



5G INDUSTRIELLE

TOUT SAVOIR POUR VOUS LANCER

FILIÈRE
INFRASTRUCTURES
NUMÉRIQUES



AVEC LE SUPPORT DE FRANCE
INDUSTRIE



ÉDITO DE JEAN-NOËL BARROT,

Ministre délégué chargé de la
Transition numérique et des
Télécommunications

La 5G constitue une rupture technologique majeure. Elle offre un champ propice à l'innovation et à la croissance. L'intérêt de cette technologie de réseau n'est pas directement situé dans les infrastructures de réseaux en elles-mêmes, mais bien dans les applications industrielles qu'elle permet. Ainsi, parce qu'elle est un élément essentiel à la numérisation et au verdissement du tissu économique national, le Gouvernement a fait de la 5G industrielle une des priorités de France 2030.

La réalisation d'un projet de 5G industrielle reste un défi de taille pour nos entreprises françaises, a fortiori, pour les PME et les ETI. À ce titre, je remercie les filières industrielles françaises qui se sont mobilisées activement pour rédiger ce guide, dans la lignée des travaux qu'elles ont mené en 2022 dans le cadre de la Mission « 5G industrielle » présidée par Philippe Herbert.

Ce guide témoigne de l'ambition d'un écosystème soucieux de doter les industries françaises des outils nécessaires à la réussite de leur projet de 5G industrielle. Il offre une vue globale sur les solutions disponibles et met en lumière les points qui doivent retenir l'attention de l'industriel. À terme, j'espère qu'il puisse aboutir à l'émergence d'un écosystème de partenaires issus des secteurs des télécoms, du numérique et de l'industrie, en capacité de proposer des solutions « clé en main » et complémentaire.



ÉDITO DE ROLAND LESCURE,

Ministre délégué chargé de
l'Industrie

Pour nos industriels français, l'adoption de procédés industriels numérisés, relevant de ce que l'on appelle l'« industrie 4.0 », est un préalable à leur compétitivité. Cette numérisation suppose cependant une connectivité résiliente, fiable et à forte capacité, à l'image de ce que propose la 5G. C'est pourquoi le Gouvernement considère que la 5G, dans sa composante industrielle, est un levier de croissance et de relocalisation dans nos territoires.



La maîtrise de la 5G par notre industrie est donc un élément indispensable à la numérisation du tissu économique national. C'est pourquoi je tiens à saluer le travail des comités stratégiques de filières (CSF) « Infrastructures numériques » et « Industrie du futur » qui ont produit ce guide pratique dédié au déploiement sur le terrain de la 5G industrielle, à destination de nos entrepreneurs français, pour qu'ils puissent se saisir pleinement de l'opportunité offerte de se doter d'une connectivité fiable et performante pour leurs projets d'usine du futur et de transformation des usines existantes.

Ce guide dresse une cartographie des types d'acteurs et compétences nécessaires à la réussite d'un projet 5G industrielle. Il permet d'appréhender cette technologie de réseau essentielle, les spécificités de son déploiement et d'adapter son usage au regard des enjeux et des spécificités de l'activité industrielle. Ainsi, tout est prêt pour vous accompagner, échanger et assurer le succès de votre projet.



AVANT-PROPOS

Partant des constats que, d'une part la 5G dans son utilisation industrielle est l'une des clés de la numérisation des processus industriels et de la compétitivité des entreprises, et d'autre part qu'elle fait encore l'objet d'une trop faible notoriété parmi les industriels français, l'État français a confié le 19 octobre 2021 la mission 5G industrielle à Philippe HERBERT.

Dans son rapport remis le 3 mars 2022 à Agnès PANNIER-RUNACHER, ministre déléguée auprès du ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance, chargée de l'Industrie, et à Cédric O, secrétaire d'État chargé de la Transition numérique et des Communications électroniques, la mission a émis sept recommandations concrètes pour accélérer l'adoption de la 5G industrielle. Deux sont à l'origine des travaux que nous présentons aujourd'hui : celle consistant à promouvoir la 5G industrielle auprès des professionnels et celle visant à faire mûrir l'offre.

La mise en œuvre de ces recommandations s'opère, entre autres, par la création de deux groupes de travail. L'un d'entre eux, dénommé « Offres de 5G industrielle », est le groupe de travail inter-filières qui publie le présent guide. Piloté par l'opérateur et intégrateur Hub One, celui-ci réunit des membres des CSF « Solutions Industrie du Futur » et « Infrastructures Numériques », dans le but d'éclairer les industriels sur les questions du « comment faire » et « avec qui » de la 5G industrielle.

Au total, ce sont plus de 50 acteurs issus de fédérations membres des CSF « Infrastructures Numériques » et « Solutions Industrie du Futur », d'entreprises représentants ces CSF et d'experts de la 5G ou de l'industrie du futur qui ont collaboré à la réalisation de ce guide. C'est donc à cet égard que nous leur adressons nos plus sincères remerciements.

Ce document constitue une contribution des acteurs industriels de la filière des infrastructures numériques à la manière de s'approprier la 5G Industrielle. Il ne reflète que la vision de ses auteurs.



Membres du groupe de travail :

Flore NAIMAN (Hub One), Jugwal DOYEN et Nikita BOGOMOLOV (FFTélécoms), Aubin BERNARD (InfraNum), Stella MORABITO (AfnNum), Viktor ARVIDSSON (Ericsson), Sébastien MEUNIER (ABB et Symop), Grégoire de LANGAUTIER (MGA Technologies), François HEDIN (Weaccess), Boris MADELEINE (B<Com), Jocelyn ZINDY (Eiffage Énergie Systèmes), Lucas GRAVIT et Amanda ALVES (DGE), Hamed AZOUAOU (MIOS), Laurent SIEGFRIED (Gimelec), Jean-Yves BOIS (Agilicom).

Contributeurs aux travaux :

Les membres du groupe de travail, Jérémie COMPAN et Pierre FORTIER (Capgemini Invent), Régis PICARD (Nokia), Agnès WOLFF (Orange Business Services), David GLIJER (ArcelorMittal), David CHOUKROUN (Sequans), Christophe BEJINA (Alcatel Submarine Networks), Christophe JANNETEAU (CEA-List), Estelle WUST et Sofiane IMADALI (LabLabee), Nadjib AIT SAADI (UVSQ).

Relecteurs :

Hervé DE TOURNADE (Bouygues), Emmanuel MICOL (Bouygues), Ndoefféne Diouf (TDF), Anaïs VERDERI (Alsatis), Marie-Georges BOULAY (SFR), Florence ERPELDING (Tactis), Olivier COUTELOU (Schneider Electric), Jean-Baptiste FUNTEN (Schneider Electric), Jean-Pascal RISS (Schneider Electric), Arthur RABATE (Axians), Alexandre GRAVAUD (Axione), Hervé SALIOU (Images et Réseaux), Franck NOYARET (Siemens), Sébastien DUDREUILH (Orange Business Services)





SOMMAIRE

Partie 1 : Dans quel contexte 5G industrielle êtes-vous ?	7
1.1 5G industrielle : de quoi parle-t-on ?	8
1.2 Quelle est la place de la 5G dans l'écosystème technologique industriel ?	9
1.3 Quel profil d'industriel êtes-vous au regard de la 5G ?	12
1.4 Quelles sont les familles de cas d'usage de la 5G industrielle ?	16
1.5 Quelle est la maturité de la 5G industrielle ?	21
Partie 2 : Comment réussir votre projet de 5G industrielle ?	23
2.1 Quelles grandes questions se poser avant de démarrer ?	24
2.2 Quelles sont les étapes clés d'un projet de 5G industrielle ?	28
2.3 Votre check-list projet	29
Partie 3 : Quelles offres de 5G industrielle choisir ?	33
3.1 Peut-on imaginer des offres de bout en bout ?	34
3.2 Quelles sont les typologies d'offres télécom ?	37
3.3 Quelles sont les typologies d'offres d'intégration industrielle ?	39
3.4 Quels types d'équipements faut-il prévoir ?	41
3.5 Quelle place pour un éventuel chef d'orchestre ?	44
Conclusion	45
Glossaire	46



PARTIE 1.

DANS QUEL CONTEXTE 5G INDUSTRIELLE ÊTES-VOUS ?

La 5G industrielle ouvre un nouvel univers de potentialités, tant au niveau des cas d'usage qu'à la manière de repenser les réseaux et la connectivité au sein des entreprises. Véritables sauts générationnels pour beaucoup, les technologies 5G n'en savent pas moins s'adapter aux écosystèmes industriels historiques pour coexister intelligemment avec les autres technologies.

Dans cette partie, nous vous proposons de découvrir l'ensemble des atouts de la 5G industrielle, ses principales caractéristiques et la manière dont vous pourriez en tirer profit, selon les spécificités de votre contexte et de vos besoins stratégiques.

> Au sommaire de cette partie :

- 1.1. 5G industrielle : de quoi parle-t-on ?
- 1.2. Quelle est la place de la 5G dans l'écosystème technologique industriel ?
- 1.3. Quel profil d'industriel êtes-vous au regard de la 5G ?
- 1.4. Quelles sont les familles de cas d'usage de la 5G industrielle ?
- 1.5. Quelle est la maturité de la 5G industrielle ?

> Découvrez leur retour d'expérience :

Christophe BEJINA, CIO, Alcatel Submarine Networks (ASN)

David GLIJER, Directeur de la transformation digitale, ArcelorMittal

Christophe JANNETEAU, Chef du service Interactions et Réseaux, CEA List

Sébastien MEUNIER, Vice-président Relations Institutionnelles France, Groupe ABB

> Glossaire :

Retrouvez la définition des mots suivis d'un astérisque (*) dans le glossaire situé à la fin du guide.



1.1. 5G INDUSTRIELLE : DE QUOI PARLE-T-ON ?

La 5G industrielle se rapporte à toute utilisation de la 5G dans un contexte industriel de production ou, plus largement, au service d'une activité économique. Elle désigne à la fois l'infrastructure réseau 5G, privative ou non, ainsi que l'ensemble des technologies, équipements, modèles de déploiement et d'opérations qui y sont adossés. Sa valeur se trouve dans les usages et les applications industrielles dont le déploiement n'est permis que par les caractéristiques de la connectivité 5G sous-jacente.

Pourquoi distinguer la 5G industrielle de la 5G ?

La 5G industrielle n'est ni une nouvelle norme de la 5G ni une façon singulière de fabriquer les équipements composant un réseau 5G. La technologie utilisée est relativement la même pour les usages grand public et industriels. En revanche les utilisateurs, les cas d'usage, le modèle économique, les déploiements,

parfois les fréquences, entre autres, de la 5G diffèrent dans un contexte industriel. Il a donc été nécessaire de trouver un terme à même de décrire cette particularité et de qualifier un marché émergent, en rupture avec le marché grand public de la téléphonie mobile.

La 5G industrielle se limite-t-elle à l'industrie au sens strict ?

L'utilisation de la 5G dans l'industrie manufacturière (robotique autonome, chaîne de production reconfigurable sans fil, maintenance prédictive, opérateur augmenté, etc.) est emblématique de son apport pour la numérisation des processus de production. C'est pourquoi on parle de 5G « industrielle ».

Cependant, cette appellation doit être entendue de manière plus large.

Le déploiement de cas d'usage pour les ports, la logistique, les activités ferroviaires, les services d'urgences, l'agriculture ou l'événementiel par exemple répond aux mêmes exigences de redéfinition des modèles de déploiement et d'opération des réseaux télécoms que pour l'industrie manufacturière. Ils sont donc inclus de fait dans la dénomination « 5G industrielle ».

Quels sont les enjeux à l'échelle nationale ?

De par son caractère « industriel » (fiabilité, performance, sécurité, etc.) indispensable à la mise en œuvre de cas d'usage métiers, la 5G est l'une des composantes essentielles de l'industrie 4.0. Même si l'industrie au sens large n'a pas attendu la 5G pour amorcer sa numérisation, déjà bien engagée avec le filaire, le Wi-Fi ou l'IoT, la 5G industrielle a un rôle clé à jouer dans l'accélération de la numérisation des activités critiques.

Enfin, la réindustrialisation en France s'inscrivant en corolaire de la transformation numérique des écosystèmes métier, la disponibilité des solutions et des savoir-faire autour des technologies 5G est stratégique pour le développement et la compétitivité du tissu industriel national.



1.2. QUELLE EST LA PLACE DE LA 5G DANS L'ÉCOSYSTÈME TECHNOLOGIQUE INDUSTRIEL ?

La 5G industrielle ne doit pas être vue comme une technologie ultime visant à remplacer tous les autres moyens de télécommunications. Elle doit s'intégrer dans un écosystème de technologies complémentaires, dans le but de favoriser le développement et la convergence de cas d'usage performants. Il ne s'agit donc pas ici d'opposer les technologies entre elles, mais bien de présenter les bénéfices intrinsèques de la 5G industrielle pour choisir de façon pragmatique, en fonction de l'application visée et selon les contraintes techniques, de niveau de sécurité, de continuité d'exploitation ou bien entendu financières.

Quels sont les principaux atouts de la 5G industrielle ?

La 5G est une norme de réseau mobile qui promet notamment des débits plus importants, une latence réduite et la gestion massive d'IoT (jusqu'à 1 million au km²). Elle est aussi la première technologie radio fondée sur des logiciels, tournée vers les utilisateurs professionnels en entreprise. Ces avantages lui permettent d'être flexible et adaptable, tout en répondant aux exigences de performance des processus métiers : en matière d'usage, d'impact environnemental, de cybersécurité, de continuité d'exploitation, de consolidation des infrastructures informatiques et de compétitivité des solutions.

L'un des facteurs les plus différenciants de la 5G industrielle, par rapport à d'autres technologies comme le Wi-Fi par exemple, est la prédictibilité des performances des

réseaux (en débit et en latence notamment) selon la charge à laquelle ils sont soumis. La 5G industrielle promet de pouvoir distinguer ces niveaux de performance attendus selon la criticité des cas d'usage par l'introduction de *slices** dédiés.

Enfin, la 5G industrielle permet de résoudre certaines limitations techniques par son apport en mobilité, et au sein des protocoles radio qui, utilisant une bande de fréquence publique avec des puissances limitées, peuvent subir des perturbations non contrôlées ou des congestions du réseau. En somme, cette technologie va permettre le développement de cas d'usages qui ne seraient pas possibles sans la 5G.

Une capacité à coexister au côté d'autres technologies

Dans de nombreux cas, le milieu industriel est le lieu de coexistence parfois complexe de protocoles propriétaires et de protocoles radio de différentes générations. Si l'apport fonctionnel des communications sans fil n'est plus à démontrer, elles n'ont pas encore livré l'intégralité de leur potentiel. Nous pouvons citer par exemple l'un des grands sujets de développement en cours qui est la capacité de la 5G à transporter les protocoles industriels de manière ultra-fiable. Ce sera bientôt le cas

avec les fonctions dites de « 5G LAN* » et de « TSN* over 5G » dans les prochaines évolutions du 3GPP*.

La convergence de technologies sur une même infrastructure est un deuxième sujet de développement très important autour de la 5G industrielle. En effet, au plan technique, le cœur de réseau 5G doit permettre de supporter des technologies de génération antérieures et d'autres protocoles de communication



(NBloT*, LTE-M*, Wi-Fi, Ethernet). Par ailleurs, les qualités intrinsèques de la 5G permettent d'augmenter chaque usage par l'apport de fonctions supplémentaires. Par exemple, il est possible d'ajouter de la data à de la voix, des données temps réel à un dispositif de travailleur isolé ou de l'information d'environnement à un robot mobile autonome. Cette convergence des technologies et des usages permet aux entreprises multi-équipées de rationaliser une partie de leur infrastructure, de rationaliser

leur flotte de terminaux, de rationaliser la collecte des données et de centraliser leur traitement. Cela permettra de consolider les infrastructures, de rechercher un meilleur ROI et d'obtenir un impact positif sur les consommations énergétiques.

De l'avantage d'intégrer la 5G dans votre écosystème technologique

La 5G industrielle ne doit aucunement être considérée comme l'ajout d'un silo technologique supplémentaire, dédié à quelques fonctions de télécommunications. Sur un site industriel existant, la 5G doit être vue comme une opportunité de faire évoluer au fil de l'eau l'ensemble des infrastructures IT et des systèmes de communication.

Sur un nouveau site, l'adoption de la technologie 5G peut considérablement diminuer les investissements et le coût total de possession, vis-à-vis d'une conception traditionnelle en lots séparés. À titre d'exemple, la 5G industrielle demande beaucoup moins d'émetteurs que les autres technologies radio (tels que le Wi-Fi ou le DECT* dans une moindre mesure). Cela permet aussi de se passer des coûts de câblage d'un réseau filaire.

Cependant les critères d'évaluation sont multiples et peuvent aller bien au-delà du retour sur investissement (ROI). Par exemple,

l'adéquation par rapport à l'usage, la capacité à consolider une infrastructure IT ou la cybersécurité ne se considèrent pas en termes de ROI. Il faut les envisager sous l'angle de la meilleure solution possible pour un budget maximum fixé, ce qui constitue un indicateur de performance important pour la prise de décision en complément du calcul du ROI.

Dans tous les cas, la technologie 5G doit s'inscrire dans un schéma directeur IT et une architecture informatique complète, intégrant les exigences du process industriel, les objectifs poursuivis sur les flux logistiques, les applications logicielles métiers et la disponibilité des équipements ou machines à connecter.



RETOUR D'EXPÉRIENCE

Sébastien MEUNIER

Vice-président Relations Institutionnelles France
Groupe ABB

Les fournisseurs de machines connectées font face à un enjeu de migration du Wi-Fi vers la 5G (ou de systèmes de radiocommunication propriétaire vers la 5G). C'est le cas avec les robots de type AGV* (véhicule à guidage automatique) ou de type AMR* (robots mobiles autonomes) qui doivent à la fois offrir une compatibilité de bout en bout, une interopérabilité avec l'ensemble de la *supply chain* et une connectivité aux systèmes d'information.

L'intégration dans les logiciels métiers est clé pour assurer la performance du process, dans une plateforme logistique ou dans la gestion de flottes d'AGV et d'AMR par exemple.

En plus de deux ans d'expérimentation, un site automobile de Madrid équipé de machines connectées n'a montré aucun problème de connectivité au passage en 5G.

Au contraire, ont été prouvées :

- la fiabilité de la solution sans fil et mobile,
- la capacité à porter des applications industrielles critiques avec une continuité de service temps réel,
- la réduction du taux d'erreur et des arrêts d'exploitation,
- la rationalisation des coûts d'infrastructures (coûts & empreinte carbone).

D'autres tests sont en cours dans le 5G Lab, à Vasteras en Suède et à Ladenburg en Allemagne.



1.3. QUEL PROFIL D'INDUSTRIEL ÊTES-VOUS AU REGARD DE LA 5G ?

L'objectif de ce guide est de vous aider à identifier les types d'offres 5G vers lesquels vous tourner, selon vos enjeux, ce que la 5G industrielle doit vous apporter concrètement et les spécificités de votre contexte. Mais comme les réseaux mobiles professionnels peuvent couvrir des réalités très différentes au sein d'une entreprise, nous vous proposons d'identifier d'abord votre profil d'industriel au regard de la 5G.

À titre d'exemple, un entrepôt logistique de taille moyenne dont l'objectif principal serait d'augmenter la productivité des opérations (notamment en connectant mieux ses opérateurs et en insérant des robots de type AGV ou AMR) ne se tournera probablement pas vers les mêmes types d'offres qu'un site industriel Seveso, avec des contraintes ATEX dont l'objectif principal pourrait être de sécuriser son site, ses biens, ses collaborateurs et ses secrets industriels.

Quels sont vos enjeux prioritaires ?

Voici une liste non exhaustive des enjeux qui pourraient influencer sur vos choix vis-à-vis de la 5G industrielle :

- l'optimisation des coûts (opérationnels, de consommation, etc.) ;
- la productivité et l'efficacité opérationnelle (flexibilité de la production, contrôle de la production et des processus, allocation des ressources, etc.) ;
- la sécurité des biens, des hommes et des données (cybersécurité) ;
- la criticité de l'activité (notion de *business critical*), le besoin de résilience et de robustesse ;
- l'attractivité et la rétention des collaborateurs ;
- la gestion du temps court et du temps long ;
- la souveraineté de vos opérations, de vos équipements, etc.

Quelles sont vos spécificités d'entreprise ?

Voici quelques caractéristiques dont vous devez tenir compte dans vos choix de 5G industrielle :

- la taille du site à équiper ;
- le nombre d'utilisateurs (hommes ou objets) ;
- le nombre de sites concernés ;
- le contexte technique du ou des sites (notion de *mission critical* Seveso, ATEX, accessibilité, etc.) ;
- le contexte radio (intérieur/extérieur, métal, ATEX, évolutivité du site, etc.) ;
- le contexte d'infrastructure (points hauts, salles techniques, etc.) ;
- le contexte de vos bâtiments (*greenfield**/*brownfield**, etc.) ;
- le contexte technologique (niveau de maturité et d'appétence pour les technologies, état de l'existant au regard de vos besoins actuels et futurs) ;
- l'intégration de la chaîne de valeur au réseau (fournisseurs, partenaires, sous-traitants, clients, etc.) ;
- votre budget et la rapidité attendue en matière de ROI.



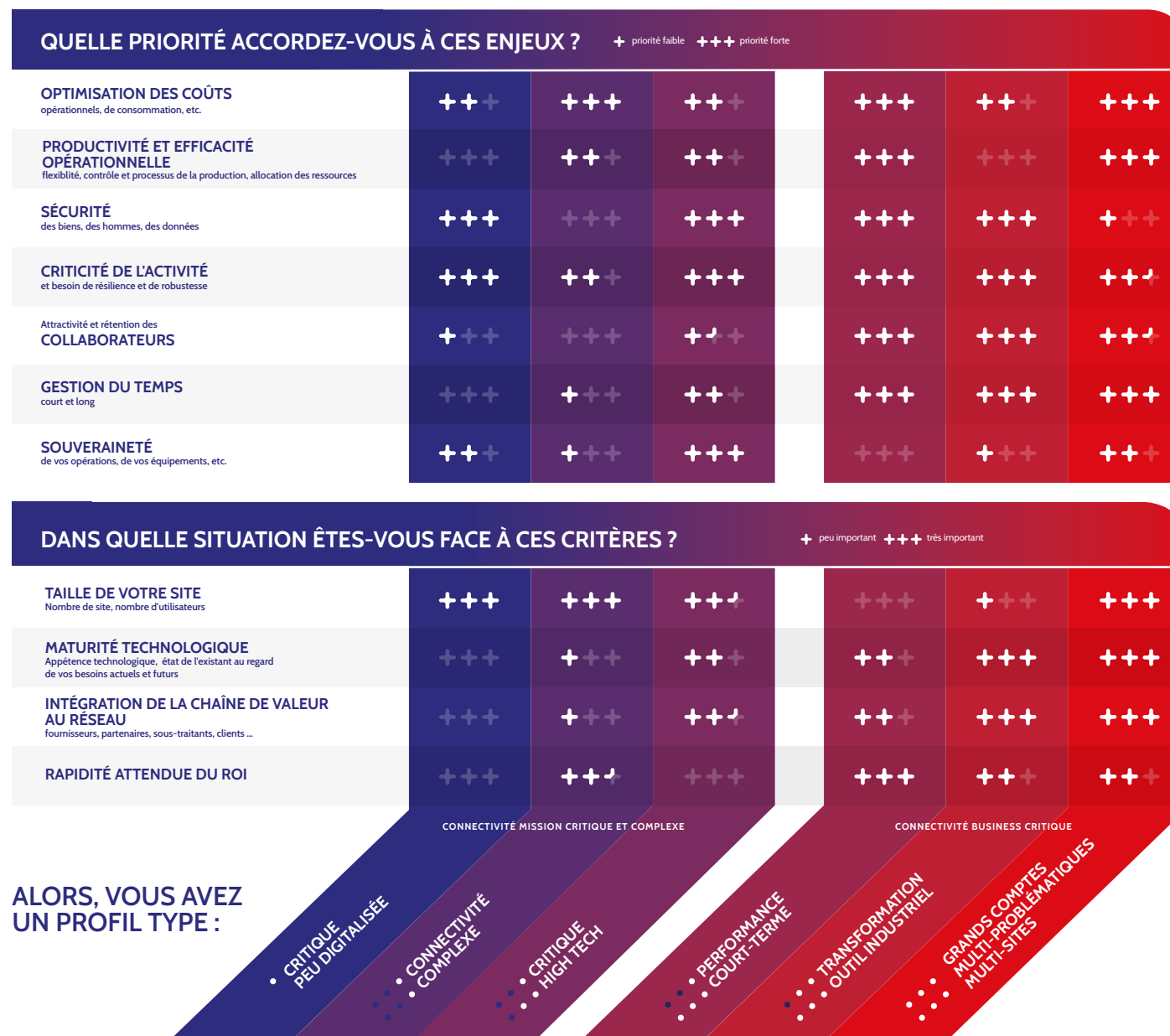
À quel profil type appartenez-vous ?

Par souci de simplification, nous avons créé quelques profils types à partir des critères majeurs vus précédemment. L'idée est que vous puissiez vous reconnaître « plutôt » dans l'un ou dans l'autre, même si nous convenons tous que chaque situation d'entreprise est unique.

L'identification de votre profil type vous conduira, ou conduira vos offreurs, vers différents formats de 5G industrielle.

INFOGRAPHIE | À QUEL PROFIL TYPE APPARTENEZ-VOUS ?

La 5G s'adapte à votre situation d'entreprise. À partir de vos enjeux prioritaires et de vos spécificités d'entreprise, découvrez à quel profil type vous appartenez et demandez un service 5G industrielle adapté.





RETOUR D'EXPÉRIENCE

Christophe
BEJINA

CIO
Alcatel Submarine Networks (ASN)

La volonté d'ASN de mener une transformation profonde des process de production type Industrie 4.0 impliquait une infrastructure numérique sécurisée et fiable pour supporter les flux critiques liés à nos opérations industrielles. Dès 2020, notre choix s'est porté sur le déploiement d'un réseau 3GPP/5G dans nos usines en réponse à nos besoins de performance, de haute disponibilité, de mobilité, de sécurité et d'évolutivité fonctionnelle.

Grâce à cette technologie, mise en service dans nos deux usines de Greenwich et de Calais dès 2022, nous bénéficions d'un très haut débit, d'une couverture continue et d'une mobilité sans perte d'information pour nos applications liées à la numérisation des ateliers.

Plus de 50 points d'accès 5G en intérieur et 2 points d'accès en extérieur ont été déployés pour couvrir l'ensemble du site de Calais. L'infrastructure 5G privé a ainsi permis de déployer une architecture logicielle intégrée comprenant 3 plateformes (conception et industrialisation, production, coûts et planification) qui interconnectent toutes les activités d'ASN. À celle-ci vient s'ajouter une couche matérielle, avec un ensemble d'objets connectés (lunettes, tablettes, capteurs) qui permettent de collecter en temps réel des données des ateliers de productions.

Plusieurs applications sont d'ores et déjà opérationnelles, notamment la numérisation des procédures de fabrication, la mesure de remplissage des 130 cuves de stockage des câbles à fibres optiques ou encore l'assistance à la maintenance à distance.

Dans le futur, nous comptons sur les évolutions fonctionnelles de la 5G pour étendre massivement les IoT* nécessitant des communications fiables à très faible latence. À plus long terme, d'autres fonctionnalités nous intéressent particulièrement, comme la 5G satellitaire, potentiellement très utile pour nos navires.



RETOUR D'EXPÉRIENCE

David
GLIJER

Directeur de la transformation digitale
ArcelorMittal

ArcelorMittal a lancé un plan de transformation digitale innovant en 3 axes, centré sur ses clients, ses business et ses employés. Cette transformation répond à des besoins stratégiques d'augmentation de notre performance industrielle en faisant entrer les nouvelles technologies plus rapidement dans notre environnement et ainsi faire passer nos métiers de l'informatisation à la digitalisation, à l'aide de la réalité augmentée, du big data, de l'internet des objets, etc.

Nous visons des gains opérationnels et économiques, une augmentation de notre performance commerciale en étant encore plus compétitifs sur nos marchés, une montée en compétences digitales de notre personnel et le renforcement de notre positionnement dans le tissu économique et politique local. La 5G est l'une des briques primordiales de la transformation digitale de notre entreprise et de sa filière.

En illustration, nous avons inauguré fin 2019 une nouvelle ligne de galvanisation qui intègre les meilleures technologies numériques disponibles. Le pilotage de cette ligne se fait à la manière d'un smartphone et l'information vient directement à l'opérateur. Il sera complété par l'usage de la 5G dès 2023. Demain, nos salariés présents dans les différents sites et secteurs travailleront avec des outils de mobilité sécurisés, de la réalité augmentée et de l'intelligence artificielle. Ils auront accès aux données provenant de nos différentes lignes industrielles, via la 5G.

Nous aurons des engins autonomes, des AGV et des gros porteurs en circulation sur nos sites, pilotés à distance. Ils se déplaceront en interaction et en coactivité avec nos autres véhicules de logistique.

L'humain apportera son expertise dans la prise de décision, et sera assisté dans ses réalisations, grâce aux informations des outils et des systèmes qui lui parviendront via la 5G.



1.4. QUELLES SONT LES FAMILLES DE CAS D'USAGE DE LA 5G INDUSTRIELLE ?

Les qualités intrinsèques de la 5G la rendent à même d'apporter des réponses performantes aux grands enjeux des industriels engagés sur la voie de la numérisation. C'est ce que nous vous proposons d'approfondir dans cette partie, à travers des cas d'usage concrets issus de projets d'expérimentation, voire de déploiements commerciaux. Nous les avons regroupés en quatre familles autour de leurs bénéfices respectifs : l'amélioration de la compétitivité par la baisse des coûts de maintenance et l'optimisation des processus logistiques, l'accroissement de la productivité des équipes métiers, la sécurisation des hommes et des installations, le développement de méthodes innovantes et plus efficaces de formation.

Baisse des coûts de maintenance et optimisation des processus logistiques

Cas d'usage #1 : maintenance prédictive et jumeau numérique

La remontée et le traitement de données telles que la pression, les vibrations ou la température d'une machine permettent de détecter ou de prévoir la survenue de pannes. Il est alors possible d'agir en amont, réduisant ainsi le temps moyen d'interruption de la production.

cellulaire, la 5G permet en outre de généraliser l'emploi des processus de maintenance prédictive en extérieur ou sur de grandes aires géographiques, pour un coût de déploiement maîtrisé. Elle permet aussi de repositionner régulièrement des capteurs, sans avoir besoin de les recâbler.

Toutefois, cela n'est possible que si les informations sont remontées en quantité suffisante et de manière fiable, sans interruption ni falsification des données. La 5G industrielle permet de bénéficier d'un canal de transmission (le « tuyau ») sûr et robuste. En tant que technologie de connectivité mobile

Par ailleurs, lorsqu'elles sont intégrées dans un jumeau numérique, les informations de matériels en opération ou de sites en construction ouvrent des perspectives intéressantes, en matière de visualisation opérationnelle, de modélisation, d'aide à la conception ou à la construction.

Cas d'usage #2 : mobilité autonome et traçabilité des marchandises

La fiabilité du lien de communication mobile en 5G industrielle, surtout dans des environnements complexes (par exemple métalliques ou sur de larges superficies), recèle de gros potentiels d'économies dans la logistique. Un premier type d'usage consiste à tracer les marchandises et à transférer aux conducteurs d'engins de transport des informations pertinentes sur la localisation, le type et la quantité du matériel à convoyer. La 5G se révèle aussi appropriée pour l'opération des nouvelles générations de robots de type AMR. Le déplacement autonome et la

remontée de flux d'informations nécessitent une connexion mobile fiable, à haut débit, et supportant en mobilité un nombre de plus en plus important de points de connexion.



Accroissement de la productivité des équipes métiers

Cas d'usage #3 : téléversement massif de données et *data shower**

Le téléversement massif désigne généralement le transfert rapide de larges volumes de données d'un équipement vers des serveurs, à des fins de stockage et d'analyse. Il est par exemple mis en place dans les industries de transport, lorsqu'un véhicule ou un avion transfère toutes les données enregistrées lors d'un trajet après son arrivée dans un centre de maintenance. L'usage *data shower* décrit quant à lui le transfert massif et rapide de données en direction descendante, vers le terminal. On l'applique par exemple dans l'industrie

automobile où de larges quantités de données peuvent être transférées vers les automobiles sur les chaînes de production à des fins de test.

Au-delà du débit élevé que fournit la 5G, cette dernière permet de prioriser le trafic montant sur le descendant, et inversement. La 5G permet aussi de localiser les données à télécharger à proximité du point de téléchargement descendant.

Cas d'usage #4 : l'opérateur augmenté

Ce type d'usage couvre des applications de diverses complexités. Parmi les plus simples à réaliser, on trouve la maintenance assistée qui communique aux opérateurs des données concernant les installations sur des tablettes mobiles ou toute autre interface et peut les guider dans leurs tâches de maintenance. Avec la réalité augmentée, certaines applications accompagnent ces instructions de données graphiques, en surimpression sur l'écran de la tablette ou sur des lunettes connectées. L'opérateur est donc assisté de manière optimale. En utilisant la réalité virtuelle, alimentée par des flux vidéo montants de caméras disposées à proximité d'installations sensibles, on peut

aussi recréer l'environnement de la machine pour un opérateur placé à distance. Dans ce cas, ce dernier, parfois aidé d'un retour tactile ou haptique d'un robot commandé à distance, peut pratiquer son intervention sur des sites extrêmement sensibles en toute sécurité.

La 5G est cruciale pour assurer un fort débit montant, puisque la plupart du temps un flux vidéo sera transféré entre l'utilisateur et le serveur de réalité augmentée. Ensuite la faible latence de la connexion permettra l'incrustation rapide de données contextuelles sur le terminal de l'opérateur, même si ce dernier est en mouvement.



RETOUR D'EXPÉRIENCE

Christophe
JANNETEAU

Chef du service Interactions et Réseaux
CEA List

La réalité virtuelle (RV) dans l'industrie s'inscrit parmi les multiples actions de modernisation, par la numérisation, des outils et procédés de production déployés par les industriels afin d'améliorer leurs produits et leurs capacités de production. Elle permet de répondre à de multiples enjeux, tels que la conception des postes de travail au sein de l'usine, la formation des opérateurs ou encore l'amélioration du suivi de la qualité de la production grâce au jumeau numérique immersif, interactif et connecté. Cette nouvelle approche, plus flexible et plus rapide à mettre en œuvre, offre des gains significatifs en termes de réduction des coûts, de précision de la modélisation et de richesse des analyses. Celles-ci peuvent être menées en vue de valider la bonne conception du poste de travail, notamment en matière d'accessibilité, d'ergonomie ou de sécurité (par exemple le respect des normes de sécurité pour les postes cobotiques*).

En pratique, ces nouvelles méthodes s'appuient sur des *Virtual Rooms*. Ce sont des espaces ouverts au sein desquels les utilisateurs peuvent se déplacer tout en étant immergés dans la scène virtuelle grâce à leurs casques RV, chacun étant connecté sans fil au serveur de simulation. Afin d'améliorer l'ergonomie de ces systèmes d'immersion pour les utilisateurs, les technologies RV évoluent vers des méthodes de type *streaming** qui imposent alors de fortes contraintes sur le réseau sans fil de la *Virtual Room*. Le débit requis par casque est de l'ordre de 500Mb/s avec une latence de quelques millisecondes et une stabilité dans le temps, afin de répondre à de multiples contraintes telles que le suivi du mouvement des opérateurs ou encore permettre des retours sensoriels haptiques de qualité. La 5G industrielle a donc un vrai rôle à jouer pour répondre à ces besoins. Dans cette optique, le projet « Plateformes immersives 5G » (PI5G), coordonné par le CEA-List, a pour objectif d'accélérer le développement de produits combinant les technologies immersives (XR) et la 5G pour l'industrie 4.0, et de mener des expérimentations sur de multiples cas d'usage, dont la téléprésence 3D, la télérobotique immersive et la simulation immersive.



Sécurisation des hommes et des installations

Cas d'usage #5 : la sécurité périmétrique

La sécurité des sites industriels est très souvent assurée par des caméras vidéo fixes, connectées en liaison filaire. La 5G permet d'évoluer vers des caméras HD sans fil, plus économiques en câbles et plus faciles à mettre en place. Le déploiement de drones ou de

robots mobiles équipés de caméras devient aussi possible, de même que l'implémentation de solutions basées sur l'intelligence artificielle de *geofencing** (ou géorepérage) et de détection d'intrusion.

Cas d'usage #6 : les services de missions critiques

Ces services comprennent les appels de groupe ou privé en mode Push-To-Talk* (ou Appuyer-Pour-Parler) qui décrivent l'établissement de la connexion en un temps très bref, de l'ordre du quart de seconde, et le lancement d'alerte. En plus de la mobilité et de la fiabilité du lien radio en évolution par rapport aux solutions historiques de type PMR, la 5G promet d'étendre les capacités du service à la transmission de larges fichiers, de

vidéos ou encore de streaming vidéo. Dans la continuité de ce qu'offre déjà la 4G, la 5G industrielle permet de prioriser encore plus les flux critiques sur tous les autres, selon plusieurs critères (débit garanti, latence, etc.), pour assurer la continuité des missions en cas de crise et de saturation des réseaux Wi-Fi ou des réseaux mobiles publics sans *slicing**.

Cas d'usage #7 : la sécurité des travailleurs isolés

La 5G industrielle permet de fiabiliser et d'améliorer les systèmes de Protection des travailleurs isolés (PTI) et les Dispositifs d'alerte pour les travailleurs isolés (DATI) en assurant notamment la permanence de la connexion et

donc la localisation des opérateurs. L'utilisation de la 5G permet aussi d'augmenter les possibilités de telles technologies : flux vidéo, données de santé en temps réel, diagnostic à distance, géolocalisation.

Développement de méthodes innovantes de formations

Cas d'usage #8 : la montée en compétence du personnel

De nombreux industriels sont confrontés à une pénurie de main-d'œuvre et à la rotation rapide du personnel. Dans ce contexte, la 5G peut être un puissant levier de formation. Nous pouvons citer trois applications particulièrement utiles : la montée en compétence via des laboratoires virtuels d'apprentissage par la pratique, la téléassistance et la formation immersive. Avec la première, un collaborateur peut se

former sur des plateformes en mode SaaS. La seconde application permet à un opérateur débutant muni de lunettes connectées de montrer son environnement de travail à un collègue expérimenté qui pourra le guider à distance dans ses opérations. Grâce à la troisième, l'opérateur peut être immergé dans une interface numérique, figurant potentiellement des jumeaux numériques tels que ceux précédemment décrits.



LES GRANDS CAS D'USAGE DE LA 5G, SELON L'ALLIANCE NEXT GENERATION MOBILE NETWORKS (NGMN)



Source : NGMN Alliance, NGMN 5G White Paper V1, 2015.



Les cas d'usage présentés ici illustrent l'étendue du spectre applicatif de la 5G industrielle.

Mais la 5G étant une technologie basée sur des protocoles Internet, elle est parfaitement capable de s'intégrer dans le paysage des applications existantes.

Chaque industriel pourra définir pour ses propres usages les applications 5G les plus pertinentes.



1.5. QUELLE EST LA MATURITÉ DE LA 5G INDUSTRIELLE ?

Les premiers déploiements sur les sites industriels se sont faits en 4G et en 5G de manière assez équilibrée. Nous voyons plusieurs raisons à cela. Dans de nombreux cas d'usage, la 4G apporte d'ores et déjà des avantages conséquents aux industriels, en matière de débit, de prédictibilité de la latence, de couverture, de gestion de la mobilité, de robustesse et de résilience, notamment en configuration mobile privée. De plus, nous sommes encore dans une phase de transition dans laquelle les équipements sont davantage compatibles avec la 4G qu'avec la 5G, notamment les terminaux durcis et ATEX dans les milieux les plus complexes. Enfin, comme la 5G est encore en développement, ses fonctionnalités spécifiques qui la distinguent de la 4G ne sont pas encore toutes disponibles, telles que la massive IoT. En temps voulu, les industriels qui souhaiteront évoluer de la 4G à la 5G pourront le réaliser facilement, par palier logiciel, sans remplacement de l'infrastructure, s'ils ont bien veillé à choisir des équipements évolutifs 5G.

Comment appréhender la maturité de la 5G industrielle ?

Le niveau de maturité des réseaux 5G industriels ne peut pas être évalué de manière globale. Les développements se faisant de manière itérative, il est fort probable que certains sujets avancent plus rapidement que d'autres. Nous avons identifié 5 grands axes qui pourraient avoir leur évolution propre : le

spectre, les cas d'usage, les infrastructures, les équipements (terminaux, objets connectés, etc.) et les externalités. Ces évolutions pourront se faire du point de vue de la standardisation, de la production des infrastructures télécom et de l'arrivée sur le marché des équipements finaux.

Quelles sont les perspectives de développement ?

Certaines fonctionnalités 5G ne sont pas encore disponibles, telles que la *massive IoT**, ou en sont encore aux prémices, comme le *Time Sensitive Network** (TSN), soit parce qu'elles ne sont pas encore « relâchées » par le 3GPP, soit parce qu'elles ne sont pas encore intégrées par les constructeurs d'infrastructures télécom, soit parce qu'elles ne sont pas encore compatibles avec l'écosystème d'équipements finaux. Par exemple, la capacité de *slicing* et de priorisation du trafic est encore assez limitée. Quant à l'intégration de terminaux et d'objets (robots, capteurs, etc.), celle-ci s'avère encore restreinte.

Néanmoins le rythme de développement est rapide et la croissance du nombre de réseaux extrêmement soutenue, ce qui nous laisse penser que la maturité de l'écosystème va bien

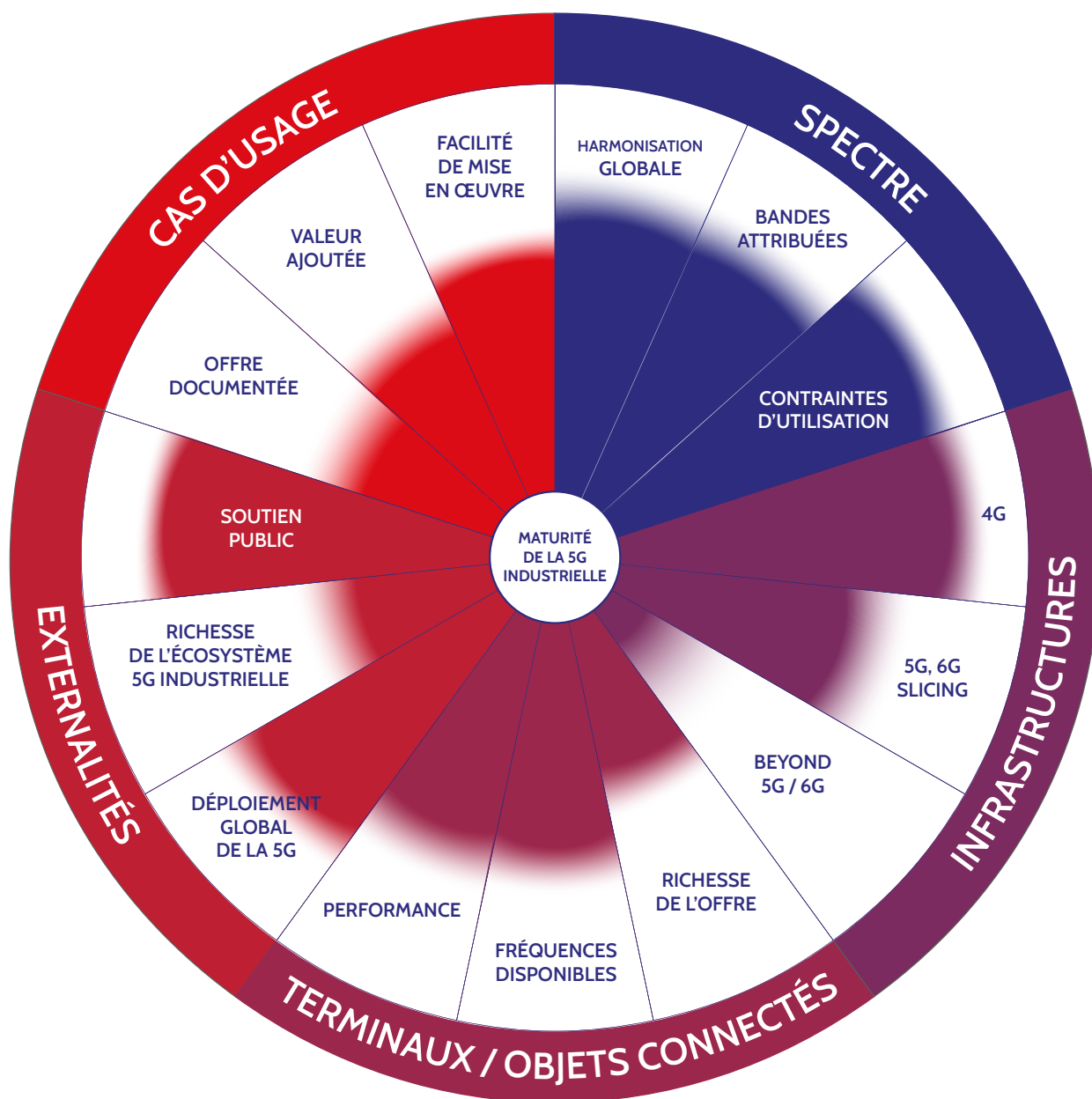
évoluer au fil des trimestres. Les années 2023-2024 vont voir en particulier des lancements massifs de réseaux 5G SA*, avec des offres de *slicing*, ce qui constituera un palier significatif.

Ces évolutions ne doivent pas être vues comme une raison de repousser des investissements, mais plutôt comme une assurance que les investissements s'inscriront dans une dynamique de développement pérenne.



INFOGRAPHIE | QUELS SONT LES AXES D'ÉVOLUTION DE LA 5G ?

La maturité des réseaux 5G industrielle peut être abordée sous plusieurs axes qui vont collectivement contribuer aux performances de la technologie.





PARTIE 2.

COMMENT RÉUSSIR VOTRE PROJET DE 5G INDUSTRIELLE ?

Un projet de 5G industrielle se prépare avec la même rigueur et le même soin que tout grand projet de transformation d'entreprise. Pour vous aider à structurer votre projet, et à anticiper les grands choix qui s'offriront à vous, nous avons condensé dans cette deuxième partie le fruit des premières expérimentations en contexte industriel et les apprentissages que nous avons pu en tirer.

> **Au sommaire de cette partie :**

- 2.1. Quelles grandes questions se poser avant de démarrer ?
- 2.2. Quelles sont les étapes clés d'un projet de 5G industrielle ?
- 2.3. Votre check-list projet

> **Découvrez leur retour d'expérience :**

Grégoire de LANGAUTIER, Chargé de développement industriel 4.0, MGA Technologies
David GLIJER, Directeur de la transformation digitale, ArcelorMittal

> **Glossaire :**

Retrouvez la définition des mots suivis d'un astérisque (*) dans le glossaire situé à la fin du guide.



2.1. QUELLES GRANDES QUESTIONS SE POSER AVANT DE DÉMARRER ?

Comme tout grand projet de transformation, et notamment de transformation numérique, le déploiement de la 5G industrielle a un impact sur de nombreuses composantes de l'entreprise. Pour gagner en compétitivité, augmenter le taux de disponibilité des actifs industriels et redynamiser plus largement notre économie nationale dans la durée, l'adoption de cette nouvelle technologie nécessite de se poser au moins 5 grandes questions avant tout projet en 5G industrielle. Nous les avons détaillées ci-dessous. Il est plus que recommandé de les examiner dans le détail et d'identifier les sujets problématiques le plus en amont possible, afin d'en tenir compte dans la conception de votre futur projet.

1. La question centrale du ROI

Le retour sur investissement (ROI) est fondamental dans un projet de cette envergure. Il doit être estimé dans un premier temps, puis affiné au fur et à mesure de l'avancement de l'étude. Dans son calcul, il faudra tenir compte de différents facteurs, dont voici une liste non exhaustive.

Les cas d'usage

Ils doivent comprendre à la fois les cas d'usage existants et ceux qui pourront voir le jour avec l'adoption de la 5G industrielle. C'est par les cas d'usage que vous pourrez évaluer les bénéfices et le ROI du nouveau réseau.

Le contexte réseau de l'entreprise

Les sites industriels utilisent une multitude de réseaux de communication, plus ou moins modernes, qui peuvent être en limite d'obsolescence et/ou de performances. Les enjeux industriels concernant l'architecture des réseaux de communication existants, leur performance, ainsi que leur coexistence, doivent être clairement posés dès l'avant-projet, en corrélation avec l'écosystème et le plan de développement de l'entreprise. Par ailleurs, si un plan de déploiement d'un autre réseau de communication (de type Wi-Fi par exemple) est en cours ou achevé, l'analyse du ROI et des points de blocage devra être prise en compte dans le cadre du projet en 5G industrielle.

L'architecture envisagée

Le déploiement de la 5G peut recouvrir une multitude de réalités d'architectures (réseau privé, hybride ou virtualisé, entre autres), de niveaux de redondance et de niveaux de sécurisation. Le choix de la solution la plus adaptée, selon le contexte industriel et les cas d'usage

à adresser, est l'un des facteurs clés de succès du projet. Il aura des impacts sur la complexité du projet, les coûts engagés, le modèle de propriété des infrastructures et des ressources, ainsi que sur les compétences nécessaires à la vie de l'infrastructure.

Les compétences internes disponibles

La 5G industrielle apporte des changements technologiques majeurs, tant au niveau des systèmes et des équipements (typologie, ergonomie, usages, maintenance, etc.) que des processus opérationnels. Cette transformation numérique de l'industrie nécessite de nouvelles compétences, que ce soit au niveau des services informatiques, du management ou des utilisateurs. L'identification des compétences nécessaires, au regard de votre stratégie (notamment de *make or buy*) et de l'écart entre l'existant et l'attendu, vous aidera à anticiper vos besoins en recrutement et en formation tout au long du projet. Ces décisions auront un impact non négligeable sur le coût du projet, la disponibilité des équipes et le temps homme disponible pour les autres projets de l'entreprise.

Les partenaires retenus

Les nouveaux cas d'usage et services apportés par le déploiement des réseaux 5G industrielle devront suivre le rythme des évolutions technologiques et des différentes *releases**. En lien avec votre stratégie d'externaliser ou d'internaliser certaines parties du projet, le choix des partenaires, de leur typologie et de leurs compétences, sera primordial pour garantir le bon fonctionnement et la pérennité du nouveau réseau, ainsi que son ROI.



2. La question de la maturité de la 5G industrielle

La 5G industrielle est une technologie 3GPP relativement récente. La question de sa maturité et de son évolution, au regard des fonctionnalités, des terminaux et de la temporalité de leur disponibilité, est essentielle pour réussir la planification de votre projet. Nous vous recommandons de mener une analyse approfondie sur l'interaction et la coexistence de la 5G industrielle au sein de votre écosystème technologique actuel pour déterminer les meilleures manières de l'intégrer, puis de la faire évoluer dans le temps. Il faudra peut-être ajouter des interfaces de communication à

l'existant ou intégrer les protocoles actuels directement dans la 5G par des technologies de type TSN* par exemple. Le tout est de l'anticiper avant de démarrer votre projet pour assurer l'évolutivité de votre futur réseau à coûts maîtrisés.

Il faudra aussi tenir compte du volet sécurité. Si la 5G apporte nativement des garanties importantes, les différents modèles de déploiement ne sont pas tous équivalents, notamment en matière de confidentialité des données.

3. La question cruciale de la conduite du changement

À l'instar de tout grand projet de transformation d'entreprise, le déploiement de la 5G industrielle ne peut réussir sans l'adhésion de toutes les parties prenantes : la direction générale, la direction projet, le management intermédiaire, les opérationnels et les organes internes. Il convient donc de travailler avec chacun, dès le début du projet, pour identifier et lever les freins, anticiper les impacts du projet sur les métiers, prioriser les cas d'usage et s'assurer de leur adéquation avec la réalité terrain (notamment sur les questions d'ergonomie, des processus métiers, etc.).

La 5G fait aussi l'objet, dans certains cas, d'inquiétudes et de questionnements parmi le grand public. L'intégration

au projet des différents organes de l'entreprise (syndicats, CSE, etc.) et des représentants des institutions locales des zones où seront déployés les futurs réseaux 5G permettront de construire une discussion collective et dépassionnée autour des technologies à retenir.

Enfin, la conduite du changement se déroulant dans le temps, elle doit s'accompagner d'un plan de communication ambitieux tout au long du projet. Vous devrez adapter votre stratégie de déploiement en fonction du contexte et ne pas hésiter à infléchir le projet selon les retours d'expérience, sans perdre de vue les objectifs.



RETOUR D'EXPÉRIENCE

David
GLIJER

Directeur de la transformation digitale
ArcelorMittal

L'humain est au cœur de la transformation digitale d'ArcelorMittal. Les salariés, les sites et les départements sont autant de parties prenantes, car aucune transformation robuste ne se fera sans leur engagement. La mise en place de nos Digital Labs au sein des régions Grand Est et Hauts-de-France constitue une étape importante dans l'accompagnement de nos milliers de salariés au changement. Cela passe par de l'acculturation, de la formation et des projets.

Nous avons mis en place de façon itérative une solution de mobilité à destination de nos managers postés de ligne, regroupant toutes les applications et fonctionnalités nécessaires à la bonne réalisation de leurs missions. Ce travail s'est fait conjointement, dans l'écoute du besoin au plus près du terrain. Un test a été réalisé sur site sur plusieurs semaines, avec l'intégration des retours métiers. S'en sont suivies une phase de formation et la mise à disposition rapide des outils de mobilité. La tablette peut permettre l'animation de réunions d'équipe, via un écran, et se substituer à un ordinateur pour les tâches administratives ou de management.

Le terminal est alors un moyen agile et sécurisé pour gagner du temps sur le terrain. C'est une différenciation en termes de rétention de talents et de maintien des compétences, car les salariés retrouvent toute l'agilité et l'ergonomie des applications et terminaux de la vie courante dans la sphère professionnelle. Avec cette évolution des outils métiers, les plus jeunes collaborateurs intéressés par l'industrie sont plus enclins à rester dans l'entreprise et à se projeter.



4. La question de la gouvernance projet

Dans le cas d'un projet transverse comme celui de la 5G industrielle, la gouvernance doit intégrer les différents services transverses de l'entreprise, afin d'être en capacité d'anticiper et de traiter des points d'ordre contractuel, juridique ou syndical. Elle s'assure aussi du respect des objectifs globaux, de la lisibilité du projet et de l'organisation des comités et revues de projet. Compte tenu du risque industriel (perte de production si

défaillance réseau, cyberattaque, etc.) elle aura à statuer sur le choix stratégique de déléguer à un partenaire ou d'internaliser certaines phases du projet. Enfin, l'une de ses responsabilités sera de prévenir tout impact sur la production, qu'ils soient liés à la mise en place de la connectivité, à la mise en place des interfaces de communication, ou tout simplement aux opérations de déploiement dans les bâtiments.

5. La question énergétique

Face aux grands enjeux sociétaux en lien avec le changement climatique, les usines du futur devront intégrer dans leur recherche de productivité des objectifs de réduction de leur consommation énergétique. La 5G a parmi ses principes fondamentaux l'optimisation de sa propre consommation énergétique. Le choix des infrastructures et des terminaux, de faire converger

les technologies existantes et nouvelles autour de la 5G, de développer des cas d'usage autour du pilotage intelligent des systèmes, entre autres, peut agir sur le contrôle des dépenses énergétiques. Ce sujet doit être instruit au même titre que le ROI du projet et les grandes décisions techniques.



Pour aller plus loin

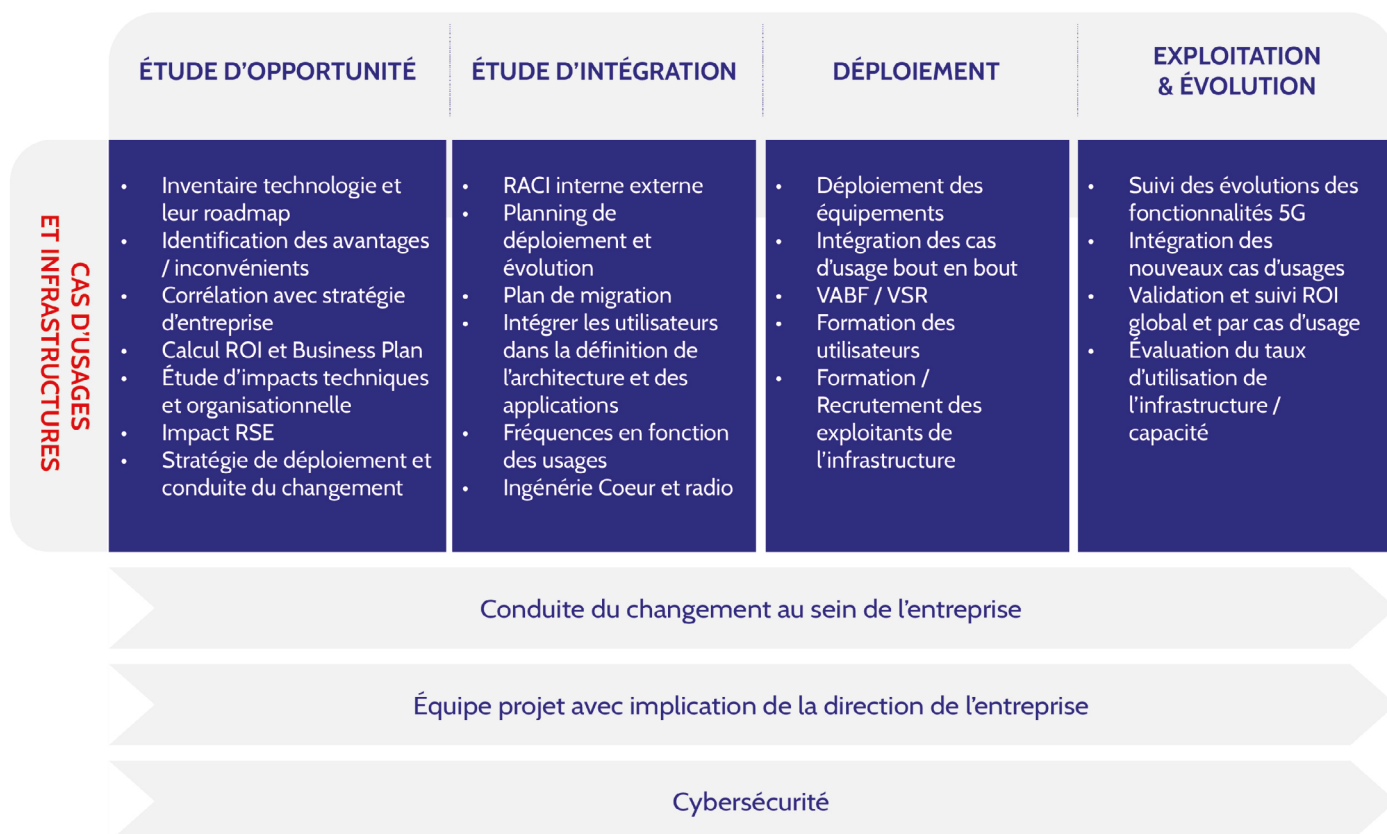
La question environnementale associée au numérique et à la 5G industrielle est un sujet à part entière qui doit être traité sous tous ses aspects, avec la plus grande rigueur.

Ce travail est mené par d'autres groupes de travail des Comités stratégiques de filière (CSF) Infrastructures numériques et Solutions pour l'industrie du futur.



2.2. QUELLES SONT LES ÉTAPES CLÉS D'UN PROJET DE 5G INDUSTRIELLE ?

Un projet 5G industrielle est une démarche globale de modernisation de l'infrastructure réseau qui améliore la performance de l'ensemble des process de l'entreprise. Comme tout grand projet de transformation, le déploiement de la 5G passe par de grandes étapes clés que nous avons synthétisées ci-dessous :



Source : Nokia



2.3. VOTRE CHECK-LIST PROJET

Nous avons recensé pour vous les points de vigilance, les bonnes pratiques et les sujets à valider dans le cadre d'un projet d'installation d'un réseau 5G sur un site industriel. Cette liste non exhaustive est divisée en 4 thèmes : le projet, le facteur humain, les applications et l'infrastructure.

1. Check-list « projet »

Valider l'échelle

L'intégration d'un réseau 5G industrielle n'est pas qu'une question d'infrastructure. Cela va impacter toute l'entreprise : du terrain jusqu'au manager. Il est primordial d'envisager ce projet comme un projet global de transition.

Accepter la structuration

Du fait de son ampleur, la 5G industrielle va impacter la façon de penser les usages et les écosystèmes associés (passer de Windows à Android par exemple). Il s'agit d'un projet structurant en profondeur la production de l'entreprise.

Étudier les réglementations en vigueur

Notamment dans le cas d'un déploiement multisite international, il est important de vérifier la compatibilité des réglementations dans les pays concernés.

Penser stratégie go/no go

Une stratégie claire de prise de décision doit être définie. Il est conseillé d'envisager plusieurs étapes (opportunité, faisabilité, phase pilote) avant d'envisager un déploiement de grande ampleur. Au-delà du go/no go, cela permet de prendre les meilleures décisions au fil de l'eau en fonction de votre contexte et de votre retour d'expérience.

Penser au make or buy

Une fois les impacts majeurs listés et anticipés, et une fois le modèle d'infrastructure défini, il est crucial de définir le modèle de propriété (qui est propriétaire de quoi ?), ainsi que le modèle d'internalisation/externalisation. Ce modèle peut évoluer dans le temps : par exemple, à t0 il peut être envisagé une dépendance forte à un fournisseur, puis de reprendre la maîtrise de certaines activités à moyen terme. Cela doit bien sûr être associé à un plan de formation.

Définir une stratégie fréquentielle

Selon le choix réalisé en matière de déploiement de réseau privé, différentes bandes de fréquences sont éligibles. L'importance de ce sujet ne doit pas être sous-estimée, car elle recouvre plusieurs enjeux : disponibilité de la ressource, coûts et conditions d'accès (notamment vis-à-vis de l'Arcep), implications réglementaires, disponibilité d'un écosystème de terminaux, largeur de bande et donc niveau de performances associées.

Ne pas rechercher un ROI sur une seule application

Le retour sur investissement d'un projet de 5G industrielle est à chercher dans la convergence de plusieurs applications et de celle de plusieurs infrastructures. Attention donc à la recherche d'un ROI sur l'expérimentation d'un seul cas d'usage. L'expérimentation doit se faire rapidement sur une échelle suffisante pour permettre cette convergence. Il est alors important de réaliser un pilote ou une expérimentation, mais aussi de savoir dire go/no go au déploiement. Il existe en France des opportunités de tester les cas d'usage à l'extérieur de vos sites industriels. La Direction générale des entreprises (DGE) a notamment pris l'initiative d'instaurer des Ateliers de fabrication numérique (AFN), aussi appelés *FabLabs*, qui verront le jour en 2023. Vous pouvez aussi vous rapprocher de vos partenaires pour lancer des expérimentations sur leurs propres plateformes, afin d'en découvrir toutes leurs richesses.



2. Check-list « facteur humain »

Évaluer l'impact du changement de culture

Que ce soit en termes de formation, d'acculturation ou d'acceptation du changement, le facteur humain sera au centre de cette transition. Il est important de le prendre en compte dès le début du projet pour accompagner le changement de culture dans la durée.

Imaginer le quotidien des utilisateurs

L'opérateur métier sera le premier impacté par les changements technologiques amenés par la 5G industrielle : au niveau des terminaux, des accessoires et des processus. Il est primordial d'intégrer les utilisateurs finaux dès le début du projet pour amorcer la gestion du changement. Tous les métiers de l'entreprise seront concernés.

Favoriser la convergence des métiers

L'utilisation d'un réseau privé nécessitera la convergence de trois mondes : celui de l'IT, celui de l'exploitation (OT) et celui des télécoms. Celle-ci se prépare et s'anticipe.

Permettre l'émergence de nouvelles idées

L'expérience montre qu'après le déploiement d'un réseau privé, le nombre de cas d'usage augmente régulièrement. Il est primordial d'établir une feuille de route laissant la place aux nouvelles idées qui surgiront au fil du temps.

3. Check-list « applications »

Établir la feuille de route de vos cas d'usage

La 5G industrielle étant récente, ses usages sont encore peu connus. Et parfois, un cas d'usage peut en cacher un autre, voire plusieurs autres. Pour les identifier, il est conseillé d'aller à la rencontre de l'écosystème avant même d'avoir lancé le projet. Préparez-vous également à enrichir votre feuille de route avec les cas d'usage qui émergeront au fil de l'eau.

Se méfier des effets d'annonce

Il est impératif d'évaluer la maturité technologique de chaque usage et de leur compatibilité avec les fréquences déployées, de l'infrastructure jusqu'au terminal. N'hésitez pas à vous faire accompagner dans cette évaluation, afin de sécuriser le ROI et la faisabilité de votre projet.

Valider la compatibilité de la convergence des applicatifs

Au-delà de l'infrastructure et des terminaux, recensez et étudiez de manière globale les protocoles de communication existants pour envisager leurs migrations. Dans certains cas, il sera pertinent de garder les interfaces actuelles, dans d'autres cas elles devront évoluer.

Évaluer la compatibilité des terminaux

L'utilisation de la 5G industrielle va accentuer l'utilisation de terminaux fonctionnant sous Android. Il est nécessaire de bien les valider avec votre infrastructure, ainsi que leurs cycles de mise à jour.

Imaginer la maintenabilité

Les infrastructures radio ont des cycles de vie longs. Cependant, la multiplication des équipements connectés va naturellement impliquer une maintenance des applicatifs, ainsi qu'une gestion des mises à jour et des évolutions des protocoles 5G. Ces changements de fonctionnement s'anticipent.



4. Check-list « infrastructures »

Valider les impacts structurels

Le déploiement d'antennes radio doit être envisagé avec une vision globale (accès, risques liés à l'activité, dégradation, ATEX, environnement métallique et couverture radio) pour assurer la juste localisation et la juste densité des éléments, selon les niveaux de performance attendus.

Lier les cas d'usage au contexte d'entreprise et au dimensionnement du réseau

Les décisions quant au dimensionnement et à la typologie de l'infrastructure (réseau privé ou non, niveau de redondance, densité des équipements, etc.) dépendent de la complexité de vos environnements radio, de la criticité de vos activités, de vos obligations légales ou de la nature de vos besoins.

Penser la sécurité du réseau, des terminaux, des cas d'usage... dès le début

Anticiper les impacts environnementaux et sanitaires

Il sera peut-être nécessaire de déployer de nouveaux sites d'antennes. Celles-ci peuvent être conditionnées et réglementées.

Penser aux externalités du projet

Elles peuvent être d'ordre juridique, réglementaire, social, relatives aux achats et/ou à la production... comme dans tout projet d'ampleur !

Étudier la convergence des réseaux et prévoir la transition

L'utilisation de la 5G industrielle favorisera la convergence des réseaux de communication déjà existants. Étudiez cette convergence, en descendant jusqu'aux terminaux des utilisateurs, afin d'anticiper les projets de migration d'infrastructure.

Vous l'avez compris, imaginer la 5G industrielle dans votre industrie va occasionner de nombreux changements. Faites-vous accompagner, échangez, et rencontrez des utilisateurs pour assurer le succès de votre projet.



RETOUR D'EXPÉRIENCE

Grégoire de LANGAUTIER

Chargé de développement industriel 4.0
MGA Technologies

Dans le cadre de son TechLab 4.0 d'innovation, MGA technologies signe en juillet 2021 un partenariat avec Cellnex Telecom pour l'installation d'un réseau privé 5G en Standalone. Les objectifs sont multiples : comprendre les enjeux de la 5G industrielle, étudier les possibilités pour les industriels et pour l'usine du futur, et fédérer un écosystème de partenaires pour permettre aux industriels de se projeter dans cette nouvelle technologie.

Le premier chantier a été d'amorcer la convergence entre le monde des télécoms, de l'IT et de l'OT. Ces premiers travaux ont permis aux différentes parties prenantes de comprendre les enjeux de chacun dans le déploiement d'un réseau privé pour des usines manufacturières. Nous avons pu aussi explorer les cas d'usage à mettre en place, en créant une feuille de route de déploiement. Celle-ci a été créée en fonction des équipements disponibles et compatibles avec la fréquence déployée (N38 SA) sur notre site et les équipements en cours de développement par nos partenaires.

Le deuxième chantier a été de mettre en place les cas d'usage industriels. Les premiers étaient principalement déployés autour d'un téléphone 5G comme modem (opérateurs augmentés, travailleurs isolés, PTT). En 2023, la deuxième vague de cas d'usage se concentrera sur l'utilisation de solutions industrielles et d'infrastructure que nous déployons habituellement dans nos machines. L'objectif est de pouvoir nous projeter sur une utilisation d'un réseau privé mobile 5G au cœur de nos process.

Le troisième chantier mené en parallèle a été de travailler sur les changements induits par les réseaux privés, que ce soit en termes de sensibilisation des opérateurs ou d'impact économique et écologique. Cela nous offre une compréhension plus précise des possibilités offertes par un réseau mobile privé par rapport aux technologies traditionnelles.

Aujourd'hui, notre retour d'expérience sur les usages de la 5G industrielle est robuste. Les principaux cas d'usage disponibles sur la fréquence ont été démontrés et évalués. Nous concentrons désormais nos efforts sur l'industrialisation de la 5G : comment connecter nos machines ? Quels protocoles utiliser ? Quels changements d'approches va induire l'utilisation d'un réseau 5G privé dans la construction de l'usine du futur ?



PARTIE 3.

QUELLES OFFRES DE 5G INDUSTRIELLE CHOISIR ?

À l'instar des technologies, l'écosystème des acteurs intervenant sur la chaîne de valeur de la 5G industrielle est au début de son développement. Pour le moment, les offres se structurent autour des télécoms, de l'intégration industrielle et des équipements finaux. Dans cette partie, nous faisons le point sur l'existant et les perspectives de chacune d'elles, dans le but de vous aider à prendre les meilleures décisions, en tenant compte de votre profil d'industriel au regard de la 5G.

> Au sommaire de cette partie :

- 3.1. Peut-on imaginer des offres de bout en bout ?
- 3.2. Quelles sont les typologies d'offres télécom ?
- 3.3. Quelles sont les typologies d'offres d'intégration industrielle ?
- 3.4. Quels types d'équipements faut-il prévoir ?
- 3.5. Quelle place pour un éventuel chef d'orchestre ?

> Découvrez leur retour d'expérience :

Christophe JANNETEAU, Chef du service Interactions et Réseaux, CEA List

> Glossaire :

Retrouvez la définition des mots suivis d'un astérisque (*) dans le glossaire situé à la fin du guide.



3.1. PEUT-ON IMAGINER DES OFFRES DE BOUT EN BOUT ?

Comme nous l'avons vu dans les deux précédentes parties, la 5G industrielle est une question plurielle. Elle regroupe à la fois plusieurs métiers (les télécommunications, l'IT et l'OT) et différentes solutions métiers (applicatifs, terminaux, capteurs, machines, robots, etc.) Existe-t-il à ce jour des offres de 5G industrielle couvrant l'ensemble des expertises et répondant à tous les besoins ?

Répondre aux attentes spécifiques des équipes télécom, IT et OT

La 5G industrielle permettra d'accélérer la convergence des infrastructures IT et OT initiée depuis plusieurs années. Il s'agira alors de faire migrer à terme sur une même infrastructure

les multiples protocoles de communication (IP, TETRA*, DECT*, RTC*, Profinet*, OPC-UA*, Modbus*, LoRa*, etc.) de votre site industriel.



Source : Nokia

Par ailleurs, selon la maturité et l'historique de l'entreprise, les réseaux peuvent être déployés, exploités et managés par des équipes différentes (DSI, DT, etc.), en interne ou avec une exploitation externalisée. Enfin, la convergence des réseaux va impliquer une

identification de la criticité des échanges d'informations en termes de fiabilité et de cybersécurité. Vous devrez donc recenser l'ensemble des attentes, afin de vous assurer que la future infrastructure de 5G industrielle les prenne bien en compte.



Existe-t-il des offres de 5G industrielle packagées de bout en bout ?

La réponse à date est non, malheureusement. Pour mener à bien un projet de 5G industrielle comportant autant de facettes, il existe en réalité trois grands types d'offres :

- les offres télécom,
- les offres d'intégration industrielle,
- les offres de terminaux et de solutions métiers.

Ce sont ces trois types d'offres, qui ont des niveaux de maturité différents au regard de la 5G industrielle, que nous allons expliciter dans les pages suivantes.



RETOUR D'EXPÉRIENCE

Christophe
JANNETEAU

Chef du service Interactions et Réseaux
CEA List

La 5G industrielle, pour être véritablement utilisable de manière opérationnelle sur le site de production, requiert d'être intégrée avec les systèmes existants : machines industrielles, terminaux utilisateurs, infrastructures OT et IT, serveurs de données, etc.

À titre d'exemple, si l'on considère l'usage de la 5G pour les applications industrielles de la réalité virtuelle (RV), il n'existe pas aujourd'hui de casque RV disposant nativement d'une connexion 5G, même si certains fournisseurs travaillent à développer leur offre en ce sens. On utilise donc actuellement des dispositifs tiers (des smartphones par exemple) pour connecter le casque RV à l'infrastructure 5G.

Mais cela présente plusieurs inconvénients. D'une part en termes d'ergonomie et d'encombrement. Lorsque la connexion de ce terminal 5G au casque RV est filaire, cela nuit à l'immersion de l'utilisateur dans la scène virtuelle. D'autre part, si cette connexion est faite en Wi-Fi, elle peut nuire à la qualité de service de bout en bout, notamment dans des configurations à plusieurs utilisateurs au sein d'une même VR Room.

Au-delà des machines et des terminaux, le réseau 5G privé doit également être intégré aux réseaux industriels existants, en vue d'offrir une extension sans-fil transparente pour les flux applicatifs. Se pose alors la question de la qualité de service offerte aux applications industrielles de bout en bout lorsqu'elles transitent via ces différents liens.

Considérons par exemple le cas d'un réseau industriel filaire Ethernet *Time Sensitive Networking** (TSN). Il s'agit alors de disposer de solutions logicielles qui assurent une synchronisation temporelle de bout en bout entre les différents équipements connectés au réseau filaire ou à l'accès radio 5G. Celles-ci permettent aussi de gérer la qualité de service (QoS) de bout en bout en mettant en place dynamiquement, par exemple lors de l'apparition d'un nouveau flux, les bonnes configurations de qualité de service sur chacun des segments (TSN et 5G) afin de répondre aux exigences des flux de données.



3.2. QUELLES SONT LES TYPOLOGIES D'OFFRES TÉLÉCOM ?

L'innovation dans les offres télécom de 5G industrielle se caractérise notamment par la diversité de leurs typologies. Celles-ci sont au nombre de quatre : vous aurez le choix entre des offres reposant sur une infrastructure publique avec une couverture sur mesure, des offres virtualisées, des offres privées et des offres hybrides. À ce stade, il semble probable que ces différents modèles coexisteront dans la durée. D'autres verront peut-être le jour, si le marché s'ouvre. Pour choisir le modèle d'offres le plus adapté à vos besoins, vous pourrez vous appuyer sur des critères qui peuvent se résumer à trois grandes dimensions : leur coût, leur adaptabilité aux contraintes et leur complexité.

Le choix d'une infrastructure publique avec couverture sur mesure

Cette typologie d'offres télécom de 5G industrielle consiste à réutiliser le réseau mobile public d'un opérateur pour des besoins industriels non critiques. Elle peut être servie par un réseau 4G/LTE ou un réseau 5G NSA* (non standalone). À mesure des déploiements par les opérateurs nationaux, des réseaux de type 5G SA* (standalone) réunissant davantage

de fonctionnalités 5G pourront voir le jour. L'idée est alors de s'appuyer sur la couverture d'un réseau mobile d'opérateur et de l'étendre, ou de l'améliorer, sur le site industriel concerné. Il peut s'agir par exemple d'antennes actives ou encore de technologies de type DAS* (système d'antennes distribuées).

Le choix des offres virtualisées

La solution s'appuie sur le réseau public, mais bénéficie d'une allocation de capacité réseau préférentielle ou dédiée (privative). Cette allocation peut porter sur le résultat, avec des débits et/ou latences garantis ou préférentiels, ou se faire sur la base d'un engagement de

moyens, en garantissant par exemple une certaine tranche du spectre dans une zone géographique à un utilisateur industriel. Avec le développement de la 5G, les critères concernés pourront être plus nombreux.

Le choix des offres privées

Dans cette typologie d'offres télécom, l'infrastructure est entièrement privée. Il est possible de l'installer sur site (on parle alors de modèle *on premise*), afin de spécifier au mieux les performances à l'échelle locale, de gérer une qualité de service et des SLAs* (notamment le temps de rétablissement) en rapport avec le niveau de criticité des activités. D'autres modèles d'offres privées existent, sur base d'une modulation du niveau de mutualisation de l'infrastructure. Il est possible,

entre autres, de ne déployer que la radio en local et de dépendre du cœur d'un tiers ou avec une alternative permettant de conserver les données sur le site. Ces modèles alternatifs plus ou moins mutualisés peuvent être utilisés par une entreprise multisite, qui souhaiterait déployer une infrastructure plus ou moins légère selon la criticité de ses différents sites, ou par un industriel qui ferait appel à un opérateur mobile privé et dépendrait en partie de son infrastructure.



Le choix des offres hybrides

Sur le papier, l'idée est d'offrir le meilleur des deux mondes : une couverture globale avec une solution sur mesure sur le site industriel. Il existe différents modèles d'offres hybrides. Le cœur de réseau peut rester privé, tandis que les réseaux d'accès radio sont partagés entre plusieurs acteurs. On parle de Multi-Operator Radio Access Network ou MORAN. C'est aussi l'accès radio qui peut être privé, tandis que les cœurs de réseaux sont partagés. Dans ce cas, il s'agit de Multi-Operator Core Network ou MOCN).

Autre modèle hybride possible, celui du Local break out qui permet de localiser sur le site industriel une partie du cœur de réseau. Ainsi, le trafic local ne sort pas du site pour plus de performances ou de sécurité. Néanmoins le réseau local n'est pas autonome en cas de coupure avec le reste du réseau opérateur public. Il est aussi possible d'opter pour un modèle hybride disposant d'une fréquence privée sur un réseau d'accès mobile (RAN) public, avec éventuellement un *User Plane Function** (UPF) ou un cœur de réseau dédié.

INFOGRAPHIE | LES DIFFÉRENTES TYPOLOGIES D'OFFRES TÉLÉCOM

Il existe 4 grandes typologies d'offres qui coexisteront dans la durée. Votre choix se fera en fonction des critères qui peuvent se résumer à 3 grandes dimensions : coût, flexibilité, complexité.





3.3. QUELLES SONT LES TYPOLOGIES D'OFFRES D'INTÉGRATION INDUSTRIELLE ?

L'intégration industrielle consiste à placer et à faire fonctionner une solution industrielle dans un environnement souvent complexe, appelé *Operational Technology* (OT). Cette solution peut être composée de logiciels, d'équipements, de systèmes physiques, d'automates, de périphériques industriels (balances, robots, etc.) ou d'un système complet combinant l'ensemble de ces éléments. Elle répond à un cas d'usage et doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de l'entreprise. Du fait de sa complexité, l'intégration industrielle se fait souvent de manière clé en main.

Une combinaison de plusieurs activités

À la croisée du monde numérique et physique, l'intégration industrielle est fréquemment multi-métiers. D'une part elle répond aux besoins de différentes activités (production, maintenance, R&D, logistique, gestion des infrastructures et utilités). D'autre part, elle réunit plusieurs expertises : automatisme, robotique, mécanique, informatique industrielle, informatique d'entreprise, analyse vibratoire, instrumentation, etc.

Sa proposition de valeur couvre au moins quatre champs : technique, méthodologique, conduite du changement, maintenance et exploitation. Voici en détail quelques-unes des missions de l'intégration industrielle :

Champ technique

- Intégrer la solution dans les systèmes existants, souvent hétérogènes, tout en assurant la performance, la disponibilité et la fiabilité du process industriel, en tenant compte des contraintes propres à l'existant.
- Configurer des matériels et des logiciels, standards ou sur mesure.
- Assurer la connectivité de tous les composants, interconnecter des environnements qui ne parlent pas le même langage, utiliser différents réseaux et protocoles industriels.
- Faire fonctionner plusieurs sous-ensembles techniques bout à bout pour obtenir une solution globale.

- Construire et faire évoluer des interfaces homme/machine.
- Assurer la cybersécurité de l'ensemble.

Champ méthodologique

- Utiliser une démarche adaptée à l'intégration dans l'industrie (souvent inspirée du cycle en V, W, voire de l'agile) avec notamment une phase de tests, d'essais de performance, d'essais de charge, de test de résilience, de test de non-régression.
- Analyser des résultats (performance, capacité, etc.) au regard de l'objectif à atteindre.

Conduite du changement

- Impliquer des utilisateurs très tôt dans le projet pour prendre en compte leurs contraintes d'exploitation.
- Apporter une attention particulière à l'ergonomie.
- Former les utilisateurs.
- Informer les parties prenantes lors de l'intégration.

Maintenance et exploitation

- Assurer la résilience et l'évolutivité des solutions.



Quel impact la 5G a-t-elle sur l'intégration industrielle ?

La 5G ajoute une nouvelle compétence aux activités d'intégration industrielle : la dimension télécom. Du point de vue technique, il faudra notamment prendre en charge des briques technologiques comme le cœur de réseau (au sens de l'orchestration), mettre en place la continuité des services, travailler sur de

nouveaux cas d'usage (Push-to-x, travailleur isolé, etc.), établir des passerelles 4G/5G ou LoRa/5G, entre autres. Il faudra également pouvoir gérer l'évolutivité logicielle de la 5G, avec des paliers tous les 12 à 18 mois, ainsi que l'évolutivité des périphériques et de leurs OS.

Vers de nouvelles propositions de valeur ?

Du fait de ces changements, en plus des acteurs traditionnels (intégrateurs, fournisseurs d'automates et/ou d'infrastructures), de nouveaux acteurs pourront intervenir à leur niveau dans l'intégration industrielle :

- l'opérateur/intégrateur télécom, acteur clé dans la mise en œuvre de la 5G industrielle, élément clé du rapprochement des mondes IT et OT ;
- l'équipementier télécom qui, en fonction de la solution et du modèle d'opérations retenus, ainsi que de sa stratégie d'offres, pourra proposer des solutions intégrées directement à son infrastructure ;
- le spécialiste des périphériques industriels 5G ;

- celui qui assure la cybersécurité de ce nouvel ensemble IT/OT/5G, qui peut être aussi l'intégrateur télécom.

Toutes ces évolutions du monde de l'intégration industrielle permettent d'offrir davantage de convergence entre les périmètres IT, OT et télécom, en raisonnant à l'échelle de l'architecture réseau globale.



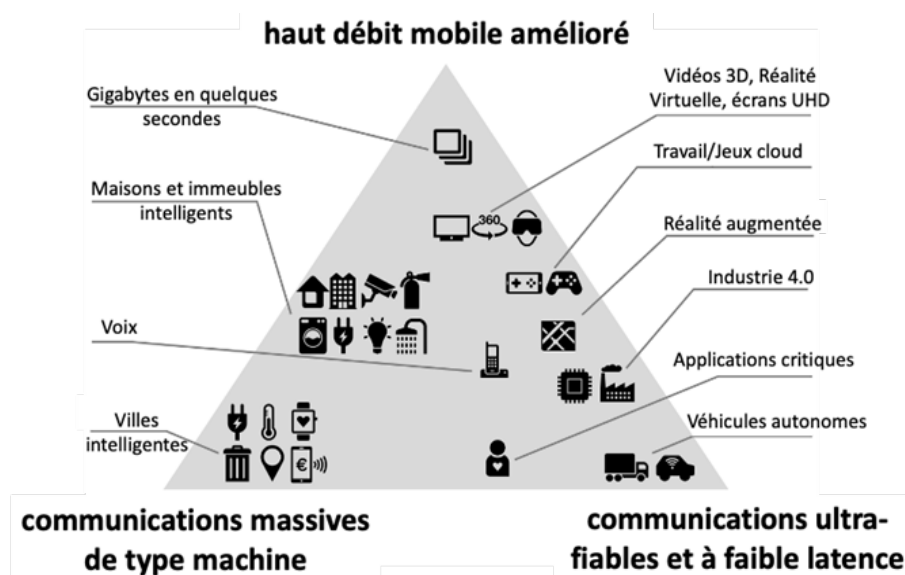
3.4. QUELS TYPES D'ÉQUIPEMENTS FAUT-IL PRÉVOIR ?

Une solution métier 5G industrielle est constituée de 3 éléments : un device, qui peut être différent de celui utilisé jusqu'à maintenant sur vos sites de production, un système de management et une capacité à s'interfacer à la 5G. Dans cette partie, nous avons souhaité éclairer la dimension communicante des équipements finaux. Vous aurez ainsi toutes les cartes en main pour vous orienter vers les équipements les plus adaptés, à l'heure actuelle et dans leurs évolutions, à chacun de vos cas d'usage.

Des équipements spécifiques pour chaque usage

- La question des équipements finaux nécessite d'observer les services rendus par la 5G industrielle d'un peu plus près. Le *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) a catégorisé les grandes familles d'usage selon 3 axes :
- leur besoin en haut débit mobile amélioré (ou eMBB* pour *enhanced Mobile Broadband*),
 - leur besoin en communications ultra-fiables et à faible latence (ou URLLC* pour *Ultra-Reliable Low Latency Communications*)
 - leur besoin en communications massives de type machine (ou mMTC* pour *Massive Machine Type Communication*)

Types d'usage par services rendus par la 5G industrielle



Source : LabLabee, d'après les travaux du 3GPP

Plus concrètement, la variété de ces besoins (eMBB, uRLLC ou mMTC) implique d'avoir différentes variétés de 5G industrielle et autant d'équipements de conception différente. Par

exemple, un terminal capable de fournir les 10 Gb/s demandés par l'eMBB n'aura pas grand-chose en commun avec un terminal dédié aux usages mMTC.



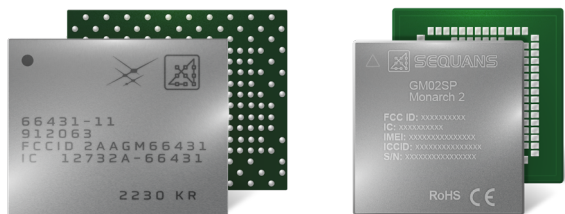
En réalité, pour la première fois dans l'histoire des équipements mobiles, on observe un hiatus entre « technologies » (GSM, UMTS, HSPA, LTE) et « générations » (2G, 3G, 4G, etc.). Jusqu'à la 5G, une technologie n'était associée qu'à une seule génération : GSM pour la 2G, UMTS puis HSPA pour la 3G, LTE pour la 4G).

Dans le cas de la 5G industrielle, deux technologies coexistent pour couvrir l'ensemble des cas d'usage :

- la technologie LTE Release 15 et supérieure du standard 3GPP répond aux besoins en mMTC des solutions d'objets communicants de grande envergure ;
- la technologie NR (pour *New Radio*), que l'on trouve aussi sous l'appellation 5G-NR*, couvre les usages en eMBB et uRLLC.

Quels équipements pour les usages en mMTC ?

Les technologies 5G répondant aux besoins en communications massives de type machine (mMTC) sont dès à présent disponibles dans des équipements IoT et des capteurs connectés. Elles se présentent sous la forme d'offres de plus en plus intégrées, de type chipsets ou modules (voir illustrations ci-dessous).



Source : LTE-M/NB-IoT Modules -
site Sequans.com

avec les réseaux 5G et bénéficient des évolutions du standard 3GPP qui les intègrent complètement d'un point de vue fréquentiel.

De telles solutions ont l'avantage d'apporter une connectivité avec une très basse consommation et une faible latence. Elles sont également de plus en plus intégrées, avec des dimensions inférieures à 8 x 10 mm. Elles sont simples d'utilisation (un micro-contrôleur et un jeu de commandes AT* suffisent) et matures en environnement industriel. Largement déployées, elles sont certifiées par tous les écosystèmes (FCC*, CE/RED*, GCF*, PTCRB*, etc.) et par tous les opérateurs.

Ces solutions apportent une connectivité immédiate. Elles disposent souvent de capacités de localisation *indoor/outdoor* et des mécanismes de sécurité avancés, telles que des cartes SIM intégrées ou des systèmes de démarrage sécurisés. Elles sont compatibles



Source : LTE-M/NB-IoT Development Kits - site Sequans.com

Quelques exemples de solutions connectées 5G pour des usages mMTC



Quels équipements pour les usages en eMBB ?

Hors smartphone, certains cas d'usage identifiés pour la 5G industrielle, comme les applications de vidéo surveillance par exemple, peuvent s'appuyer sur des solutions déployables de fournisseurs non européens.

Cependant des solutions françaises de type *chipset* ou module arrivent bientôt à maturité pour servir les marchés de *gateway** et de routeurs industriels. Elles seront disponibles à horizon 2023-2024.

Qu'en est-il de l'évolution de ces équipements ?

Le standard 3GPP est en perpétuelle évolution. Plusieurs variantes sont prévues, menant à terme à la 6G : les unes adressant les besoins en débits élevés, avec les études 5G Evo/5G *advanced*, les autres adressant des débits plus faibles avec les évolutions RedCap* (équivalentes aux solutions LTE Cat4/6) et e-RedCap (équivalentes aux solutions LTE Cat1 et 1bis). Toutes sont basées sur la nouvelle radio 5G NR.

En revanche, à ce jour, il n'y a pas d'équivalent aux technologies LTE cat-M* et LTE NB-IoT* utilisant une radio 5G NR. On peut donc faire le pari que ces solutions soient installées pour quelques années et devront servir les applications industrielles en attendant une nouvelle génération à horizon 2030-2035.



3.5. QUELLE PLACE POUR UN ÉVENTUEL CHEF D'ORCHESTRE ?

Les trois typologies d'offres (télécom, intégrateur industriel et équipements) posent à nouveau la question du bout en bout. Comment piloter des partenaires ou fournisseurs aux expertises différentes, segmentées, et qui ont encore peu l'habitude de parler un langage commun ?

Des équipements spécifiques pour chaque usage

Certains acteurs peuvent occuper la fonction de « chef d'orchestre ». Distinct du Directeur de Projet ou Directeur de Programme, celui-ci va se coordonner avec les différentes parties prenantes, faire la traduction entre les prérequis des uns et les problématiques des autres, anticiper les interfaces qui permettront d'éviter ou de résoudre les grains de sable techniques du projet.

Ce chef d'orchestre peut être de différentes natures. Il peut s'agir de votre partenaire télécom

et/ou informatique qui aura déjà mené ce type de projet, déjà fait face à plusieurs de ces questions et appris à travailler avec certains des autres acteurs. Il peut également s'agir de consultants. À terme, quand le sujet sera plus mature, du point de vue industriel, votre intégrateur pourra aussi occuper cette fonction. Et cette liste n'est sans doute pas exhaustive.

Bref, vous n'êtes pas seuls ! Des acteurs du marché mènent déjà ce genre de projet. S'ils n'ont pas encore forcément résolu toutes les problématiques, ne serait-ce que parce que certaines vous sont propres, ils ont déjà constitué, comme à travers ce groupe de travail, un écosystème de partenaires sur l'ensemble de la chaîne de valeur.



CONCLUSION

Grâce à ce guide, nous souhaitons clarifier l'intérêt de la 5G industrielle pour les professionnels français et éclairer les conditions de réussite de la mise en place de la technologie au sein des sites industriels.

Nous avons voulu au cours de nos travaux, et bien sûr dans ce guide qui est leur aboutissement, nous astreindre à un langage de vérité sur la 5G industrielle.

Si la 5G n'est pas une fin en soi, il semble aujourd'hui clair qu'elle est l'un des vecteurs rendant possible la transformation numérique des industriels, que ce soit pour se différencier, pour réaliser des économies, y compris d'énergie, ou encore pour accompagner une démarche de sécurité des biens et des personnes.

Même si la 5G n'est pas encore totalement mûre, comme nous l'avons rappelé pour plusieurs raisons (notamment du fait des standards mondiaux, de l'écosystème de terminaux et des solutions), il est grand temps de lancer votre projet. Pourquoi ? D'une part parce qu'il faut du

temps pour se préparer, et les choses avancent à grands pas côté offre. D'autre part, l'infrastructure en elle-même est déjà là.

Alors, lancez-vous ! Prenez contact dès maintenant avec les acteurs de la chaîne de valeur présentée dans ce guide. Prenez le temps de faire les bons choix, de préparer votre organisation, puis déployez !

Enfin, si vous hésitez encore sur les entreprises à interroger spécifiquement, sachez que notre Groupe de Travail n'a pas encore terminé sa mission. Nous mettrons bientôt en ligne un référentiel qui fera le lien entre le contenu de ce livrable et les acteurs pertinents au regard de votre projet de 5G industrielle.

CSF Infrastructures Numériques

Le Président du CSF

Nicolas Guérin



GLOSSAIRE

0-9

3GPP : 3rd Generation Partnership Project. Coopération entre organismes de normalisation en télécommunications qui produit et publie les spécifications techniques pour les réseaux mobiles de 3e (3G), 4e (4G) et 5e (5G) générations.

5G LAN : réseau mobile 5G destiné à s'intégrer à l'IT existant d'une organisation. Le réseau local 5G (Local Area Network) est un réseau local qui exploite la technologie sans fil 5G pour la connectivité, par opposition au Wi-Fi ou au câblage réseau. L'architecture LAN 5G permet aux entreprises de bénéficier des avantages de la fiabilité et des performances de la technologie cellulaire 5G dans une configuration que leur service informatique contrôle.

5G NR : 5G New Radio. Désigne un ensemble de standards 3GPP de la 5G destinés notamment à améliorer l'efficacité spectrale de la radio, afin de supporter des usages habituellement supportés par des réseaux filaires.

5G Non Standalone (5G NSA) : Dans ce mode, les réseaux 5G s'appuient sur l'infrastructure 4G existante, afin de bénéficier de la couverture des bandes basses 4G, ainsi que de la connexion vers un réseau cœur 4G évolué, auquel on ajoute les fonctionnalités nécessaires à la prise en compte du nouveau standard 5G.

5G Standalone (5G SA) : la 5G en mode Standalone ou SA est une 5G qui fonctionne avec un cœur de réseau 5G, sans s'appuyer sur l'infrastructure 4G existante. C'est donc l'option définitive et de long terme pour la 5G.

A

AMR : *Autonomous Mobile Robot*. En français, robots mobiles autonomes. La distinction usuelle entre AGV et AMR concerne la capacité de levage/manutention des AGV qui requièrent donc une sécurité machines différente et relève donc d'une réglementation spécifique indépendamment de son caractère autonome, comme les engins de levage qui ne sont pas à l'origine constitués de composants robotiques.

AGV : *Automatic Guided Vehicle*. En français, véhicule à guidage automatique ou véhicule autoguidé. Robot qui se déplace de façon autonome sans intervention humaine, par détection d'une piste tracée dans ou sur le sol.

ARCEP : Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse. Sa mission, confiée par le Parlement, est d'accompagner l'ouverture à la concurrence du secteur des communications électroniques, afin que de nouveaux opérateurs puissent émerger, au bénéfice de l'utilisateur final.

B

Brownfield : s'utilise en opposition à *Greenfield*. Littéralement, champ marron, un sol qui a été retourné. Dans le contexte qui nous intéresse, il s'agit d'une montée de version, une mise à niveau. Il est possible d'utiliser encore certains composants, mais des ajustements sont nécessaires.



C

CE/RED : norme européenne obligatoire, apposée sur les équipements radio prouvant leur conformité à la directive européenne sur les équipements radio (RED).

Cobotique : technologie dédiée à la conception et à la construction de cobots, des robots non autonomes, travaillant en collaboration avec l'homme afin de réduire la pénibilité de ses tâches et d'augmenter sa productivité.

Commandes AT : commandes que l'on peut directement envoyer au modem, lorsque celui-ci est en mode Command. Elles sont définies dans la norme 3GPP. AT est l'abréviation de ATtention. Ces 2 caractères sont toujours présents pour commencer une ligne de commande sous forme de texte (codes ASCII). Les commandes permettent la gestion complète du mobile. Ces commandes permettant par exemple de manipuler les registres internes du modem et d'en obtenir une réponse.

D

DAS : débit d'absorption spécifique. Cet indice est la mesure de référence pour quantifier la partie de l'énergie transportée par les ondes électromagnétiques absorbée par le corps humain lorsque l'on utilise un appareil radioélectrique.

Data shower : usage qui décrit qui le transfert massif et rapide de données en direction descendante, vers le terminal.

DECT : *digital enhanced cordless telecommunications*. Technologie créée dans les années 1990 qui utilise les ondes radio pour transmettre les communications entre un téléphone sans fil et sa base. La gamme de fréquence utilisée va de 1 880 à 1 920 MHz.

E

Edge computing : traitement des données par le périphérique (ou ordinateur) qui les produit. Terme employé dans l'IoT (voir définition).

eMBB : *enhanced Mobile Broadband* ou amélioration du haut débit mobile. L'eMBB est l'un des trois cas d'utilisation essentiels de la 5G, les deux autres étant la massive *Machine Type Communication (mMTC)* et l'*ultra-reliable Low Latency Communications (urLLC)*. L'*enhanced Mobile Broadband* fait référence à l'amélioration de l'expérience du haut débit mobile que la 5G devrait offrir par rapport aux normes et technologies mobiles précédentes, augmentant les débits de données jusqu'à plus de dix fois.

F

FCC : *Federal Communications Commission*. Agence gouvernementale qui réglemente les communications aux États-Unis.



G

Gateway : dispositif servant de passerelle pour relier deux réseaux informatiques différents comme un réseau local et un réseau Internet.

GCF : *Global Certification Forum*. Homologation qui concerne les nouveaux appareils GSM (téléphones portables, appareils sans fil, PDA, smartphone...).

Geofencing : géorepérage. Technologie qui utilise le système GPS pour localiser l'emplacement d'un objet ou d'une personne.

Greenfield : s'utilise en opposition à *Brownfield* (voir définition). Dans le contexte qui nous intéresse, ce terme implique l'installation et la configuration d'un nouveau réseau, en partant de zéro.

H

Haptique : technologie qui fournit un retour d'informations à l'utilisateur. Cela peut se faire par le biais du toucher, du mouvement ou des vibrations.

I

IoT : Internet des objets qui se caractérise par l'interconnexion entre des objets physiques ou virtuels et une plateforme web via un réseau de communication sans fil.

L

LAN : *Local Area Network*, désigne le réseau local d'entreprise (filaire et sans fil), l'infrastructure physique et logique qui supporte les communications entre machines.

LoRa : *Long Range* ou longue portée. Il s'agit d'une technologie de communication radio permettant aux objets connectés (IoT) d'échanger des petites données en bas débit.

LTE cat-M ou LTE-M : *Long-Term Evolution for Machines*. Standardisé et pérenne, ce réseau conçu pour l'IoT utilise les réseaux 4G existants. Il fonctionne sur fréquences basses et grâce au protocole CAT-M1 qui permet d'améliorer l'accessibilité de tous les objets connectés. Le LTE-M optimise également la consommation énergétique de ces objets grâce à la mise en veille (Power Saving Mode), entre autres. C'est aussi une solution sécurisée puisqu'elle s'appuie sur l'authentification des cartes SIM. Chaque opérateur utilise ses propres fréquences licenciées.

LTE NB-IoT : ou NB-IoT pour *Narrowband IoT*. Nouveau standard de communication *Low Power Wide Area Network* (LPWAN ou Réseau basse consommation longue portée) spécialement conçu pour l'Internet des objets développé par 3GPP. Il offre des débits plus faibles que le LTE Cat-M, sans être basé sur un protocole IP. Le NB-IoT est un standard qui peut être utilisé de trois façons différentes : en mode standalone, dans les bandes de garde ou dans une sous-bande réservée de la LTE (*In Band*).



M

Massive IoT : déploiement massif de capteurs peu complexes ne nécessitant pas de communiquer souvent et dont la durée de vie dépasse 10 ans.

mMTC : *Massive Machine-Type Communications*. Catégorie de service de la 5G qui peut prendre en charge une densité de connexion extrêmement élevée d'appareils en ligne envoyant des paquets très courts.

Modbus : protocole de communication qui permet de faire communiquer des équipements industriels. Il fonctionne sur le mode maître/esclave.

N

NB IoT : *Narrowband Internet of Things*. Voir LTE Nb-IoT.

O

OPC-UA : *Open Platform Communications United Architecture*. Protocole de communication utilisé pour l'automatisation industrielle. Il permet d'échanger des données de manière sécurisée et d'assurer l'interopérabilité entre les machines.

P

Profinet : *Process Field Network*. Standard de communication ouvert pour l'automatisation industrielle, basé sur la technologie Ethernet.

PTCRB : forum de certification créé en 1997 par certains opérateurs cellulaires nord-américains. L'objectif du PTCRB est de fournir le cadre dans lequel la certification des dispositifs peut avoir lieu pour les membres du PTCRB. Cela inclut, sans s'y limiter, la détermination des spécifications et des méthodes de test nécessaires pour soutenir le processus de certification des dispositifs sans fil 5G NR et 4G LTE. Ce groupe sera également chargé de fournir aux organismes de normalisation des informations sur les essais des dispositifs.

Push-to-talk : technologie remplaçant les technologies radio legacy de type PMR (exemple talkie-walkie). Prend le plus souvent la forme d'une application sur un *device* (smartphone, tablette, etc.)

Q

QoS : qualité de service. Technologie qui permet de gérer les priorités de trafic de certains types de données, afin de réduire la perte de paquets, la latence et la gigue sur un réseau.



R

RED ou CE-RED : *Radio Equipment Directive* ou Directive sur les équipements radio. Publiée le 16 avril 2014, cette directive encadre la mise sur le marché européen des équipements radioélectriques.

RedCap : *Reduced Capability*, aussi appelé 5G NR-Light. Nouveau niveau de dispositifs à capacité réduite introduit par 3GPP dans la version 17 de la norme 5G NR. Il s'agit d'une nouvelle plateforme d'appareils qui comble l'écart de capacité et de complexité entre les extrêmes de la 5G actuelle, grâce à une conception optimisée pour les cas d'utilisation de niveau intermédiaire. Par rapport aux appareils 5G à haut débit mobile amélioré (eMBB) qui peuvent prendre en charge des gigabits par seconde de débit sur la liaison descendante et la liaison montante, les appareils NR-Light peuvent prendre en charge efficacement 150 Mbps et 50 Mbps sur la liaison descendante et la liaison montante.

Release : nouvelle version d'un logiciel ou d'une technologie.

RTC : réseau téléphonique commuté. Technologie analogique historique des réseaux téléphoniques fixes et mobiles.

S

SLA : *Service Level Agreement*. Accord de niveau de service entre un fournisseur de service et ses clients internes ou externes.

Slice ou slicing : technique consistant à découper le réseau en tranches logicielles à partir d'une même infrastructure physique, ce qui est particulièrement utile pour la gestion en masse d'objets connectés.

Streaming : protocole de diffusion et de lecture instantanées de données multimédias en ligne et en continu.

T

TETRA : système de radio numérique mobile professionnel, de type talkies-walkies, conçu pour les communications d'urgence.

Time-Sensitive Networking (TSN) : ensemble de normes pour la mise en réseau sensible au temps. Elles garantissent que la latence d'un flux dit « TSN » entre deux appareils est inférieure à une certaine limite.

U

UPF : *User Plane Function*. Partie du cœur de réseau 5G en charge du trafic de données (et non pas de la signalisation du réseau). Un « UPF déporté » peut ainsi permettre de conserver des données en local même si le reste des fonctions cœur de réseau est à distance.

UrLLC : *Ultra reliable Low Latency Communications*. Technologie qui permet une communication ultra-fiable et à faible latence, avec des débits très élevés. Elle est utilisée dans des scénarios de type « voiture connectée » ou de réalité augmentée.



V

VGA : véhicule à guidage automatique ou véhicule autoguidé. Voir AGV.



FILIÈRE
INFRASTRUCTURES
NUMÉRIQUES



AVEC LE SUPPORT DE FRANCE
INDUSTRIE