



**INDUSTRIE
DU FUTUR**

ACTIONS DE SOUVERAINETÉ TÉLÉCOMS DE LA SOLUTION CONFIANCE NUMÉRIQUE

ANALYSE, ENJEUX ET RECOMMANDATIONS POUR LA 5G EN FRANCE

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	3
1. PRINCIPAUX MESSAGES	3
2. LEVIERS MARCHÉS PRINCIPAUX	4
3. ORIENTATIONS ET PRIORITÉS DES ACTEURS FRANÇAIS.....	5
3.1. <i>Initiatives pour la définition de la 5G.....</i>	<i>5</i>
3.1.1. <i>Les priorités définies par l'écosystème mondial</i>	<i>7</i>
3.1.2. <i>Les solutions technologiques ciblées</i>	<i>8</i>
3.2. <i>Les priorités pour les acteurs français</i>	<i>9</i>
3.2.1. <i>La sécurité.....</i>	<i>9</i>
3.2.2. <i>Les objets connectés 5G.....</i>	<i>9</i>
3.2.3. <i>Enjeux énergétiques</i>	<i>10</i>
3.2.4. <i>Virtualisation, réseaux logiciels, SDN.....</i>	<i>11</i>
3.2.5. <i>Les réseaux mobiles professionnels.....</i>	<i>11</i>
3.2.6. <i>Enjeu de l'optique</i>	<i>11</i>
3.2.7. <i>Une solution de Broadcast pour la 5G.....</i>	<i>12</i>
3.2.8. <i>Qualité de service et scalabilité améliorée</i>	<i>12</i>
3.3. <i>Synthèse.....</i>	<i>13</i>
4. ENJEUX ET FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS.....	15
4.1. <i>Les enjeux</i>	<i>15</i>
4.2. <i>Les facteurs clés de réussite.....</i>	<i>15</i>
4.2.1. <i>La maîtrise technologique</i>	<i>15</i>
4.2.2. <i>Enjeux sociétaux</i>	<i>16</i>
4.2.3. <i>La déployabilité</i>	<i>17</i>
4.3. <i>Une 5G adaptée aux spécificités françaises</i>	<i>18</i>
4.4. <i>Conclusion</i>	<i>19</i>
5. PRINCIPALES RECOMMANDATIONS.....	20
5.1. <i>Consolidation et visibilité de l'écosystème</i>	<i>20</i>
5.2. <i>Académiques et priorités de l'innovation à la Française.....</i>	<i>21</i>
5.3. <i>Règlementation et support des pouvoirs publics</i>	<i>21</i>
6. BIBLIOGRAPHIE.....	22
7. ANNEXES	24
7.1. <i>Les acteurs du plans Souveraineté Télécoms 5G.....</i>	<i>24</i>
7.2. <i>Domaines d'expertises des acteurs français du plan.....</i>	<i>24</i>
8. ÉDITEURS ET CONTRIBUTEURS.....	28

RÉSUMÉ

Dans le cadre de la nouvelle France industrielle lancée en 2013, l'action « recherche 5G » du plan Souveraineté Télécoms est rentrée, depuis 2014, dans sa phase opérationnelle. L'enjeu affiché est de favoriser une France innovante et pionnière de la 5G, à l'instar de ce qu'elle fut pour la 2G.

Ce document analyse la situation de la 5G dans le monde et en France, propose des priorités ainsi que plusieurs actions et recommandations pour faire de la France un acteur fort et durable de la 5^{ème} génération.

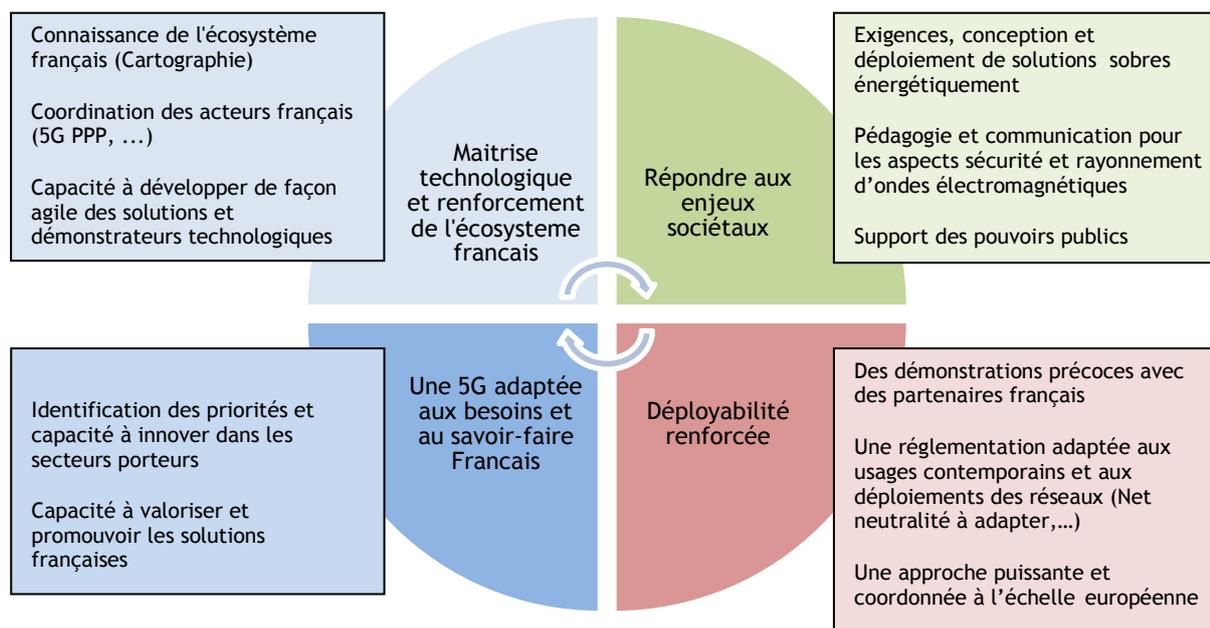
1. PRINCIPAUX MESSAGES

Le marché des TICs est une composante essentielle de la croissance économique tirée par l'innovation ; elle représente d'importants gisements de création de valeur par le biais de la diffusion de nouveaux services et de nouveaux usages. La 5^{ème} Génération Mobile sera une nouvelle étape importante qui doit permettre de stimuler ce marché à se développer pour les 15 prochaines années.

Dans le cadre de l'action 5G du plan Souveraineté Télécoms, ce document analyse la situation de la 5G en France et dans le monde, et propose les priorités pour la France en termes de compétences à développer, d'opportunités de croissance et de leviers d'innovation :

- Un réseau devant pouvoir répondre à une **multiplicité** de besoins incluant les objets et de nouveaux services.
- Un réseau agile et efficace tirant partie des technologies de **virtualisation** et de réseaux logiciels (SDN).
- Un réseau offrant une qualité de service améliorée **partout** et en toute circonstance sous la couverture du réseau.
- Un réseau « **vert** » à faible émission, faible coût énergétique et à faible impact sur l'environnement.
- Une infrastructure **sécurisée** dans un contexte de virtualisation des fonctions réseaux.
- Un réseau **optique** capable de supporter les promesses de la 5G.
- Un **réseau mutualisé et convergent** pouvant intégrer les technologies existantes 3GPP (2G/3G/4G) et non 3GPP (WiFi,...) dont l'architecture devra être englobante, mobilisant des technologies fixes/mobiles, réseau/*cloud* pour arriver à des solutions unifiées.
-

A partir de ces éléments prioritaires, certains enjeux pour la France ont été identifiés et sont présentés comme clés. Enfin, afin de réussir le pari de la 5G en France, certaines actions et recommandations sont proposées.



Plusieurs des actions et recommandations identifiées (dans le schéma ci-dessus) sont réalisées ou en cours de réalisation (Cartographie des acteurs français, coordination 3GPP,...). Certaines actions en lien avec la régulation et la standardisation sont évoquées dans ce document mais seront traitées dans une seconde version du document prévus au premier semestre 2016.

2. LEVIERS MARCHÉS PRINCIPAUX

Les technologies 3G et 4G visaient principalement l'internet mobile très haut débit. La 5G va continuer à adresser ce marché mais vise également à prendre en compte et donc à favoriser **les marchés verticaux tels l'Internet des Objets**, avec plusieurs segments bien différents à l'intérieur de cette appellation générique, dont voici quelques exemples contemporains :

- Les réseaux maillés intelligents et plus généralement la gestion de flux (électricité, gaz, ...).
- Les systèmes industriels SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) en allant jusqu'à la cobotique.
- Les villes intelligentes avec des besoins aussi bien au niveau des transports (similaires aux besoins des véhicules connectés) que gestion des bâtiments.
- Les véhicules connectés non plus seulement pour le loisir et les informations mais pour des fonctions de type sécurité (avec des contraintes de qualité de service et de faible latence très élevées) avec des communications entre véhicules et entre véhicules et infrastructure.
- La médecine et notamment la chirurgie assistée (à distance).

Pour permettre le développement de ces marchés, la 5G devra non seulement relever les enjeux technologiques associés mais également atteindre/offrir une couverture significative des infrastructures visées.

En prolongement de l'Internet des Objets s'ouvre le marché de l'**analyse des données captées par ces objets et remontées par le réseau 5G**.

La médecine connectée pourrait également bénéficier des apports de la 5G pour faciliter les échanges de données médicales (toujours plus volumineuses avec des contenus multimédia) entre professionnels de santé dans des situations de nomadisme ou de mobilité.

Dans un contexte où des fréquences pourraient être attribuées aux services **PMR (Professional Mobile Radio)** et **PPDR (Public Protection and Disaster Relief)**, un écosystème autour des applications critiques pour les forces de sécurité, les services d'urgence et les opérateurs d'infrastructures vitales (communications de terminal à terminal, fonction talkie-walkie, appels de groupe...) devrait se développer au niveau national et international autour de la 4G puis de la 5G.

Enfin, alors que la réalité virtuelle déclenche des investissements massifs dans les terminaux, la 5G pourrait être le facilitateur technologique de la réalité augmentée, dans un contexte mobile, avec des applications aussi bien ludiques, culturelles que « sérieuses ».

Alors que la 2G était la génération des communications pour la voix, la 3G puis la 4G celles de la data et du smartphone, la 5G devrait être celle des objets et des machines. Au travers des exemples donnés dans cette section, il est aisé de comprendre que les communications **M2M (Machine to Machine)** vont révolutionner nos vies, nos sociétés et notre manière de vivre mais vont être aussi des leviers importants d'innovations et de marché économiques.

Selon la **GSMA (Global System for Mobile communication Association)**, alors qu'en 2014, 77% des connexions **M2M** sont encore en 2G, en 2020, la part prise par la 3G/4G devrait être de 56%, avec une migration déjà bien entamée en Asie Pacifique.

Alors que dans certaines zones du globe le nombre de machines connectées dépassent le nombre d'utilisateurs en 2015, les prévisions de déploiement d'Ericsson correspondent pour 2020 à 25 appareils connectés par utilisateur.

Selon Gartner, en 2020, le marché des produits & services **IoT (Internet of Things, Internet des Objets en Français)** dépassera les 300 Milliards d'euros, avec une croissance de 20% par an de 2014 à 2020.

Cisco estime pour sa part que le marché de l'**IoT** pourrait augmenter le PIB mondial de 19 000 Milliards de dollars en cumulé jusqu'à 2020, à peu près équivalent au PIB annuel des États-Unis (17 000 Milliards de dollars), tandis que **MGI (McKinsey Global Institute)** estime un impact économique entre 3000 et 6000 milliards de dollars annuels d'ici à 2025.

3. ORIENTATIONS ET PRIORITÉS DES ACTEURS FRANÇAIS

3.1. Initiatives pour la définition de la 5G

Depuis le second semestre 2014 jusqu'à aujourd'hui, à travers le monde, un grand nombre de sociétés et de groupes d'intérêt ont publié des documents d'orientation pour la 5G. Le tableau Table (en annexe) en liste quelques exemples parmi les mieux référencés. De manière générale, ces documents s'efforcent à définir les défis auxquels la 5G devra répondre. En premier lieu les scénarios, cas d'usages et exigences sont définis. On retiendra particulièrement les documents faisant office de consensus tels que le « White Paper » (Livre Blanc) du **NGMN** ou celui publié par le programme initié par la commission Européenne appelé **5G PPP (5G Public Private Partnership)**. Dans ces publications, comme nous l'avons évoqué dans la première section de ce document, les opportunités économiques et nouveaux marchés tels que l'avènement des usages à caractères industriels (véhiculaire, médical, etc..) sont explicités. Certains de ces documents proposent également des premières orientations technologiques.

Avant les discussions relatives à la consolidation contemporaine des exigences de la 5G, plusieurs

initiatives ont vu le jour dans différentes parties du globe. Nous retiendrons par exemple les projets Européens METIS et 5G NOW. Ils seront suivis au second semestre 2015 par le programme 5G PPP et qui a pour but de définir le futur système 5G et ses composantes technologiques.

La figure ci-dessous reprend les principales initiatives mondiales relatives à la définition de la 5G.

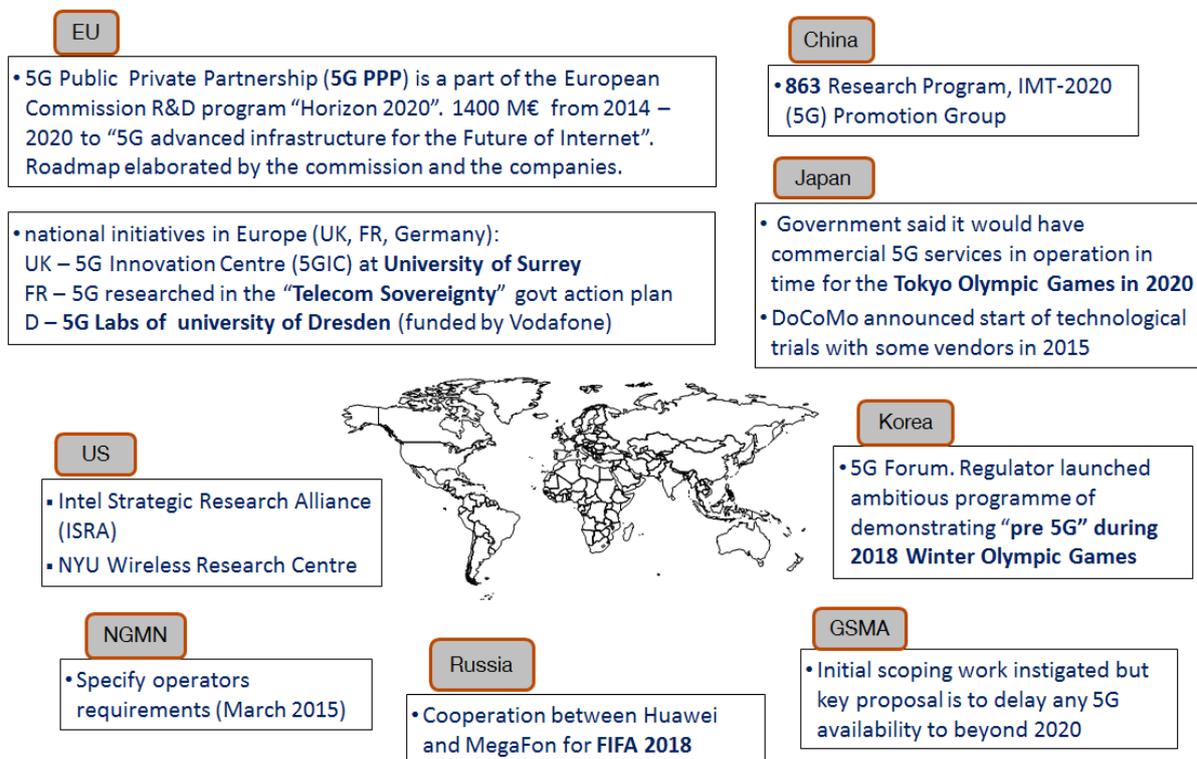


Figure 1: Initiatives mondiales pour la définition de la 5G

Comme nous l’avons vu, la phase d’élaboration des exigences et scénarios d’une part et d’identification des composantes technologiques susceptibles d’y répondre d’autre part ont déjà démarré au travers de projets et initiatives internationaux et nationaux. Dans le même temps, l’agenda et le processus de définition de la technologie par les organismes de standardisation se mettent en place. La définition du système « **IMT 2020** » (*International Mobile Telecommunication*) (dont le nom n’est pas encore figé au moment de l’écriture de document) est menée par l’**ITU-R** (*International Telecommunication Union - Radiocommunication*) via le groupe « *Working Party 5D* » qui finalise actuellement sa « *Vision* » de la 5G. Cette « *Vision* » de la 5G permettra notamment au 3GPP d’organiser le travail de normalisation dont le but sera de livrer les spécifications finalisées au groupe 5D en février 2020.

La figure suivante rappelle les dates majeures de la conception de la 5G :

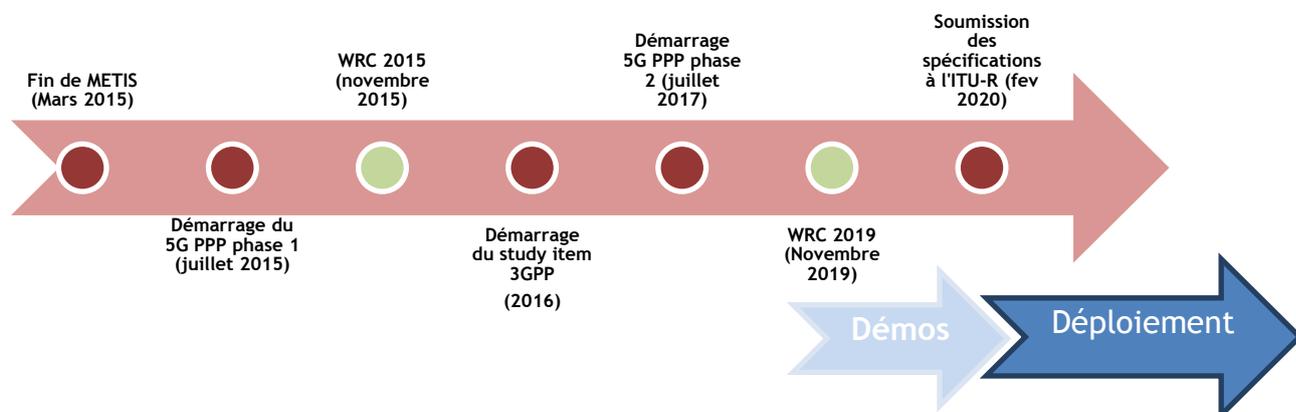


Figure 2: Agenda pour la définition de la 5G

3.1.1. Les priorités définies par l'écosystème mondial

Les priorités les plus citées, souvent sous la forme de scénarii ou d'exigences, sont un mélange d'enjeux (business, sociétal, ...), de cas d'usages ou de solutions technologiques offrant des atouts importants aux réseaux :

- Les communications massives de machines à machines.
- Les communications pour les domaines dits « critiques » (tels que la sécurité des véhicules par exemple) ou pour le contrôle d'objets à distances (drone, chirurgie assistée,...).
- Les communications vidéos très hautes définitions et à haut débit.
- Les communications en situation de crise, en forte mobilité ou en l'absence de couverture directe.
- Les communications en zone ultra-dense.
- La capacité à développer/déployer rapidement et de manière flexible des services à valeur ajoutée.
- L'efficacité énergétique et économique des réseaux et des terminaux.
- La sécurité des communications.
- L'intégration des systèmes 3GPP et non 3GPP.

Que ce soit sous forme de scénarios réalisables ou d'exigences, ces travaux mettent en avant ce que l'écosystème mondial a identifié comme enjeux pour la conception de la 5^{ème} génération. Néanmoins un enjeu supplémentaire semble émerger de certains documents ; la nécessité de favoriser **de nouveaux services ou cas d'usages à valeur ajoutée** tirant partie des sauts technologiques apparaît comme une priorité pour accélérer le développement et le déploiement de la 5G. L'internet des objets et les communications de machine à machine, comme nous l'avons expliqué dans la première partie de ce document, semblent, de manière consensuelle, avoir été identifiés pour remplir ce rôle de catalyseur économique et d'innovation en ouvrant la voie à une vie numérique renouvelée.

Les exigences chiffrées de la 5G :

Les différentes initiatives ou projets nous proposent également des objectifs chiffrés, relatifs ou absolus. Dans les deux cas l'interprétation n'est pas aisée. Dans le cas d'objectif relatif, il est toujours difficile de déterminer quelle est la référence alors que dans le cas d'objectif absolu, c'est l'environnement et les conditions dans lesquels cet objectif est évalué qui peuvent porter à discussion. Les exigences finales de la 5G seront définies par l'ITU-R en 2016.

Un point important, par rapport aux précédentes technologies, est que les exigences définies dans les différents projets ou consortium sont souvent données par scénario, ce qui conduit à une forte diversité d'exigences.

Pour donner un ordre de grandeur, voici par exemple une partie des exigences affichées par le projet METIS :

- latence divisée par 5,
- de 10 à 100 fois plus de mobiles connectés,
- de 10 à 100 fois plus de débit par utilisateur,
- un trafic admissible multiplié par 1000.

Avec des exigences très contraignantes pour certains scénarios comme par exemple, pour les cas critique des véhicules (jusqu'à 500 km/h) :

- latence inférieure à 5 ms,
- 99,999% de résilience.

Il est intéressant également de voir certaines exigences définies par le NGMN ([NGMN]), notamment sur la partie expérience client :

- Débit ressenti utilisateur : mesuré au niveau applicatif dans au moins 95% de la zone de couverture au moins 95 % du temps :
 - 300Mbps dans le sens descendant dans les zones dites denses urbaines,
 - 1 Gbps dans le sens descendant dans les bureaux intelligents (scénario défini dans [NGMN]),
 - Plusieurs-Mbps de débit descendant partout, incluant les stades, les avions et les zones non-connectés à Internet. 50 Mbps partout dans la plus part de scénarios.
- < 1ms de latence pour certains cas de communications voiture à voiture.

3.1.2. Les solutions technologiques ciblées

Dans les documents étudiés certaines composantes ou « briques » technologiques apparaissent comme prometteuses pour répondre aux exigences définies. Sans être totalement exhaustive la liste suivante reprend les tendances les plus évoquées :

- La virtualisation des fonctions réseau.
- L'utilisation des ondes millimétriques et centimétriques.
- L'utilisation de nouvelles modulations.
- L'usage dynamique du spectre radioélectrique.
- L'utilisation d'un grand nombre d'antennes en transmission et en réception (Massive MIMO).

- L'utilisation dynamique et simultanée de plusieurs sites pour servir un terminal.
- L'utilisation simultanée et fédérée de technologies d'accès diverses.
- Le déploiement massif de « petites cellules ».
- L'intégration au système des communications de terminal à terminal.
- L'intégration au système des véhicules comme éléments mobiles du réseau.
- L'utilisation de réseaux programmables pour adapter le réseau à l'utilisateur.

Ces innovations, souvent appelées « briques technologiques » pourront être choisies ou non lors de la phase finale de conception du nouveau système 5G. D'autres solutions non identifiées aujourd'hui pourront elles aussi apparaître dans les mois prochains.

Note : certaines de ces innovations technologiques sont en passe d'être intégrées dans la norme LTE (Release 12 de la norme 3GPP) et ne sont donc pas uniquement liées au développement de la 5G. Néanmoins ces innovations seront probablement considérées comme natives à la 5G et constituent des ruptures d'usages qui sont propres à l'émergence de la 5^{ème} génération mobile.

3.2. Les priorités pour les acteurs français

Même si la plupart des enjeux précédemment cités sont issus de consensus entre les opérateurs et les équipementiers mobiles (cœur, accès radio et terminaux mobiles), certaines spécificités de l'écosystème français ainsi que celles des acteurs français nous amènent à prioriser les enjeux listés ci-après.

3.2.1. La sécurité

Jusqu'aux architectures 4G, la sécurité des réseaux mobiles et notamment du segment cœur de réseau et de transport repose essentiellement sur le fait que ce segment appartient à l'opérateur. Ce segment est opéré par ses équipes avec une politique de sécurité qui garantit une identification des intervenants et un contrôle d'accès (y compris physique) à l'infrastructure. Avec les architectures 5G et la virtualisation des fonctions réseaux, le partage d'infrastructures entre opérateurs voire l'hébergement de fonctions réseaux sur des infrastructures tierces (type fournisseur de *cloud* par exemple), la prise en compte de nouvelles problématiques de sécurité dans des infrastructures multi-locataires est nécessaire. Certaines solutions comme la distribution des fonctions réseaux au niveau des équipements physiques pourraient permettre une plus grande sécurité ; néanmoins les contraintes réglementaires (interceptions légales, obligations d'héberger certaines fonctions sur le territoire national) et les exigences d'exploitation (éviter de propager des instabilités) fixent certaines limites à leur application.

A noter que la sécurité est un enjeu important identifié dans la nouvelle France Industrielle, puisque deux des cinq thématiques du plan Souveraineté Télécoms y font référence (Infrastructure sécurisée et virtualisation, Radiocommunications sécurisées) alors que le plan cyber-sécurité fait lui aussi parti des plans validés sur le numérique.

3.2.2. Les objets connectés 5G

Les différentes projections de trafic et d'usages nous montrent que la croissance des objets connectés va s'avérer fulgurante dans les années à venir. De même les applications et cas d'usages vont ouvrir de nouveaux champs des possibles encore difficiles à imaginer. En considérant cela, il est d'une importance majeure que les réseaux de demain puissent faire face à ces arrivées massives de dispositifs

et aux exigences qu'elles portent. La 5G doit être la technologie des objets connectés.

Dans un premier temps, nous devons faire évoluer les réseaux avec des méthodes innovantes afin d'accueillir un nombre massif de dispositifs (tel que des capteurs) de type longue portée/faible puissance/faible coût/faible consommation. A ces cas typiques, les premières versions de la 5G devront nous permettre également de traiter des cas assez consommateurs comme le développement prévisible croissant de la vidéosurveillance.

Les prévisions à Horizon 2020 et au-delà suggèrent une croissance des usages M2M/Internet des objets pour les capteurs (fixes ou portables (centrés sur l'humain)) mais aussi pour tous les besoins d'une industrie mutante allant de la santé, à l'automobile ou encore à l'agriculture. Ces usages devront reposer sur des connections fiables, à latence faible, en mobilité et avec potentiellement de forts besoins en débit. La conception de la 5^{ème} génération mobile devra donc permettre nativement le support dans de bonnes conditions de ces scénarios exigeants afin de permettre l'émergence d'un nouveau monde digital et ainsi permettre à l'écosystème français de créer de nouveaux marchés et services à valeur ajoutée.

La France dispose d'un écosystème dynamique en matière d'innovation sur les objets connectés et les services associés, qui constitue un actif pour favoriser le développement d'une infrastructure 5G adaptée à ces besoins, avec des expérimentations précoces.

Tout comme la sécurité, l'Internet des objets est une priorité de la Nouvelle France Industrielle puisqu'un plan numérique appelé « Objets Connectés » a été validé. A noter qu'un livre blanc est actuellement en cours de finalisation.

3.2.3. Enjeux énergétiques

L'enjeu énergétique est probablement celui dont la popularité paraît la plus affichée en France. L'ensemble des documents consultés, au moment de la rédaction de celui-ci, cite l'enjeu énergétique comme priorité de tout premier plan.

L'optimisation de la consommation énergétique est un enjeu sociétal mondial qui touche tous les secteurs de l'industrie. Les gouvernements ont pris divers engagements au niveau de leur pays, et les opérateurs ont fait de même. Mentionné dans la seconde partie de ce document au moment d'évoquer les enjeux pour la 5G, [la charte d'engagement volontaire du secteur des télécoms pour le développement durable](#) nous engage (très précisément) à réduire la consommation énergétique de nos réseaux et ce en dépit de l'accroissement des bandes de fréquences utilisées, des antennes à prévoir avec l'arrivée de la 4G puis de la 5G.

Nous sommes donc face à un enjeu sociétal mais aussi économique, la consommation énergétique représentant une part importante des dépenses de l'opérateur (15-25% des OPEX réseaux (source [GSMA])). En outre, il n'y a pas de raison que le prix de l'énergie baisse sensiblement dans les années à venir.

La bataille de l'énergie se gagne partout, de la conception des technologies et fonctionnalités aux déploiements et opérations (centre de traitement des données, stations de base, ...). Si l'enjeu est non seulement sociétal et économique, il est aussi un formidable levier d'innovation et de savoir-faire pour la France dans les années à venir.

En effet, les réseaux mobiles ont toujours été conçus de manière à atteindre des cibles liées à la performance du réseau. La capacité, la couverture, le débit maximum ont été les principales pour ne pas dire les seules exigences de conception des technologies précédentes. L'introduction de métriques « Vertes » dès la conception de la 5G apparaît comme une vraie nouveauté et un vrai défi qui

pourraient complètement changer la façon de penser nos réseaux. Changer la manière de concevoir les réseaux (aussi bien fixe que mobile), mais aussi changer la façon de les opérer et pourquoi pas même aider le client final à les utiliser différemment sont des défis importants qui vont permettre de développer de nouvelles idées et méthodes.

La baisse de la consommation énergétique est donc une priorité majeure identifiée par les acteurs du plan, qui possède l'avantage d'être bénéfique à tous et qui peut être évalué de façon quantitative.

3.2.4. Virtualisation, réseaux logiciels, SDN

La virtualisation des fonctions réseaux est une tendance majeure de l'évolution des réseaux et sera au cœur de la 5G. Elle consiste à faire migrer des fonctions jusque-là hébergées par des processeurs et des serveurs dédiés vers des équipements informatiques banalisés du *cloud*. Les avantages sont une mutualisation des équipements, une capacité accrue de modifier les ressources en fonction des besoins (élasticité, passage à l'échelle) et un déploiement de service facilité et plus rapide. Cette virtualisation, qui concerne des fonctions du réseau d'accès comme du réseau cœur ouvre une flexibilité et un champ d'investigation important en matière d'optimisation de la localisation des fonctions et des ressources, de compromis entre approches centralisées et approches distribuées.

En outre, les réseaux 5G devront être agiles pour s'adapter à des usages multiples, ayant des besoins diversifiés de performances réseau. Une même infrastructure pourra être partagée par des opérateurs multiples. Dans ce contexte, la programmabilité des réseaux **SDN** (*Software Defined Networks*) permettant leur adaptation dynamique par logiciel, la fourniture d'interfaces de programmation sont des éléments clés pour la 5G. Le réseau et les ressources informatiques seront gérés et orchestrés de manière coordonnée par des approches unifiées. La France dispose de communautés fortes à la fois en logiciel et en réseau qui lui confèrent un atout pour relever ces défis à la convergence entre ces deux mondes. La mise en place d'une plateforme expérimentale de virtualisation pourrait être un actif important pour l'écosystème français sur ces sujets.

3.2.5. Les réseaux mobiles professionnels

« PMR » - *Professional Mobile Radio* -, « PPDR » - *public protection and disaster relief* - et plus largement des réseaux mobiles pour des contextes de crise (tremblement de terre, accident importants, etc) : ces cas d'usages requièrent des fonctionnalités réseau spécifiques permettant de communiquer en toutes circonstances (scénarios catastrophe allant jusqu'à l'absence d'infrastructure) et de manière privilégiée (appel prioritaire civil ou militaire selon les cas) et sécurisée.

La 3G et la 4G commencent à répondre à ces besoins mais ceux-ci vont croître dans les années à venir avec notamment une augmentation des contraintes réglementaires de sécurité telles que pour les OIV (Organismes d'Importance Vitale) en France et en Europe. Les segments à adresser vont des forces de sécurité (civile ou militaire) à la santé, en passant par la distribution de l'énergie. Ces exigences concernent bien le périmètre de la 5G, au-delà d'une partie PMR 4G existante, avec l'intégration notamment des objets connectés et cela nécessitera une prise en compte très tôt dans la phase de conception de la 5G. La France possède des acteurs industriels majeurs ayant accès à ce marché à forte valeur ajoutée.

3.2.6. Enjeu de l'optique

Si la 5G évoque en premier lieu les réseaux sans fil, il est indispensable pour les futures infrastructures réseaux de considérer de front l'ensemble des technologies et des segments de réseau pour élaborer une architecture globalement efficace. Ainsi, l'augmentation du débit des futurs accès sans fil 5G doit impérativement s'accompagner, dans les réseaux de collecte comme dans les réseaux cœur, de solutions de réseaux optiques capables de faire face à cette montée en débit. En effet améliorer le

système de bout en bout requiert un réseau optique lui aussi doté de super pouvoirs (qualité de service améliorée, flexibilité et programmable (approches SDN)). La virtualisation des fonctions réseau d'accès sans fil impose des exigences strictes sur les liens en « fronthaul » (reliant antenne et unité de traitement en bande de base), particulièrement en termes de latence et constitue par conséquent un défi important au moment de concevoir la nouvelle génération mobile. Des architectures et des technologies convergentes entre accès filaires et sans fils, entre radio et optique, devront donc être conçues pour améliorer l'efficacité globale. La France dispose d'équipes de recherche de tout premier plan en réseau optique, qu'il convient de mobiliser aux côtés des compétences réseau sans fil pour relever ces enjeux.

3.2.7. Une solution de Broadcast pour la 5G

« Une composante « broadcast » intégrée au service de transport de données » : en terme d'efficacité spectrale les solutions de diffusion ou de multicast (1 vers N) ont montré leur efficacité et la France a acquis un leadership européen que ce soit dans le monde de la diffusion traditionnelle avec la Télévision Numérique Terrestre ou dans l'**eMBMS** (*enhanced- Multimedia Broadcast Multicast Services*), solution de diffusion sur réseau mobile. S'est ainsi constituée au cours du temps une industrie française de la TNT aujourd'hui leader sur des marchés export (50% du marché Russe). Les récents travaux, tant aux Etats-Unis (ATCS3.0) qu'en Chine, sur des services de production et de distribution de contenus audiovisuels de nouvelle génération full IP, mettent en avant la possibilité de définir des protocoles génériques de transport de vidéo applicables au monde 1 vers 1 comme au mode 1 vers N. Sur cette base, il est envisageable de définir des architectures de service optimisant les ressources spectrales et basées sur un mixe hybride des technologies de diffusion-multicast et unicast disponibles et ceci en mode sans couture pour l'utilisateur final. Les laboratoires et entreprises français leaders de la TNT et de la diffusion sur réseau mobile ont donc toute leur place dans la réflexion des réseaux 5G en leur apportant une composante d'optimisation non négligeable pour des services de plus en plus consommateurs de ressources.

3.2.8. Qualité de service et scalabilité améliorée

La 5G est réellement pensée comme devant pouvoir répondre à la multiplicité des besoins résultant de l'explosion des cas d'usage liés à la connectivité. A titre d'exemple on peut en citer quatre, volontairement avec des besoins de service différenciés, pour couvrir le spectre le plus large possible des besoins en termes de qualité de service.

1/ La part du trafic vidéo sur les réseaux mobiles va en s'accroissant et représentera bientôt 50% du total de données. Cette tendance est tirée par au moins trois phénomènes en croissance forte et qui s'alimentent mutuellement: les performances des terminaux (puissance de calcul et nombres de pixels des écrans), la disponibilité de vidéos à haute définition et la performance des réseaux. Les attentes les plus fortes, dans ce contexte, porteront donc sur les débits et sur la couverture (comme par exemple pour un abonnement de streaming vidéo souscrit pour les passagers arrière d'une voiture).

2/ L'accès au Cloud et toutes les offres **SaaS** (*Software as a Service*) associées constituent également un axe de croissance important et dans ce contexte les éléments clés en terme de qualité de service portent sur le débit, le temps de latence et la sécurité au sens large (disponibilité, confidentialité et intégrité).

3/ Dans les applications liées à celles des objets connectés on peut citer celles avec une criticité forte, comme dans l'automobile et la télémédecine, avec des attentes importantes en termes de disponibilité et de temps de latence.

4/ D'autres objets connectés se caractérisent plutôt par des attentes fortes en terme d'autonomie, de

consommation et de couverture exhaustive. Une solution de compteurs connectés nécessitera une couverture quasi complète du territoire, y compris en intérieur profond.

Les attentes en terme de qualité de service qui ressortent des cas d'usages possibles de la 5G (latence, disponibilité, débit, couverture,...) se retrouvent assez fortement dans les objectifs attendus par la 5G et repris dans la feuille de route du projet Européen METIS (similaire à ceux des autres initiatives 5G).

Il nous semble aussi utile de rappeler que ces attentes en terme de qualité de service seront bien plus critiques en 5G, par rapport aux générations précédentes, tout simplement parce que le service rendu, et la dépendance en résultant, seront bien plus importants.

3.3. Synthèse

Pourquoi a-t-on besoin d'une nouvelle génération mobile ? Qu'est-ce que la 5G ?

Une nouvelle génération mobile émerge à peu près tous les 10 ans. Elle est en générale portée par et pour les attentes des clients face à un monde mutant devenant toujours plus numérique. Les deux premières générations ont permis aux Hommes de communiquer par la voix en toutes circonstances tandis que la 3G et la 4G ont permis à l'internet et ses services de gagner nos téléphones mobiles. La 5G est en cours de définition ; tous les acteurs s'attèlent à cette tâche, que ce soi(en)t les vendeurs d'infrastructures, les opérateurs, les PME, les spécialistes de l'internet, les fournisseurs de services et de contenus et même les gouvernements qui stimulent cet écosystème.

Cette 5G devra répondre aux besoins qui seront les nôtres à l'horizon 2020 et probablement pour la décennie qui suivra. L'enjeu est donc de ne pas se tromper au moment des choix menant à sa conception, d'identifier les priorités et de garantir son évolutivité. Il est difficile d'imaginer ce que sera exactement ce nouveau système aujourd'hui, néanmoins nous pouvons caractériser la 5^{ème} génération mobile au travers :

- des exigences définies par les différents acteurs de l'écosystème des télécommunications
- des nouveaux enjeux économiques et sociétaux qui apparaissent dans nos sociétés
- des limitations et opportunités technologiques contemporaines

Il est important de noter que contrairement aux précédentes générations technologiques mobiles, la 5G ne sera probablement pas uniquement une génération dédiée pour le mobile. En effet dans les exigences définies par l'écosystème de TICs, on note l'importance de l'intégration des systèmes de générations précédentes ou de systèmes non GPP (WiFi, réseaux dédiés Internet des

Mobile communications: from 1G to 5G

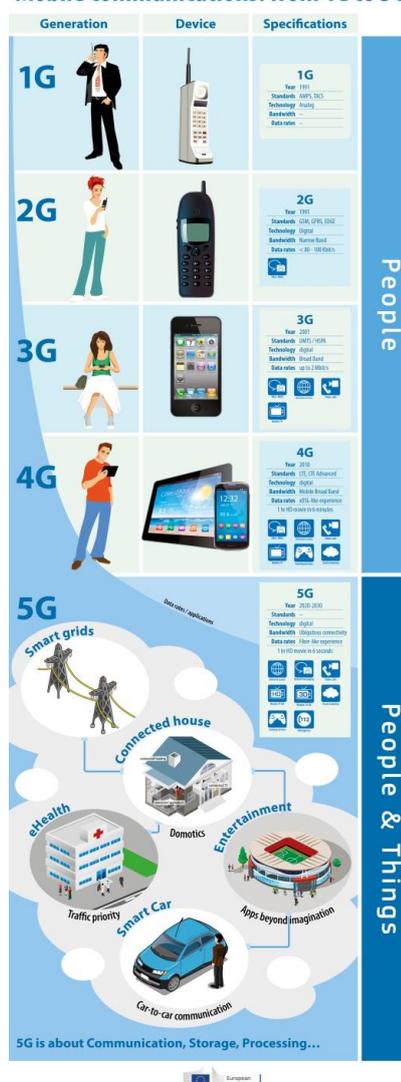


Figure 3 : Communication Mobile de la 1G à la 5G ([5GPPP])

objets) dans l'architecture « 5G » ou encore de la convergence avec le fixe voire le monde du *cloud* et de l'internet. A noter qu'un des plan « redressement productif » est dédié aux objets connectés.

Quelles priorités pour la France et ses acteurs ?

Les enjeux, comme nous avons pu le voir à la fois dans cette section ou dans les documents produits par l'écosystème mondial, nous permettent d'établir de nouvelles exigences. Les spécificités françaises tant en terme de déploiement de réseaux que de savoir-faire ou compétences nous ont amenés à définir les priorités suivantes :

- Un réseau devant pouvoir répondre à une **multiplicité** de besoins incluant les objets et de nouveaux services
 - Connecter des millions d'objets aux besoins extrêmement **variés**,
 - la PMR,
 - la télédiffusion,
 - la vidéo à haute définition.
- Un réseau agile et efficace tirant partie des technologies de **virtualisation** et de réseaux logiciels (SDN).
- Un réseau offrant une bonne qualité de service **partout** dans les cellules et partout sur le territoire.
- Un réseau « Vert » à faible émission, faible coût énergétique et à faible impact sur l'environnement.
- Une infrastructure **sécurisée** dans un contexte de virtualisation des fonctions réseaux.
- Un réseau **optique** capable de supporter les promesses de la 5G.
- Un réseau **mutualisé et convergent** pouvant intégrer les technologies existantes 3GPP (2G/3G/4G) et non 3GPP (WiFi) dont l'architecture devra être englobante, mobilisant des technologies fixes/mobiles, réseau/*cloud* pour arriver à des solutions unifiées.

Ce schéma nous fournit un condensé à la fois des enjeux et exigences qui devraient être le fil conducteur de la conception de la 5G dans les années à venir :

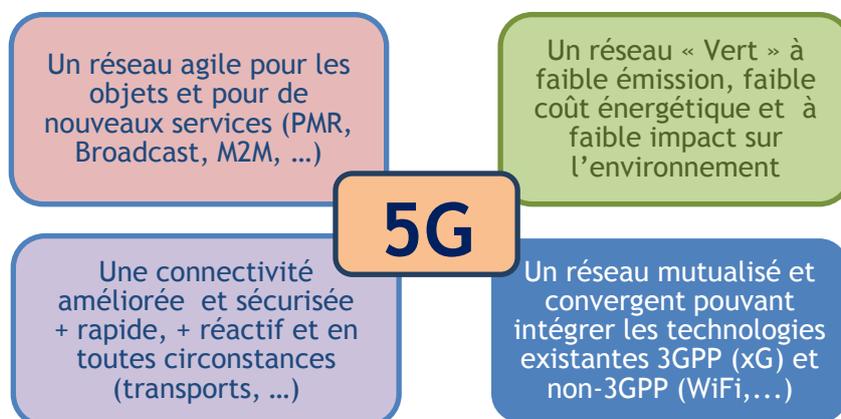


Figure 4: Priorités pour la 5G

Note : Il est important de noter qu’au-delà des enjeux listés ci-dessus, l’écosystème français est particulièrement bien positionné pour innover dans les aspects « inter-enjeux ». Par exemple la sécurité des objets connectés est un domaine dont l’importance deviendra vitale avec l’avènement de la 5G ; la virtualisation des réseaux d’accès comme celle des réseaux cœur fondée sur une utilisation optimale des technologies radios et optiques est au cœur des réflexions 5G en cours.

4. ENJEUX ET FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS

La première partie de ce document a servi à mettre en lumière les priorités définies pour la 5G. Dans cette partie nous tentons d’établir quels seront les enjeux liés à la conception, au développement et au déploiement de la 5G pour la France et son écosystème dans les années à venir.

4.1. Les enjeux

1. La **maitrise technologique de la 5G** qui doit permettre de renforcer l’écosystème télécom est un enjeu important affiché par le plan Souveraineté Télécoms : la maitrise de la technologie est avant tout un levier pour l’innovation, pour produire des solutions technologiques et services adaptés aux entreprises et aux clients mobiles.
2. **De nombreux enjeux sociétaux** contemporains existent tels que la consommation énergétique des équipements ou la protection des données et plus largement de la vie privée des clients. Ces enjeux sont clés et contemporains, ils constituent un réel élément différenciant d’une part et un vrai défi technologique d’autre part.
3. La **déployabilité des réseaux 5G** sera en enjeu fort pour les acteurs français et européens. La facilité pour les opérateurs à déployer en France dans de bonnes conditions (environnement réglementaire favorable, disponibilités des fréquences, disponibilités et accessibilité facilités des sites, possibilités de mutualisation des infrastructures,...) sera un vrai plus pour les acteurs français de la 5G. Des expérimentations facilitées et précoces permettront aux solutions « made in France » de faire leur preuve sur ce marché et d’être visibles afin de renforcer la présence des PME à l’étranger.
4. **Une 5G adaptée aux spécificités françaises** (bande de fréquence, spécificité du territoire, coexistence inter technos, etc..). La France possède des particularités qui sont liées à sa répartition géographique, aux technologies utilisées, plus généralement à ses besoins ainsi qu’à son savoir-faire et à son expertise. Les choix qui seront faits au moment de la phase de conception de la 5G seront plus ou moins intéressants pour la France en fonction de son adéquation avec les besoins français et savoir-faire français.

Ces 4 enjeux représentent de grands défis pour les années à venir, et sont fortement interdépendants.

4.2. Les facteurs clés de réussite

4.2.1. La maîtrise technologique

La maîtrise technologique constitue un enjeu majeur qui a été pointé directement par le plan Souveraineté Télécoms/ nouvelle France industrielle et ne sera relevé que si les acteurs français :

- sont parties prenantes des différentes étapes de conception de la technologie 5G.
 - Phase amont qui concerne des activités de recherche : développement de Propriété Intellectuelle, de solutions innovantes qui répondent aux défis technologiques à venir.

- Phase de consensus pré-normatif : participation aux projets de type Européen afin de promouvoir les solutions développées, définition des scénarios et exigences prioritaires, financement et sponsoring.
- Phase de standardisation qui doit permettre de faire inscrire les priorités des acteurs français.
- Préparation de démonstrations afin de promouvoir la technologie.
- Accès à l'information pour les acteurs, en particulier pour les PMES.

La réalisation de cet enjeu passe donc inévitablement par des phases préliminaires :

- Connaissance de l'écosystème français (PMEs, Universitaires et Laboratoires, Opérateurs, Constructeurs, etc...)
- Coordination entre les acteurs lors des différentes étapes de conception de la 5G (5GPPP, programme Eureka, CELTIC Plus, 3GPP)
- Créer les conditions pour développer des démonstrations en France et permettre de développer agilement de nouvelles solutions tout au long du processus de conception.

4.2.2. Enjeux sociétaux

Les enjeux sociétaux représentent pour le déploiement d'une nouvelle technologie à la fois des contraintes et des opportunités.

Le **développement durable** est, plus qu'un enjeu, un engagement, en effet Chantal Jouanno, alors secrétaire d'Etat chargée de l'Ecologie, Nathalie Kosciusko-Morizet, alors secrétaire d'Etat chargée de la Prospective et du Développement de l'économie numérique, et Frank Esser, alors président de la Fédération Française des Télécoms, ont signé le 22 juillet 2010 [la charte d'engagement volontaire du secteur des télécoms pour le développement durable](#). Cette charte impose notamment :

- La maîtrise de la consommation énergétique des réseaux dans un contexte de fort développement des usages, avec des engagements concrets des opérateurs (Consommation énergétique du secteur des télécoms stabilisée à 8,5 TWh en 2012 et réduites à 7,6 TWh en 2020) sur la consommation d'énergie.
- la responsabilisation de la chaîne complète de production, avec la diffusion des critères de responsabilité sociale et environnementale (RSE) pour la sélection et l'évaluation des principaux fournisseurs.
- La volonté d'allier révolution numérique et développement durable est maintenant une priorité pour tous les acteurs français et européens.

Il s'agit donc de relever cet enjeu énergétique en favorisant les solutions à faible coût énergétique, en investissant dans des solutions technologiques et dans des moyens de production économique énergétiquement. La recherche aura un grand rôle à jouer dans cette nouvelle économie verte.

Il s'agira donc pour tous les acteurs du plan de favoriser :

- Des exigences très strictes concernant les solutions technologiques (hardware, software, production, recyclage, ...) lors de la conception de la 5G (NGMN, 5GPPP, ETSI, 3GPP,...)
- Le déploiement de solutions sobres énergétiquement (choix technologique de solutions, consensus en faveur de la performance énergétique,...).

Et d'assurer un affichage clair des choix de développement durable par les acteurs télécom du marché français auprès des utilisateurs des collectivités et des pouvoirs publics plus généralement.

L'exposition aux ondes électromagnétiques des individus est également un enjeu important et récurrent. En effet la problématique de déploiement de sites et la multiplication des technologies sans fil peuvent susciter des interrogations de la part de certains citoyens, bailleurs, collectivités locales et pouvoirs publics :

Afin de rassurer sur le sujet des ondes des antennes relais, il faut maintenir un effort de recherche sur l'exposition du public aux ondes ainsi que sur la perception sociétale de ce sujet, effort soutenu par le plus grand nombre possible d'acteurs de la filière. Il faut également encore plus développer et appliquer des méthodes innovantes (fiches pédagogiques, site Internet d'information, expositions, communication sur les médias nationaux, ...) dans le domaine de l'information et du partage de connaissances.

Plus spécifiquement, la réalisation, avant le lancement commercial de la 5G, d'une étude technique de son impact sur l'exposition aux ondes, pourrait permettre de rassurer sur ce point et de compléter les différentes initiatives

L'Etat doit accompagner cette communication, auprès de tous les publics concernés (grand public, élus nationaux, élus locaux, bailleurs, ...) notamment des fiches pédagogiques gouvernementales et via ses agences et leur représentation locale (ANFR, ANSES, ARS, INVS).

Veiller à ce que l'évolution de la réglementation relative à l'exposition du public aux champs électromagnétiques ou au déploiement des réseaux permette celui de la 5G dans un contexte serein.

Note : Il convient de rappeler que le déploiement des antennes relais est très encadré (droit des communications électroniques, droit de l'urbanisme, ...) réglementairement et que la transparence est de mise (Chartes locales, guide des relations opérateurs collectivités de l'**AMF** (Association des Maires de France), loi Abeille et textes d'application à venir, et possibilité pour toute personne de commander auprès de l'ANFR des mesures de champ dans son habitation).

A noter que lors de commande de mesures, celles-ci sont réalisées, selon le protocole en vigueur de l'ANFR et par des laboratoires accrédités COFRAC) et sont prises en charge par un fonds alimenté via une taxe payée par les opérateurs mobiles.

La **sécurité des données** est un autre enjeu sociétal capital. En effet les changements qui s'opèrent dans les télécommunications (internet des objets, virtualisation, *cloud*), la multiplication des échanges entre les individus (hausse du trafic) et leur diversité (communication classique, mail, réseaux sociaux) multiplient les risques de failles et d'attaques aux données personnelles. L'enjeu de sécurité devient donc très important pour les fournisseurs d'accès.

Il s'agit là encore de progresser et de rassurer :

- Renforcer les solutions de protection et les investissements dans ces domaines.
- Communiquer sur les bonnes méthodes de protection de données et responsabiliser les utilisateurs.

4.2.3. La déployabilité

Favoriser la déployabilité des réseaux 5G en France est en enjeu qui ne peut être réussi sans considérer nos partenaires européens. Cela nécessitera une approche coordonnée et puissante à l'échelle européenne.

Le calendrier de la 5G en France (calendrier 3GPP, ITU-R, CMR, 5G PPP) aura un impact fort sur les décisions prises quant à la 5G (choix technologiques, disponibilités des fréquences, ...) ainsi que sur la capacité des entreprises françaises à valoriser leurs solutions et leur capacité à innover.

En effet certains acteurs français pourraient bénéficier de démonstrations intérieures précoces voire pionnières pour valoriser leurs solutions ou expérience auprès d'acteurs internationaux.

Il s'agira de pouvoir tester rapidement la 5G en France via des démonstrateurs et avec des partenaires français et européens.

- Ces démonstrations précoces se feront notamment en assurant une cohérence avec le calendrier des allocations de fréquences et celui des instances de normalisation.
- Le support des pouvoirs publics sera alors clé (prêt de License, site test).

Le **cadre réglementaire** aura également un impact sur le succès de la 5G en France, sur sa déployabilité. Les points qui nous paraissent les plus critiques et structurants sont en particulier :

- La neutralité du Net : la 5G permettra notamment le déploiement de ce qu'on peut appeler un « internet industriel » avec une multitude d'applications caractérisées par des attentes très fortes en termes de disponibilité, de temps de latence et plus généralement de qualité de service. Pour prendre un exemple volontairement caricatural, mais assez explicite, une opération chirurgicale à distance ne peut pas échouer à cause d'un pic ponctuel de téléchargement de vidéos. Dans ce contexte il est donc clé que la réglementation autour de la neutralité des réseaux permette une gestion de priorité différenciée pour ce type d'applications.
- Le déploiement de la 5G, et plus généralement du très haut débit mobile, est étroitement lié au cadre réglementaire régissant les données et les contenus. Très concrètement, il y aura aussi une demande pour de la 5G si les consommateurs peuvent consommer simplement des contenus légaux, largement disponibles et avec une gestion des droits flexible et adaptée aux usages numériques.
- L'évolution vers des architectures *cloud* et virtualisées sera fortement dépendante de la réglementation autour des OIV (Opérateurs d'Infrastructures Vitales) (associée aux questions de cyber sécurité) ainsi que celle régissant les transferts de données.
- La loi Abeille (loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques) et les textes d'application à venir.

NOTE : Il est également important de rappeler que la déployabilité de ce nouveau système passe par un préalable propre à l'introduction de chaque nouvelle technologie : **Ce nouveau système doit être interopérable et suffisamment différenciant par rapport à la 4G.**

4.3. Une 5G adaptée aux spécificités françaises

Pour que la 5G soit un succès en France, il faut que cette nouvelle technologie soit adaptée aux spécificités de l'écosystème. Cela se traduit par 2 points :

- Que la conception de la 5G favorise les solutions technologiques en lien avec les domaines d'expertise français.

- Que les solutions technologiques soient adaptées aux besoins français (opérateurs, client grand public et entreprise).

L'intégration de solutions françaises passe par deux facteurs clés :

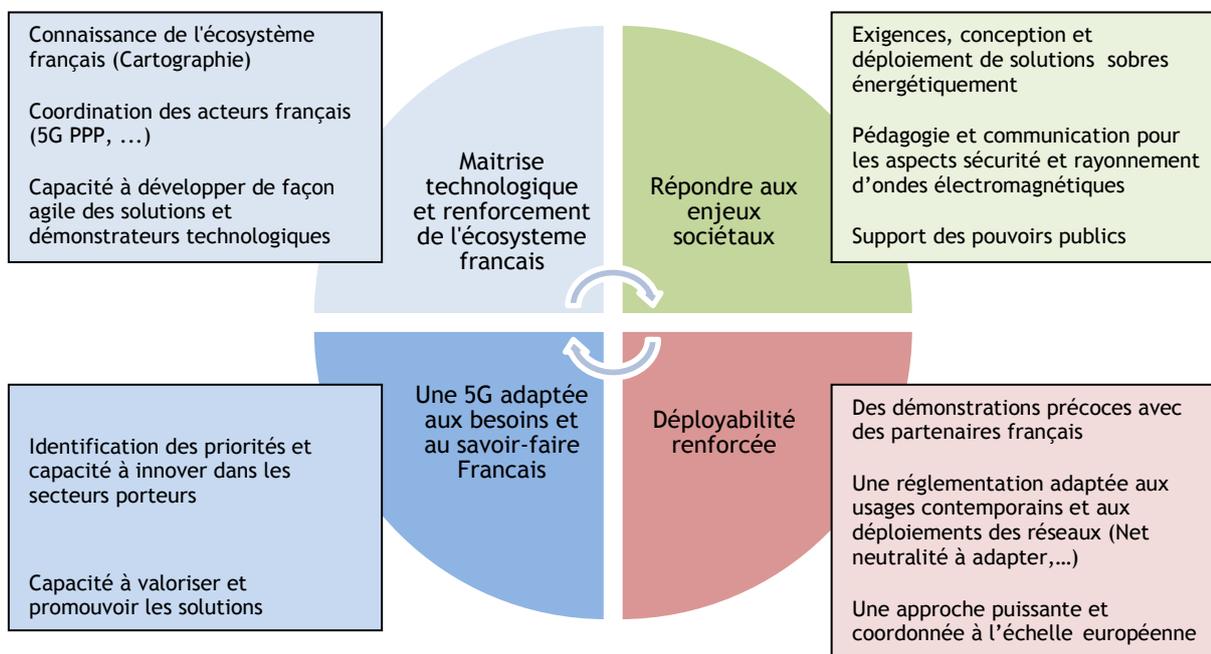
- La capacité des acteurs français à innover sur les secteurs porteurs de nouveau marché (M2M, cloud, etc...) ainsi que sur les aspects technologiques cœur (amélioration des techniques radio, de transport, logiciel,...).
- La capacité des acteurs à être influents dans les organismes de décision sera clé.

Outre le fait de favoriser des solutions françaises portées par des acteurs français, il s'agira également de favoriser les décisions qui permettent d'aller vers une 5G conforme aux aspirations et besoins français.

- Identification rapide des bandes de fréquences clés en France et en Europe pour favoriser les développements techniques dans ces bandes
- Identification rapide des solutions qui répondent aux priorités définies dans la première partie du document (4.2).

4.4. Conclusion

Ce schéma résume l'analyse précédente dans laquelle nous avons tenté de définir les enjeux prioritaires pour la France et ses acteurs et, à partir de là, identifier les différents éléments clés qui permettraient de réussir ces enjeux :



5. PRINCIPALES RECOMMANDATIONS

Les priorités et les enjeux explicités dans les sections précédentes ont permis de mettre en évidence différents éléments clés pour le secteur des télécoms en France et en Europe. En effet les enjeux que sont la maîtrise technologique, la réponse aux sujets sociétaux, la déployabilité ou encore l'émergence d'une 5G à la Française ne seront remplis qu'à certaines conditions. Afin de favoriser la réussite de ces enjeux, certaines actions et recommandations ont été identifiées. Elles sont listées dans cette section, certaines sont en cours de réalisation, d'autres suivront en fonction des calendriers de la 5G.

5.1. Consolidation et visibilité de l'écosystème

Cartographie

Une meilleure structuration et visibilité de l'écosystème français sur les enjeux de la 5G, avec une cartographie des compétences présentes dans les grands groupes/PME et académiques, des bancs de test expérimentaux, associées à des points de contact parait utile pour faciliter la mise en place de collaborations et améliorer la visibilité y compris à l'international. Cette action pourrait être conjointement conduite par les pôles de compétitivité concernés. A cette fin on pourrait de plus chercher à mieux tirer parti de la « *brokerage platform* » mise en place par l'association 5GPPP.

Coordination avant les appels à projets et sur les « *pre-structuring models* »

Au premier appel du 5GPPP, le taux de succès des projets s'étant inscrits dans le « *pre-structuring model* » (58%) est bien meilleur que le taux de succès global (24%). L'Association du PPP développera prochainement le modèle de la phase 2 et l'objectif de l'Association est que ce modèle soit approuvé par la communauté et par la Commission Européenne. Dans cette mise en place d'un nouveau « *pre-structuring model* » en phase 2, une coordination renforcée et anticipée avec les acteurs de l'écosystème français est souhaitable, pour qu'ils puissent y contribuer et se positionner tôt sur les thématiques, avec des points de rencontre réguliers. La sélection au niveau Horizon 2020 demeurant hautement compétitive, il est important de conserver une bonne place aux thématiques 5G dans les appels à projets nationaux : d'une part, certains bons projets n'ayant pas franchi la barre de sélection H2020 peuvent être reconfigurés, par exemple en projets CELTIC ; d'autre part des projets nationaux peuvent constituer un actif facilitant la poursuite des travaux dans un cadre Européen.

Coordination sur la normalisation

Un groupe de travail sur la normalisation sera constitué. Il aura pour mission, en suivant les dates clefs des travaux de normalisation, d'organiser des ateliers avec les acteurs de l'écosystème français dans un but double :

- Favoriser l'émergence de consensus au sein des partenaires français et porter ces consensus au sein des organismes de normalisation. Ces consensus seront obtenus dans la mesure du possible, compte tenu des intérêts stratégiques des différents acteurs qui devront être débattus au cours de ces ateliers. On devra également s'attacher sur ces questions à des coordinations à l'échelle Européenne.
- Informer l'écosystème, PME en particulier, du calendrier et de l'avancement des travaux de normalisation, des options majeures prises, afin de favoriser des développements technologiques appropriés et en temps opportun.

5.2. Académiques et priorités de l'innovation à la Française

Dans la première partie du document, des priorités sous forme de thématiques ont été définies. Elles caractérisent l'évolution des réseaux mobiles et du monde numérique qui sera le nôtre dans les 15 prochaines années.

Ces thématiques prioritaires sont des leviers d'innovations identifiés et la réussite de l'écosystème français dans ces nouveaux secteurs prioritaires requiert qu'elles soient prises en compte en tant que telles par :

- Les universités, écoles et instituts de recherche comme priorités de formation et d'activité de recherche.
- Le gouvernement et les organismes d'état comme priorités pour les financements lors des appels à projets.

En particulier, nous pensons aux priorités dont les compétences pourraient être accrues, et qui relèvent d'enjeu économique comme **l'internet des objets, la sécurité ou l'économie d'énergie.**

5.3. Réglementation et support des pouvoirs publics

Différents éléments liés aux aspects réglementaires tels que la disponibilité des fréquences pour faciliter l'expérimentation et un déploiement rapide de la technologie, ou encore les questions relatives à la neutralité du net pour le déploiement de nouvelles solutions et services, seront clés pour faire de la 5G un succès en France ainsi que pour ses acteurs. Ces contraintes à lever ou « coups de pouce » à donner, identifiés dans la section 5.2., requièrent une synchronisation avec les différentes phases de conception de la 5^{ème} génération mobile et leurs agendas. Les actions et recommandations permettant de lever ces contraintes ou d'accélérer la bonne marche de la 5G en France seront détaillées dans une seconde version de ce document prévue au second semestre 2015.

A ce jour nous avons identifié les éléments suivants :

- Priorisation des sujets au 3GPP,
- Exposition des ondes électromagnétiques (EM),
- Information et concertation relatives au déploiement des antennes relais,
- Allocation du spectre dont la mise à disposition de fréquences pour les expérimentations,
- La neutralité du net et la favorisation de l'internet industriel.

6. BIBLIOGRAPHIE

Origine	Titre	Date	Lien
4G Americas	Recommendations on 5G Requirements and Solutions	oct-14	http://www.4gamericas.org/documents/4G%20Americas%20Recommendations%20on%205G%20Requirements%20and%20Solutions_10%2014%202014-FINALx.pdf
5GPPP	5G vision paper	Fev-15	http://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf
Alcatel Lucent	Strategic whitepaper: 5G is coming, are you prepared	Mars-15	http://www.alcatel-lucent.com/solutions/lte-to-5G http://www2.alcatel-lucent.com/landing/5g/
Association of Radio Industries and Businesses (ARIB)	Mobile Communications Systems for 2020 and beyond	oct-14	http://www.arib.or.jp/english/20bah-wp-100.pdf
Datang	Evolution, Convergence, and innovation - 5G White paper	déc-13	http://www.datanggroup.cn/upload/accessory/201312/2013129194455265372.pdf
Ericsson	5G radio access	juin-13	http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-5g.pdf
FP7 - Future Networks Cluster	5G radio network architecture	déc-13	http://fp7-semafour.eu/media/cms_page_media/9/SEMAFOUR_2014_RAScluster%20White%20paper.pdf
GSMA	Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile	Déc-14	http://www.gsma.com/network2020/volte/understanding-5g-perspectives-on-future-technological-advancements-in-mobile-gsmai-report-3/
Huawei	5G: A Technology Vision	nov-13	http://www.huawei.com/5gwhitepaper/
IMT-2020 5G	5G Vision and requirements	Jan-Mai	http://www.imt-

promotion group	5G Network technology architecture 5G concept	2015	2020.cn/en/documents/listByQuery?currentPage=1&content=
NGMN	White Paper NGMN on 5G	Mars-15	https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf
Nokia Networks	Looking ahead to 5G	juil-14	http://networks.nokia.com/sites/default/files/document/5g_white_paper_0.pdf
NTT DOCOMO	5G Radio Access: Requirements, Concept and Technologies	juil-14	https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_5g/DOCOMO_5G_White_Paper.pdf
ORANGE	La 5G vers l'internet mobile du futur	Mars-15	http://www.orange.com/fr/actualites/2015/mars/La-5G-vers-l-Internet-mobile-du-futur http://inside5g.com/5qs-on-5g-with-orange/
Samsung	5G Vision	Feb-15	http://www.samsung.com/global/business-images/insights/2015/Samsung-5G-Vision-0.pdf
SK Telecom	SK Telecom 5G White Paper	oct-14	http://www.sktelecom.com/img/pdfs/press/SKT_5G%20White%20Paper_V1.0_Eng.pdf
ZTE	5G - Driving the convergence of the physical and Digital Worlds	févr-14	http://www.zte.com.cn/en/products/bearer/201402/P020140221415329571322.pdf

Table 2: Bibliographie 5G

7. ANNEXES

7.1. Les acteurs du plan Souveraineté Télécoms 5G



7.2. Domaines d'expertises des acteurs français du plan

Orange, anciennement France Télécom, est l'opérateur historique de télécommunications en France et l'un des principaux opérateurs dans le monde, avec un chiffre d'affaires de 39 milliards d'euros et 156 000 salariés au 31 décembre 2014, dont 99 400 en France. Présent dans 29 pays, le Groupe servait 244 millions de clients au 31 décembre 2014, dont 185 millions de clients du mobile et 16 millions de clients haut débit fixe. Orange est également l'un des leaders mondiaux des services de télécommunications aux entreprises multinationales sous la marque Orange Business Services.

En 2015, Orange lance, après la fin de « Conquête 2015 », son grand plan stratégique **Essentiels2020**. Avec ce nouveau plan stratégique, Orange se donne pour mission d'être toujours présent pour connecter chacun à son essentiel et lui faire vivre une expérience unique au quotidien en concevant les services numériques qui lui permettent de profiter, en toute confiance de ce qui lui importe le plus. Orange se fixe cette ambition en misant sur **cinq leviers d'actions et une dynamique**, celle d'une entreprise digitale efficace et responsable :

- Offrir une connectivité enrichie,
- Réinventer la relation client,
- Construire un modèle d'employeur digital et humain,
- Accompagner la transformation du client entreprise,
- Se diversifier en capitalisant sur nos actifs,
- La dynamique d'une entreprise digitale efficace et responsable.

Grace à sa capacité à innover, via les Orange Labs notamment, le groupe, après avoir été un leader sur la 4G (invention de l'OFDM) est maintenant pleinement tourné vers la conception d'une 5G (projet du 5GPPP, 3GPP, NGMN, projets internes sur la 5G) conforme à ses ambitions.

e-Blink :

La société Eblink est spécialisée dans la conception et le développement de solutions alternatives facilitant le déploiement des points hauts pour les opérateurs mobiles. Fondée en 2005, la société a développé une technologie innovante, le *Wireless Fronthaul*, qui permet de relier par une liaison sans-fil l'unité de bande de base (BBU) à l'unité radio distante (RRU).

La solution Eblink est une avancée majeure dans le déploiement des réseaux mobile et offre des choix multiples aux opérateurs. C'est une solution flexible et évolutive adaptée aux réseaux d'aujourd'hui et à l'évolution vers le C-RAN et la 5G.

Eblink est la première société à avoir démontré l'intérêt d'une telle solution « *Wireless Fronthaul* » dans le déploiement des réseaux mobiles d'aujourd'hui et de demain. Des grands acteurs télécoms tels que Alcatel Lucent et bien d'autres manifestent aujourd'hui un intérêt grandissant pour cette solution car elle permet d'éliminer les derniers centaines de mètres qui sont souvent très coûteux pour les opérateurs.

Pour cette raison, Eblink est une des rares entreprises françaises à avoir été nommée au MWC dans la catégorie « Best Mobile Infrastructure ».

Dans le souci d'être toujours à la pointe des nouvelles technologies, Eblink a intégré deux consortiums Européens incluant des grands opérateurs et équipementiers télécoms dont les deux projets (XHAUL et SUPERFLUIDITY) ont été sélectionnés.

À travers ces projets collaboratifs visant à implémenter le futur réseau mobile 5G et les architectures centralisées à partir de solides bases du réseau LTE, Eblink va pouvoir comprendre et analyser les besoins des opérateurs radio mobile et travailler avec eux pour faire évoluer sa solution vers une plus grande capacité tout en gardant son efficacité spectrale unique qui ouvre des possibilités nouvelles dans la conception des architectures réseaux.

Ericsson France :

Ericsson est l'un des principaux fournisseurs, dans le monde et en France, d'infrastructures et de logiciels télécoms, ainsi que de services associés. En France, Ericsson a plus de 1200 employés.

Ericsson est également très actif dans le développement de la 5G, et est, en particulier, fortement impliqué dans les différents projets 5G européens.

Ericsson France a également participé très largement au déploiement en France du LTE et des premières solutions LTE Advanced. Ericsson France est également actif dans l'écosystème local d'innovation. Ericsson est par exemple membre de 3 pôles de compétitivité et en particulier membre de l'association Com4innov, au sein du pôle SCS, qui propose une plateforme LTE, IMS et M2M.

Images et réseaux :

Labellisé en 2005 pôle de compétitivité à vocation mondiale, Images & Réseaux accompagne les porteurs d'innovation dans leurs projets et active la rencontre des innovateurs, des industriels et des financeurs pour porter collectivement des technologies, des usages et des marchés du numérique dans le grand ouest de la France.

Ces objectifs ambitieux se déclinent aussi grâce à un réseau fort, sur le territoire de la Bretagne et des Pays de la Loire, de partenaires du Pôle, des professionnels au service du développement économique régional et du Pays auquel l'implication de ses adhérents (TPE, PME et Grands Groupes et les acteurs de la recherche, de la formation). Son premier domaine d'action stratégique (DAS) traite des réseaux et de l'internet des objets. Dans le contexte de la 5G, I&R inclut via ses membres l'ensemble de la chaîne de valeur de la 5G allant de la production de contenus, jusqu'à leur distribution et leur diffusion avec la totalité des technologies supports tels que les réseaux fixes et mobiles très haut débit, le streaming de contenus IP et le *broadcast*, y compris les technologies de *cloud* et photoniques. Ainsi I&R est membre du KIC EIT Digital, dont l'action line « Cloud » est située à Rennes. Une dynamique de projets européens H2020 est également portée par le pôle. Ainsi, I&R est opérateur d'un des accélérateurs du PPP européen FIWARE sur l'internet du futur (FI C3), ceci permet de proposer des « use case » applicable aux réseaux 5G. Par ailleurs le pôle est fortement impliqué dans le pôle d'excellence CYBER porté par le ministère de la Défense et la région Bretagne autour de la cyber sécurité composante fondamentale des réseaux 5G. il s'implique aussi dans la dynamique nationale des plans de la Nouvelle France industrielle dont les solutions objets intelligents, confiance numérique villes durables (smart grid) et usine du futur sont au cœur des « use case des réseaux 5G.

Nos missions premières :

- Accompagner l'innovation et faciliter l'émergence de projet
- Accompagner les projets R&D collaboratif tout au long de leur parcours et soutenir leur valorisation
- Soutenir le développement des PME et renforcer les liens entre les différents membres, grands groupes, PME et académiques
- Assurer le rayonnement local, national et international des savoir-faire de la communauté I&R
- S'appuyer sur l'écosystème d'acteurs partenaires

Free :

Le Groupe Iliad est la maison mère de Free, l'inventeur de la Freebox, le 1er boîtier multiservices sur l'ADSL. Free est à l'origine de nombreuses innovations sur le marché de l'accès haut débit (VoIP, IPTV, forfaitisation des appels vers de nombreuses destinations...). Free propose des offres simples et innovantes au meilleur prix. Fin 2010, Free a lancé la Freebox Révolution, la 6ème génération de Freebox intégrant notamment un NAS et un lecteur Blu-RayTM. Free a été le 1er opérateur ADSL à intégrer les appels des lignes fixes vers les mobiles. Free a également été le 1er opérateur à avoir intégré à ses offres les appels vers les DOM. Depuis janvier 2012, Free démocratise l'usage du mobile avec des offres simples, sans engagement et à un prix très attractif. Free compte près de 16 millions d'abonnés (dont près de 5,9 millions d'abonnés haut débit et plus de 10 millions d'abonnés mobiles) au 31 décembre 2014. Iliad est classée 29ème du classement mondial Forbes des «*most innovative companies 2013*».

Sequans :

Sequans Communications S.A. (NYSE : SQNS) est un fournisseur de puces 4G de technologies LTE et WiMAX, destinées aux fabricants de terminaux 4G du monde entier. Fondée en 2003 pour couvrir le marché WiMAX, la société a élargi ses activités à partir de 2009 pour couvrir le marché LTE. Les puces de Sequans équipent les réseaux 4G des plus grands opérateurs mobiles de premier rang. Sequans est basée à Paris et possède des bureaux aux Etats-Unis, au Royaume-Uni, en Israël, ainsi qu'à Hong-Kong, Taïwan, en Corée du Sud et en Chine.

Les solutions Sequans comprennent le logiciel et le circuit intégré (numérique et radiofréquence) et sont utilisables « clé en main ». Sequans participe à la normalisation au sein du 3GPP et est présente dans l'écosystème de R&D national ou européen. Par exemple, Sequans contribue à l'animation du groupe thématique Télécom du pôle « Systematic » et a été élu comme représentant des PME au sein de la plate-forme technologique européenne Networld2020 participant ainsi directement au 5G-PPP.

Bouygues Télécom :

Bouygues Télécom, opérateur national créé en 1994, a su, en moins de vingt ans, industrialiser les différentes évolutions technologiques GSM, GPRS, UMTS et LTE du secteur des télécommunications, pour moderniser son réseau d'accès radio. En 2009, Bouygues Telecom diversifie son activité et se lance sur le segment de marché du fixe. Bouygues Telecom se caractérise depuis sa création, par sa capacité à sans cesse innover.

Avec l'arrivée de la 4G, le déploiement national du réseau commercial LTE de Bouygues Telecom a été l'un des plus rapides de l'histoire des télécommunications, notamment grâce à la réutilisation d'antennes existantes, en 1800 MHz. Dès juin 2014, ouvrant la porte aux premières évolutions fonctionnelles du LTE Advanced, une étape supplémentaire a été franchie. En effet, par l'activation de l'agrégation de porteuses, le très haut débit mobile est devenu une réalité dans les plus grandes villes de France.

Alcatel-Lucent :

Alcatel Lucent occupe des positions de tout premier plan sur les technologies des réseaux IP, de l'accès ultra haut débit et du *cloud*. Elle est parfaitement positionnée pour aider les opérateurs à migrer vers des solutions 5G à partir de solides bases en 4G. Alcatel Lucent est fortement engagée dans les évolutions des infrastructures réseaux mobiles vers des architectures virtualisées basées sur le *cloud*. Alcatel Lucent s'est beaucoup investi dans la mise en place et l'animation du programme 5G PPP Européen, et est un contributeur de premier plan dans les projets de recherche du programme. Les équipes dédiées au sans fil (« wireless ») sur le site Alcatel Lucent de Nozay, la Cité de l'Innovation, représentent aujourd'hui 1300 personnes et constituent le premier centre wireless du Groupe dans le monde, couvrant des activités de recherche et développement, le centre d'excellence mondial sur les « small cells » comptant 100 personnes, la plus grande plate-forme industrielle Européenne (3000 m²) d'intégration bout en bout de réseaux mobiles. Nombre des sujets de recherche des équipes de Bell Labs France sont au cœur des enjeux technologiques de la 5G : virtualisation des réseaux d'accès sans fil, SDN, algorithmes d'optimisation des réseaux hétérogènes mixant petites et grandes cellules, optimisation de l'accès combinant Wifi et réseau cellulaire, sécurité des infrastructures réseaux et cloud, optimisation de bout-en-bout du transport de contenu vidéo sur les réseaux mobiles,

mathématique des réseaux complexes dynamiques, réseaux optiques haut débits flexibles. Le site de Lannion, comptant près de 800 salariés, dispose d'une expertise forte en wireless et plateformes de gestion d'abonnés.

B-com :

L'institut de Recherche Technologique b<>com adresse plusieurs enjeux de la 5G via son domaine Réseaux & Sécurité et des projets lancés en 2013 avec des premiers résultats démontrables dès 2015 :

- Développement de plateformes matérielles de référence et de blocs IP adressant notamment le Massive MIMO et la flexibilité Multi-standard & Multi-fréquences (Multi-RAT), les bénéfices attendus étant la réduction de la puissance et l'augmentation du nombre d'utilisateurs/m2 notamment pour des petites cellules.
- Développement d'un « network OS » et d'une passerelle apportant la convergence Wifi, LTE et *unlicensed LTE* au plus proche des points d'accès. La maîtrise du *Software Defined Network* est au cœur de l'activité avec le choix du contrôleur SDN OpenSource OpenDayLight.
- Développement de solutions de monitoring et des algorithmes de placement afin de virtualisation & distribution des fonctions réseaux, en se basant sur l'hyperviseur OpenSource OpenStack.

8. ÉDITEURS ET CONTRIBUTEURS

Éditeurs : Pierre Dubois, Olivier Simon (Orange)

Contributeurs : Olivier SIMON, Pierre DUBOIS (Orange), Gérard LE BIHAN, Darin BEACH (Pôle images et réseaux), Michel CORRIOU (B-COM), Olivier AUDOUIN, Didier BOURSE (Alcatel-Lucent), Viktor ARVIDSSON (Ericsson), Alain ROLLAND (E-blink), Guillaume VIVIER (Sequans), Catherine GABAY (Iliad/Free), Raphaël LE HEGARAT (Bouygues Télécom).

Validation : Nicolas DEMASSIEUX (Orange), Olivier AUDOUIN (Alcatel -Lucent), Darin BEACH (I&R), Catherine GABAY (Iliad/Free), Guillaume VIVIER (Sequans).

INDUSTRIE DU FUTUR

