posés par les acteurs qui interviennent et interviendront sur les projets 5G industrielle, au premier rang desquels les employés travaillant sur les sites accueillant les projets.

Recommandation N°6 : Apporter des réponses concrètes aux acteurs de l'écosystème 5G industrielle sur les impacts sanitaires et environnementaux de la 5G.

La recommandation vise à compléter la pédagogie autour des études existantes. Il s'agit de permettre aux acteurs industriels d'accroître leur connaissance et leur compréhension des impacts des projets d'usages de la 5G dans l'industrie pour l'environnement et la santé.

Le plan d'action opérationnel de la recommandation est :

- construire et partager des supports pédagogiques adaptés à des publics industriels ;
- encourager le partage d'études d'impacts environnementaux et sanitaires lors de la mise en œuvre de projets 5G industrielle.

Liste des premières entités soutenant la recommandation et souhaitant participer à la mise en œuvre de son plan d'action opérationnel :

CSF Infrastructures numériques, IMT.

La description des initiatives et engagements de ces entités est disponible en Annexe 3.

⁴¹ L'ANSES a publié l'actualisation de l'avis en 14/02/2022. Les conclusions n'ont pas changé.
<https://www.anses.fr/fr/content/5g-des-travaux-actualis%C3%A9s-suite-%C3%A0-la-consultation-publique>

g) Manque de visibilité et de maturité des écosystèmes 5G industrielle français et européens, y compris pour la technologie 5G, le *cloud* et la cybersécurité

Dans un contexte industriel, la maîtrise des données liées à la production et la garantie de leur sécurité est indispensable. Ainsi, afin de permettre le déploiement de la 5G industrielle en confiance, au service de la transformation numérique de l'industrie, il est nécessaire que les entreprises puissent maîtriser la technologie utilisée et être en capacité de se fournir en solutions françaises ou européennes de confiance. La France, et plus généralement les pays européens, hébergent de nombreuses entreprises spécialistes des technologies de collecte, transmission, traitement, stockage ou sécurisation de la donnée. Pourtant, des industriels audités ont déploré des difficultés à identifier des partenaires français ou européens pour leurs projets. La Mission souligne donc que ces entreprises françaises ou européennes manquent encore trop de visibilité. Par ailleurs, afin de constituer des offres réellement compétitives sur toutes les briques nécessaires à l'écosystème 5G industrielle, il est nécessaire d'élargir la perspective à l'échelle européenne. La Mission souligne que l'écosystème européen de la 5G industrielle doit encore monter en puissance dans un marché mondial de plus en plus compétitif.

Recommandation N°7 : Apporter de la visibilité et accompagner la maturation des acteurs français et européens innovants dans la chaîne de valeur de la 5G industrielle.

L'ambition de la recommandation est d'accroître la visibilité et la maturité des acteurs français et européens sur un marché de la 5G industrielle qui va se développer. Seule la constitution d'offres complètes, qui prennent le meilleur de chacun des pays européens, permettra de garantir à terme la disponibilité de solutions compétitives et maîtrisées aux industriels européens. Dans un contexte de virtualisation des réseaux où de nombreux acteurs non-européens se positionnent sur le marché de la 5G privée, une réaction à l'échelle européenne est nécessaire.

En ligne avec les actions déjà menées dans le cadre de l'axe 2 de la stratégie d'accélération pour le renforcement d'une offre souveraine sur les réseaux télécoms, le plan d'action opérationnel de la recommandation est :

- favoriser la coopération des industriels et acteurs télécoms européens autour de la 5G industrielle ;
- identifier et valoriser les acteurs de la 5G, du *cloud* et de la cybersécurité français ou européens qui souhaiteraient se positionner sur le marché de la 5G industrielle ;
- favoriser les offres françaises et européennes permettant de sécuriser les données industrielles de bout-en-bout, quel que soit le contexte réseau (public ouvert, hybride, privé) ou d'architecture de traitement des données (*edge*, *cloud*, hybride).

Engagements pour la mise en œuvre de cette recommandation :

Le Gouvernement s'engage à lancer une deuxième vague de l'Appel à projets franco-allemand sur les réseaux privés 5G, orientée spécifiquement vers l'industrie, dans la continuité de la coopération déjà lancée dans le cadre de la Stratégie d'accélération 5G.

Liste des premières entités soutenant la recommandation et souhaitant participer à la mise en œuvre de son plan d'action opérationnel :

b<>com, Firecell, SNCF, CSF Solutions Industrie du futur, Bouygues Télécom, SNEF Lab, CEA, IMT.

La description des initiatives et engagements de ces entités est disponible en Annexe 3.

ANNEXE 1 – LISTE ET BIOGRAPHIES DES MEMBRES DU GROUPE DE TRAVAIL DE LA MISSION 5G INDUSTRIELLE

Le président de la Mission 5G industrielle

Philippe Herbert a commencé sa carrière chez DASSAULT SYSTEMES où il y a occupé différents postes de direction entre 1982 et 1996. Il a ensuite relancé l'implantation française du fonds d'investissement Américain Partech International. Il est membre fondateur du Pass French Tech, devenu FT120, membre du Conseil d'administration de Wilco, siège au comité d'investissement de la SATT Lutec et membre du Pôle de compétitivité Cap Digital. Au sein de l'association Française des investisseurs pour la croissance (France Invest), il a présidé pendant quatre ans la commission Financement de l'Industrie. De 2003 à 2020, en tant que General Partner de Banexi Ventures Partners devenu Kreaxi, il a investi dans plus de 25 sociétés. Philippe Herbert est titulaire d'un diplôme d'ingénieur en aéronautique de l'ESTACA et d'un Mastère spécialisé d'HEC.

Les membres du groupe de travail de la Mission 5G industrielle

Jean-Marie Danjou est directeur général de l'Alliance Industrie du Futur (AIF) depuis janvier 2019. Il est simultanément directeur général délégué de France Industrie, depuis février 2018. Auparavant, Jean-Marie Danjou a occupé entre 1988 et 1993 des fonctions au sein de trois cabinets ministériels, puis fut, chez France Télécom (devenu Orange), notamment directeur du Partenariat Stratégique avec Deutsche Telekom et directeur des Relations Extérieures Europe. Il a ensuite été délégué général de l'Association Française des Opérateurs Mobiles (AFOM), entre 2005 et 2010, puis directeur général délégué de la Fédération Française des Télécoms (FFTélécoms).

Jean-Yves Bois a cofondé Agilicom il y a 18 ans. Anticipant l'évolution massive des réseaux dans l'industrie, il a créé, dès 2016 une démarche « Réseau Gérance industrielle » intégrant des services 24/7. Aujourd'hui membre du Gimelec, il anime le groupe 5G du Comité stratégique de filière « S-I-F : Solutions Industrie du Futur ».

Michel Combot est directeur général de la Fédération française des Télécoms depuis avril 2016 et délégué permanent du CSF « Infrastructures numériques ». Michel Combot dispose de près de 23 ans d'expérience dans les domaines de l'économie numérique et des médias. Notamment au sein des cabinets des secrétaires d'État Eric Besson et Nathalie Kosciusko-Morizet, et en tant que directeur général adjoint de l'ARCEP puis du CSA.

Stella Morabito est la déléguée générale de l'Alliance française des Industries du Numérique (AFNUM) et a débuté son activité en tant que dirigeante d'associations professionnelles de l'électronique en 2010. Stella Morabito est membre du conseil d'administration de Digitaleurope, l'association professionnelle européenne du numérique et membre du Comité de Centrale-Supelec Numérique.

Viktor Arvidsson est directeur des relations gouvernementales & industrielles, de l'innovation et de la stratégie pour Ericsson France. Il est responsable de l'innovation, des partenariats et des affaires publiques pour Ericsson France (ainsi que pour la Belgique, le Luxembourg, l'Algérie et la Tunisie). Viktor Arvidsson est membre du comité de direction du syndicat professionnel AFNUM, du conseil d'administration de l'association Connexion21 ainsi que du conseil scientifique de Transpolis.

Thierry Valot est en charge, depuis septembre 2019, de la direction Innovation et Digital du groupe Fives qu'il a rejoint en 1997. Thierry Valot préside également le comité Vitrites de l'Alliance Industrie du Futur, et pilote le projet Batteries pour Véhicules électriques de la filière Solutions Industrie du Futur.

Sébastien Dudreuilh est responsable Industrie 4.0 France chez Orange Business Services. En poste depuis 2019, Sébastien porte la proposition de valeur d'Orange Business Services pour l'industrie 4.0, son enrichissement et son déploiement avec les équipes commerciales. À ce titre il est en interaction avec les clients industriels, les experts et le tissu partenarial pour répondre aux enjeux de l'industrie.

Marc Charrière est directeur des Affaires publiques de Nokia France depuis janvier 2016. Il est président de la Commission Réseaux de l'AFNUM et président de la commission numérique de la FIEEC. Il est rapporteur du groupe de travail 5G du CSF Infrastructures numériques mis en place par la filière et le Gouvernement.

Christian Picory-Donné est directeur Recherche partenariale et Valorisation de l'IMT et directeur Institut Carnot Télécom & Société numérique. Il a été enseignant chercheur à l'Université puis Télécom Paris (IMT). Il est auteur de rapports d'études pour de grandes organisations publiques et privées, et de nombreux articles dans les grandes revues académiques internationales. Il est consultant auprès de la Commission européenne, de services de l'État, et de grandes entreprises, sur des sujets tels que la gestion des fréquences, la politique industrielle du numérique.

Pierre Fortier, directeur associé, est responsable global des activités 5G de Capgemini Invent, l'entité conseil et transformation du groupe Capgemini. Il accompagne depuis plusieurs années des opérateurs télécoms mais également des industriels sur la 5G, sur des sujets d'acculturation, stratégie technologique et business, développement de cas d'usage, plan d'implémentation et de transformation en France et à l'international. Il est fortement impliqué sur le développement de l'offre 5G du groupe Capgemini.

Antoine Roussel est directeur général de la société ALSATIS depuis début 2019. Il y avait auparavant occupé les fonctions de directeur commercial, DGA et directeur général délégué. Depuis, Antoine Roussel ne cesse de s'investir dans le développement d'ALSATIS autour de 3 métiers : le déploiement et l'exploitation d'infrastructures radios multi-services (5G, LoRa, etc.), la commercialisation au grand public et enfin des services d'excellence pour le monde professionnel partout en France grâce à son expertise technique et son réseau national WAN.

Christophe Janneteau est le chef du Service Interactions et Réseaux au CEA List où il est en charge des coordonner les activités de recherche et de transfert de technologies de l'Institut sur la thématique des réseaux de télécommunications du futur et de leurs applications industrielles, notamment en lien avec les évolutions futures de la 5G. Christophe est diplômé de Telecom Paris et travaille depuis plus d'une vingtaine d'années dans le domaine de la R & D en télécom auprès d'équipementiers ou de centres de recherche. Il est auteur de plus d'une cinquantaine de brevets.

Yann Le Helloco est directeur technique de la société Infovista, où il dirige la R & D, l'innovation technologique et la stratégie produits. Yann Le Helloco a un doctorat en électronique et est un expert en ingénierie réseaux et radiocommunications, ainsi que dans les domaines du génie logiciel, de l'intelligence artificielle et des architectures big data.

Paul Pinault est responsable de la stratégie du marché Industrial IoT pour la société Braincube. Il promeut une transformation en profondeur des processus de l'entreprise par l'intermédiaire des nouvelles technologies de communications innovantes proposées par la 0G et la 5G associées aux savoir-faire en matière de traitement de données massives et d'algorithmes d'intelligence artificielle.

ANNEXE 2 – LISTE DES ENTITÉS RENCONTRÉES OU AYANT CONTRIBUÉ DIRECTEMENT À LA MISSION 5G INDUSTRIELLE

- Actility
- Agilicom
- Agurre
- Airbus
- Akka Technologies
- Alsatis
- Alstom
- Amarisoft
- ANFR
- ANSSI
- ArcelorMittal
- ARCEP
- Alcatel Submarine Networks
- Atos
- Banques des territoires
- Bouygues Télécoms
- Braincube
- Campus Région du numérique (Région Auvergne-Rhône-Alpes), incluant les différents consortia travaillant sur le Campus
- Capgemini
- CEA
- Cellnex
- CETIM
- Clever Values
- Crosscall
- CSF « Infrastructures mécaniques »
- CSF « Solutions pour l'industrie du futur »
- Dassault Systèmes
- EDF
- Epitech
- Ericsson
- Firecell
- Fives
- Fraunhofer IPT
- France Industrie
- Free
- GIFAS
- Halys
- Hub One
- Institut Mines-Télécoms (IMT)
- InDHu
- Infovista
- Italtel
- ISIMA
- IRT b<>com
- Lacroix
- Merem
- MGA Technologies
- Nokia
- Orange

- PFA
- Qualcomm
- RedTechnologies
- Safran
- Schneider Electric
- Sequans Communication
- SFR
- SNCF
- SNEF
- Someflu
- SWARM
- Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau⁴²
- Visiativ
- WeAccess
- We-Network
- YesItis

⁴² (VDMA, c'est-à-dire l'association allemande des industries de génie mécanique).

ANNEXE 3 – DÉTAILS DES ENGAGEMENTS À METTRE EN ŒUVRE LES RECOMMANDATIONS DE LA MISSION 5G INDUSTRIELLE

Recommandation n°2

- **Lancement d'un dispositif de soutien financier pour la création de « Campus Fablab 5G industrielle »**

Agilicom s'engage à étudier sa participation aux Campus Fablab 5G industrielle.

Dans l'optique du développement de l'écosystème industriel 5G, Airbus soutient également la recommandation d'accélérer le partage des cas d'usage au travers des « Campus Fablab 5G ».

Arcelor Mittal est intéressé à participer à des Campus Fablab industriel 5G dans la continuité des travaux menés sur la 5G industrielle dans les Digital Lab de Florange et Dunkerque.

ASN s'engage à étudier sa participation à un des Campus Fablab 5G industrielle.

Braincube s'engage à étudier sa participation à un Campus Fablab 5G industrielle.

Le Campus Région du numérique soutient la recommandation de création de Campus Fablab 5G industrielle et souhaite s'insérer dans cette démarche. Au regard de son activité, de ses installations et de son rôle d'outil de développement économique régional, le Campus souhaite étudier les conditions complémentaires, le cas échéant nécessaires, et les avantages pour son écosystème à son insertion dans les dispositifs préconisés par la Mission, notamment la recommandation de création de Campus Fablab 5G industrielle.

Capgemini s'engage à étudier dès à présent son implication dans ces Campus Fablab 5G industrielle en tant que chef de file ou partie-prenante.

Le CEA s'engage à étudier dès à présent son implication dans les Campus Fablab 5G industrielle, dans la continuité des travaux menés avec sa plateforme PRISM dédiée à l'industrie du futur.

EDF est intéressé à examiner les conditions de sa participation à un éventuel Campus Fablab 5G industrielle qui permettrait d'échanger sur des cas d'usages et le retour d'expérience de déploiements dans des contextes industriels.

Ayant entrepris, sans succès il y a 3 ans, le déploiement avec un industriel des télécommunications d'un laboratoire 5G sur son campus parisien, l'objectif d'Epitech était de permettre aux étudiants d'appréhender la technologie en accord avec les besoins des industriels. Epitech se retrouve et soutient donc totalement l'initiative de constituer un Campus Fablab 5G. Epitech contribuera en facilitant l'accès à l'écosystème.

Ericsson s'engage à étudier dès à présent son implication dans ces Campus Fablab 5G industrielle.

Firecell s'engage à étudier sa participation à des Campus Fablab 5G industrielle en apportant sa *stack* logicielle 5G dans des conditions financières avantageuses.

Fives s'engage à examiner la possibilité de participer au Campus Fablab 5G pour tester et développer des cas d'usage des architectures *Edge/Cloud* et 5G.

L'IMT s'engage à étudier son implication dans des Campus Fablab 5G industrielle.

Infovita s'engage à s'impliquer dans la mesure possible dans l'activité des Campus Fablab 5G industrielle.

Merem s'engage à étudier sa participation à un des Campus Fablab 5G industrielle.

Nokia s'engage à étudier sa participation à un Campus Fablab 5G industrielle.

Orange se propose de contribuer activement à la mise en œuvre de FabLab 5G, en choisissant des initiatives déjà existantes et les enrichir.

La SNCF s'engage à étudier sa participation à un des Campus Fablab 5G industrielle, en lien avec son Living Lab 5G de Rennes.

SNEF Lab est intéressé à participer à des Campus Fablab industriel 5G dans la continuité des travaux menés pour la transformation numérique de l'industrie avec la 5G industrielle sur ses plateformes de Marseille et Valence.

SWARM s'engage à étudier sa participation active à un des Campus Fablab 5G industrielle.

- Multiplication des expérimentations d'usage de la 5G, et partage des résultats

Alsatis propose de monter un événement de type démonstrateur sur le site industriel d'ACOME à Mortain en invitant de nombreux acteurs du monde industriel.

ASN s'engage à partager les résultats de son projet de 5G industrielle mené sur son site de Calais.

Dans le cadre d'un événement de communication organisé par le CSF Infrastructures numériques, le CEA s'engage à communiquer publiquement sur les premiers résultats de son projet 5G industrielle Plateforme Immersive 5G (PI5G) et cas d'usage développés.

Le Cetim lancera sur son site de Cluse la réalisation d'un démonstrateur 5G à partir de 2022. Destiné au secteur industriel mécanicien et accessible aux PMI il permettra d'illustrer la faisabilité, et les fonctionnalités associées sur un parc de machines représentatifs des processus du manufacturing. Son hébergement au sein d'une plateforme d'accélération, et son ancrage sur un écosystème industriel garantira notamment une large accessibilité aux PMI.

Merem mène un projet de 5G industrielle en 2022 avec l'installation en cours d'antennes 5G privées dans son usine d'électronique. Dans le cadre de ses différents tests de cas usages et de sa volonté d'être un acteur du déploiement de la 5G industrielle en France, s'engage à partager ses résultats.

La SNCF souhaite continuer sa dynamique 5G industrielle au sein du Living Lab 5G de Rennes pour lequel un lieu ouvert est créé au sein du Technicentre de Maintenance : l'INCUBA'Ter. Ce lieu accueillera une communauté de contributeurs pour développer des solutions associées aux cas d'usages des Technicentres. SNCF pourra contribuer à d'autres initiatives similaires en régions.

SWARM est fortement intéressé à conduire un projet 5G industrielle en 2022 et à en partager les résultats dans le cadre de l'entreprise à mission SWARM dans la continuité d'une première réalisation en « duplex » avec la société MGA technologies.

Recommandation n°3

Le Comité Stratégique de Filière (CSF) « Infrastructure numérique » s'engage à organiser un sous-groupe de travail dédié qui aura pour objectif de : (i) collecter régulièrement les besoins des principales filières industrielles françaises en matière de 5G industrielle, (ii) piloter un « benchmark » sur la disponibilité d'équipements 5G Industrielle, (iii) animer un dialogue avec les fournisseurs et équipementiers français sur le sujet de la 5G industrielle, et (iv) développer

un réseau de plateformes autour du vertical de l'industrie 4.0. Ces travaux seront menés en lien avec les actions menées dans le cadre de l'axe 2 de la stratégie d'accélération 5G, pour le développement d'une offre souveraine. A cela peuvent s'ajouter des événements de sensibilisation à la 5G industrielle des équipementiers et des offreurs de solutions industrielles.

- **Favoriser et accompagner l'émergence d'acteurs français innovants de la 5G industrielle**

Ericsson s'engage à étudier la possibilité de partenariats avec des entreprises innovantes et pertinentes de l'écosystème 5G industrielle.

L'IMT propose d'agir *via* son réseau d'incubateurs et de coaching ou *via* une action spécifique avec les industriels à dynamiser le transfert de l'innovation des start-up et spin-off.

- **Favoriser le développement d'équipements et services compatibles 5G, y compris pour la bande 2,6 GHz TDD**

Ericsson s'engage à organiser des événements de sensibilisation à la 5G industrielle des équipementiers et offreurs de solutions industrielles.

La SNCF s'engage à animer ou participer à un événement de mobilisation des acteurs de la chaîne de valeur de la 5G industrielle (opérateurs, intégrateurs, équipementiers, fournisseurs de services, etc.) et parties-prenantes de sa filière industrielle.

Orange s'engage à accueillir les fabricants de matériels et offreurs de solutions dans les Orange 5G Lab pour mener leurs tests. Orange s'engage également à assurer la visibilité des équipements fonctionnant (testés) sur le réseau 5G d'Orange sur le portail internet Orange dédié.

- **Favoriser le développement d'offres 5G industrielle « clés-en-main » autour de cas d'usage**

Firecell s'engage à participer à la construction d'une offre conjointe complète dédiée à l'industrie française avec tous les acteurs et parties-prenantes qui le souhaitent.

Halys s'engage à stimuler et animer le développement d'offre clé en main dans une logique de complémentarités avec d'autres acteurs français de la chaîne de valeur, comme Alsatis ou AW2S.

Nokia s'engage, pour les segments relevant de ses activités, à contribuer au développement d'offres « clés-en-main » adaptées au marché français.

SNEF Lab s'engage à animer ou participer à un événement de « matchmaking » entre tous les offreurs de la 5G industrielle (opérateurs, intégrateurs, équipementiers, fournisseurs de services, etc.) et parties-prenantes de sa filière industrielle.

Recommandation n°4

- **Développer et diffuser des ressources pédagogiques partagées sur la 5G et ses usages spécifiques dans l'industrie**

SWARM s'engage à construire et diffuser une plaquette pédagogique sur la 5G industrielle et à organiser des événements de sensibilisation sur la 5G industrielle.

Le Comité Stratégique de Filière (CSF) « Infrastructure numérique » s'engage à communiquer sur les premiers résultats des plateformes multi-intervenants et multi-sites, et des cas d'usages développés.

- Organiser des actions de sensibilisation autour de la 5G industrielle

Alsatis propose d'assurer une restitution des travaux de la Mission 5G industrielle à des acteurs de la filière des infrastructures numériques.

Alsatis propose de présenter une maquette 4.0 avec ACOME lors de l'évènement UTHD début octobre 2022 à Toulouse

Braincube s'engage à participer à des évènements de sensibilisation liant industrie 4.0 et 5G.

Capgemini s'engage à organiser des séances régulières de sensibilisation de dirigeants et de CTO industriels sur la 5G industrielle.

Le CEA s'engage à mener des actions de sensibilisation à la 5G industrielle dans le cadre de visites de sa plateforme PRISM par de partenaires industriels de tout type, à travers des démonstrations de cas d'usages de la 5G industrielle.

Le CSF Infrastructures numériques s'engage à mettre en œuvre des actions de pédagogie et de sensibilisation à la 5G Industrielle.

Ericsson s'engage à organiser des séances de sensibilisation de dirigeants et CTO industriels sur la 5G industrielle.

Orange s'engage à continuer de contribuer aux initiatives de sensibilisation autour de la 5G industrielle :

- participer aux évènements 5G industrielle, présenter la 5G sur les salons industriels (ex Global Industrie) ;
- accueillir les industriels dans les Orange 5G Lab ;
- intervenir au côté des filières pour les alimenter en information.

Recommandation n°5

- Construire des offres de formation adaptées à la 5G industrielle

Alsatis lancera une démarche dès cet été auprès d'établissements de formation technique à Toulouse afin d'influencer des modules pédagogiques sur la 5G au service du monde économique.

Le CEA s'engage à étudier son implication dans des actions de formation continue qui pourraient être prodiguées dans le cadre du E-DIH DigiHall en tant que service pour les PME.

Fives s'engage à contribuer au montage d'une proposition de formation aux métiers du développement logiciel, de la 5G et des architectures Edge/Cloud, dans le cadre de l'AMI Compétences et Métiers d'Avenir.

L'IMT s'engage à étudier le développement une offre complète de formation initiale, tout au long de la vie, de Mastère spécialisé, de programme de stages et de MOOC sur la 5G industrielle. Cette offre pourrait s'inscrire dans le cadre d'un consortium répondant par exemple à l'AMI Compétences et Métiers d'Avenir.

- Favoriser la mixité des parcours entre filières industrielles, télécoms et informatiques

Alsatis s'engage à accueillir des étudiants en cours de formation télécom pour partager des cas concrets chez ses clients ou sur son banc d'essai.

Le CEA s'engage à proposer régulièrement des stages R&D de niveau Bac+5 centrés sur les technologies de télécommunication innovantes applicables pour les besoins industriels.

Nokia s'engage à accueillir des stagiaires autour de sujets relevant de la 5G industrielle

SNEF Lab s'engage à collaborer à un consortium d'acteurs de la 5G industriels afin de mettre en place des formations sur ces technologies.

ISIMA est prête à participer à la réflexion et à la mise en œuvre, avec les acteurs industriels et universitaires locaux et régionaux, d'un programme de sensibilisation à la 5G. Ce dernier pourrait inclure les différents cas d'usage de cette technologie, la prise en compte de la sécurité, la problématique des solutions souveraines, les enjeux autour des données transportées par la 5G.

Le Comité Stratégique de Filière (CSF) « Infrastructure numérique » s'engage à mettre en place un Appel à Manifestation (AM) permettant le recensement des initiatives permettant une sensibilisation générale, à travers des séminaires de formation ou de démonstration, des futurs professionnels de l'industrie, ainsi que des autres filières.

Recommandation n°6

- **Construire et partager des supports pédagogiques adaptés à des publics industriels**

Le Comité Stratégique de Filière (CSF) « Infrastructure numérique » s'engage à poursuivre ses travaux sur les impacts sanitaires, sociaux et environnementaux de la 5G et fournir notamment des guides sur cette thématique.

- **Encourager le partage d'études d'impacts environnementaux et sanitaires lors de la mise en œuvre de projets 5G industrielle**

L'institut Mines Télécom partagera les travaux de la Chaire de Recherche IMT/Orange dédiée aux effets des ondes hertziennes sur la santé.

Recommandation n°7

- **Favoriser la coopération des industriels et acteurs télécoms européens autour de la 5G industrielle**

Firecell s'engage à étudier sa participation à un ou plusieurs projets 5G industrielle avec des industriels européens.

Technische Universitat Muenchen et Institut Mines Télécom, leader de l'Académie Franco-Allemande pour l'industrie du Futur se rapprocheront, de l'institut FhG PIT afin de développer des projets communs et les synergies entre Campus Fablab 5G industrielle et l'institut FhG PIT, notamment.

SNEF Lab s'engage à étudier sa participation à un projet 5G industrielle avec des industriels allemands

SNCF s'engage à étudier sa participation à un projet 5G industrielle avec des industriels allemands.

- **Identifier et valoriser les acteurs de la 5G, du cloud et de la cybersécurité français ou européens qui souhaiteraient se positionner sur le marché de la 5G industrielle**

Le CSF « Solutions pour l'industrie du futur » s'engage, si les moyens adéquats peuvent être mobilisés, à animer la communauté 5G au sein de la plateforme « solutionsindustriedufutur.org » afin de soutenir les actions prévues à la recommandation n°7.

- **Favoriser les offres françaises et européennes permettant de sécuriser les données industrielles de bout-en-bout, quel que soit le contexte réseau (public ouvert, hybride, privé) ou d'architecture de traitement des données (edge, cloud, hybride).**



Crédit photo : 1^{re} de couverture : © Nataliya Hora - Fotolia
4^e de couverture : © Rainer Plendl - Fotolia