

BOOK FRAME 5G

Novembre 2023



METTRE LA 5G AU SERVICE DE LA COMPÉTITIVITÉ INDUSTRIELLE FRANÇAISE

SOMMAIRE

ÉDITO

Vincent LAMANDE et Françoise PRÊTEUX 4

LA SITUATION DU MARCHÉ

..... 6

LES CHIFFRES-CLÉS

..... 10

QUELS ENJEUX POUR LA FRANCE ?

..... 12

PAROLES D'EXPERTS

Marc JAMET et Philippe HERBERT 16

LES APPORTS ATTENDUS DE L'INNOVATION

Daniel KOFMAN et Serge VERDEYME 20

PANORAMA DES BREVETS

..... 26

KEY OPINION LEADER INDUSTRIEL

Philippe SEHIER 30

PAROLES D'EXPERTS

Raymond KNOPP
Matthieu CRUSSIÈRE
Catherine DOUILLARD et Charbel ABDELNOUR
Emmanuel BOUTILLON 32

PAROLE DE START-UP

Navid NIKAEIN 40

FRAME XG : OUTIL DE RECONQUÊTE

..... 42

COMMENT CANDIDATER AU DISPOSITIF FRAME XG ?

..... 48

LES PARTENAIRES DU CONSORTIUM FRAME XG

..... 49



Plus qu'un outil particulièrement précieux, Frame xG est un symbole : celui du retour de la France dans la cour des grandes nations qui bâtissent le futur des télécommunications.

Le constat est en effet cruel : si notre pays faisait figure de pionnier dans la définition des réseaux 2G, son influence n'a depuis cessé de se réduire comme peau de chagrin. Au point qu'il est quasiment absent des brevets dits essentiels à la 5G, avec toutes les conséquences désastreuses que cela implique du point de vue en particulier de l'économie et de la souveraineté nationale... Il était par conséquent grand temps de réagir afin de lui redonner une place prépondérante dans le concert des très sélectives nations au cœur des futurs réseaux de télécommunication. C'est l'objectif que s'est fixé le gouvernement en mobilisant tous les principaux acteurs dans le consortium Frame xG, à travers des actions aussi diverses que complémentaires à découvrir – notamment – dans ces pages.

En première ligne, les chercheurs ont un rôle primordial à jouer dans cette action de reconquête. Le programme de prématuration et maturation Frame xG a été conçu spécialement pour eux en mettant à leur disposition un dispositif de massification de brevets : 255 sont ainsi attendus en transfert et 126 avec un objectif de standardisation. Le but : répondre aux ambitions stratégiques nationales et européennes en matière de réseaux de télécommunication en menant des actions de pré-maturation et maturation

Une ambition vitale

produisant des brevets valorisés dans les normes internationales, renforçant in fine la présence de la France et confortant la position du continent dans la 5G et surtout la 6G.

Pour relever ce défi aussi indispensable qu'ambitieux, le consortium regroupe 16 offices de transfert de technologies couvrant la totalité du territoire français et de la chaîne de valeur des réseaux. L'IMT supervise les actions de pré-maturation et Ouest Valorisation celles de maturation. Implantée dans l'Ouest de la France où l'écosystème de recherche et d'innovation autour des télécommunications est particulièrement dynamique, cette SATT, que j'ai le plaisir de présider, constitue un chef de file idéal qui fédère l'ensemble des Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies réparties dans l'Hexagone, assurant ainsi une réelle exhaustivité des technologies essentielles aux futurs réseaux.

Ce livre blanc vous explique les enjeux capitaux à l'œuvre en donnant la parole à ses principaux acteurs : institutionnels, industriels, start-ups et bien sûr chercheurs. Son ambition est de contribuer à la prise de conscience qu'une véritable mobilisation nationale est dès à présent plus que nécessaire autour de ce sujet qui sera déterminant pour le monde de demain et la place que la France y occupera. Frame xG constitue une formidable opportunité à ne laisser passer sous aucun prétexte. Pas uniquement nécessaire : vitale !

Vincent Lamande
Président de la SATT Ouest Valorisation



QUEST
VALORISATION
Ressources d'innovation

Une porte vers le futur

L'innovation numérique et technologique est cruciale pour la 5G industrielle, qui promet de révolutionner les entreprises et la société. Grâce à sa faible latence, sa fiabilité accrue, son débit supérieur, son efficacité énergétique et son intégration avec le Cloud et le Edge Cloud, la 5G permet une densification des connexions, un transfert massif et rapide d'informations, dans et en dehors de l'usine, en situation de mobilité et dans un environnement augmenté. La 5G est un véritable accélérateur de l'IoT industriel dans des secteurs très variés et différents. Machines, véhicules autonomes terrestres ou volants, immobilier ou agriculture connectés, santé..., tous sont concernés. Cela représente un enjeu majeur de compétitivité industrielle et de souveraineté numérique et technologique pour la France qui va bien au-delà du seul secteur des télécoms.

Ces dernières années ont en effet été le théâtre d'une transformation structurelle profonde dans la manière de concevoir, développer et déployer les réseaux au cœur de la transformation numérique. Le nouveau modèle en train d'émerger ne fonctionne plus en silo, mais sur un mode transverse à différents secteurs d'activité. Il mobilise donc non seulement les opérateurs télécoms, mais aussi les spécialistes du logiciel et du matériel pour la transition numérique de l'industrie. La 5G repose sur des approches logicielles pour l'orchestration des ressources réseaux comme le « network slicing » qui optimise les ressources réseau pour une flexibilité accrue et une diversité d'applications.

À l'Institut Mines-Télécom, les chercheurs travaillent sur la fiabilité, la faible latence, la connectivité massive et l'efficacité énergétique de la 5G en utilisant des technologies émergentes comme l'IoT, l'IA, le Cloud et la réalité virtuelle. Que ce soit en développant des antennes intelligentes, des protocoles de communication avancée ou des applications de maintenance prédictive, nos chercheurs, en collaborant avec des partenaires industriels stratégiques, contribuent à la transformation de la 5G en une réalité industrielle.



Projet lauréat de l'appel prématuration-maturation de France 2030, Frame xG est une « patent factory » qui s'inscrit dans la stratégie nationale d'accélération vers la 5G et les réseaux du futur. Il vise à stimuler la production de propriété intellectuelle pour la 5G et les réseaux du futur, essentielle pour la compétitivité industrielle. En identifiant et accompagnant les recherches à fort potentiel de valorisation, il contribue ainsi à renforcer la position de la France dans le domaine des brevets 5G.

Ce livre blanc rassemble les témoignages de divers acteurs de la 5G et de la 6G industrielles, mettant en avant l'importance de la collaboration entre chercheurs, industriels, utilisateurs et autorités pour défendre les intérêts français dans la construction d'un leadership technologique et de souveraineté numérique et industrielle en Europe. Bravo et merci à tous ceux qui contribuent à cette avancée.

Françoise Prêteux
Directrice déléguée à la recherche et au développement économique de l'Institut Mines-Télécom



Institut Mines-Télécom

LA SITUATION DU MARCHÉ

La 5G est au cœur de l'industrie du futur et représente une véritable opportunité pour les territoires, l'emploi et l'industrie du pays. Mieux qu'une évolution : une révolution !
Explications...

LES RÉSEAUX MOBILES, 30 ANS DE (R)ÉVOLUTION(S)

Depuis les premiers déploiements de la 2G à l'aube des années 90, les services et réseaux mobiles n'ont cessé de bouleverser notre quotidien. Ils ont commencé par modifier les habitudes de travail et de vie en société avant, avec l'apparition des smartphones au milieu des années 2000, de révolutionner les relations interpersonnelles et les habitudes de consommation, d'utilisation et production de contenus.

Et le mouvement ne fait que commencer ! Avec l'avènement de la 5G, ils s'apprêtent en effet à modifier profondément les façons de produire, soigner et consommer, et à jouer un rôle primordial dans les nouveaux services de mobilité grâce aux véhicules connectés notamment. Le tout en reconfigurant l'organisation des systèmes de production et le fonctionnement des entreprises et de leur écosystème, des fournisseurs aux clients.

LA 5G, KÉSAKO ?

Prosaïquement parlant, il s'agit de la cinquième génération de réseaux mobiles.

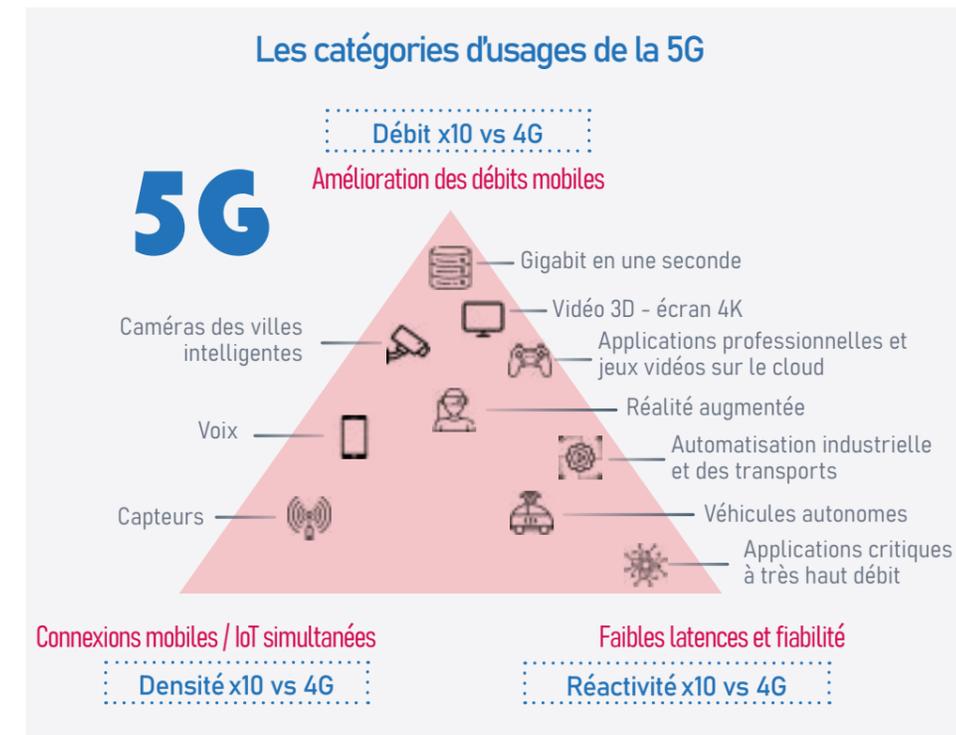
Nettement moins énergivore que les précédentes, elle offre des performances technologiques accrues : un débit jusqu'à

10 fois supérieur à la 4G, un délai de transmission – ou latence – divisé par 10, une fiabilité accrue, et une connexion plus stable et à la densité décuplée.

Ses bénéfices sont par conséquent multiples : optimisation des coûts opérationnels, de consommation... ; accroissement de la productivité et de l'efficacité opérationnelle grâce à une amélioration de la flexibilité et du contrôle de la production et des process... ; renforcement de la sécurité des biens, des personnes et des données ; progression de l'attractivité, de la rétention et de la formation des collaborateurs ; meilleure gestion du temps...

LA 5G, PILIER DE L'INDUSTRIE

Contrairement aux précédentes générations de réseaux mobiles, la 5G industrielle ne constitue pas la simple déclinaison d'une technologie d'abord conçue pour le grand public. Dès le départ, la norme 5G a été pensée pour des usages professionnels, et en particulier ceux de l'industrie. Cela se traduit par la présence d'innovations clairement dédiées à cet usage, au premier rang desquelles le « network slicing », qui désigne la capacité des réseaux 5G à se « découper en tranches » pour allouer des ressources de réseau et des configurations spécifiques à un usage donné.



Source : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-enjeux-5G_mars2017.pdf

Chaque « slice » possède ainsi ses propres spécificités, en matière de débit, de latence ou même de cybersécurité.

Autre point notable, elle ne se substitue pas aux versions précédentes mais les complète. Elle renforce ainsi la couverture numérique du territoire tout en évitant la saturation des réseaux. La 5G industrielle ne doit donc pas être vue comme une technologie ultime visant à remplacer les précédentes : elle s'intègre dans un écosystème de technologies complémentaires, dans le but de favoriser le développement et la convergence de cas d'usage performants. Elle doit par conséquent

être adoptée de façon pragmatique, en fonction de l'application visée et selon les contraintes techniques, financières, de sécurité ou encore de continuité d'exploitation. A chaque entreprise correspond une solution adaptée !

« La 5G est le système nerveux de l'industrie de demain. »
Philippe Herbert, Président de la mission 5G industrielle

UN ENJEU ÉCONOMIQUE, SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL DE PREMIER PLAN

A la base, la 5G répond à la sacrosainte règle de l'offre et de la demande : le déploiement des réseaux sans fil et des systèmes communicants a généré une demande de débit de plus en plus élevé, que ce soit dans la sphère personnelle ou professionnelle.

Mais, comme nous l'avons dit, il ne s'agit pas de simplement alléger les réseaux existants. Par ses performances, la 5G favorise de nouveaux usages. S'appuyant sur une étude qu'elle a commanditée, la Commission européenne estime ainsi qu'en 2025, son exploitation générera jusqu'à 113,1 milliards d'euros de chiffre d'affaires par an dans l'industrie automobile, la santé, les transports et l'énergie. A titre d'exemples, l'étude souligne que les docteurs pourraient opérer ou s'occuper de leurs patients à distance ; les villes se tourneraient vers une consommation énergétique plus intelligente ou des panneaux de signalisation gérés en temps réel en fonction des besoins ; les usines du futur se doteraient de machines toujours plus interconnectées, de robots, de process automatisés, d'une production ou de travailleurs à distance gérés en temps réel. Sans parler des voitures connectées.

Les nouvelles générations 5G, voire 6G, vont permettre de faire converger des technologies comme l'IA, l'IoT, la robotisation, la réalité virtuelle et augmentée, l'informatique quantique, etc. pour répondre aux besoins de communication des entreprises. Une aubaine pour l'industrie 4.0 !

Grâce à la 5G, les industriels peuvent développer robotique, systèmes automatiques, interactions homme-machine, cybersécurité... Elle offre de formidables opportunités de connexion à la fois des personnes et des objets, de récupération et d'exploitation des données et d'applications au sein de réseaux intelligents en rendant possible le transport et le traitement de gros

volumes de datas, la connexion d'un très grand nombre de dispositifs communicants. Le tout avec une fiabilité accrue.

La 5G améliore donc sensiblement l'intensité des process de production, rend possible une fabrication de haute précision, le suivi logistique d'un très grand nombre d'articles, la multiplication des capteurs, une maintenance plus efficace et un renforcement de la sécurité au travail.

UN DÉFI ENVIRONNEMENTAL

Mais son apport n'est pas uniquement technologique. De nos jours, la prise en compte de l'impact environnemental de la 5G et de ses effets possibles sur la santé devient en effet indispensable et fait partie des défis à résoudre, souligne notamment l'IESF. Selon Orange et Huawei, en valeur absolue, les antennes 5G consomment trois fois plus que les 4G, mais avec un débit 10 fois plus important. La fabrication de nouveaux dispositifs électroniques induit aussi une raréfaction des ressources naturelles, une pollution et pose la question du devenir des déchets. Un enjeu loin d'être simple, comme le souligne la Fondation Mines Télécom qui lui a consacré un cahier de veille intitulé « Numérique : enjeux industriels et impératifs écologiques ».

Néanmoins, les différentes sources s'accordent à dire que la 5G constitue un vrai plus environnemental. « Elle 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 », écrivent ainsi les auteurs du guide « 5G industrielle : tout savoir pour vous lancer ».

UN BLASON FRANÇAIS À REDORER ? MISSION... POSSIBLE !

Si la 5G semble donc essentielle à l'industrie hexagonale à bien des égards, se pose un problème majeur : alors que la France était pionnière dans la définition des réseaux 2G, son influence a diminué au fil des générations suivantes avec, à l'arrivée, une présence plus que minime dans les brevets essentiels à la 5G. Début 2021, le portefeuille de brevets français représentait moins de 1% du portefeuille mondial, fortement dominé par la Chine et les USA. Seuls Orange, Thalès et l'Institut Mines-Télécom en revendiquaient des essentiels.

Tout ceci générerait des risques majeurs pour les principaux acteurs socio-économiques

hexagonaux. En effet, au faible contrôle des technologies utilisées s'ajoute un risque important sur les marges dû à une exposition élevée au paiement de redevances étrangères, une exposition importante aux démarches de prédation et de déstabilisation avec une vulnérabilité forte vis-à-vis des marchés américains et chinois, et plus généralement une perte de souveraineté nationale en matière de télécommunications mobiles et de réseaux du futur.

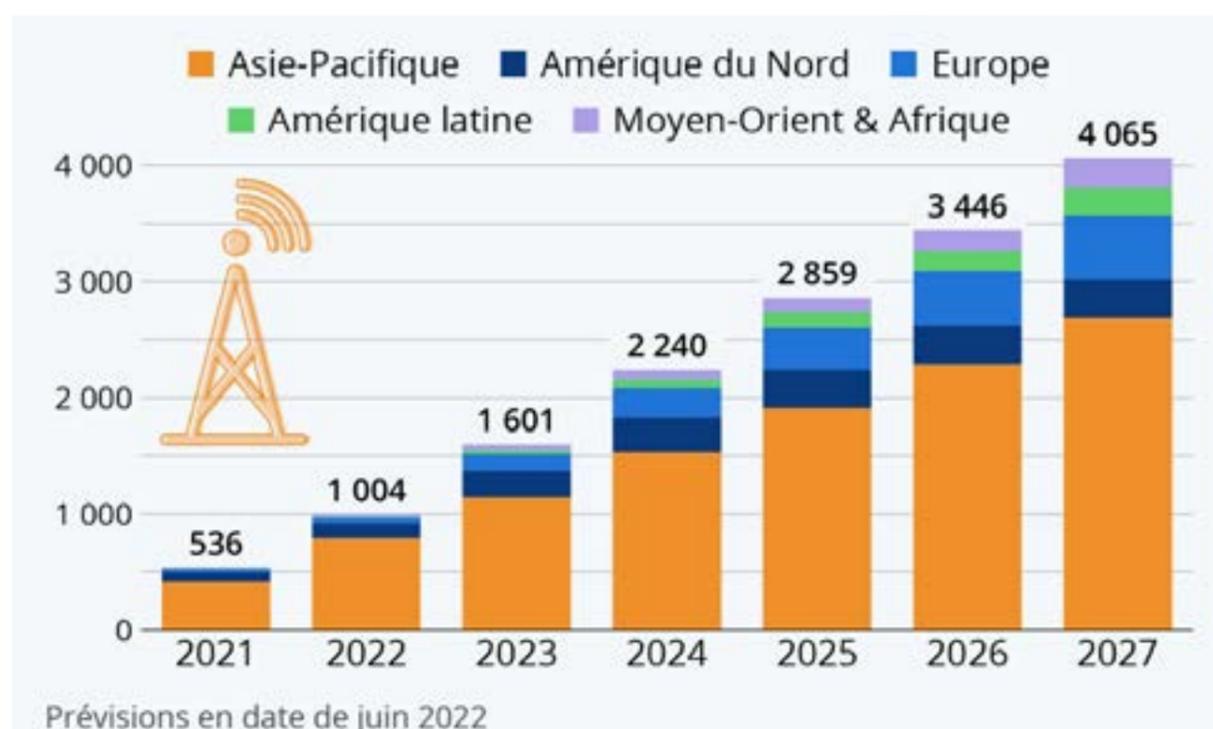
On aurait néanmoins tort de désespérer. Grâce aux différentes actions entreprises ces dernières années, le retard français peut être rattrapé, la dynamique au niveau mondial restant expérimentale et le marché de la 5G industrielle ne s'annonçant pas mature avant 2024 !



LES CHIFFRES CLÉS

LA 5G ET LA 6G DANS LE MONDE

ESTIMATION DU NOMBRE D'ABONNEMENTS MOBILES 5G EN MILLIONS



Source : <https://fr.statista.com/infographie/8293/nombre-abonnements-mobiles-5g/>

Le secteur des télécommunications, confronté à une transformation sans précédent et à une concurrence acharnée, se tourne vers les fusions-acquisitions pour se doter de nouvelles capacités afin de développer des réseaux de nouvelle génération. Après l'acquisition de Sprint par T-Mobile en 2020,

cette activité se déplace vers l'Europe, où les dirigeants du secteur des télécommunications affirment depuis longtemps que la consolidation est le seul moyen viable de suivre le rythme rapide de développement des infrastructures observé en Chine et en Amérique du Nord.

LA 5G ET LA 6G EN FRANCE

ESTIMATION DE L'INVESTISSEMENT DANS LES RÉSEAUX ET DE LA DEMANDE DE SERVICES 5G D'ICI 2027

Dépenses 5G des utilisateurs finaux en 2020

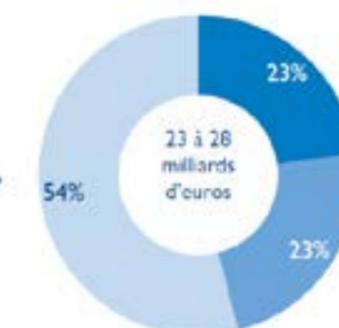


Entre 1,5 et 2,2 milliards d'euros investis par an

Pour construire et opérer les réseaux 5G publics et privés entre 2020 et 2027

Terminaux Solutions Connectivité et réseaux

Dépenses 5G des utilisateurs finaux en 2027



HYPOTHÈSE DE DÉPLOIEMENT DE LA 5G EN FRANCE ET DE L'ÉMERGENCE D'ENTREPRISES QUI SE POSITIONNENT SUR LA FOURNITURE D'ÉQUIPEMENTS ET DE LOGICIELS À L'HORIZON 2027

» Estimation des coûts pour construire et opérer les réseaux privés et publics 5G : entre 19 et 21 milliards d'euros.

» Les entreprises françaises pourraient arriver à capter entre 7.7 et 9.2 milliards d'euros (2021-2027), soit 40% à 45% des investissements totaux.

» 75 % des dépenses directes dans les solutions applicatives métiers devraient concerner les 5 secteurs suivants :

- Industrie 4.0 : entre 1,3 et 1,9 milliard d'euros
- Transports : entre 0,8 et 1,2 milliard d'euros
- Énergie et eau : entre 250 et 400 millions d'euros
- Santé : entre 330 et 500 millions d'euros
- Agriculture : entre 330 et 500 millions d'euros

L'ÉCOSYSTÈME 5G EN 2020

En valeur

2Mds€ générés par les dépenses en 5G
 dont 1Md€ généré par la construction et l'opération des réseaux 5G
 & 1Md€ généré par les smartphones 5G

En nombre d'entreprises

250 entreprises présentes en France
 dont 180 entreprises françaises,
 70 ETI et grandes entreprises
 & 100 PME

Sources : <https://www.ffttelecoms.org/5g/observatoire-de-la-filiere-5g-en-france/>

QUELS ENJEUX POUR LA FRANCE ?

Aux origines de FRAME xG...

UNE QUESTION DE SOUVERAINETÉ NATIONALE NUMÉRIQUE ET INDUSTRIELLE

La course vers la 5G est vitale pour la France en termes de souveraineté et de sécurité.

Si l'Europe a dominé le développement de la 2G et de la 3G, les Etats-Unis ont pris le leadership sur la 4G et la Chine de l'avance sur la 5G dans laquelle elle a investi pas moins de 400 milliards de dollars, en faisant une priorité nationale, au même titre que l'Intelligence Artificielle.

Dans l'Hexagone, l'enjeu du déploiement de la 5G est d'autant plus crucial qu'il s'appuyera sur des équipements soit chinois, comme Huawei, soit européens, comme Ericsson ou Nokia. Ce qui implique de développer les outils performants nécessaires en matière de cybersécurité... Comme le souligne IESF, « plusieurs acteurs ont la capacité de mener des actions contre les réseaux 5G afin de servir leurs intérêts : groupes criminels organisés, entreprises pour un vol de propriété intellectuelle, cyberterroristes... Mais les menaces les plus graves proviennent de la confidentialité, de la disponibilité et de l'intégrité compromises par l'action d'un Etat ou d'un acteur soutenu par un Etat »...

ACTIONS, RÉACTION !

Il était donc urgent de réagir ! Pour la France, il s'agit en effet d'accompagner la relance de son industrie et, au-delà d'elle, de son économie. Cette réindustrialisation dépend étroitement de la transformation numérique. A ce titre, la 5G est stratégique. Aussi, conscient du retard pris et de la nécessité de le combler, le gouvernement français a lancé dès **2013**, sous la présidence de François Hollande, « **La nouvelle France industrielle** », dont l'action « Recherche 5G » du plan souveraineté télécom a permis une sensibilisation et la forte contribution d'acteurs industriels et académiques à la phase de définition de la 5G.

En **juillet 2021**, sous Emmanuel Macron, le gouvernement lance la « **stratégie nationale d'accélération (SNA) sur la 5G et les futures technologies de réseaux de télécommunications** » au service du développement des PME et du renforcement des grands groupes, en particulier à l'international, avec en ligne de mire la 6G. Elle se décline autour de quatre grands axes :

1. Demande : contribuer à la compétitivité de l'économie française en développant les usages 5G au profit des territoires et de l'industrie
2. Offre : construire une offre française



Le marché des télécoms en France, un écosystème très dynamique*

- Forte implantation des équipementiers européens historiques Nokia et Ericsson dans le pays
- 180 entreprises françaises impliquées sur la 5G, dont 100 PME innovantes
- Des laboratoires de recherche en pointe
- Des opérateurs de communications électroniques qui déploient les réseaux publics.
- Une filière structurée au sein du comité stratégique de filière « Infrastructures numériques » avec un groupe de travail dédié à la 5G

* Source : « La 5G au service de la compétitivité industrielle française », France Relance, juillet 2021

souveraine sur les réseaux télécoms à horizon 2022-2023

3. R&D : soutenir une R&D française de pointe sur les futures technologies de réseaux
4. Formation : renforcer la formation et attirer les talents pour répondre aux besoins de compétences sur la conception et le déploiement des réseaux du futur.

Les objectifs de la SNA, fixés pour 2025, sont ambitieux : créer 20 000 emplois, accompagner la croissance de la 5G en France en visant un marché de 15 milliards d'euros, être au côté des PME hexagonales innovantes du secteur pour qu'elles réalisent plus de la moitié de leur chiffre d'affaires à l'export, et renforcer l'excellence scientifique et la visibilité internationale.

La même année, le gouvernement annonçait consacrer, via France Relance et le Programme d'investissements d'avenir (PIA), 480 millions d'euros de financements publics pour soutenir des projets prioritaires d'ici 2022, et viser jusqu'à 735 millions d'ici 2025, pour mobiliser in fine, par effet de levier, jusqu'à 1,7 milliard d'investissements.

En septembre, il crée une **mission sur la 5G industrielle** pilotée par Philippe Herbert (voir interview). Son but : amplifier les synergies entre équipementiers, opérateurs, industriels, startups et investisseurs afin de faciliter son déploiement en milieu industriel.

La 5G industrielle fait en effet partie des priorités du plan **France 2030** annoncé en octobre 2021 par le Président Macron, doté de 34 milliards d'euros déployés sur 5 ans et visant à développer la compétitivité industrielle et les technologies d'avenir.

En parallèle, le gouvernement a également mis en place de nombreuses mesures afin de faciliter le déploiement des projets : fréquences dédiées avec une tarification adaptée, financement de 21 expérimentations de cas d'usage sur l'ensemble du territoire, accompagnement des territoires d'industrie dans l'émergence de nouveaux projets et bientôt de nouveaux espaces dédiés à l'expérimentation de projets dans les campus fablab 5G.

VOUS AVEZ DIT « FRAME XG » ?

C'est dans le cadre de la SNA, visant le retour du pays dans le peloton mondial de la 5G, que s'inscrit le « French Program for IP Massification of Europe in xG », plus communément appelé... « FRAME xG ».

Son ambition ? Redonner à l'Hexagone une place prépondérante dans les futurs réseaux de communication xG, en mettant en place un dispositif de massification de brevets, une action soutenue dans la normalisation et une stratégie de transfert vers la sphère industrielle. Sont ainsi attendus plus de 150 familles de brevets en tout.

Il est piloté, pour la phase pré-maturation, par l'Institut Mines-Télécom, membre fondateur de l'Alliance Industrie du Futur et, pour la phase maturation, par la SATT Ouest Valorisation, tous deux lauréats de l'appel à projets organisé dans le cadre de France 2030. FRAME xG vise, en coordination avec les forces de recherche structurées dans le cadre du Programme et Équipements Prioritaires de Recherche – PEPR – 5G, à apporter sa contribution à la valorisation de la propriété intellectuelle liée aux technologies de la 6G des acteurs télécoms français dans les forums de standardisation.

Le 10 juillet dernier, dans le cadre de France 2030, Sylvie Retailleau, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, et Jean-Noël Barrot, ministre délégué chargé de la Transition numérique et des Télécommunications, ont en effet annoncé le lancement de ce PEPR « Réseaux du Futur » copiloté par le CEA, le CNRS et l'Institut Mines-Télécom, et doté de 65 millions d'euros sur six ans. Il a pour ambition de « soutenir l'excellence scientifique dans ce domaine et de répondre aux besoins technologiques d'innovation industrielle dans le domaine des réseaux du futur ». Il aura pour mission de « proposer une plateforme 'France 6G' afin de préparer au mieux l'arrivée de la sixième génération des réseaux ».

La mission de l'IMT et de Ouest Valorisation consiste à organiser la rencontre entre les chercheurs, les PME et de grands groupes via des actions spécifiques, et à fédérer les activités de transfert des principaux acteurs du monde académique via les membres du consortium : Eurecom, l'Institut Polytechnique de Paris, les SATT Aquitaine Science Transfert, AxLR, Erganeo, Linksium, Nord, Paris-Saclay, Sayens, Sud Est et Toulouse Tech Transfert, l'Agence Aliénor Transfert, l'Université Grenoble Alpes et l'Université Paris-Saclay.

VERS LA 6G... ET AU-DELÀ !

Le fait que ce programme se nomme FRAME xG et non FRAME 5G est tout sauf anodin. En effet, alors que la 5G se déploie, des recherches sur la 6G sont déjà menées à travers le monde dans les laboratoires, les entreprises télécoms, l'industrie des composants, les fabricants et les gestionnaires de réseaux, les concepteurs de logiciels... Au point que les premiers réseaux devraient être opérationnels en 2028. Les débits attendus seraient environ 100 fois supérieurs à ceux de la 5G, pour une ouverture au public en 2030. Cet avènement de la 6G crée donc un nouveau défi pour FRAME xG !



UNE PRIORITÉ NATIONALE



Marc Jamet

Directeur de projet 5G et réseaux du futur à la Direction Générale des Entreprises, Coordinateur de la stratégie d'accélération 5G et réseaux du futur à gauche

& Philippe Herbert

Président de la mission 5G industrielle de la DGE à droite

Pourquoi la 5G et la 6G constituent-elles une priorité nationale ?

Marc Jamet – La première raison est que les moyens de communication électroniques, et notamment mobiles, sont absolument essentiels en termes de souveraineté : il s'agit de la maîtrise de nos communications critiques, de notre Défense, de nos forces de sécurité... Elles représentent également une source de compétitivité essentielle pour le développement de notre économie en général, et de notre industrie en particulier. Enfin, elles forment un gisement de valeurs pour les industriels français au sens large, et pas uniquement ceux des télécoms.

Philippe Herbert – Elles s'inscrivent en effet dans un plan plus général qui concerne l'industrie du futur et la réindustrialisation. La 5G et demain la 6G constituent des éléments qui vont permettre de démultiplier les effets de la numérisation, de la robotisation et de l'intelligence artificielle. Il est donc important de les resituer les unes AVEC, et non pas A COTE des autres : il est impossible d'être compétitif dans l'industrie 4.0 ou 5.0 sans une bonne infrastructure ou des réseaux de communication tels que la 5G et demain la 6G.

Quels sont les enjeux stratégiques liés à l'industrie 4.0/5.0 pour les industriels français ?

PH – Concernant l'industrie 4.0 et 5.0, la démarche consiste à mettre en œuvre de la data dans tous les domaines, que ce soit au niveau de la conception, de la production

ou de la maintenance. La 5G permet de véhiculer ces données, avec une contrainte de volumes très fortement diminuée par rapport à la Wifi grâce au haut débit, une latence de type temps réel et une sécurité accrue. Autant d'ingrédients stratégiques ! La distinction 4.0/5.0 me semble par ailleurs très importante car elle implique la contribution environnementale apportée par la 5G.

Les industriels consomment moins d'énergie, améliorent leur empreinte carbone et prennent en compte la recyclabilité des produits sur l'ensemble de leur cycle de vie.

MJ – Nous parlons de communications mobiles qui, de fait, permettent de réaliser beaucoup d'actions différentes et nouvelles sur un site : des usines reconfigurables par exemple, capables d'organiser leur production beaucoup plus rapidement, d'expérimenter... La fiabilité est essentielle en matière de process industriel : c'est tout l'enjeu stratégique de la 5G pour l'industrie du futur. De même, l'aspect environnemental est primordial : elle a des bénéfices au niveau du process et de l'efficacité énergétique, même s'il reste à faire des efforts pour réduire l'empreinte carbone et améliorer la recyclabilité des équipements.

Quelles sont les principales actions entreprises en faveur du déploiement de la 5G ?

MJ – Je suis coordinateur d'une stratégie d'accélération sur la 5G et les réseaux du

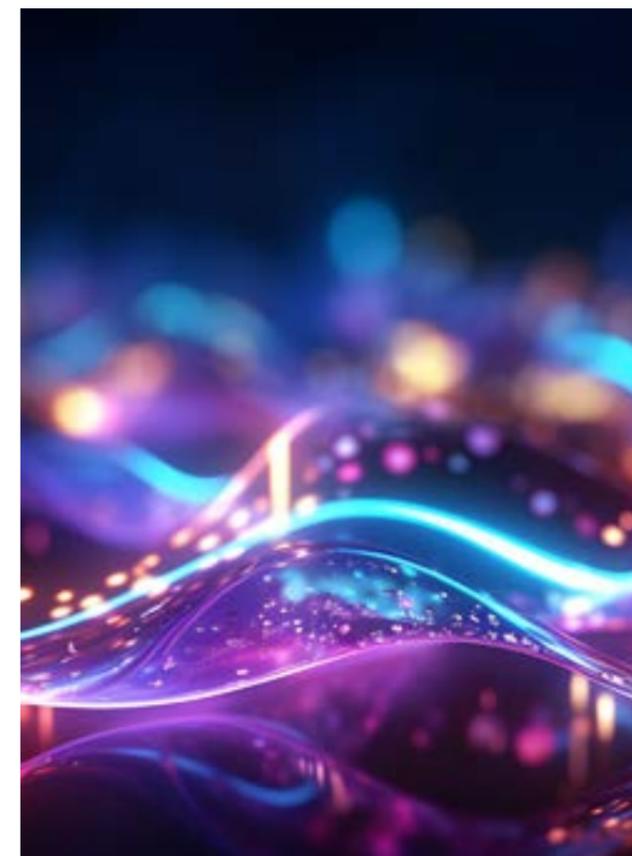
futur dans le cadre de France 2030. Ce grand plan représente 54 milliards d'euros d'investissements dans l'innovation pour préparer le pays et sa prospérité future à cette échéance en misant sur le numérique, l'espace et toutes les technologies susceptibles de transformer l'industrie et l'économie.

Entre 2021 et 2025, 735 millions d'euros seront investis dans les réseaux du futur.

Une somme répartie à la fois dans le développement des usages – une partie de notre stratégie ayant consisté à créer des cas d'usage et à les expérimenter –, mais aussi dans la création d'une offre souveraine nationale autour de briques technologiques nécessaires à la 5G. Celles-ci permettront de faire émerger des offreurs de solutions dans l'Hexagone tout au long de la chaîne de valeur, quand la 5G est aujourd'hui essentiellement fournie par les grands équipementiers mondiaux, Huawei en tête, suivi de Nokia et Ericsson. En plus du développement des usages et de cette offre technologique souveraine, deux autres aspects sont fondamentaux : la R&D et la formation, centrale tant pour les organismes de recherche publics que pour les entreprises qui fournissent ou utilisent la 5G. Notre équipe à la Direction Générale des Entreprises articule ces efforts sur le financement avec le travail de toute la filière dans le cadre du comité stratégique de filière Infrastructures numériques pour structurer et améliorer la visibilité des offres souveraines 5G.

PH – La première partie de la mission qui m'a été confiée par les ministres consistait à réaliser un état des lieux et donner une impulsion. Cela a permis de faire bouger les lignes et de faciliter l'accès aux fréquences. Il convient désormais de passer à un deuxième temps fort en travaillant non plus la pointe de l'iceberg mais sa partie immergée qui contient nombre de facettes sur les différentes filières industrielles. Comme Marc l'a évoqué, le gouvernement a impulsé très tôt un certain nombre de cas d'usages en finançant 21 plateformes réparties sur le territoire qu'il

me revient à présent d'animer. Deux campus fablab 5G, sensiblement sur le même principe, s'y sont ajoutés suite à la première partie de ma mission : y sont regroupées connaissances et expertises de façon à ce que les industriels puissent travailler sur des cas concrets et aller au-delà du simple showroom. Ces plateformes constituent un terreau des cas d'usage que nous souhaitons diffuser au maximum dans les territoires d'industrie. La réindustrialisation en dépend également : elle passe essentiellement par ces technologies, de façon à ne pas faire un copier-coller de ce qui se passe aujourd'hui ou dans d'autres pays.



En quoi Frame xG constitue-t-il une composante importante de cette stratégie ?

MJ – Il se trouve à l'intersection de notre double ambition d'une part de soutenir une recherche fondamentale et appliquée vivante et active et d'avoir d'autre part une offre technologique souveraine sur la 5G et les réseaux du futur. Le transfert de technologies



et la réflexion sur la standardisation et les brevets constituent des piliers centraux du pont à ériger entre la recherche publique et les applications industrielles via la création d'une offre technologique.

L'objectif de France 2030 est de soutenir en priorité les acteurs émergents et très innovants. Frame xG peut être un pilier de cette ambition.

PH – Tout ce qui peut contribuer à aider et favoriser l'accès à la 5G et aux futures générations est bienvenu... à condition de ne pas oublier que cela implique aussi de la nouveauté en matière de compétences, d'installations, de typologies de communication...

MJ – Il existe effectivement une responsabilité des entreprises à se saisir de ces technologies. Frame xG constitue une aide supplémentaire pour valoriser l'existant et les efforts à venir sur les technologies de réseaux. Il s'articule avec d'autres dispositifs comme le PEPR, essentiel pour donner l'impulsion à la recherche publique sur les réseaux du futur, que ce soit sur des points techniques, tels les architectures réseaux, ou sur la réflexion sociétale liée à ces technologies et aux aspects environnementaux. Tout cela s'articulera

aussi avec un dispositif récemment lancé, France 6G, confié à l'IMT et qui vise à unifier les efforts français pour donner une meilleure visibilité internationale à l'écosystème 6G français et prioriser nos efforts vers les nouveaux champs de recherche qui s'ouvrent, comme l'IA pour les réseaux ou les surfaces intelligentes reconfigurables... Il doit ainsi nous permettre de mieux faire travailler ensemble les acteurs publics et privés pour peser davantage sur les standards internationaux de la 6G qui commencent à être discutés. Une ambition commune à Frame xG... et une collaboration qui s'avère des plus prometteuses !

Quels champs de recherche couvre Frame xG ?

MJ – Il s'agit de toutes les technologies de communication mobile, de l'architecture à la sécurité, en passant par les différentes briques des réseaux, les cœurs de réseau, le réseau d'accès radio... Il s'articule donc parfaitement dans notre stratégie nationale d'accélération qui vise à développer une offre souveraine sur l'intégralité des briques technologiques des réseaux mobiles.

PH – Il convient d'insister sur le fait qu'il est non seulement important mais nécessaire que l'ensemble des industriels français utilisateurs - et pas uniquement les constructeurs ou les fournisseurs de solutions - s'intéressent en amont et s'impliquent dans cette stratégie ! La France enregistre un retard sur la 5G précisément parce qu'ils ont considéré qu'elle ne constituait ni une priorité, ni même un sujet dont ils devaient s'emparer. Ils doivent rentrer dans les différentes démarches et consortiums avec plus qu'une écoute attentive : une participation !

Quelles sont les missions et les priorités stratégiques de Frame xG ?

MJ – Travailler sur le transfert des technologies par la création d'entreprises en partenariat avec ou au sein des laboratoires de recherche ou par la vente à des entreprises intéressées. Y compris, comme Philippe l'a très justement souligné, les

intégrateurs et les industriels en général. Ce point est essentiel !

Frame xG se doit d'accompagner les détenteurs de brevets pour non seulement les protéger, mais aussi les mener vers la standardisation et les faire reconnaître comme essentiels aux normes.

Ce qui constitue un immense défi compte tenu des forces en présence dans les instances internationales, notamment dans le cadre du 3GPP.

PH – Il existe en effet d'énormes enjeux de souveraineté : les orientations d'aujourd'hui décideront des outils industriels de demain, de leur mise en œuvre et de leur utilisation. Cela va très loin ! L'écomobilité place ainsi la 5G au centre de la voiture, de sa fabrication à ses équipements, en passant par son environnement. Or, si nous ne sommes pas partie prenante dans leurs définitions, nous serons dépendants de l'étranger. Littéralement laissés sur le bord de la route...

Quels sont les atouts des laboratoires et de l'écosystème français de la recherche sur la 5G et la 6G ?

MJ – La France possède de forts atouts, à commencer par un réseau d'écoles très important.

Sa capacité à passer de la recherche publique à la recherche privée, avec en particulier des structures telles que les SATT, est aussi importante : leur rôle dans le cadre de France 2030 est primordial pour valoriser le travail des chercheurs.

Nous ne sommes pas forcément les meilleurs : il reste beaucoup à faire et c'est un défi que Frame xG doit relever. Mais la richesse de notre écosystème est reconnue partout dans le monde : la recherche publique sur les communications mobiles représente près d'un millier de chercheurs, une centaine d'équipes et une trentaine d'instituts, universités et laboratoires. Dans le cadre de la stratégie d'accélération nationale, nous travaillons à mieux la connecter à d'autres équipes, notamment au niveau européen. La recherche

portée par des acteurs privés est également importante, à la fois via l'implantation en France des grands équipementiers européens, Nokia et Ericsson, mais aussi les principaux acteurs hexagonaux et notamment l'opérateur historique Orange qui investit beaucoup dans la recherche et l'innovation. Les grandes entreprises qui se situent à l'intersection des mondes des télécommunications, des satellites et de l'industrie, ainsi que notre écosystème très dynamique de start-ups, encouragé dans le cadre de France 2030 et de la French Tech, constituent autant d'atouts complémentaires.

PH – Autant il est malheureusement exact qu'en matière de hardware ou d'antennes, la France est très peu présente, autant nos capacités en logiciels sont réelles et il convient d'en profiter ! Nous bénéficions d'acteurs très importants pour gérer à la fois les qualités des cœurs de réseaux et tout ce qui pourra être ajouté en termes d'intelligence ou de capacité d'échange. Se nourrir du travail des laboratoires et de la recherche française permettra de créer des acteurs de taille européenne, voire mondiale, dans le domaine. Il faut aller plus loin, être toujours plus ambitieux !

Qu'attendez-vous des chercheurs de ces laboratoires ?

MJ – Qu'ils aient l'envie de proposer des projets dans le cadre de Frame xG. Le programme doit les inciter à valoriser les brevets déposés, soit par la création d'entreprises individuelles, soit en expliquant en quoi les technologies identifiées sont valorisables dans l'activité économique des entreprises.

PH – Qu'ils viennent sur le terrain avec leurs connaissances pour que nous puissions faire le lien entre les industriels, avec leurs activités, leurs projets ou encore leurs enjeux, et eux.

Tout le monde gagnera à plus d'échanges et d'interactions, les chercheurs en acquérant plus de reconnaissance et de moyens, et les industriels en se trouvant intégrés plus tôt dans le circuit !

LES APPORTS ATTENDUS DE L'INNOVATION SUR LE MARCHÉ

Les auteurs du livre blanc « La 5G industrielle : quelles opportunités pour les PME et ETI ? » répertorient plusieurs types d'attentes. Zoom sur quelques changements majeurs en cours...

LES AVANTAGES DU TRÈS HAUT DÉBIT

Ils soulignent que les performances de la 5G permettent d'optimiser le fonctionnement des AGV - Véhicules à Guidage Automatique : « grâce aux gros volumes de données échangées en temps réel, les AGV peuvent mieux se repérer dans leur environnement, en exploitant notamment des caméras HD comme capteurs. L'AGV est plus agile et peut évoluer plus rapidement ».

Le débit élevé de la 5G ouvre aussi de nombreuses perspectives en matière de vidéo, notamment pour le contrôle qualité.

LATENCE FAIBLE = RÉACTIVITÉ ÉLEVÉE

La latence faible constitue, quant à elle, un avantage pour les services nécessitant une grande réactivité. Ainsi pour l'opérateur augmenté qui superpose des images 3D, via une tablette ou des lunettes connectées, à celles captées en temps réel par le terminal. A titre d'exemple, l'Institut Carnot Télécom & Société numérique (labellisation IMT) a déployé le projet « A Men » avec elm.leblanc pour former en direct des opérateurs de production à l'aide d'un casque de réalité augmentée qui leur donne des instructions en temps réel sur leur chaîne d'assemblage.

Selon les auteurs, « le pilotage à distance de robots peut bien entendu tirer parti également de cette latence faible, par exemple pour les arrêts de sécurité, qui se doivent d'être le plus

réactifs possibles. Et elle est décisive pour les véhicules autonomes lourds », utilisés notamment dans des zones à risques.

UNE PRIORITÉ : LA SÉCURITÉ

Par ses qualités et sa fiabilité, la 5G est particulièrement adaptée à la couverture de larges espaces, y compris lorsqu'ils sont métalliques, car elle se révèle peu sensible aux perturbations radio générées par certains matériaux très présents dans l'industrie, à commencer par le métal. Sécurité des opérateurs, levage, connectivité... les exemples d'applications à en bénéficier sont légion.

Ces atouts en font aussi un allié primordial en matière de cybersécurité. De nombreuses brigades de cyberprotection sont en effet intégrées à la norme 5G. Un atout de taille pour l'instrumentation des automates et, plus largement, pour le déploiement progressif des objets connectés - IoT - dans les usines.

La 5G constitue également un vrai plus pour la convergence des réseaux IT (Information technology, par essence paramétrable et qui désigne le matériel et les logiciels) et OT (Operational technology, qui comprend le matériel et son logiciel de fonctionnement, ou firmware, pour superviser les dispositifs et les processus physiques). En effet la norme intègre des protocoles réseaux industriels centraux tels qu'OPC UA, EtherNet/IP ou Modbus.

PEPR ET FRAME XG : UNE COLLABORATION AU SERVICE DE LA STRATÉGIE NATIONALE



Daniel Kofman

Professeur à l'Institut Mines-Télécom, co-fondateur et directeur de LINCS



Serge Verdeyme

Professeur à l'université de Limoges et spécialiste en électronique des hautes fréquences au sein du laboratoire XLIM (CNRS/Université de Limoges)

>> Tous deux codirecteurs du PEPR Réseaux du Futur, copiloté par le CNRS, le CEA et l'IMT, apportent leur éclairage sur les enjeux actuels du monde de la recherche, ses atouts, les attentes... et la coopération précieuse et étroite qui les lie avec Frame xG !

Quels champs de recherche couvrent le PEPR et Frame xG ?

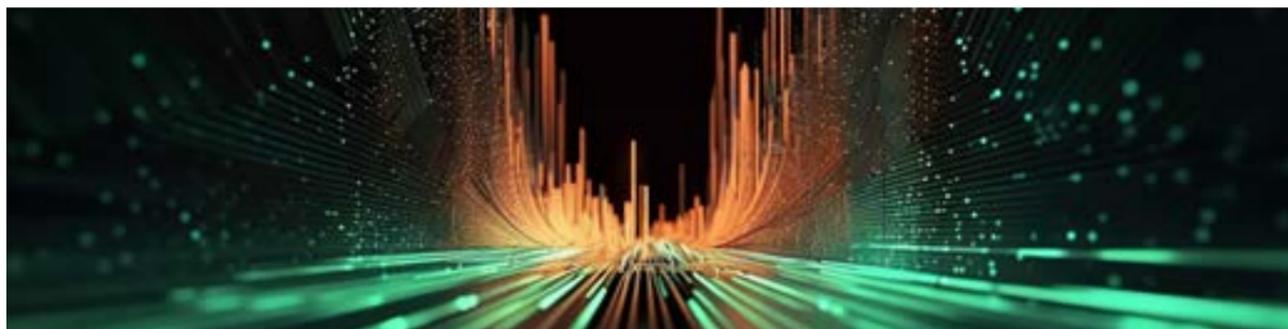
Daniel Kofman - Tous deux font partie de la stratégie nationale sur les réseaux du futur qui s'organise autour de quatre volets. Le premier concerne l'offre et coiffe tout ce qui est produit en matière de technologies et solutions. Le deuxième a trait à la demande et donc à la façon dont la société et les entreprises vont utiliser ces technologies pour leur numérisation, en produisant de nouveaux produits et services se traduisant par une forte création de valeur et de nouveaux usages. Le troisième est la recherche et l'éducation, et la formation le quatrième.

Le PEPR a été conçu pour le troisième volet mais avec l'objectif de mettre en place des synergies fortes avec les trois autres afin de contribuer au mieux aux objectifs de la stratégie nationale, notamment de souveraineté.

Des liens sont donc mis en place avec les autres axes, notamment en ce qui concerne le transfert, en destinant pour cela une partie du budget. Frame xG a été conçu pour faciliter le transfert et c'est dans ce contexte-là que nous mettons en place des synergies très fortes entre les deux initiatives.

Le PEPR couvre et articule la totalité de

la chaîne technologique du domaine, du composant aux applications, en passant par les couches physiques évoluées (intégrant par exemple des solutions comme les surfaces intelligentes réfléchissantes), les nouvelles architectures (notamment convergentes réseau-cloud-sensing) et de nouveaux paradigmes tels que les réseaux non-terrestres basés sur des satellites à orbite basse ou des drones. Son champ de couverture est donc très large : il s'intéresse aux réseaux du futur dans leur ensemble, bien au-delà des seuls 5G et 6G, pour englober tous les moyens de communication. Il se penche aussi sur l'interaction forte entre les réseaux et le cloud, deux filières pourtant longtemps séparées, les premiers utilisant le second pour construire leurs infrastructures et des solutions jointes étant mises en place, comme dans le Edge Computing qui permet de réduire les temps de latence. Autre champ d'intérêt, le Sensing, les fréquences élevées déployées permettant d'aller bien au-delà de la géolocalisation pour permettre de « voir » à travers les infrastructures de réseaux grâce des fonctions de type radar et autres. Mais le PEPR s'intéresse aussi et surtout à la convergence avec les filières verticales, au premier rang desquelles les transports, l'énergie et la santé, via les synergies technologiques entre leurs différents acteurs. Il s'agit de concevoir conjointement les



solutions de demain et d'arriver à désiloter le processus de numérisation pour permettre ainsi une grande diversité de nouveaux services trans-sectoriels, ce qui représente un changement de paradigme.

Serge Verdeyme - Ce qui est particulièrement intéressant dans la stratégie nationale dans laquelle le PEPR et Frame xG s'inscrivent, c'est effectivement qu'elle réunit des communautés scientifiques très larges, émanant du secteur industriel, de la recherche publique et privée, du secteur de la formation. Depuis plus de dix ans, il n'existait plus de structuration au niveau national permettant de rassembler tous ces acteurs pour partager des stratégies communes. Il n'y avait plus par exemple d'appels à projets portés par l'ANR spécifiques aux télécoms, permettant à la communauté de définir ses enjeux prioritaires, puis de sélectionner les dossiers les plus pertinents, en couvrant des champs thématiques très larges, des usages, des architectures réseaux jusqu'aux composants matériels. Or ces thématiques ne peuvent être traitées indépendamment dans les futurs réseaux, notamment pour des questions de virtualisation, de flexibilité, d'adaptation dynamique des réseaux aux besoins. La stratégie nationale adressant la 5G et les réseaux du futur permet de pallier ce manque. Sur les volets prématuration et maturation, que couvrent le PEPR et Frame xG, des outils existaient, mais n'étaient pas spécifiques au périmètre des réseaux du futur ; chercheurs, SATT et industriels vont désormais pouvoir s'organiser ensemble et décider conjointement des priorités !

Quelles sont les priorités stratégiques du PEPR et de Frame xG ?

DK - Dans le cadre de la stratégie nationale, nous travaillons en collaboration avec des industriels dans le but de créer des synergies

fortes. Notre objectif est d'articuler tout ce qui s'avère prometteur en France au niveau de la recherche académique pour développer un leadership dans certains secteurs et rester à la pointe sur l'ensemble des technologies, afin d'améliorer l'impact du pays aux plans national et international en transférant le plus rapidement possible les résultats de ces travaux au travers des divers vecteurs : les brevets, la normalisation, le transfert vers des unités d'affaires d'entreprises établies et l'entrepreneuriat. Cela est nécessaire pour garantir le développement de la société en général à une ère où, plus que jamais, l'accès aux services dérivés des avancées du numérique représente un élément-clé pour l'empowerment des citoyens, pour leur qualité de vie et bien évidemment pour le développement économique du pays.

SV - La grande priorité stratégique est effectivement à mon sens la souveraineté au niveau européen, avec un Etat français organisé pour tenir un rôle de leader dans cet espace.

Cette question de souveraineté est primordiale dans ce champ des réseaux du futur, car les structurations industrielles, commerciales, la nature des services pourraient évoluer fortement dans les années à venir.

Une illustration avec le déploiement des NTN, réseaux non terrestres composés de satellites sur différentes orbites, de drones, de ballons, intégrés en convergence avec les réseaux terrestres : qui seront les opérateurs de ces gros réseaux ? Seront-ils français, américains, asiatiques ? Les futurs réseaux constituent des vecteurs d'innovation importants dans de nombreux secteurs - industrie, santé, transports... - et leur déploiement pose des questions sociétales. Nous devons en avoir la maîtrise

au niveau européen. Il est donc très important de travailler sur la 5G et la 6G pour peser au niveau mondial sur les standards, le développement des usages, ou encore le contrôle des réglementations en lien notamment avec le développement durable.

Sur ce dernier volet, une rupture s'est engagée avec la 5G. Elle va se renforcer avec la génération suivante : la capacité du réseau doit s'adapter aux besoins. Il n'est plus question par exemple de maintenir pour un même usager une même capacité de service dans le temps : dans certains cas, cette capacité serait sous-estimée, mais le plus souvent irait très au-delà du besoin, avec une efficacité énergétique alors faible.

L'idée forte derrière la 5G et la 6G est de faire du sur-mesure, de bénéficier d'une flexibilité pour pouvoir déployer le réseau nécessaire à l'usage demandé.

Une même infrastructure doit s'adapter à différents besoins de manière dynamique en temps réel. Ce qui ouvre la voie à des champs de recherche importants dans tous les domaines. Pour vous donner un exemple, je travaille dans celui des composants et circuits hautes fréquences et nous avons pendant longtemps conçu des composants non flexibles, à la fonction immuable durant toute leur durée de vie. Or, il faut maintenant être capable de modifier les spécifications de ces circuits selon les besoins, ou du moins les rendre compatibles avec une adaptation dynamique du réseau, ce qui implique des recherches sur des composants, circuits, antennes innovants, liés à l'environnement réseau dans lequel ils seront intégrés. Le PEPR et Frame xG permettent de réunir la communauté scientifique autour de cet enjeu.

Quels sont les atouts des laboratoires et de l'écosystème français de la recherche sur la 5G et la 6G ?

DK - Ils sont nombreux ! Le premier, et peut-être le plus important, est qu'ils sont capables, conjointement, de couvrir l'ensemble de la chaîne technologique, des composants optiques et électroniques aux architectures de services, en passant par les nouvelles couches physiques et les nouvelles architectures de réseaux, et notamment les architectures convergentes citées plus haut. Les nouvelles architectures

sont très innovantes, virtualisées, de plus en plus basées sur des approches logicielles qui permettent plus de flexibilité dans l'introduction des nouvelles fonctionnalités, dans leur localisation, dans l'allocation dynamique de ressources, entre autres. En complément des architectures de réseaux convergents, les chercheurs français



s'intéressent à celles des services et aux applicatives, couvrant ainsi l'ensemble de la chaîne.

Un deuxième atout internationalement reconnu est leur forte capacité à concevoir et à utiliser tous les outils nécessaires à la conception et l'optimisation de ces systèmes, qu'ils soient mathématiques, d'intelligence artificielle, de simulation, de plateformes... La France est très forte en modélisation mathématique pour construire les outils nécessaires à la planification et à l'opération efficace des réseaux. Par efficacité, nous comprenons ici la minimisation dans la consommation de ressources, qu'elles soient spectrales, de calcul, de stockage, d'énergie, etc., tout en offrant le niveau de service attendu.

SV - A mon sens, si l'on prend les différentes strates des télécoms, des usages à l'architecture des réseaux, en passant par le traitement du signal et la partie matérielle, nous avons en effet de bonnes équipes de recherche dans tous ces secteurs avec un taux de publications d'un bon niveau. Nous pouvons sur ces bases défendre notre ambition de traiter des réseaux de bout en bout.

La stratégie d'accélération doit nous permettre de nous renforcer et de générer des 'pépites',

au moins sur des niches dans chacune de ces strates, et d'intégrer des programmes européens et internationaux, au côté de groupes de recherche aux compétences complémentaires aux nôtres, pour contribuer fortement à ce que seront les réseaux du futur.

Qu'attendez-vous des chercheurs de ces laboratoires ?

DK - En premier lieu, leurs compétences, multiples et de haut niveau, et leur ouverture d'esprit afin de mettre en place les synergies nécessaires à la réussite de la stratégie nationale. L'un des objectifs majeurs du PEPR est en effet d'articuler la communauté de recherche française pour lui donner plus de poids. Lors de son lancement en juillet dernier, les chercheurs se sont montrés très ouverts à cette collaboration et se sont félicités de cet effort d'articulation d'une communauté qui s'était trop dispersée durant la dernière décennie.

Nous attendons aussi d'eux qu'ils s'ouvrent au transfert, encore insuffisant dans le monde académique du domaine, en termes de brevets et de contribution à la standardisation, vers les entreprises établies ou via des start-ups. Nous observons une appétence accrue pour le transfert et l'entrepreneuriat, un réveil bienvenu car la France est encore en retard, malgré les progrès, par rapport aux pays leaders dans leurs capacités de transfert.

SV - Nous attendons effectivement une accélération de la production de connaissances et du transfert de nos résultats de recherche.

Au niveau du PEPR, nous allons recruter plus d'une centaine de doctorants et doctorantes et une soixantaine de post-docs, en plus des personnels permanents, pour travailler sur ces sujets.

Ces ressources supplémentaires, associées à la structuration de la communauté dans son ensemble, vont permettre une identification plus forte de nos recherches au niveau international et des transferts plus importants vers le secteur industriel.



Pourquoi ce rapprochement entre le PEPR et Frame xG ?

DK - Frame xG est une initiative, également financée par l'Etat, qui vise à accélérer le transfert dans un domaine très proche de celui du PEPR. Nous nous sommes donc mis d'accord pour travailler ensemble et collaborer de diverses manières : mise en place d'activités communes pour la détection d'opportunités de transfert, mise en place de comités de sélections communs, articulation dans l'attribution de budgets, contribution du PEPR à travers notre réseau d'industriels, d'incubateurs, d'accélérateurs et de financeurs internationaux sur tout ce qui a trait à l'entrepreneuriat et l'innovation dans le secteur, mais aussi à la résolution de problèmes technologiques auxquels les initiatives financées pourraient se voir confrontées en cours de prématuration ou de maturation, requérant un effort de recherche supplémentaire.

SV - Le PEPR et Frame xG, qui s'inscrivent dans la même stratégie nationale, ne constituent pas des outils isolés mais un tout qui couvre la totalité de la chaîne et vise à réunir tous ses acteurs.

Le défi consiste à faire fonctionner cet ensemble en mettant en place conjointement des méthodes de travail, afin notamment de faire bénéficier chacun du réseau des autres.

En effet, si les SATT, les organismes de recherche, les universités et écoles font du transfert depuis de nombreuses années, chacun couvrait une multitude de secteurs et n'était donc jusqu'à présent pas thématique, et un réseau national n'était pas constitué. Or le domaine des télécoms possède des spécificités propres, par la standardisation et l'importance des brevets essentiels aux normes notamment. Il est donc nécessaire de développer des méthodologies spécifiques entre secteur académique, SATT et secteur industriel, ce que permet la stratégie d'accélération par son périmètre. Notre ambition doit être de les pérenniser sur le long terme, au-delà de la période couverte par France 2023. Entre Frame xG et le PEPR, nous travaillons en bonne intelligence dans le même périmètre thématique, dans le même contexte, avec notamment la même ambition de générer des brevets essentiels aux normes et de peser sur la standardisation.

Nous sommes complémentaires dans nos positionnements.

Les projets portés par Frame xG s'appuient sur un actif pour permettre une maturation par une SATT, alors qu'une part des projets du PEPR peut générer un savoir-faire transféré directement à l'industriel qui opérera en interne la maturation. L'ensemble Frame xG / PEPR permet ainsi de soutenir des innovations de nature plus large que nous ne le ferions chacun de notre côté. Le PEPR se limite à des financements pour des opérations de prématuration, à un niveau de TRL ne dépassant pas 4, et n'adresse pas la maturation. Engager une prématuration sans vision sur la phase de maturation qui suivra n'a cependant pas de sens. Les projets du PEPR s'appuieront, par le lien à Frame xG, sur le savoir-faire des SATT en termes de maturation et d'accompagnement du réseau. Par le PEPR, nous amenons à Frame xG un réseau de chercheurs organisé : le PEPR compte aujourd'hui une dizaine de projets qui devraient à terme être portés à une vingtaine, avec des porteurs et des

co-porteurs identifiés, ainsi qu'un nombre important de laboratoires. Ces porteurs de projets de recherche et leur réseau tiendront un rôle important pour la sensibilisation des chercheurs et la détection de projets d'innovation. Nous sommes donc très complémentaires dans nos positionnements !

Comment ce rapprochement se traduit-il concrètement et quel est son intérêt pour les chercheurs ?

SV - Le PEPR dispose d'une enveloppe d'environ 4,5 millions d'euros pour faire de la prématuration, à peu près équivalente à celle de Frame xG. Plutôt que de mettre en place deux guichets indépendants pour faire la même chose,

Nous créons un seul comité rassemblant les SATT, les chercheurs et les industriels, dont la mission sera de sélectionner en commun les dossiers.

Le gros travail qui nous reste à accomplir concerne la méthodologie qu'il nous faut mettre en place ensemble, avec les industriels. Il faut sensibiliser les chercheurs, détecter ensemble les résultats de recherche à même de générer un projet de prématuration. Traditionnellement, les chercheurs se donnent pour principal objectif de créer de la connaissance, pas nécessairement de valoriser leurs résultats par un transfert : il faut donc les accompagner dans ces démarches par l'identification d'un réseau de personnels venant en soutien en proximité du laboratoire, et par une mise en contact avec un réseau de partenaires industriels pour les phases de détection.

DK - Autre type de rapprochement non négligeable, dans le cadre de la transformation d'un résultat de recherche ou de tout autre type de résultat dans un produit ou service commercialisables, que ce soit par une start-up ou par une entreprise plus consolidée, il arrive souvent que l'on soit confronté à des verrous non identifiés préalablement, requérant un travail de recherche technologique supplémentaire ; autrement dit, il est bien connu que les processus d'innovation ne sont pas linéaires. Nous comptons contribuer à résoudre ces verrous conjointement, grâce aux plus de 200 chercheurs actifs du PEPR.

LE PANORAMA DES BREVETS

PANORAMA DES BREVETS ESSENTIELS À LA NORME (BEN) : QUI MÈNE LA COURSE À L'INNOVATION ET À LA COMMERCIALISATION DE LA NORME 5G ?

Le marché des licences de brevets essentiels aux normes 5G est en passe de devenir l'un des plus lucratifs, pas seulement en termes de redevances, mais également pour le maintien de la domination au sein de chaînes de valeur industrielles de plus en plus concurrentielles. La course aux brevets 5G est plus compétitive que jamais, avec des implications géopolitiques où les pays se disputent le leadership technologique dans des domaines d'applications stratégiques.

Le rapport de LexisNexis intitulé « Who Is Leading the 5G Patent Race ? »¹⁻² publié en octobre 2023 apporte un éclairage, par l'analyse des brevets dits essentiels, à l'une des technologies les plus importantes au monde et à des marchés de licences complexes. Avec la prochaine vague de révolution industrielle alimentée par les progrès des réseaux mobiles, presque toutes les industries dépendront de normes de connectivité telles que la 5G. Les innovateurs qui contribuent à cette norme et couvrent leurs innovations avec des brevets essentiels aux normes (BEN) sont les mieux placés pour dominer et commercialiser ce marché en pleine croissance.

« Ceux qui possèdent les brevets essentiels les plus précieux et les plus concurrentiels liés à la norme 5G mèneront l'innovation, gagneront des parts de marché et s'assureront l'obtention de revenus de licence, avec de vastes implications économiques et géopolitiques. » Tim Pohlmann PDG et fondateur d'IPLYtics, société rachetée par LexisNexis en novembre 2022

Chaque semaine, des accords de licence à sept ou neuf chiffres sont négociés autour de la 5G, tandis que le manque de transparence rend difficile la définition du volume et de la part de

marché, entraînant dans certains cas des litiges judiciaires. En témoigne notamment la signature en août 2023 par Huawei et Ericsson - deux mastodontes détenteurs de brevets essentiels à la norme 5G - d'un accord de licences croisées de long terme sur leurs brevets essentiels respectifs entre autres pour les technologies cellulaires 5G³.

AU-DELÀ DU COMPTAGE DES FAMILLES DE BREVETS : LES VÉRITABLES LEADERS DE LA 5G

Les brevets, en particulier ceux liés aux normes, varient en termes de valeur. Les brevets essentiels à une norme peuvent protéger des technologies fondamentales couvrant plusieurs générations de normes, mais aussi des améliorations mineures des fonctionnalités des normes existantes. Les experts ne considèrent que 10 à 20% des BEN déclarés dans le paysage de la 5G comme étant réellement essentiels. La liste des 50 premiers acteurs de la 5G est pour la première fois établie sur la base d'un classement consolidé tenant compte d'un indice des actifs de brevets - « Patent Asset Index » -, une mesure d'évaluation des brevets propriétaires reconnue dans le secteur, en plus des contributions aux normes 3GPP et du nombre de déclarations de brevets.

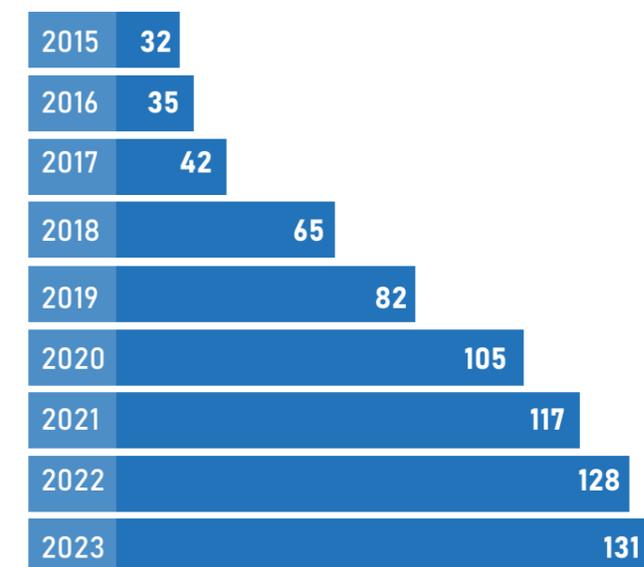
CLASSEMENT DES 10 PREMIERS DÉTENTEURS DE 5G

1	Huawei	
2	Qualcomm	
3	Samsung	
4	Ericsson	
5	Nokia	
6	LG Electronics	
7	ZTE	
8	Oppo	
9	NTT	
10	InterDigital	

En juillet 2023, plus de 60 000 familles de brevets déclarées et essentielles à la norme 5G ont été comptabilisées, avec environ 30 000 familles de brevets délivrées en Europe ou aux États-Unis, augmentant à un rythme d'environ 5 000 familles par an.

- Sur la même période, le nombre de propriétaires de brevets essentiels à la 5G est passé de 32 en 2015 à 131 propriétaires uniques en 2023.
- A titre de comparaison, le nombre de familles 5G déclarées est 2,5 fois plus élevé pour la 5G que pour la 4G : 60 000 contre 24 000.
- Les États-Unis sont la première juridiction avec plus de 28 000 familles de brevets 5G accordés. Ils sont suivis par la Chine puis l'Europe, avec près de 26 000 et 15 000 familles de brevets respectivement.
- Les États-Unis, la Corée et la Chine ont maintenu une solidité de portefeuille supérieure à la moyenne par rapport aux autres régions.

NOMBRE D'ENTREPRISES PROPRIÉTAIRES DE FAMILLES DE BREVETS 5G



LES DÉTENTEURS DE BREVETS ESSENTIELS À LA 5G

Compter simplement les familles de brevets 5G ne suffit pas à identifier le leadership technique. L'utilisation conjointe de métriques de valorisation des brevets et de données d'analyse des contributions aux normes offre une vue d'ensemble plus complète, permettant de classer plus précisément les véritables leaders de la 5G.

Ainsi, les 10 principaux déposants de brevets essentiels à la norme au niveau mondial détiennent près de 76% des familles de brevets 5G déclarées.

- **Huawei** (Chine), **Qualcomm** (États-Unis), **Samsung** (Corée du Sud) se classent dans le top 3 de la liste à la fois en termes de quantité et de qualité des brevets.
- **InterDigital** (États-Unis) se classe 14e lorsque seules les familles de brevets sont prises en compte, mais passe à la cinquième place du classement final des brevets 5G des propriétaires lorsqu'on utilise l'indice des actifs de brevets.
- **Huawei** (Chine), **Ericsson** (Suède) et **Nokia** (Finlande) sont parmi les plus grands contributeurs aux normes 5G.
- **Apple** (États-Unis) s'est assuré une solide position dans la tranche des 11 à 20 premières places, et se classe dans le top 10 si l'on considère l'indice des actifs de brevets. **Foxconn** (Taiwan), qui détient l'ancien portefeuille de **Sharp**, et **MediaTek** (Taiwan) sont également solidement placés dans l'indice des actifs de brevets. **Intel** (États-Unis) et **Vivo** (Chine) auraient également atteint le top 10, si seules les contributions 3GPP pertinentes avaient été considérées.
- Les entités de revendication de brevets (PAE) comme **InterDigital** (États-Unis) ou **Key Patent Innovations Limited** (Irlande) jouent un rôle essentiel parmi les principaux titulaires de brevets 5G.

1- Who Is Leading the 5G Patent Race? (10/2023 - LexisNexis)

2- Who is Leading the race of innovating and commercializing the 5G standard, paving the way for a more connected world? (10/2023 - LexisNexis)

3- Huawei et Ericsson signent un accord de licences croisées de long terme sur leurs brevets respectifs (08/2023 - Huawei, Ericsson)

Le classement des 50 premiers déposants mondiaux est dominé par des entreprises chinoises, suivies par des entreprises américaines et européennes (table 2). Parmi ce classement, les entreprises chinoises représentent 32% de toutes les familles de brevets 5G déclarées (48% de tous les titulaires de licences BEN), une tendance en hausse au cours des huit dernières années.

ORANGE est la seule et unique entreprise française de ce TOP 50, se classant à la 46ème position (table 3).

CLASSEMENT DE LA SOCIÉTÉ ORANGE PARMI LES 50 PRINCIPAUX DÉPOSANTS MONDIAUX

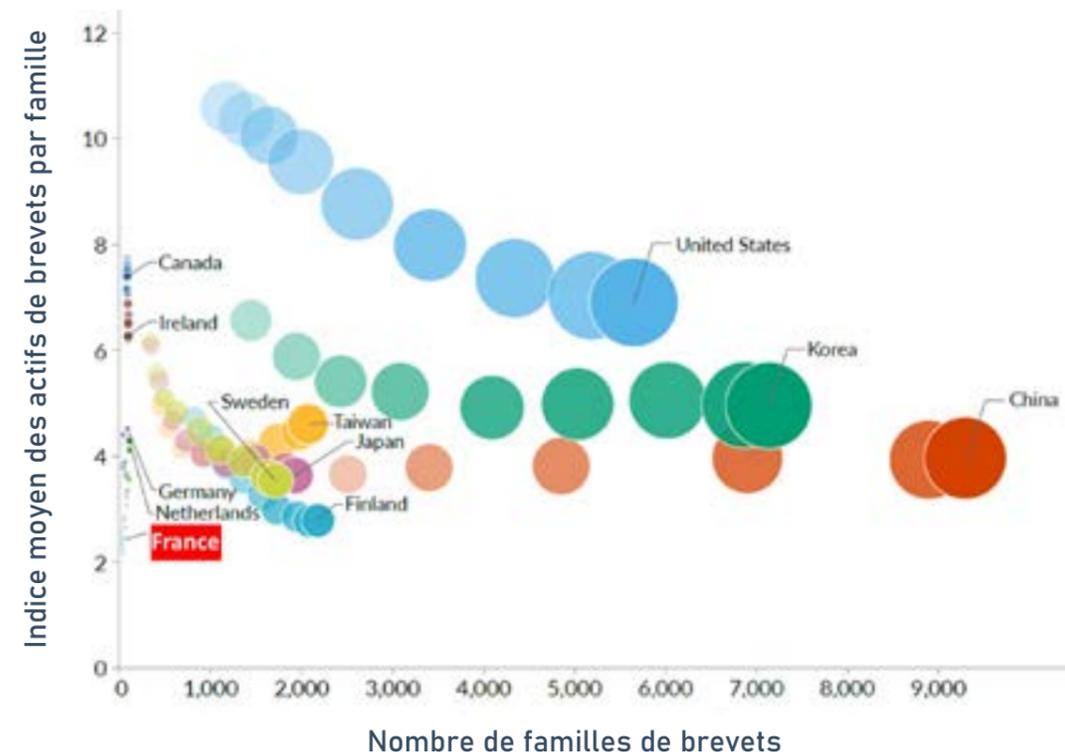
31	Unisoc	
32	Kyocera	
33	Fraunhofer	
34	Deutsche Telekom	
.....		
46	Orange	
46	TCL	
48	Innovative Sonic	

NOMBRE DE DÉTENTEURS DE BREVETS 5G (BEN) PAR PAYS SUIVANT LE CLASSEMENT DES 50 PRINCIPAUX DÉPOSANTS MONDIAUX

	12
	10
	7
	6
	6
	2
	2
	1
	1
	1
	1
Total	50

Sources : LexisNexis

ÉVOLUTION DES PORTEFEUILLES (2015-2023)



Tout en augmentant leurs portefeuilles de brevets essentiels à la 5G, les États-Unis, la Corée et la Chine ont maintenu une solidité de portefeuille supérieure à la moyenne par rapport aux autres régions.

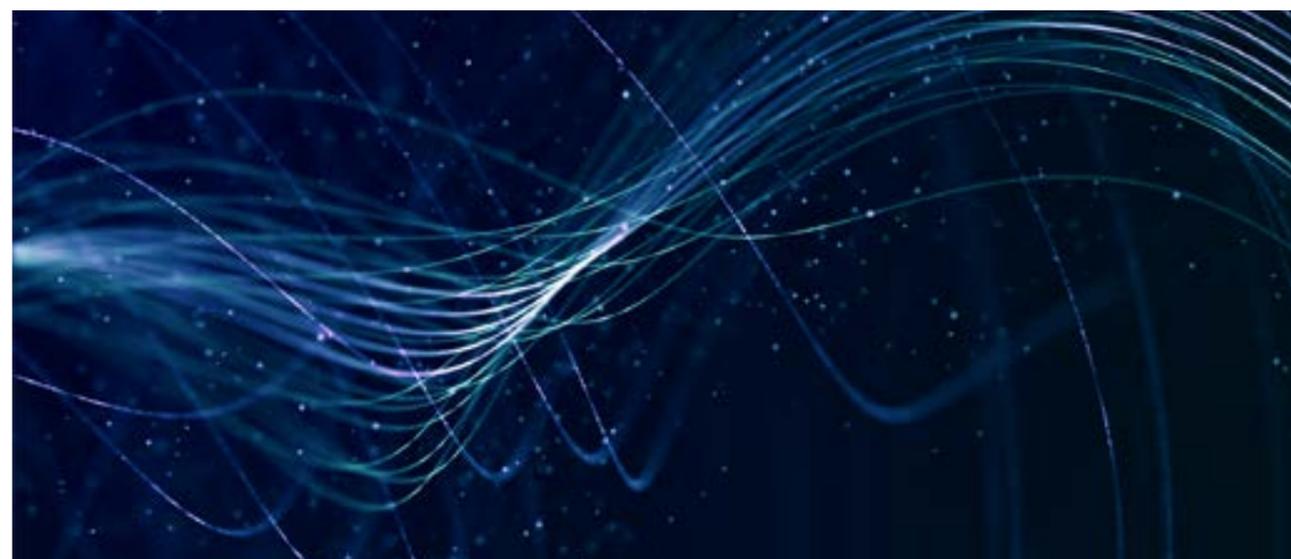
Lorsque nous examinons l'évolution des portefeuilles de brevets 5G déclarés par région du siège social de 2015 à 2023, plusieurs points de données sont dignes d'intérêt.

Les portefeuilles contrôlés par des entreprises ayant leur siège aux États-Unis présentent l'indice moyen d'actifs de brevets le plus élevé (axe des ordonnées) depuis 2015. Combiné à une forte croissance du nombre de familles INPADOC actives, ce phénomène a également entraîné la plus grande solidité globale des portefeuilles (indice d'actifs de brevets, zone à bulles).

Il convient de noter que les portefeuilles

américains ont commencé avec une moyenne très élevée sur l'axe des ordonnées, qui est environ 11 fois plus élevée que la moyenne de 1 de la base de données PatentSight, et sont restés bien au-dessus des autres grands portefeuilles. Si l'on accorde généralement beaucoup d'attention aux entreprises chinoises pour la croissance de leurs portefeuilles dans l'espace 5G, on pourrait facilement négliger l'importance de la Corée. En termes d'indice global d'actifs de brevets (zone à bulles), la Corée (2e) et la Chine (3e) ont enregistré une forte croissance de la taille globale du portefeuille (axe des x) tout en continuant d'afficher un indice moyen d'actifs de brevets élevé (axe des y).

En France, le nombre (quantité) et l'indice moyen d'actifs (force/qualité) de brevets déclarés essentiels à la 5G sont en-deçà des autres régions du globe.





UNE COMPLEMENTARITE REELLE ET INDISPENSABLE AVEC LES ACADEMIQUES

Philippe Sehier,

Senior Research Specialist chez Nokia Standards France

Pourquoi votre entreprise s'est-elle tournée vers la recherche publique pour développer ses produits ?

Il y a deux intérêts principaux. Le premier est que les financements externes permettent d'investiguer des domaines complémentaires à ceux développés en interne. En ce qui concerne les produits, ils s'appuient généralement sur des travaux de recherche à horizon court et moyen termes. Le second est que l'ouverture vers le monde académique procure un avantage déterminant. Il est réellement avantageux pour découvrir de nouvelles approches et technologies, et pour inciter les chercheurs du monde industriel à réfléchir différemment, avec d'autres angles et peut-être plus de rigueur dans l'analyse. Les chercheurs qui travaillent sur le standard sont sous la pression de ce dernier et produisent des résultats essentiellement sur la base de simulations. Un exemple particulièrement parlant réside dans l'introduction de l'intelligence artificielle dans les produits : elle s'alimente beaucoup de recherche académique, très dynamique actuellement sur beaucoup de sujets, dont la recherche de sobriété énergétique.

Comment avez-vous été informé ou vous informez-vous sur l'activité des labos dans votre secteur ?

C'est une tâche fondamentale. Nous avons tous un réseau personnel que nous cherchons à

développer. Nous bénéficions également de contacts directs avec des académiques pour lesquels nous ressentons des affinités. Ce réseau est aussi entretenu par notre implication dans des projets financés aux niveaux national et européen. Enfin, nous participons à des conférences et nous lisons des publications qui nous poussent parfois à contacter leurs auteurs.

Quels sont les impacts de l'innovation pour votre entreprise ?

Ils sont vitaux. Il existe en effet une course effrénée à l'innovation entre les industriels – Huawei, Nokia, Ericsson, Samsung ou ZTE pour ne citer qu'eux –... car celui qui ne concourt pas est rapidement laminé par la concurrence ! Les opérateurs sont également en compétition : ils se doivent de proposer des services pour éviter de prendre un retard, synonyme bien souvent d'absorption par un concurrent.

Heureusement, il existe dans cette course un « juge de paix » : le standard.

Il a en effet pour vocation d'harmoniser et de maintenir un rythme raisonnable, les différentes fonctionnalités introduites dans le réseau, en particulier entre les terminaux et les infrastructures, devant être interopérables. Nokia et Ericsson constituent des acteurs très influents en matière de 3GPP et font en sorte que tout n'aille pas trop vite.

Qu'y a-t-il de plus satisfaisant à travailler avec des start-ups ?

D'un point de vue personnel, mon père était chef d'entreprise et j'ai travaillé dans le passé comme responsable des partenariats chez Alcatel Lucent. Il est donc peu de dire que j'ai un réel attrait et une profonde admiration pour les entrepreneurs, leur dynamisme et leur enthousiasme.

Les start-ups développent les choses beaucoup plus rapidement qu'un grand groupe.

Et si leurs produits ne sont souvent pas reproductibles à l'infini et nécessitent d'être industrialisés, il existe une satisfaction énorme à être capable de les développer et d'innover très vite, ce qui est généralement plus difficile dans les grandes entreprises où les rythmes de développement sont plus lents, et où chacun jouit de prérogatives limitées.

Quels sont vos sujets professionnels prioritaires en lien avec la recherche ?

Je travaille sur la « Joint Communication and Sensing », une fonctionnalité qui débute un peu en 5G mais vise essentiellement la 6G et à introduire les fonctionnalités de Sensing – ou radar – en utilisant le même spectre que pour la communication. J'œuvre aussi dans les techniques de localisation, en introduisant des approches visant à améliorer la précision de localisation, sa vitesse, et assurer l'intégrité. Je souhaite aussi approfondir des sujets liés à la sécurité : avec la 6G se développe la prise de conscience de la nécessité de disposer d'un système fiable, capable de parer les attaques qui deviennent de plus en plus sophistiquées, y compris lorsqu'elles sont élaborées avec des moyens relativement modestes. Il faut renforcer la résilience et la protection des informations d'ordre privé – privacy en anglais – comme votre position. Par ailleurs, l'arrivée éventuelle des ordinateurs quantiques dans les

prochaines décennies requiert de repenser en profondeur les mécanismes de sécurité pour la 6G.

Avez-vous dans votre entreprise un pôle recherche intégré ?

Absolument : vous connaissez Bell Labs, marque prestigieuse lancée en 1925, qui a récolté notamment neuf Prix Nobel et est désormais dans le giron de Nokia. La France constitue le deuxième site de recherche de Nokia, avec plus de 1 500 brevets déposés par an, un grand nombre de publications et l'organisation d'événements qui récompensent les chercheurs les plus brillants.

Quels sont ses rapports avec la recherche publique ?

En complément de ces travaux internes, plusieurs collaborateurs en charge des relations extérieures déterminent les domaines dans lesquels investir nos ressources.

Les sollicitations pour investir dans différents projets émanant de la recherche publique sont nombreuses.

Nous sommes malheureusement obligés de les filtrer car il est impossible d'être présent partout et nos ressources sont limitées. Nous faisons donc en sorte qu'en matière de standards, notre travail en collaboration avec elle serve à court et moyen termes. Avant d'affronter la standardisation et nos concurrents, il faut avoir suffisamment testé et détourné notre projet et la recherche publique s'avère ici particulièrement précieuse. Nos collaborateurs sont de surcroît toujours très heureux de pouvoir échanger avec des chercheurs extérieurs, et en particulier avec les académiques avec qui la complémentarité est réelle : ils ont les idées que nous nous efforçons ensuite de faire standardiser !

PAROLES D'EXPERTS

La 5G constitue un formidable terrain de jeu pour les chercheurs... à condition précisément d'unifier et de coordonner leurs travaux !



LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIES, UNE NÉCESSITÉ À TRANSMETTRE AUX NOUVELLES GÉNÉRATIONS

Raymond Knopp
Enseignant-chercheur à EURECOM

En quoi vos travaux préfigurent-ils l'avenir de la 5 et la 6G ?

Notre laboratoire, situé à Sophia Antipolis, est spécialisé dans plusieurs axes liés à la 5G, en particulier la transmission radio. Nous travaillons sur de nouvelles méthodes de codage et des protocoles pour un meilleur contrôle. Nous étudions aussi la softwarisation des réseaux qui couvre l'interaction du monde des télécoms avec le cloud et les technologies de l'information. Le contrôle affiné de ces réseaux nécessite en effet des logiciels dynamiques qui s'y insèrent pour mieux les contrôler. Si la 5G prenait déjà cela en compte, avec la 6G émergera un nombre croissant d'applications liées à l'IoT et au contrôle des robots. D'où l'importance de la softwarisation, mais aussi de la mise en place de nouveaux protocoles capables de gérer des flux de données à destination des utilisateurs et en provenance de capteurs. Grâce à l'augmentation des fréquences, les réseaux vont voir plus de choses.

La combinaison du monde des télécoms avec celui du cloud et des capteurs va donner naissance à un système capable de rendre les utilisateurs beaucoup plus au fait et en symbiose avec leur environnement.

Avez-vous une expérience des transferts de technologies ?

Nous en avons même plusieurs au sein de mon laboratoire !

Nous développons depuis plusieurs années des suites logicielles de prototypage des systèmes à l'origine successivement de la 3G, la 4G et la 5G. Nous œuvrons dans le cadre de l'OpenAirInterface, terme qui désigne une communauté de logiciels libres, principalement à destination des chercheurs académiques ou industriels, destinés au prototypage des procédures des systèmes 3GPP. Il s'agit donc ici d'un transfert de technologies dans le sens où nous offrons notre savoir-faire à une communauté, ce qui débouchera sur des prototypes ou une activité commerciale.

Dans ce cadre, nous collaborons avec nombre d'industriels, ce qui nous a permis de mieux comprendre à la fois leurs besoins et les systèmes.

Autre exemple, depuis 2017, nous participons aussi plus directement aux travaux du 3GPP à travers les groupes de normalisation des normes 4G et 5G. Nous travaillons avec des partenaires de l'Institut Mines Télécom ainsi qu'avec France Brevets.

Nous collaborons également avec un gros industriel qui nous forme à la création de propriété intellectuelle dans le 3GPP. Le but : rendre ces brevets essentiels et donc

commercialisables. Cette expérience avait un objectif plus pédagogique que pécunier pour nous car de plus en plus de centres de recherche se lancent dans cette démarche : depuis la 4G, il existe de grosses structures de ce type en Asie et nous avons décidé de nous y insérer pour ne pas nous laisser distancer.

A travers ces expériences de transfert dans le 3GPP, nous avons appris comment générer à la fois des brevets et des études commercialisables. Nous souhaitons désormais profiter de l'arrivée de la 6G pour prendre notre autonomie et chercher des clients européens pour générer de la propriété intellectuelle car ce n'est pas une chose qu'un laboratoire de recherche peut exploiter seul. Même à l'intérieur des groupes de normalisation, il faut savoir comment jouer le jeu. Ce qui nécessite des alliés qui soutiennent votre travail. Sauf à être géniale, une idée qui naît dans un labo est difficilement vendable !

Qu'est-ce qui vous motive à faire du transfert de technologies ?

Tout d'abord, il est très valorisant pour le chercheur de voir le résultat pratique de ses études. Mais, en tant qu'enseignant, je considère aussi qu'il est très important de partager l'expérience du transfert avec les jeunes, qu'ils soient chercheurs, doctorants ou en écoles d'ingénieurs, pour les encourager à entrer dans ce système de normalisation des idées. Que ce soit une start-up ou un gros industriel comme Nokia ou Ericsson, tous ont besoin de ces ingénieurs. Or, la génération actuelle de chercheurs est très peu sensibilisée à cette problématique. Je me dois donc de l'intégrer pour la transmettre à mes étudiants afin qu'ils puissent ensuite générer une production valorisante au niveau européen.

Car il y a urgence : l'Asie a pris beaucoup d'avance !

Elle dispose d'armées d'ingénieurs qui génèrent de la propriété intellectuelle au nom des gros industriels locaux. Même les USA sont à la traîne...

Selon vous, quels bénéfices y a-t-il à travailler avec le consortium Frame xG ?

Le premier est d'œuvrer avec des collègues qui étudient en France le même domaine, avec un objectif commun de génération de brevets et de transfert de technologies. Les chercheurs hexagonaux n'ont pas l'habitude de cela !

Certes, ils travaillent souvent sur des projets collaboratifs, mais dans l'optique de générer des articles... Or, il y a des enjeux importants d'innovation dans le pays car il est un peu en retrait. Ensemble, nous pourrions aussi peut-être plus facilement encourager les nouvelles générations à s'intéresser à ce genre de démarche.

Avec en prime la satisfaction de participer à l'évolution de la société dans laquelle nous évoluons !

Avez-vous des projets de transfert de technologies intéressant Frame xG ?

L'évolution des réseaux hertziens vers des réseaux optiques sans fil constitue potentiellement un vrai sujet pour la 6G à condition que le 3GPP aille dans cette direction, à l'image des réseaux IEEE. Cela permettrait en effet d'ouvrir le spectre et de baisser le coût des composants car seraient utilisés pour la transmission 5G et 6G soit des lumières existantes, soit de l'infrarouge. Il y aurait donc un impact sur la forme d'ondes. D'où la possibilité de générer de l'innovation !

Une deuxième thématique très importante actuellement consiste à sécuriser les réseaux. Jusqu'à présent, chaque génération disposait de ses systèmes cellulaires et il y a eu des avancées en matière de sécurisation de la transmission par voie radio entre la 4G et la 5G. Mais il reste beaucoup à faire, comme l'illustre l'exemple de « Man-In-The-Middle », ce type de cyberattaque où les attaquants interceptent une conversation ou un transfert de données existant, soit en écoutant, soit en se faisant passer pour un participant légitime. Il y a urgence à mieux dissimuler les signaux des réseaux, qu'ils soient privés ou semi-privés, pour ne pas divulguer d'informations sensibles.

Enfin, un dernier axe de travail se situe au niveau du « Sensing », la communication via des capteurs. Ce sujet n'est pas encore suffisamment développé dans la 5G pour saisir l'ensemble de l'environnement. Dans le cadre des réseaux optiques sans fil, il est par définition question de vision : plus la fréquence augmente en allant vers la 6G, plus la résolution spatiotemporelle de l'environnement est importante et permet donc de déduire des informations spatiales à partir des signaux. La forme d'ondes ou la conception de signaux sont primordiaux. Il y a donc ici un enjeu important pour créer de la propriété intellectuelle qui sera par la suite normalisable.



DONNER UN SENS PRATIQUE À NOTRE QUOTIDIEN

Matthieu Crussière

Enseignant-chercheur à l'Institut National des Sciences Appliquées de Rennes (INSA) et à l'Institut d'Electronique et des Technologies du numéRique (IETR)

optimiser et mettent de plus en plus en défaut les approches de traitement traditionnelles basées sur des modèles physiques et mathématiques souvent incomplets et trop approximatifs. L'utilisation d'approches dites d'intelligence artificielle (IA) présente alors l'avantage de mettre au point des traitements plus adaptables, flexibles et d'éviter les biais de modèles : on obtient ainsi des points d'optimisation inimaginables jusqu'alors. Au sein des instances de réflexion, comme le 3GPP, il existe une tendance de fond qui vise précisément à remplacer les blocs traditionnels de traitement par des blocs mettant en œuvre des techniques de Machine Learning ou d'IA. Il s'agit là encore d'un axe fort de nos études. Nos travaux ont vocation à alimenter la communauté scientifique et nos partenaires industriels, ainsi qu'à faire évoluer les compétences de nos étudiants de Master et d'écoles d'ingénieurs, sans oublier la formation « à et par la recherche » de nos futurs docteurs.

Quelle expérience avez-vous des transferts de technologies et des partenariats industriels ?

Notre laboratoire a une activité partenariale d'autant plus intense que ces sujets sont brûlants ! Plus de la moitié de mon travail est concernée : dans le montage de mes thèses, un partenaire industriel est très souvent embarqué, soit via les contrats CIFRE, soit dans le cadre de projets collaboratifs. De cela résultent régulièrement des dépôts de brevets : ce n'est pas tant moi qui pense à le faire spontanément que mon partenaire qui m'y pousse !

Avant que l'idée soit publiée, se pose en effet la question de la sécuriser, d'autant plus en ce moment où les portefeuilles sur la 5G sont hautement stratégiques...

Quelle expérience en avez-vous tiré ?

Le travail avec nos partenaires industriels est pour moi très enrichissant et complémentaire de la voie purement académique. Bien sûr, il faut accepter quelques contraintes et notamment entendre de guider certains sujets vers les

En quoi vos travaux préfigurent-ils l'avenir de la 5G et la 6G ?

Dans mon équipe et au sein de mon laboratoire, nous travaillons sur l'évolution de la couche physique des systèmes cellulaires. Un axe de recherche majeur depuis quinze ans concerne les techniques dites de « formation de faisceaux ou de voies » (beamforming en anglais), qui procurent à un système d'émission-réception radiofréquence la capacité de contrôler, diriger et façonner les ondes émises ou captées afin d'exploiter au mieux la propagation au sein de l'espace en trois dimensions qu'entoure une station émettrice.

Cette capacité de contrôle spatial des ondes constitue aujourd'hui un marqueur fort de la 5G et de la 6G à venir :

l'utilisation de stations équipées d'un grand nombre d'antennes permet précisément de mettre en œuvre cette capacité de discrimination spatiale et ainsi d'être de plus en plus efficace et précis pour transmettre l'information. L'un des enjeux de la 6G consiste à pousser ce concept encore plus loin en introduisant également dans l'environnement de propagation des surfaces réfléchissantes dites « intelligentes » ou « reconfigurables », les fameux RIS (Reconfigurable Intelligent Surfaces) dont le rôle sera de configurer l'environnement de propagation de sorte à guider les ondes jusqu'à leurs cibles. Le laboratoire travaille sur ces concepts novateurs : la capacité à former ces faisceaux de propagation agiles et adaptatifs, l'optimisation système inhérente et la conception d'algorithmes fiables et efficaces énergétiquement.

J'ajouterais à ce qui vient d'être décrit les aspects de nos recherches liés aux techniques d'apprentissage machine ou Machine Learning. En effet, les systèmes conçus par l'homme sont de plus en plus complexes et difficiles à

centres d'intérêt de l'industrie. Mais notre rôle dans ce cadre de travail est de faire ressortir des problématiques scientifiques à des questions parfois empruntées d'une réalité « marché » ou « terrain ». Pour ma part, je considère que cela me nourrit et m'aide à comprendre ce qui guide l'évolution des technologies. Dans notre milieu, nous nous abreuvons de nos lectures dans les revues scientifiques. Elles permettent d'explorer des voies fondamentales d'études, mais peuvent parfois manquer de la vision réaliste de ce qui est imaginé, inventé... Les industriels ont pour leur part des contraintes normatives et technologiques incontournables auxquelles nous ne pensons pas toujours spontanément. Travailler à leurs côtés me permet de voir les tendances d'évolution des systèmes. Une autre façon de réfléchir !

Selon vous, quel bénéfice y a-t-il à travailler avec le consortium Frame xG ?

Tout d'abord, de trouver des centres d'intérêt communs entre partenaires.

Nous travaillons sur des techniques voisines et nous pourrions ainsi agréger ces centres d'intérêt.

Autre avantage : dans le cadre des thèses, le format classique est le doctorat, les nouvelles techniques et inventions n'étant pas toujours brevetées. C'est l'occasion d'ajouter ce chaînon manquant du processus d'invention !

Avez-vous des projets de transfert de technologies intéressant Frame xG ?

Nous avons plusieurs thèses qui démarrent en plein sur cette thématique et qui devraient donner lieu à des innovations scientifiques et pourquoi pas des dépôts de brevets. Donc potentiellement ensuite, à des besoins de maturation. Si certaines des thèses à venir se font dans le cadre de partenariats industriels, d'autres sont financées par l'ANR ou par des bourses du ministère. Le dépôt serait donc purement académique, avec potentiellement ensuite la recherche d'un partenaire pour faire du transfert.

Pour vous, qu'est-ce qui motive les chercheurs à faire du transfert de technologies et des partenariats industriels ?

C'est une question difficile car, selon moi, il y a autant de réponses qu'il y a de chercheurs !

Certains collègues ne sont pas spécialement proactifs sur le transfert de technologies car ils

le considèrent comme un frein à la publication. Notre travail consiste en effet à publier nos recherches, c'est notre mission numéro 1. Déposer un brevet peut sembler contradictoire et constituer un frein : le processus est long et la communauté encore trop peu familiarisée avec son déroulement. Mais pour moi, il offre une façon plus concrète d'envisager les innovations que les chercheurs voient généralement d'une façon purement scientifique, sans se poser la question de l'intérêt de leur portée industrielle.

Or le transfert de technologies nous amène à nous questionner sur des techniques qu'on peut ainsi raccrocher à des applications auxquelles nous n'aurions pas pensé.

Avec, en prime, le souci de donner un sens pratique à ce que nous faisons au quotidien !

Selon vous, en quoi est-ce impactant d'orienter ses travaux vers Frame xG ?

Dans le cadre de mes recherches, je suis totalement en phase avec le contexte de Frame xG vers lequel mes travaux sont orientés depuis quinze ans. Pour certains collègues, la question peut sembler moins claire alors qu'ils auraient intérêt à le faire pour valoriser leurs trouvailles.

Il faut aussi prendre conscience que l'une des problématiques qui se pose actuellement à nous, chercheurs, est celle de l'empreinte carbone des systèmes d'information et de communication. Nous sommes en effet un certain nombre à nous interroger sur la nécessité de réorienter au moins une partie de nos recherches vers des problématiques moins dans l'air du temps - orienté vers les besoins des opérateurs - pour plus nous concentrer sur l'environnement.

La composante « sobriété énergétique », traitée par Frame xG, aurait ainsi un attrait certain pour nombre d'entre nous.

Une partie très visible de la communauté a indiqué qu'elle comptait purement et simplement arrêter de faire de la recherche en télécoms. Une position trop radicale, à mon avis, mais qu'il convient de prendre en compte car cette tendance pourrait s'amplifier ! Pour ma part, je considère que notre rôle est d'aller vers le financement d'études afin d'innover sur la frugalité et la sobriété énergétique des nouveaux systèmes. Il faut vraiment y mettre les moyens, notamment pour influencer les industriels dont le rôle est logiquement de faire de l'argent. A nous, chercheurs qui travaillons avec eux, de faire infuser dans leurs têtes des idées allant dans ce sens. Frame xG peut nous y aider et attirer au passage nombre de mes collègues !



IL EST INDISPENSABLE DE FAIRE DE LA RECHERCHE APPLIQUÉE AU PLUS PRÈS DES PRÉOCCUPATIONS DES INDUSTRIELS

Charbel Abdelnour & Catherine Douillard

Enseignants-chercheurs à IMT Atlantique sur le campus de Brest

Quel est le cœur de vos travaux ?

Il concerne les couches basses des systèmes de communication. Nous travaillons sur le traitement de l'information numérique source pour la mise en forme des signaux à transmettre, les traitements numériques en réception correspondants, par exemple la forme d'onde, la modulation et la gestion de l'accès multiple aux ressources. Le codage correcteur d'erreurs constitue l'un de nos points forts : c'est en effet dans nos locaux qu'a été inventée, au début des années 90, l'une de ses familles les plus connues, les turbocodes, les premiers codes capables d'approcher de très près les limites théoriques de transmission établies à la fin des années 40, ensuite utilisés dans de nombreux standards, en particulier la 3G et la 4G. D'où notre culture de l'innovation et notre goût de travailler sur des techniques qui servent le bien commun !

En quoi vos travaux préfigurent-ils l'avenir de la 5G et la 6G ?

Nous choisissons précisément nos thématiques en lien avec les défis posés par les scénarios d'usage et liés aux applications de chaque génération.

Si, pour la 4G, l'objectif principal consistait à augmenter le débit de transmission des données, dans le cas de la 5G, d'autres scénarios sont apparus. Il y a ainsi eu l'URLLC qui désigne des communications très fiables et à faible latence, primordiales pour le contrôle à distance, l'e-chirurgie ou les voitures autonomes par exemple. Nous avons aussi travaillé sur les communications entre machines, centrales pour l'industrie du

futur avec l'Internet des objets et les usines intelligentes notamment.

Les principales thématiques sur lesquelles nous nous sommes penchés pour la 5G concernaient les formes d'ondes flexibles, capables de supporter ces différents scénarios, mais aussi robustes, pour les cas de mobilité à grande vitesse, comme dans un train, ou de décalage temps-fréquence. Nous avons aussi travaillé sur le codage correcteur d'erreurs afin d'améliorer la fiabilité et la montée en débit, et l'allocation de ressource non orthogonale pour permettre à plusieurs utilisateurs d'émettre plus efficacement en même temps sur une même bande de fréquence.

Avec le passage à la 6G, de nouvelles fonctionnalités sont prévues en matière de couches basses. Il sera ainsi possible de pouvoir communiquer tout en cartographiant simultanément l'environnement – le fameux sensing ! –,

grâce à de nouvelles formes d'ondes spécifiques et l'utilisation de bandes de fréquences de plus en plus élevées qui permettront de visualiser les objets autour de nous. Parvenir à mettre en place un support d'accès massif au réseau efficace tant énergétiquement que spectralement est aussi essentiel, notamment pour faire face à la croissance actuelle et future des objets connectés et à la forte densité d'utilisateurs. L'optimisation des différentes métriques, notamment la maîtrise énergétique et l'utilisation d'un minimum de spectre, est centrale. L'utilisation des différents outils mathématiques dont nous disposons aboutit souvent à des solutions – qui se concurrencent

au lieu de converger, ce qui nécessite de faire appel à l'IA pour obtenir des compromis satisfaisants.

Nos thématiques pour la 6G concernent donc à la fois une forme d'onde baptisée JCS - Joint Communication and Sensing - et la mise en place d'un codage/décodage correcteur d'erreurs adapté au trafic des applications visées, à ultra haut débit et faible latence, avec les contraintes énergétiques et de coût liées... Nous travaillons aussi sur la façon d'absorber la superposition d'utilisateurs de plus en plus nombreux sur une même ressource : cela nécessite une gestion efficace des interférences et la mise en place de méthodes d'allocation distribuée sans coordination.

Autant de solutions adaptées à une topologie réseau centrée sur l'utilisateur !

Quelle expérience avez-vous en matière de transfert de technologies ?

Nous avons créé une start-up, à l'époque où nous travaillions sur les turbocodes, sur la base de cette technologie. Une entreprise qui existe d'ailleurs toujours et marche très bien ! Cette expérience fait que nous avons la culture des brevets et le réflexe de les déposer avant de publier. Mais nous travaillons surtout en collaboration avec des industriels dans le cadre de contrats bilatéraux. Nous avons ainsi une expérience forte d'élaboration de solutions de codage correcteur d'erreurs et de modulation adoptées dans les standards 3G, 4G et WiMAX en collaboration avec Orange. Nous avons également conçu des solutions propriétaires pour des équipementiers, en particulier dans le cas de communications optiques et satellitaires. Autant d'expériences qui nous permettent à la fois d'être au plus près des contraintes industrielles et d'affiner notre méthodologie de conception conjointe des algorithmes et du matériel.

Avez-vous des projets de transfert de technologies intéressant Frame xG ?

Absolument. Des partenaires industriels ont manifesté leur intérêt pour un partenariat sur le codage correcteur d'erreurs, les formes d'ondes et l'allocation de ressources. Dans le cadre de Frame xG, nous avons prévu un certain nombre de projets sur ces thématiques avec

plusieurs entreprises, très intéressées par la récupération de technologies.

Selon vous, en quoi est-ce impactant d'orienter ses travaux vers Frame xG ?

Tout d'abord, comme dans tout consortium, l'union fait la force ! Ce projet va permettre à la communauté des chercheurs de mieux se connaître tant humainement qu'au niveau des travaux menés. Éléments également non-négligeables, il nous permet d'obtenir des financements, tant publics que privés, et d'élargir notre réseau professionnel, ce qui peut aussi bénéficier à nos étudiants en leur faisant toucher du doigt l'intérêt pratique de la recherche et en leur procurant de nouveaux débouchés.

Œuvrer au côté des industriels constitue un formidable atout, notamment en vue de la reconquête de la souveraineté française et européenne, soumise à rude épreuve face à la concurrence américaine mais surtout asiatique... Il existe beaucoup de laboratoires de recherche appliquée et nous avons besoin de leur engagement à nos côtés.

Travailler au sein de Frame xG facilite les débouchés pour nos inventions.

Ce travail en commun aide à mieux valoriser et à cadrer les échanges avec eux, avec une vue à plus long terme des évolutions à anticiper. Nous sommes de fervents partisans de la co-construction car lorsqu'une solution technique est élaborée, elle doit être au plus près des contraintes des industriels, qu'elles soient énergétiques, de consommation, de complexité, de débit... Avec l'espoir que ceux-ci s'engagent pleinement et fortement dans le projet au nom de la souveraineté nationale et continentale. L'innovation est très présente en Europe et nous avons désespérément besoin d'une volonté politique de la part des pouvoirs publics et des entreprises pour retrouver cette souveraineté.

Une initiative comme Frame xG est donc plus que bienvenue car le chemin à parcourir est aussi long que primordial !



LA NÉCESSITÉ D'UNE VISION À LONG TERME

Emmanuel Boutillon

Professeur au Lab-STICC / Université de Bretagne Sud à Lorient

En quoi vos travaux préfigurent-ils l'avenir de la 5G et la 6G ?

Ils portent sur les codes correcteurs d'erreurs qui constituent l'un des multiples éléments de la chaîne de communication. Toutefois, mes recherches sont situées en amont des comités de standardisation. Mon apport en matière de 5G est malheureusement limité. Par exemple, j'ai beaucoup travaillé sur les codes non-binaires qui ne sont pas étudiés dans le cadre de la standardisation 5G. Une partie de mon activité concerne également les applications IoT massif, notamment via une nouvelle forme d'onde, mais cette problématique n'est pas incluse dans la feuille de route de la 5G. Mes recherches sur les décodeurs restent néanmoins à creuser dans la perspective de nouvelles évolutions, notamment en vue d'un décodage efficace et peu coûteux pour les messages courts, d'une centaine de bits.

Les perspectives sont beaucoup plus ouvertes pour la 6G car elle est toujours en cours de définition. Ces travaux peuvent donc être pris en considération. Reste à déterminer sous quelle forme et dans quels domaines. Si la 6G hérite fortement des choix technologiques de la 5G, ma contribution ne sera sans doute pas pertinente, sauf à la marge. Par contre, si de nouvelles directions sont prises, mes contributions sont susceptibles d'avoir une influence plus importante sur le standard. Bénéficiant d'une liberté totale dans mes recherches et ayant peu de collègues qui œuvrent dans ce domaine, je me projette sur cette seconde approche, en espérant avoir un impact fort à terme.

Quelle expérience avez-vous des transferts de technologies ?

J'ai plusieurs expériences de transferts. Tout d'abord, plusieurs de mes brevets ont été licenciés. Ensuite, avec la SATT Ouest Valorisation, j'ai participé à deux projets de maturation technologique. Nous avons aussi vendu récemment des options sur des licences de brevets.

A mon sens, il est très agréable de faire de la valorisation car cela démontre que ce que nous faisons sert au bien commun et apporte de la nouveauté à la société.

C'est une réelle satisfaction de voir nos travaux utilisés par des industriels qui y trouvent de l'intérêt. Il est de plus toujours intéressant de travailler et de collaborer avec eux sur des sujets pointus : ils nous apportent une connaissance de problématiques qui nous sont souvent étrangères au niveau académique. Sans compter que d'un point de vue financier, cela rapporte aussi des moyens pour développer notre recherche, ce qui n'est jamais négligeable.

Quel est le bénéfice de travailler avec le consortium Frame xG ?

J'ai, par le passé, beaucoup travaillé avec France Brevets dans le cadre d'une Patent Factory, une fabrique à brevets, consacrée aux non-binaires. Ce fut une formidable expérience que de collaborer avec des personnes compétentes, motivées, qui incitent à explorer et questionner tous les aspects de différents sujets. Cela a débouché sur plusieurs propositions d'achats pour une somme conséquente qui ont malheureusement été refusées par le fonctionnaire défense car elles émanaient de l'étranger... Cette Patent Factory est toujours

en négociations par l'intermédiaire de Ouest Valorisation. Elle est d'autant plus active que nous avons découvert qu'il existait très probablement des contrefaçons à certains des brevets de ce portfolio.

Le bénéfice de travailler avec Frame xG serait donc double. D'un point de vue personnel, cela me permettrait de bénéficier d'un environnement de travail favorable, avec des moyens pour développer de nouveau des Patent Factories et retrouver ainsi le stimulateur intellectuel qu'a représenté France Brevets.

Et si je me place au niveau de l'intérêt général, il me semble cohérent de se doter d'une stratégie nationale et de développer des portfolios de brevets à exploiter.

Attention toutefois à ne pas réitérer l'exemple de France Brevets qui n'est pas allé au bout de sa démarche, l'initiative ayant été arrêtée prématurément. Cela nécessite une vision politique à plus long terme : pour que Frame xG fonctionne et soit rentable, il faut qu'il y ait, au propre comme au figuré, de la suite dans les idées et ne pas l'arrêter avant qu'il rapporte des fruits. Et cela peut prendre plusieurs années !

Avez-vous des projets de transfert de technologies intéressant Frame xG ?

Si nous n'en avons pas pour la 5G, nous développons des pistes intéressantes à plus long terme. De plus en plus de gens s'intéressent en effet aux codes non-binaires. Nos avancées sont aussi pertinentes pour le très haut débit : nous avons ainsi vendu une option pour licence de l'un de nos brevets à une société spatiale afin de confectionner des décodeurs très haut débit qui puissent être embarqués à bord d'un satellite. Dans le cadre d'un projet ANR mené avec Orange Labs, nous travaillons aussi à une simplification potentielle des couches de transmission pour les futures applications massives IoT. Un autre projet ANR pourrait déboucher avant la fin de l'année (projet ANR 2023 en liste complémentaire). Ce projet, dans lequel Nokia est impliqué, concerne la détection multi-utilisateurs par des multi-antennes. Autant de sujets qui seraient naturellement intégrés dans Frame xG !

Qu'est-ce qui motive les chercheurs à faire du transfert de technologies ?

D'un point de vue institutionnel, cela fait partie des missions qui figurent dans les statuts de l'enseignant-chercheur : nous devons à l'Etat, qui est notre employeur, de faire du transfert. Sur le plan financier, il existe un intéressement, sous la forme d'une prime pour les brevets et du versement d'une partie des royalties s'ils en rapportent. Mais la principale motivation, à mon sens, réside dans la satisfaction d'avoir contribué à construire un système global, participé à la reconnaissance de l'expertise française et européenne, et été utile à la société.

Selon vous, en quoi est-ce impactant d'orienter ses travaux vers Frame xG ?

Par ce biais, nous participons à la prospérité économique de notre pays, afin qu'il ne soit pas relégué en troisième division d'un point de vue technologique. La collaboration avec les industriels permet aussi d'accéder à des problématiques et des verrous scientifiques qui ne sont pas forcément publics ou connus, avec de vrais défis à résoudre et donc un réel attrait intellectuel.

L'inconvénient potentiel se situerait en revanche sur le plan de la liberté académique, si l'on nous demande de travailler sur des sujets appliqués ou applicables à court ou moyen termes.

A mon sens, il faut en effet que Frame xG se dote d'une vision à long terme et parie aussi sur des technologies qui ne sont pas encore matures.

Se contenter d'être suiveur génère de l'incrémental ; proposer et investir sur de vraies nouveautés peut justifier, pour peu qu'un seul projet prometteur émerge, des investissements dans tous les domaines. Frame xG donne les moyens d'assurer des fondations suffisamment solides. C'est ce qui s'appelle la technique du château-fort : lorsque l'on possède un brevet majeur, il faut construire autour de lui toute une série de plus petits pour qu'il devienne inattaquable. Ce qui permettrait de passer cette solution en standard et d'obtenir les revenus afférents.

**OSEZ !****Navid Nikaein**

Enseignant-chercheur EURECOM, CEO et fondateur de la start-up BubbleRAN

Qu'est-ce qui vous a conduit à créer une start-up ?

Comme pour chaque question, je vais m'efforcer de résumer en un ou deux mots LE point clé de ma réponse. En l'occurrence, ce serait incontestablement DEFI et IMPACT !

En tant qu'enseignant-chercheur à EURECOM, je suis, comme mes collègues, constamment en quête de l'inconnu et tente tout un tas d'expériences pour voir si celles-ci ont du sens. J'ai personnellement publié près de 300 articles sur mes recherches et participé à de nombreux projets industriels collaboratifs, mais cela ne me satisfaisait plus car ces activités s'arrêtaient au niveau du prototypage. Or, j'avais envie d'expérimenter ce qui se trouve au-delà : éprouver la viabilité de la solution ! Je souhaitais avoir un impact plus large que celui dévolu à la communauté de recherche.

En quoi la création d'une start-up constituait-elle la solution la plus appropriée ?

En un mot : la VISION !

Avec mon équipe, nous nous intéressons en effet à la recherche expérimentale et avons travaillé sur nombre d'idées différentes. Nous avons ainsi commencé à nous pencher dès 2012, à travers notamment le projet LOLA dans le cadre du programme européen FP7, sur la faible latence, thème qui émerge finalement aujourd'hui. Nous avons proposé des solutions concrètes en la matière dans un réseau opérationnel 4G. Pour valider nos hypothèses, nous avons créé la plateforme OpenAirInterface, initialement

destinée à nos recherches expérimentales. Suite à son succès, nous l'avons rendue publique sous la forme d'un fonds de dotations, OpenAirInterface Software Alliance (OSA). Elle est devenue aujourd'hui LA plateforme mondiale de référence d'implémentation des réseaux 4G et 5G : la créature a échappé à ses créateurs ! A l'image des grandes entreprises, comme Ericsson et Nokia, nous avons alors compris qu'il fallait consacrer une dizaine d'années au développement des technologies avant qu'elles ne puissent apparaître sur le marché via des produits. Malheureusement, en tant que chercheurs, nous nous arrêtons à ce stade précoce en nous limitant à quelques tests et brevets, sans voir les retombées... Alors qu'à travers LOLA, nous avons contribué à une vingtaine de propositions retenues par l'organisme de standardisation 3GPP, la visibilité de notre apport s'est limitée à de courts textes.

J'avais donc une réelle frustration que me permet de vaincre BubbleRAN grâce à laquelle je peux travailler concrètement sur la R&D et la réalisation d'un produit commercial.

Lancé par les opérateurs et non par les industriels, le mouvement Open RAN est né du rejet des infrastructures télécoms fermées. Il cherche par conséquent à ouvrir des interfaces standardisées pour leur permettre d'avoir plus de contrôle et gestion sur les réseaux. BubbleRAN vise à organiser et étendre ce mouvement via ce que nous appelons le multi-x, qui consiste à consolider un écosystème multi-vendeur des réseaux 4G/5G/6G en maintenant l'ouverture à travers le cloud, l'IA et la Green IT. Notre but est d'amener les nouvelles technologies informatiques et vertes ainsi que les résultats pertinents de nos recherches vers les télécoms, en y incluant notre vision ouverte, en rupture avec l'actuelle.

Alors que beaucoup de leviers sont déjà mis à disposition pour la création de start-ups, quels sont ceux qui pourraient manquer ?

Le RISQUE !

En France, nous disposons de beaucoup de leviers, d'informations et de structures d'aide à la création de start-ups.

Ce qu'il faut maintenant, c'est que les start-uppeurs, les entreprises et les investisseurs osent prendre plus de risques.

Ils se cantonnent trop dans un état d'esprit de sécurité, tourné vers l'incrémental, ce qui se situe pour moi aux antipodes de ce que devrait être une start-up, qui se doit d'effectuer un saut vers l'inconnu. L'incrémental peut être réalisé facilement par des entreprises existantes qui, disposant de moyens importants, ne peuvent être concurrencées. L'idée, à la base de la start-up, doit par conséquent être très innovante et avoir recours à une technologie inédite, en particulier dans les télécoms. En France, avec leurs idées remarquables, les chercheurs ont la matière : ils doivent maintenant avoir le courage de prendre le risque de se lancer, d'aller en terres inconnues, forcément déstabilisantes, voire malaisantes. Cela ne fait pas partie de la mentalité nationale, mais il faut la faire évoluer. Personnellement, je ne suis pas expert du monde des affaires mais je n'ai pas peur de l'appréhender, mes connaissances pouvant suffire tant que nous restons à l'état de lancement.

Prendre des risques ne signifie pas en effet que l'on va perdre ses acquis. Il faut bien sûr travailler deux fois plus, ce qui peut influencer sur le quotidien, tant privé qu'éventuellement financier, mais c'est primordial. L'ensemble de l'écosystème, et notamment les investisseurs, doit aussi prendre des risques, y compris les entreprises établies qui doivent aider les startups, comme c'est le cas aux USA et à Taïwan où elles ont leurs propres incubateurs. OpenAI n'existerait pas sans Microsoft qui lui a ouvert toutes ses données et ses infrastructures !

1 - <https://www.horizon-europe.gov.fr/>
https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

Votre start-up est-elle en relation avec la recherche publique ou des laboratoires autres que le vôtre ?

Bien sûr. Et pour répondre à cette question, le maître-mot serait COLLABORATION ACADEMIQUE.

Bubble RAN se situe en effet au cœur de plusieurs projets Horizon Europe¹, ce qui nous permet d'utiliser notre technologie dans ce contexte et de la montrer à nos partenaires. Nous travaillons aussi avec beaucoup d'universités et de centres de R&D internationaux, en Asie comme aux Etats-Unis ou en Europe. Je fais mon maximum pour conserver, dans le cadre de cette entreprise, un lien très fort avec le monde académique et les centres de recherche avec lesquels je souhaite collaborer et auxquels j'espère apporter des avancées importantes et accessibles qui faciliteront leurs recherches. Il ne s'agit pas d'un partenariat, à visée commerciale, mais d'une véritable collaboration au niveau R&D et prototypage !

Qu'est-ce qui permettrait d'amplifier le mouvement de la création de start-ups auprès des chercheurs ?

L'ETAT D'ESPRIT !

La France ne manque ni de structures, ni d'idées qui valent la peine d'être testées, mais il faut changer de mentalité. Aux USA, il existe beaucoup de mentors qui prennent la parole, y compris via des podcasts ou même YouTube, afin de modifier la façon dont les gens réagissent et leur faire comprendre que lancer une start-up ne doit pas se penser en termes « que vais-je en tirer ? » mais plutôt

« quelle personne vais-je devenir en le faisant ? ».

La vraie richesse se situe dans cette évolution personnelle de sa propre mentalité. Il existe au fond de chacun de nous une peur normale et universelle qui nous fait reculer devant l'inconnu. Or il faut l'envisager comme un chemin sur lequel il suffit de marcher : accepter d'avoir peur, d'accueillir la nouveauté, de profiter des opportunités... et avancer !

FRAME XG & LA RECONQUÊTE DES BREVETS : UN ENJEU ESSENTIEL POUR LA FRANCE

L'un des grands enjeux de Frame xG réside dans le « Market Pull ». Ceci implique l'obligation de suivre les spécifications d'une future norme et de promouvoir par la recherche scientifique et technologique des brevets essentiels au sein de celle-ci.

Le projet vise ainsi à accroître les chances de la France de disposer de brevets, puis de les valoriser dans les normes et standards internationaux. L'enjeu est de taille et par conséquent les attentes réelles... Témoignages.

LA NORMALISATION, KÉSAKO ?

La normalisation peut être définie comme la procédure qui consiste à développer, à promouvoir et éventuellement à imposer des technologies et des processus fondés sur des normes dans un secteur d'activité donné. Sans elle, risquent de se multiplier des formats incompatibles qui empêcheront au final les interactions entre technologies et leurs avancées.

En ce qui concerne plus spécifiquement la 5G et la 6G, explique Emmanuel Boutillon, professeur au Lab-STICC/UBS de Lorient, « un ensemble de partenaires spécifie en commun un protocole de communication : ils se mettent d'accord sur la façon dont les choses doivent fonctionner de façon à ce que tous les matériels soient compatibles entre eux ».

Cela se fait en plusieurs étapes que décrit ainsi Françoise Prêteux, Directrice déléguée à la recherche et au développement économique de l'Institut Mines-Télécom : « les propositions soumises par les participants sont discutées, retenues en totalité ou partie pour une phase

d'analyse et d'évaluation au regard des critères spécifiés - performances, qualité, sécurité, seuils de risques, impact sanitaire ...-. Il s'ensuit le travail de normalisation proprement dit avec l'élaboration et la rédaction par les experts des différents documents, selon un calendrier prédéfini qui rythme les rendus notamment des tests et simulations et qui, in fine, débouche sur la norme. Laquelle est finalement soumise au vote pour adoption ».

LE BREVET ESSENTIEL, UN ENJEU STRATÉGIQUE

C'est dans le contexte des accords de normalisation, qui ont pour objectif premier la définition d'exigences techniques ou de qualité, qu'a émergé la notion de brevet essentiel à une norme - BEN ; en anglais SEP, Standard Essential Patent - qui protège une technologie essentielle à celle-ci.

En pratique, le caractère essentiel d'un brevet s'établit d'abord par une déclaration de son titulaire à un organisme de normalisation. Par exemple, l'Institut européen des normes de télécommunications - ETSI, European

Telecommunications Standards Institute - encourage les participants à la norme qui soumettent une proposition technique, à signaler de bonne foi tout droit de propriété intellectuelle qui pourrait obtenir le statut de BEN si cette proposition venait à être adoptée. Un tel statut peut être acquis pour des raisons exclusivement techniques, et non commerciales, et compte tenu de l'état de l'art disponible au moment de la normalisation, dès lors qu'il n'est pas possible de fabriquer, vendre, louer, disposer d'une autre manière, réparer, utiliser ou faire fonctionner des équipements ou des méthodes conformes à une norme sans contrefaire la technologie couverte par ce droit de propriété intellectuelle.

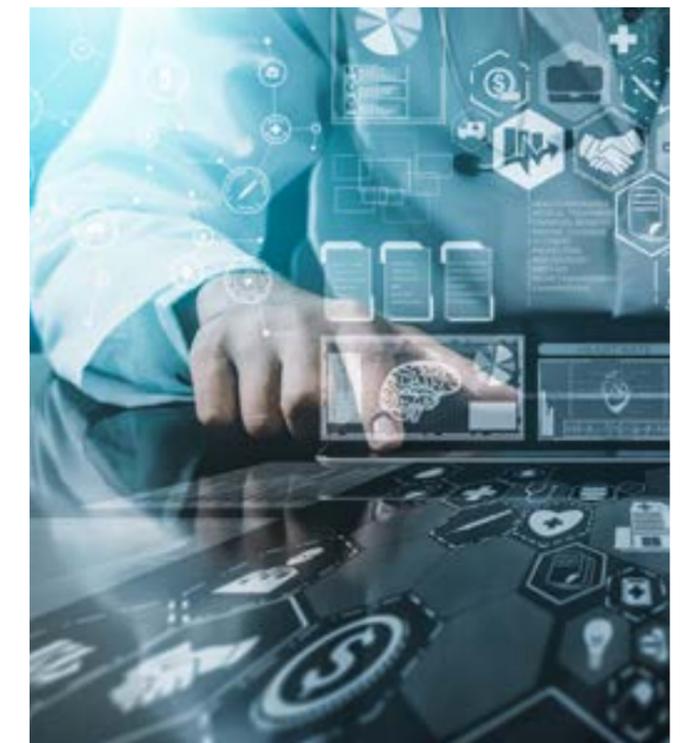
Or, dans ce contexte, un brevet essentiel peut susciter des préoccupations concurrentielles : domination ou exclusion d'un marché lié au BEN. C'est pourquoi l'article 101 du TFUE - Texte de fonctionnement de l'Union européenne - dispose que les participants qui souhaitent voir leurs droits inclus dans la norme doivent s'engager de manière irrévocable et par écrit à accorder des licences concernant leurs droits de propriété intellectuelle dits « essentiels » à l'ensemble des tiers, dans des conditions équitables, raisonnables et non discriminatoires.

Françoise Prêteux, également Représentante officielle de la France à l'ISO et Présidente d'une Commission de Normalisation AFNOR, insiste « la notion de BEN est stratégique d'un point de vue économique et la participation aux instances de normalisation, un levier de compétitivité et de souveraineté ».

Elle poursuit en soulignant qu'« un des objectifs du consortium Frame xG, capitalisant sur son expérience dans les stratégies de propriété intellectuelle, est de contribuer à faciliter le déploiement d'accords conformes aux règles d'exploitation industrielle en renforçant le continuum entre acteurs de

la recherche publique et industriels de la Stratégie d'accélération 5G et réseau du futur, et en mettant en place des processus veillant aux bons équilibres. »

Par exemple, la recherche publique promeut l'excellence scientifique au travers de publications dans des revues internationales de haut niveau. Pour Françoise Prêteux, « cela est parfaitement compatible avec une stratégie orientée brevet dès lors que l'on accompagne, selon un processus fluide et rapide, le chercheur dans la procédure de dépôt ». Frame xG a pour objectif d'aider à renforcer la position française dans sa propriété de brevets technologiques 5G. Dans une vision holistique de la Stratégie d'accélération 5G et réseau du futur, Frame xG pourrait offrir un vivier de technologies brevetées à d'autres instruments de la Stratégie en charge de renforcer la position industrielle de la France dans les enceintes même de normalisation et de préparer ainsi la voie à des BEN.



NORMALISATION : LES COULISSES DU POUVOIR...

La normalisation est donc un processus simple en apparence... mais beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît tant les intérêts en jeu sont énormes! Si Emmanuel Boutillon n'a pas participé stricto sensu à un comité de normalisation, il a étroitement collaboré, en tant qu'expert, avec une société impliquée dans l'un d'eux et a souvent échangé avec des membres. Il parle d'un « mix entre science et intérêts industriels et étatiques. En l'occurrence, pour la 5G, chaque adhérent possédait une voix. Ce qui explique qu'au moment du vote, comme me l'a raconté l'un de mes amis présent, de nombreuses sociétés chinoises n'ayant aucun lien avec les télécommunications ont subitement adhéré et voté pour la solution proposée par Huawei... » De là à y voir l'une des principales raisons de la suprématie de ce pays dans ce domaine... « Le résultat est assez imprévisible, explique-t-il, car beaucoup de choses se décident en dehors des tractations officielles, chacun essayant de maximiser son profit au détriment des autres. La science n'est donc qu'un élément parmi d'autres... Il existe une véritable science de la normalisation avec des experts très doués en la matière : pour avoir du succès, il ne faut pas uniquement avoir une solution technique solide et valide, mais il faut aussi avoir à ses côtés les personnes dotées de la capacité de convaincre, de négocier, de trouver des partenariats... »

Un constat partagé par Françoise Prêteux, qui se montre néanmoins plus optimiste. Habitée à participer à différents comités, elle confirme : « on noue des alliances préalables. Il s'agit avant tout d'une question économique. La Chine, qui détient actuellement 40% des brevets de la 6G, le Japon, la Corée du Sud ou les USA ont une politique particulièrement offensive en la matière. Le jeu d'influence est fondamental et la France se doit de revenir dans la partie. L'exercice de la normalisation est complexe

et demande de jouer sur plusieurs registres. Il faut savoir faire des alliances et chasser en meute. Notre pays doit se montrer offensif et mobiliser l'ensemble de ses acteurs, donc s'appuyer sur une synergie entre les chercheurs des laboratoires académiques et les ingénieurs de R&D des entreprises. Autrement dit : conjuguer les forces et complémentarités des académiques et industriels ! »

Carl l'Hexagone, qui figurait parmi les précurseurs de la 2G, s'est depuis laissé distancer et a pris beaucoup de retard alors même que les intérêts en jeu sont considérables, souligne Emmanuel Boutillon : « c'est une évidence : ceux qui font les standards possèdent un pas d'avance technologique sur ceux qui les lisent. Et comme 'the winner takes it all', comme disent les Anglo-saxons, ceux qui participent et contribuent aux standards possèdent un avantage concurrentiel majeur ». Or, déplore-t-il, « les Français sont devenus mauvais en la matière en apportant très peu de contributions. Et comme les royalties, qui constituent une véritable manne financière, sont distribués pour les brevets retenus et partagés entre les gens qui y ont contribué, cela signifie que dans le cas de la 5G, nous contribuons généreusement à l'économie chinoise... »

LA STANDARDISATION, UN LEVIER INCONTOURNABLE DE SOUVERAINETÉ EN MATIÈRE DE TÉLÉCOM

La prise de conscience est réelle à tous les niveaux. Marc Jamet, Directeur de projets 5G et réseaux du futur à la Direction Générale des Entreprises, Coordinateur de la stratégie d'accélération 5G et réseaux du futur dans le cadre de France 2030, le dit clairement : « la standardisation constitue un objectif central de la stratégie nationale d'accélération ». Il est urgent que la France reprenne plus vigoureusement en main le contrôle de son avenir, abonde Serge Verdeyme, codirecteur du PEPR Réseaux du Futur : « la souveraineté

est primordiale dans le champ des réseaux du futur, car les structurations industrielles, commerciales, la nature des services pourraient évoluer fortement dans les années à venir. Une illustration avec le déploiement des NTN, réseaux non terrestres composés de satellites sur différentes orbites, de drones, de ballons, intégrés en convergence avec les réseaux terrestres : qui seront les opérateurs de ces gros réseaux ? Seront-ils français, américains, asiatiques ? Les futurs réseaux constituent des vecteurs d'innovation importants dans de nombreux secteurs - industrie, santé, transports... - et leur déploiement pose des questions sociétales. Nous devons en avoir la maîtrise ».



UN COMBAT MENÉ CONJOINTEMENT PAR LA FRANCE ET L'EUROPE

Pour Serge Verdeyme, la recherche de la solution doit déborder du simple cadre de l'Hexagone : « la grande priorité stratégique est à mon sens la souveraineté au niveau européen, avec un Etat français organisé pour tenir un rôle de leader dans cet espace. Il est donc très important de travailler sur la 5G et la 6G pour peser au niveau mondial sur les standards, le développement des usages, ou encore le contrôle des réglementations en lien notamment avec le développement durable ».

Un constat partagé par Marc Jamet : « quand on ne peut pas faire seul, il faut s'allier et l'échelon européen s'avère ici particulièrement précieux. Nous souhaitons ainsi mieux articuler nos positions et nos objectifs au niveau national avec l'écosystème européen, qui a beaucoup d'écoute sur ces sujets ». Cela paraît d'autant plus réaliste et réalisable que, comme l'explique Françoise Prêteux, « il existe un véritable alignement entre les positions européennes et françaises. Il ne s'agit pas que de technologie mais aussi des valeurs sociales que nous souhaitons défendre ».

FRAME XG, INSTRUMENT DE CETTE RECONQUÊTE

En s'inscrivant pleinement dans la stratégie nationale et en s'articulant avec les autres initiatives complémentaires, Frame xG vise à impulser une dynamique vertueuse et constitue une amorce de cette reconquête. Serge Verdeyme s'en félicite : « entre Frame xG et le PEPR, nous travaillons en bonne intelligence dans le même périmètre thématique, dans le même contexte, avec notamment la même ambition de générer des brevets essentiels aux normes et de peser sur la standardisation ». Comme le souligne Emmanuel Boutillon, « cela montre qu'il y a une prise de conscience et apporte des moyens pour résoudre le problème.

Frame xG va permettre d'avoir les outils pour protéger et valoriser les connaissances générées par le PEPR et ainsi se montrer très efficace dans les comités de standardisation ». Pour Françoise Prêteux, « cette première étape est cruciale pour réenclencher et impulser une dynamique vertueuse en la matière. Elle doit réussir à rendre simples et rapides les process de dépôt de brevet pour les chercheurs académiques. Elle doit parvenir à fédérer les acteurs pour une création de valeur globale. Pour la 5G, le coup est déjà parti, mais pour la 6G c'est maintenant qu'il faut se mobiliser pour être au rendez-vous de 2028 ! ». Elle note que « la Stratégie d'accélération 5G et réseaux du futur » a prévu son instrument de mise en place d'une stratégie de reprise de leadership à la normalisation. Il s'agit de France 6G, dont la mission a été confiée à l'Institut Mines-Télécom. France 6G viendra prolonger les actions de recherche et la mise en place de la stratégie de propriété intellectuelle de Frame xG pour aider à porter les brevets jusque dans la future norme 6G et à les promouvoir au rang de BEN. C'est une condition nécessaire pour que la France retrouve une place clé pour contribuer au numérique souverain en Europe ».



Marc Jamet résume parfaitement l'enjeu : « la reconquête ne peut se faire seul : il faut chasser en meute. C'est tout l'objectif de France 6G, Frame xG ayant aussi son rôle à jouer dans l'accompagnement de certains porteurs. Il sera très important, pour le succès de notre stratégie d'accélération, d'arriver à peser sur les standards de la 6G ».

DE LA NÉCESSAIRE COLLABORATION CHERCHEURS-INDUSTRIELS POUR INFLUER SUR LA STANDARDISATION

Pour Françoise Prêteux, cette chasse en meute constitue une évidence : « les industriels qui font de la normalisation doivent travailler main dans la main avec les académiques. Ils se déchargent ainsi du volet relevant de la recherche amont indispensable pour faire émerger des solutions innovantes voire de rupture en assurant les tests et expérimentation pour les évaluations alors que les chercheurs, qui n'ont pas la légitimité de porter un produit, trouvent en eux le vecteur essentiel à la promotion de leurs travaux. C'est le couple gagnant ! A travers Frame xG, nous souhaitons orienter les recherches pour faire émerger des technologies mises au point avec les industriels. La normalisation ne peut se faire sans cette collaboration : les chercheurs apportent la garantie et la démonstration scientifique, mais ce seront les industriels qui seront ensuite les leaders pour les pousser et les promouvoir. Le grand enjeu de Frame xG consiste à rattacher ces derniers au projet pour renforcer la position de la France dans le monde. Pour cela, l'innovation est clé ! »

Une démarche qui doit se prévoir très en amont, prévient Marc Jamet : « pour les chercheurs, la nécessité de peser dans le processus de standardisation signifie qu'en plus de leurs objectifs en termes de publications, ils doivent aussi penser à la capacité à breveter leurs innovations. Ce qui représente un effort supplémentaire. C'est tout un environnement qui doit valoriser la standardisation et le dépôt de brevets ».

PAROLES DE CHERCHEURS

Les chercheurs qui ont franchi le pas ne le regrettent pas. Raymond Knopp, enseignant-chercheur à EURECOM qui participe depuis 2017 aux travaux du 3GPP, explique ainsi qu'il collabore également avec un gros industriel qui le forme à la création de propriété intellectuelle dans l'organisme de standardisation dans le but de rendre ses brevets essentiels et donc commercialisables. Il avertit ses collègues : « de plus en plus de centres de recherche se lancent dans cette démarche. Depuis la 4G, il existe de grosses structures de ce type en Asie et nous avons décidé de nous y insérer pour ne pas nous laisser distancer. A travers ces expériences de transfert dans le 3GPP, nous avons appris comment générer à la fois des brevets et des études commercialisables. Nous souhaitons désormais profiter de l'arrivée de la 6G pour prendre notre autonomie et chercher des clients européens pour générer de la propriété intellectuelle car ce n'est pas une chose qu'un laboratoire de recherche peut exploiter seul. Même à l'intérieur des groupes de normalisation, il faut savoir comment jouer le jeu. Ce qui nécessite des alliés qui soutiennent votre travail. Sauf à être géniale, une idée qui naît dans un labo est difficilement vendable ! (...) Il y a urgence : l'Asie a pris beaucoup d'avance ! Elle dispose d'armées d'ingénieurs qui génèrent



de la propriété intellectuelle au nom des gros industriels locaux... »

Emmanuel Boutillon voit aussi des avantages à ce que les chercheurs participent à la standardisation. Pragmatique, il sourit : « un partenaire représentant une voix, plus il y aura d'académiques, plus il y aura de voix ! On peut y promouvoir ses solutions mais aussi y apprendre beaucoup de choses, développer ses contacts – ce qui peut être très utile pour monter des projets européens notamment. Cela permet également de comprendre comment marche un processus de normalisation et d'être moins naïf en se confrontant à la réalité... »

Du côté de l'Institut Mines-Télécom, Françoise Prêteux explique : « à côté de la formation et de la recherche orientée vers les besoins industriels et sociétaux, nous avons une mission de développement économique. Aussi avons-nous compris que la compétitivité passe par la création de valeur et sa protection. Nous avons donc développé très tôt ce tropisme vers la normalisation, avec des représentants notamment dans le 3GPP ou IETF. Mais il ne faut pas se limiter au niveau des technologues : il faut aussi intégrer les instances et les comités d'expert car la normalisation constitue un jeu d'alliances pour obtenir un consensus autour des brevets qui seront jugés essentiels... Mobilisons-nous tous ! »

COMMENT CANDIDATER AU CONSORTIUM FRAME XG ?

COMMENT SAVOIR SI VOTRE PROJET EST ÉLIGIBLE À FRAME XG ?

>> Vous êtes une équipe de recherche ou un établissement de recherche **membre de FRAME xG**, soit en propre, soit par le biais de votre SATT référente

>> Vous avez des **résultats de recherche valorisables** via un projet de prématuration (TRL* 2 à 3) et/ou de maturation (TRL* 4 à 6) dans le domaine des technologies de réseaux de télécommunication 5G+ / 6G ?

Axes :

- Orchestration et réseau
- Sécurité des systèmes de télécommunication
- Couche physique, antennes et hyperfréquences

>> Vous avez l'ambition de **contribuer à la souveraineté européenne** en télécommunications par l'une des voies suivantes :

- Transfert de technologie à une entreprise existante
- Création d'entreprise
- Standardisation dans les normes de télécommunication

Les projets doivent avoir fait l'objet d'une décision de financement préalable par votre SATT partenaire, ou à défaut, par votre établissement. Cette décision doit être postérieure à mars 2023.

COMMENT SOUMETTRE MON PROJET ?

Rendez-vous sur framexg.fr pour consulter le calendrier de dépôt.

Pour un projet en phase de **PREMATURATION** (TRL* 3), vous pouvez soumettre votre projet à l'Institut Mines-Télécom à l'adresse framexg@imt.fr

Pour un projet en phase de **MATURATION** (TRL* 4 à 6), vous pouvez soumettre votre projet à Ouest Valorisation à l'adresse framexg@ouest-valorisation.fr

Pour toute question, n'hésitez pas à solliciter les chefs de file aux adresses courriel ci-dessus.

* TRL : Technology Readiness Level

LES PARTENAIRES DU CONSORTIUM FRAME XG

CHEFS DE FILE



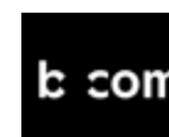
QUEST
VALORISATION
Ressources d'innovation



MEMBRES

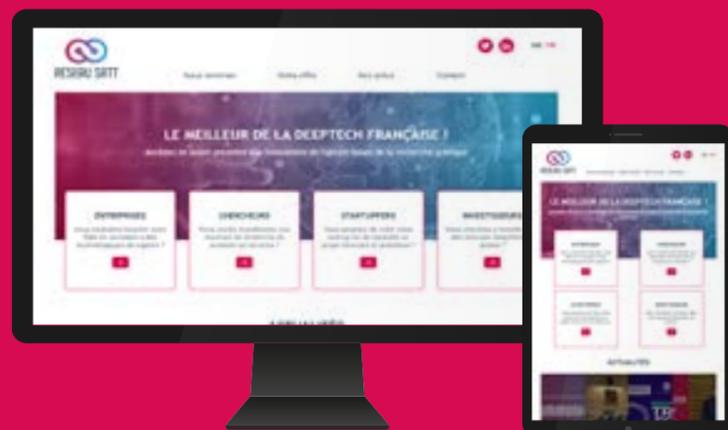


PARTENAIRES



ACCÉDEZ EN AVANT-PREMIERE AUX INNOVATIONS DE RUPTURE
issues de la recherche publique

Suivez l'actualité du Réseau SATT
www.satt.fr



Vos contacts :

Business : Laurent Auret - laurent.auret@satt.fr
Communication : Rémi Lefebvre - remi.lefebvre@satt.fr

Adresse postale : c/o SATT Ouest Valorisation, 14C Rue du Patis Tatelin, 35700 Rennes
©2023 Association des SATT – Tous droits réservés



BOOK FRAME XG

**METTRE LA 5G AU SERVICE DE
LA COMPÉTITIVITÉ INDUSTRIELLE
FRANÇAISE**

FRAME XG

METTRE LA 5G AU SERVICE DE
LA COMPÉTITIVITÉ INDUSTRIELLE FRANÇAISE

UNE QUESTION?
UNE DEMANDE?
UNE INFORMATION?
UN RENDEZ-VOUS...

WWW.FRAMEXG.FR

CONTACTEZ :

FRAMEXG@IMT.FR

FRAMEXG@OUEST-VALORISATION.FR