

5G : UNE NOUVELLE GÉNÉRATION TECHNOLOGIQUE, DES USAGES À INVENTER

IMT-2020, 3GPP Release 15... finalement tout le monde l'appellera 5G. Mais attention, cette cinquième du nom est plus ambitieuse que ses aïeules qui misaient uniquement sur des débits plus importants pour nos smartphones et des usages B2C (e-commerce, jeux, streaming audio et vidéo...).

AUTEURS



PIERRE RENALDO
GUILLAUME VAQUERO

Cette publication a été réalisée avec les contributions de Agathe VALETTE, Thimothé LAMBERT, Jordan NGATA et Nicolas BODOLEC.

Non contente de proposer des débits déjà 10 fois plus élevés, la 5G s'offre le luxe de répondre à des cas d'usage plus spécifiques tels que l'Internet des Objets (grâce à une densité de connexions et une efficacité énergétique décuplés) ou les véhicules connectés (à la faveur d'une latence de transmission divisée par 10).

Au-delà de l'amélioration des caractéristiques radio, c'est aussi le cœur de réseau qui est refondu pour gagner en agilité et intégrer la virtualisation avec en ligne de mire la possibilité de créer des « réseaux virtuels », adaptés à chaque vertical : Industrie, Défense, Transport, Énergie, Immobilier, Santé...

Mais quand et comment ces nouveaux services B2B et B2B2C verront-ils le jour ? Après les baptêmes et expérimentations, les premiers pas de la 5G sont sous le feu des projecteurs. Va-t-elle confirmer ses promesses ?

UNE NAISSANCE SOUS LE FEU DES PROJECTEURS

L'actualité autour de la naissance de la 5G aurait-elle un air de déjà-vu ?

Après 4 générations, nous sommes désormais coutumiers des longs accouchements des normes, des débats sur la mise aux enchères des fréquences et de l'euphorie des campagnes commerciales de lancement.

Mais cette nouvelle génération semble susciter encore davantage les passions et les polémiques.

Elle est l'objet d'une **joute évidemment économique mais aussi politique et sociétale**, comme en témoigne l'actualité de ces derniers mois :

LANCEMENT DE LA 5G : UNE COMPÉTITION ÉCONOMIQUE ET POLITIQUE

Une **course au lancement** de la 5G digne de la conquête spatiale. On a ainsi observé les Etats Unis et la Corée du Sud se quereller la primeur de l'annonce d'un lancement commercial.

Une pression forte des Etats Unis sur leurs alliés pour imposer un **embargo sur Huawei**, fabriquant chinois d'infrastructures pour les réseaux 5G, par crainte du risque d'écoute.

De nombreux questionnements sur les **risques pour la santé**, notamment à Bruxelles ou dans certains cantons suisses où la 5G est *persona non grata*.

Des débats autour des procédures de mises aux enchères des fréquences, avec des **risques d'envolée du prix des licences** (à l'image de l'Allemagne) réduisant la capacité à investir dans le déploiement et la couverture du territoire. Mais aussi des interrogations sur les **acteurs susceptibles de participer à ces enchères** au-delà des opérateurs mobiles actuels. Ces tensions autour du lancement de cette nouvelle génération témoignent que, bien au-delà de l'émergence d'une énième version d'une technologie mature, nous assistons à la naissance d'une vague qui va profondément bouleverser tous les secteurs de l'économie au cours de la prochaine décennie.

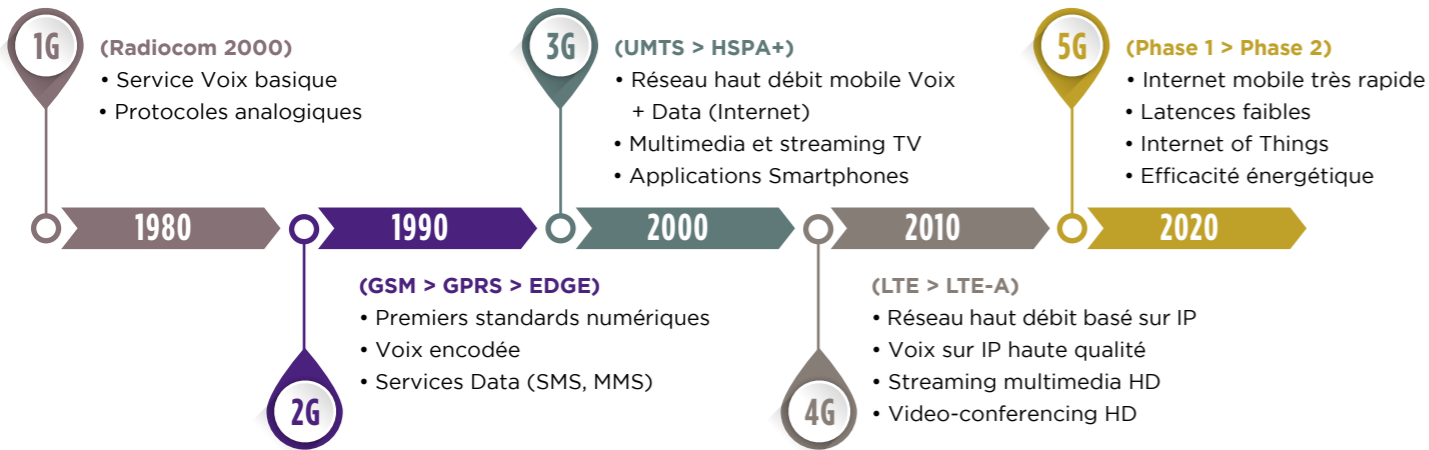
La 5G : Une joute évidemment économique mais aussi politique et sociétale

LA DERNIÈRE-NÉE D'UNE LONGUE LIGNÉE

Avant de développer, revenons tout de même sur les prémices de cet épisode. La 5G est la dernière-née d'une longue lignée. Chaque génération a vu croître fortement les débits et apparaître de nouveaux services, faisant évoluer notre rapport à la téléphonie mobile.

Les nouveaux usages (messagerie instantanée, vidéo, réseaux sociaux) ont pris le pas sur l'usage - initial - de la téléphonie. A nouveau, cette cinquième génération pourrait bien transformer nos habitudes bien au-delà du smartphone.

Les 5 générations de téléphonie mobile :



Débit Théorique	10 à 300 kb/s.	2 à 20 Mb/s.	0,4 à 1 Gb/s.	20 Gb/s.
-----------------	----------------	--------------	---------------	----------

Temps de chargement d'une vidéo de 1h en 4k au débit théorique	240 à 8 jours	1 jour à 3h	8 à 3 min.	10 s.
--	---------------	-------------	------------	-------

DES ÉVOLUTIONS TECHNIQUES MAJEURES

Pour le cahier des charges de cette cinquième génération de la norme radio mobile, l'ITU (Union Internationale des Télécommunications) a défini des objectifs de performance autour de **8 indicateurs ou KPIs** (Key Performance Indicator). Le résultat est impressionnant, avec des performances en hausse le plus souvent d'un facteur 10 en comparaison avec la précédente génération :

BIEN PLUS QUE DU TRÈS HAUT DÉBIT...

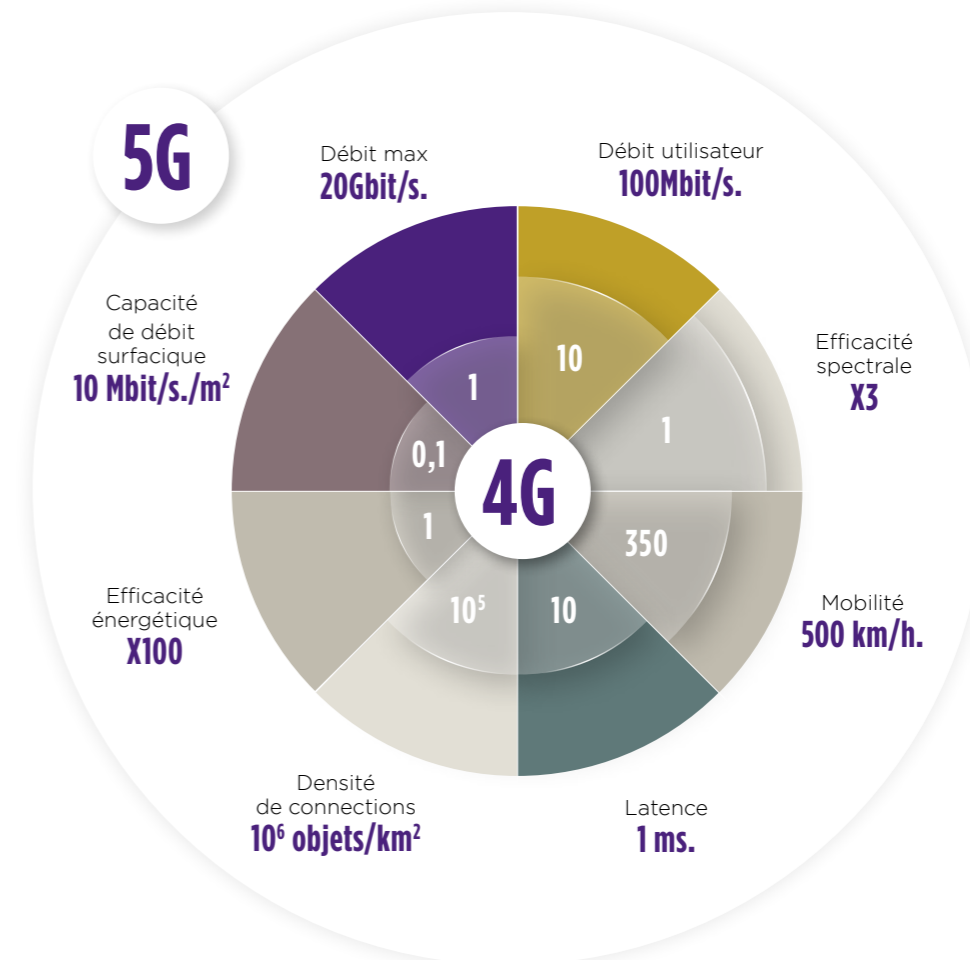
Des **débits** 10 à 20 fois supérieurs : soit 20Gb/s en pic et 100Mb/s en expérience utilisateur (c'est 60 000 fois plus que la 2G, première génération à véhiculer des données !).

Une **densité de connexions** permettant d'atteindre le million d'objets connectés par kilomètre carré.

Une **latence** de l'ordre de la milliseconde, soit 10 à 15 fois inférieure à celle de la 4G.

Une **consommation électrique** divisée par 100.

Amélioration de la 5G vs. 4G selon les 8 indicateurs de performance (KPIs) :



Les 8 objectifs de performance ne pourront pas tous être atteints simultanément

Pour atteindre ces performances, les spécifications de l'ensemble de la chaîne de communication ont été repensées, tant sur l'**interface radio et les antennes que sur le cœur du réseau.**

Cependant, il convient de souligner que les objectifs de performance ne pourront pas tous être atteints simultanément.

3 déclinaisons ont donc été définies pour s'adapter aux principaux cas d'usage envisagés :

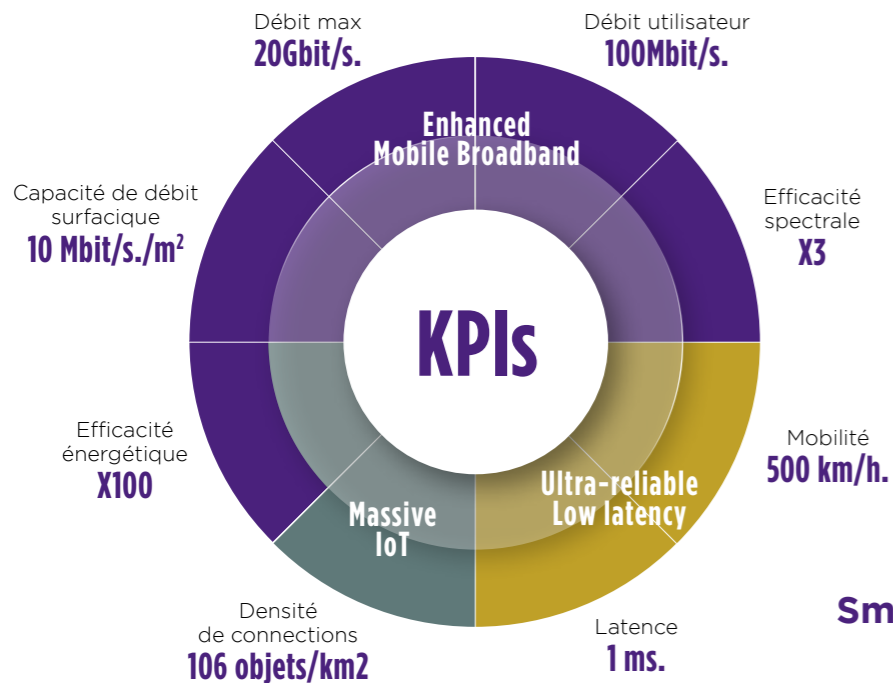
Enhanced Mobile Broadband (eMBB) où l'efficacité de l'usage des fréquences sera axée sur l'accroissement des **débits de l'internet mobile actuel** (vidéo 4K, réalité virtuelle...).

Massive Machine Type Communication (mMTC) ou Massive IoT privilégiant la forte densité d'objets et la faible consommation électrique pour soutenir le développement de l'Internet des Objets (IoT).

Ultra-Reliable & Low Latency (URLL) avec une faible latence et une stabilité des connexions y compris à grande vitesse (500km/h), permettant de répondre aux enjeux des **véhicules intelligents** communiquant entre eux (V2V) et avec l'infrastructure routière (V2I).

La release publiée par 3GPP (qui standardise les protocoles de télécommunications mobiles) en juin 2018 définit la configuration du réseau 5G pour l'eMBB (le très haut débit mobile). D'autres releases sont prévues et viendront préciser notamment les deux autres déclinaisons.

✓ **3 déclinaisons adaptées aux cas d'usages clés**



Small Cells : Couvrir des zones de faible périmètre mais nécessitant des débits très élevés

LA RÉVOLUTION DES FRÉQUENCES MILLIMÉTRIQUES

Les fréquences prévues pour la 5G peuvent être divisées en trois grandes catégories : les fréquences basses (<1 GHz), les fréquences moyennes (entre 1 et 6 GHz) et les plus hautes (au-dessus de 20 GHz).

Les deux premières bandes de fréquence sont déjà partiellement exploitées par les précédentes générations (2G/3G/4G) mais aussi par le WiFi et d'autres technologies. Elles représentent un bon compromis entre débit et capacité de couverture.

En revanche, la bande des fréquences hautes est assez novatrice car rarement utilisée jusqu'ici. Ces fréquences portent le qualificatif « millimétriques », en rapport à leur longueur d'onde de l'ordre du millimètre.

L'exploitation de ces hautes fréquences permet d'obtenir de très hauts débits, mais les faibles longueurs d'onde sont plus sensibles aux perturbations et pénètrent difficilement les bâtiments.

Elles seront donc utilisées pour couvrir des zones de faible superficie mais nécessitant des débits très élevés ou rassemblant de nombreux utilisateurs. On parle de « small cells ».

La densification des antennes est déjà mise en œuvre pour certains ouvrages comme des stades, gares ou aéroports, mais devrait se généraliser avec les ondes millimétriques.

DE NOUVELLES TECHNOLOGIES POUR LES ANTENNES

D'autres innovations au niveau des antennes permettent d'améliorer les performances et l'efficacité d'utilisation des fréquences. Ainsi le Massive MIMO (Multiple Inputs Multiple Outputs), améliorant les techniques déjà mises en œuvre pour la 4G et le WiFi, consiste à transformer une antenne en une grille de micro antennes.

L'émission et la réception sur chacune de ces micro antennes permet de concentrer la puissance émise dans une direction et ainsi, améliorer les performances de transmission. On parle alors de « beamforming ».

NETWORK SLICING : DES TRANCHES POUR TOUS LES USAGES

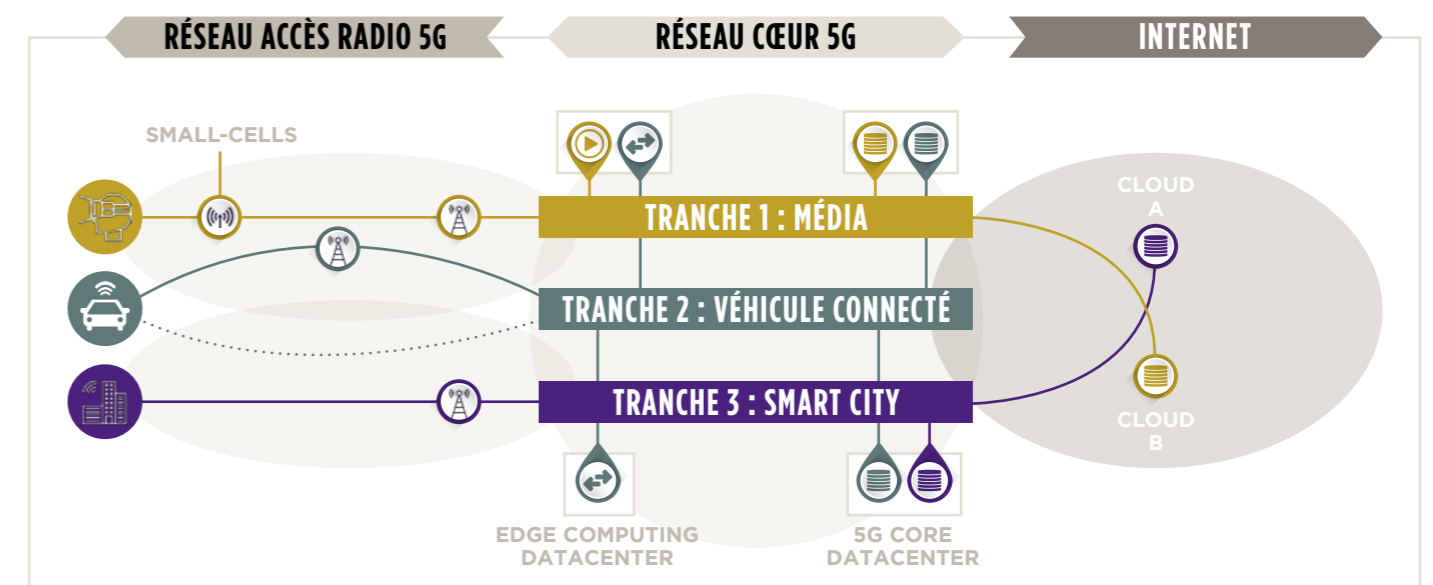
Le cœur de réseau, raccordant les antennes radio à Internet fait aussi l'objet d'innovations. Il adopte les principes de virtualisation et de découplage CPU (plan contrôle / plan utilisateur). En dissociant fonctions logiques de contrôle du réseau et éléments physiques (comme les antennes), on facilite l'adaptation automatique du réseau aux besoins des utilisateurs.

En combinant ces technologies, les opérateurs 5G pourront, sur une même infrastructure physique, instancier à la demande des **réseaux virtuels indépendants** et dotés des ressources **adaptées à chaque cas d'usage.**

Cela revient à découper le réseau en tranches (plus ou moins épaisses), donnant ainsi le nom de « Network Slicing ».



✓ **Réseau 5G : vue d'ensemble de l'architecture**



Des tranches de réseau pourront être mises en œuvre pour des cas d'usage spécifiques comme les villes intelligentes, les voitures connectées, les drones de livraison, les services d'urgences...

Chaque tranche pourra disposer de ressources (fréquences, capacités de calcul, capacités de stockage ou de diffusion de données...) dimensionnées et positionnées en fonction de ses besoins.

L'objectif est ainsi de garantir la sécurité, la disponibilité et les performances propre à chaque usage, et indispensable pour le développement de services B2B.

Network Slicing : Garantir la sécurité, les performances et la qualité de service propres à chaque usage

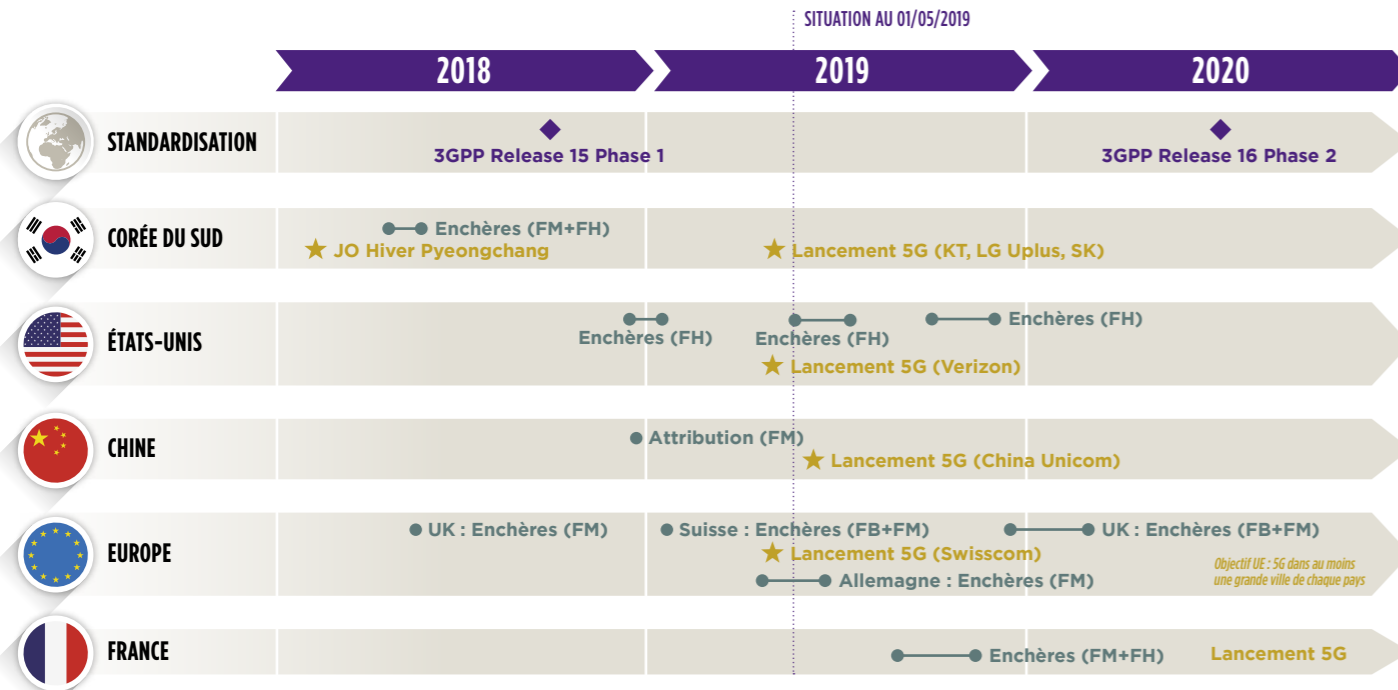
LA 5G À L'ŒUVRE

LES PREMIÈRES ÉTAPES

Pour mener à bien la publication de la première release, de nombreux travaux ont été menés parallèlement entre l'ITU et la 3GPP pour tester et valider les technologies.

Alors que des expérimentations ont été lancées par les opérateurs et les constructeurs à travers le monde, c'est actuellement la course à l'obtention des fréquences puis à l'ouverture du service.

✓ Premiers jalons marquants pour l'apparition de la 5G :



FRÉQUENCES ÉMISES POUR UTILISATION EN 5G : FB : FRÉQUENCES BASSES (<1GHZ) • FM : FRÉQUENCES MOYENNES (2 À 6GHZ) • FH : FRÉQUENCES HAUTES « MILLIMÉTRIQUES » (>20GHZ)

Si les enchères pour l'attribution des fréquences 5G sont prévues en France à l'automne 2019, pour une ouverture des services courant 2020, de nombreux pays sont plus avancés dans le processus.

La Corée du Sud a annoncé le lancement commercial des services 5G en avril, devant de quelques heures les États-Unis. Ils ont été suivis par d'autres pays, notamment la Suisse en Europe.

La Chine prévoit un lancement de la 5G courant mai. Le plan de route Européen impose à chaque pays d'ouvrir à minima une métropole en 2020, et de couvrir en 5G toutes les zones urbaines et les principaux axes de transport en 2025.

Néanmoins, ces lancements de services 5G, basés sur les premières versions de la norme 5G (Release 15) et parfois une réutilisation partielle du réseau 4G, peuvent cacher

des réalités assez diverses, en termes de couverture géographique (quelques villes), de débit disponible et de fonctionnalités mises en œuvre.

La seconde version de la norme (Release 16) attendue pour début 2020 entraînera une évolution progressive des infrastructures et des solutions mais permettra surtout la mise en œuvre des nouveaux usages promis par la 5G.

DE NOMBREUSES EXPÉRIMENTATIONS DANS LE MONDE

Au-delà des lancements commerciaux, la 5G est déjà une réalité dans le cadre d'expérimentations ponctuelles.

Dès 2018, en Corée du Sud, lors des Jeux Olympiques d'hiver à Pyeongchang, on pouvait expérimenter la 5G en visualisant les descentes de bobsleigh en direct et en réalité virtuelle à la place du pilote, ou bien choisir son angle de vue pour regarder les épreuves de patinage captées par 100 caméras placées autour de la patinoire.

Des premières opérations chirurgicales ont déjà bénéficié de la 5G : comme à Barcelone lors du MWC 2019 (Mobile World Congress) où depuis la scène un chirurgien assistait une équipe opérant une tumeur dans un hôpital à côté, puis en Chine, entre deux hôpitaux distants de 3000 km pour une chirurgie du cerveau.

En Finlande, Nokia et Telia ont mis en œuvre la 5G pour de nombreux usages : le contrôle à distance de bus automatisés à Helsinki, l'assistance à distance d'un expert dans une usine 4.0 ou encore un concours de jeu en ligne (eSports).

... MAIS AUSSI EN FRANCE

En attendant l'attribution des licences (prévue pour 2019), et afin de favoriser l'émergence de la 5G en France, l'ARCEP a mis en place début 2018 un guichet permettant aux acteurs souhaitant mener des tests d'obtenir des fréquences sur un territoire restreint. Ainsi, 31 expérimentations ont déjà été menées dans 22 villes. Bien évidemment, les opérateurs mobiles se sont fortement impliqués dans cette démarche, à l'exception de Free qui prévoit de lancer son offre en 2020 tout comme Bouygues Telecom, Orange et SFR.

Les opérateurs sont ainsi à l'origine de 74% des expérimentations, dont près de la moitié sont des tests techniques.

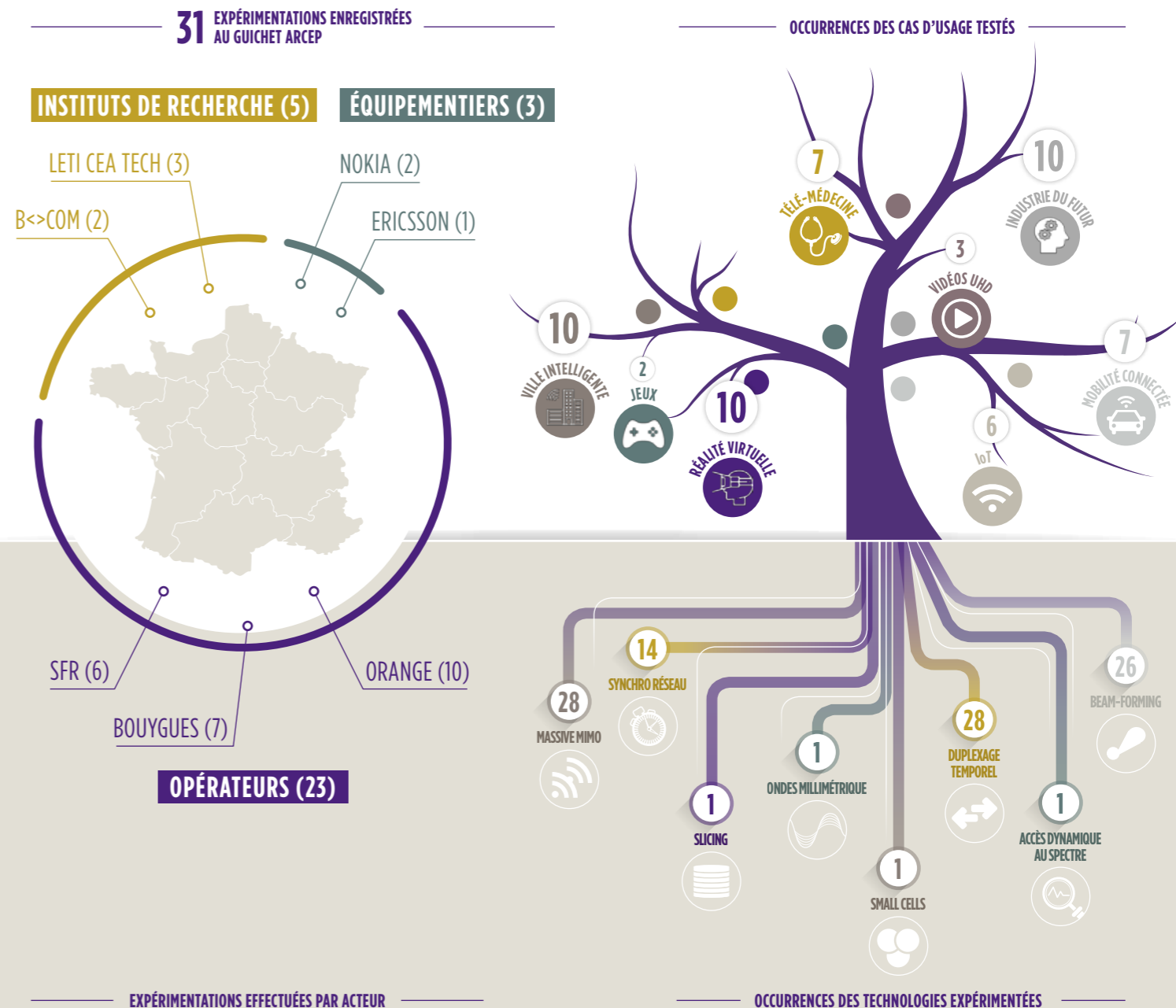
Les autres tests sont menés par les équipementiers ou des instituts de recherches.

Dans un premier temps, ces expériences ont permis de valider certaines fonctionnalités techniques comme le massive MIMO ou le beamforming (permettant l'émission directionnelle du signal et améliorant son efficacité).

De manière plus marginale, le Network Slicing (testé par Orange et l'institut Eurecom) et les ondes millimétriques (testées par Nokia) ont également été expérimentées.

Mais au-delà des tests techniques, les expérimentations avaient aussi pour but de valider la pertinence de certains cas d'usage. Les plus représentés furent ainsi la réalité virtuelle, l'industrie du futur et les villes intelligentes

✓ Synthèse des expérimentations en France inscrites au guichet de l'ARCEP :



DE NOUVEAUX SERVICES À INVENTER DES BUSINESS MODÈLES À DÉFINIR

Au-delà des cas d'usage les plus médiatisés, le potentiel de la technologie semble inépuisable et ce dans de très nombreux secteurs :

Divertissement : le très haut débit permet d'envisager le streaming de flux vidéo toujours plus riches pour une immersion à 360° et en très haute définition. La faible latence favorisera le développement de jeux en ligne multi-joueurs et en réalité virtuelle ou augmentée, y compris en situation de mobilité (voiture, train).

Transport et Automobile : la faible latence et la fiabilité des connexions en mobilité (jusqu'à 500km/h) permettent d'envisager les communications critiques et temps-réel nécessaires aux voitures autonomes, mais aussi au transport ferré, ou à la gestion du trafic des drones en zone dense. À titre d'illustration, un véhicule lancé à 100 km/h pourra recevoir un signal d'alerte en moins de temps qu'il ne lui faut pour parcourir quelques centimètres – c'est beaucoup moins que le temps de réaction d'un conducteur.

DES USAGES DAVANTAGE ORIENTÉS VERS LE B2B

Sécurité et Sûreté : la fiabilité des connexions en mobilité et le network slicing pourraient faire de la 5G une alternative crédible pour le remplacement de solutions PMR vieillissantes (transmissions radio pour les services de l'État tels que police ou pompiers), via la mise en œuvre d'une **tranche de réseau 5G réservée aux services d'urgence** et garantissant la disponibilité et la confidentialité. Le haut débit et la faible latence pourraient permettre l'échange d'informations tactiques et la transmission de flux vidéo en 4K.

Santé : la technologie pourrait permettre de démocratiser la télémédecine, avec la réalisation d'exams et même d'opérations chirurgicales à distance. Cela permettrait de faciliter l'accès aux soins pour certains pays ou territoires isolés ou ne disposant pas suffisamment de praticiens compétents.

Industrie 4.0 : la 5G pourrait être le catalyseur de l'usine du futur, avec la mise en œuvre de nouvelles générations de robots (grâce à une connectivité à faible latence), l'utilisation de capteurs favorisant la maintenance prédictive, ou encore le déploiement de solutions AR/VR (Réalité Augmentée/Virtuelle) pour assister des techniciens dans des réparations de machines-outils de plus en plus complexes.

Agriculture : la très forte densité de connexions potentielles pourrait favoriser le déploiement massif de capteurs IoT (jusqu'à un par mètre-carré) permettant d'améliorer le ciblage du traitement des cultures (apport en eau, en engrais...) voire des récoltes. Au sein des élevages, chaque individu pourra être suivi de manière personnalisée à l'image de cette ferme britannique où 50 vaches laitières ont été équipées d'un collier muni d'une puce 5G.

Smart City & IoT : enfin, la ville intelligente constitue évidemment un vivier extraordinaire d'usages potentiels que ce soit pour la gestion de l'énergie, de la mobilité, de l'eau ou encore des déchets. Dans ce domaine, la 5G devra cependant faire face à des technologies concurrentes qui ont déjà fait leurs preuves (LoRa, Sigfox), ainsi qu'à certaines extensions de la 4G telles que les normes NB-IOT et LTE-M.

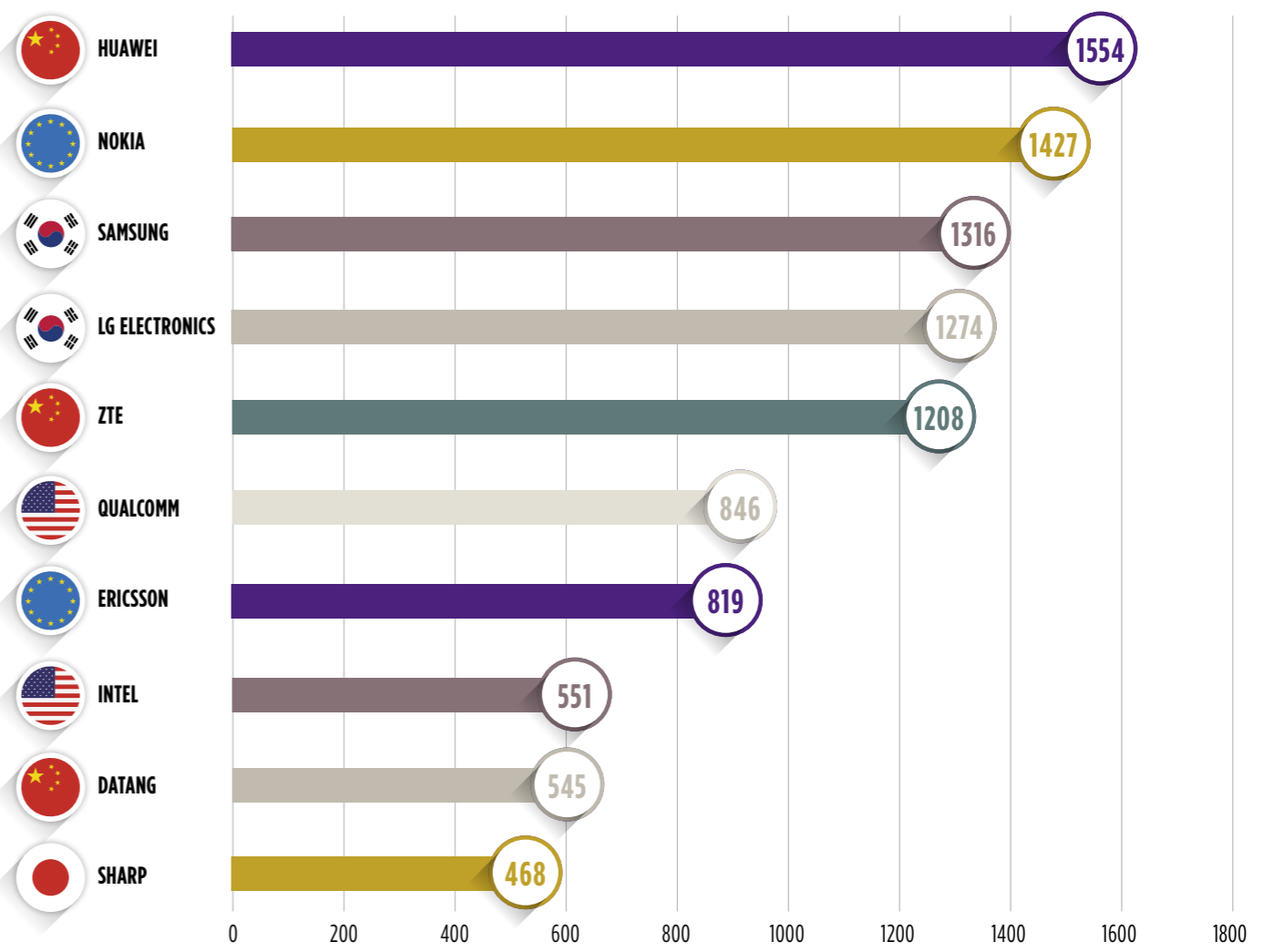
UN ÉCOSYSTÈME QUI ÉVOLUE RELATIVEMENT PEU

Malgré tous ces futurs usages innovants, l'écosystème des réseaux mobiles n'a pas (encore) subi de disruption. En effet, on retrouve pour la 5G les mêmes leaders industriels que pour les générations précédentes.

Les chinois tiennent la tête avec Huawei, ZTE et Datang qui figurent dans le top 10 des entreprises ayant déposé le plus de brevets essentiels à la 5G. Ils sont suivis ensuite pas les coréens (Samsung et LG) puis les européens

(Nokia et Ericsson) et enfin les américains (Qualcomm et Intel se limitant aux chipsets 5G).

✓ Top 10 des dépositaires de brevets essentiels pour la 5G :



Ces équipementiers ainsi que les opérateurs de réseaux mobiles maîtrisent bien l'évolution du secteur en pilotant les principaux comités responsables des standards, nécessaires à l'interopérabilité des différents maillons de la chaîne technologique : des terminaux jusqu'au réseau cœur en passant par les antennes et les puces modem.

✓ Principaux usages envisagés pour les 3 déclinaisons de la 5G :

1 ENHANCED MOBILE BROADBAND

- Très haut débit Mobile (>1Gbit/s)
- Vidéos live en très haute définition (UHD)
- Vidéos immersives en 3D et à 360°
- Accès mobile au cloud
- Jeux en ligne massivement multi-joueurs

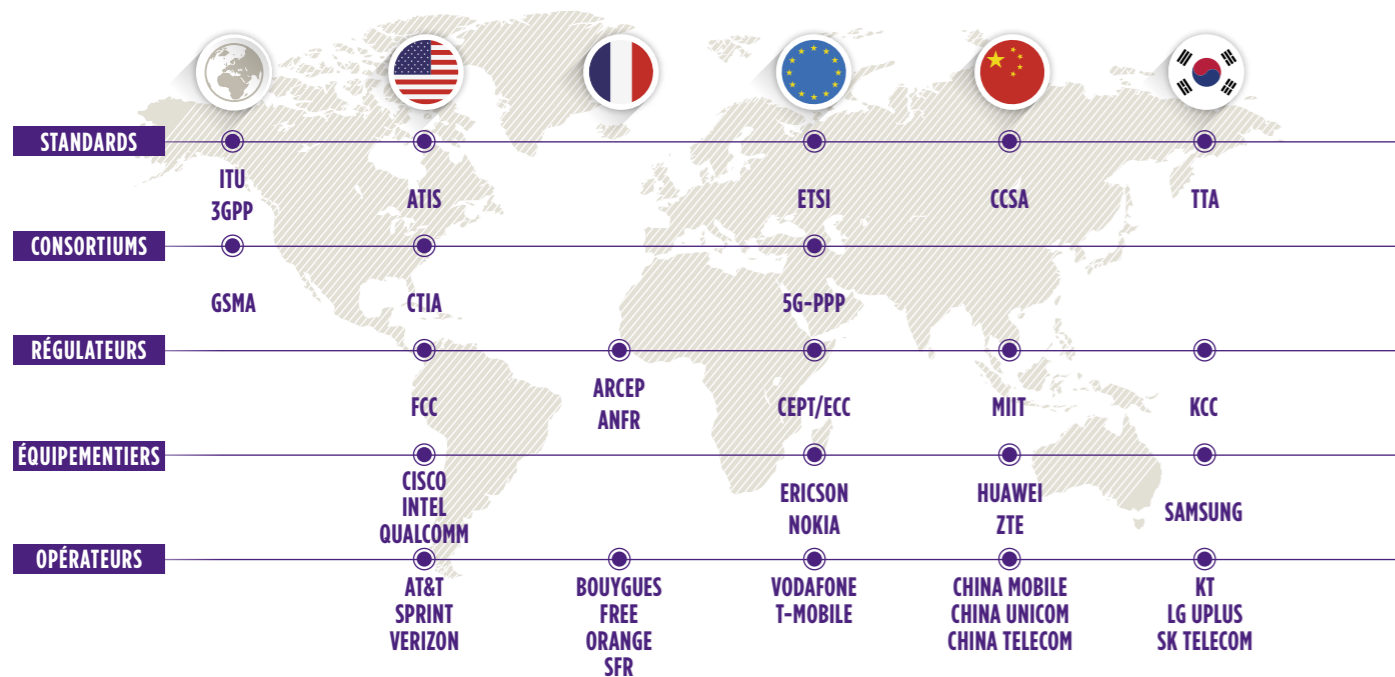
2 ULTRA-RELIABLE AND LOW LATENCY COMMUNICATIONS

- Réalité virtuelle et augmentée
- Automatisation industrielle
- Véhicules autonomes
- Applications critiques et temps réel
- Chirurgie à distance
- Services de secours
- Vidéo pour bulle tactique & forces spéciales
- Gestion du trafic des drones

3 MASSIVE MACHINE TYPE COMMUNICATIONS

- Smart Cities
- Smart Home / Building
- Smart Grid
- Capteurs IoT & contrôle à distance
- Robots agricoles
- Essaims de drones

✓ Panorama des principaux acteurs clés de la 5G :



Pour cette cinquième génération, les opérateurs mobiles vont devoir à nouveau investir sur l'achat des fréquences, sur l'infrastructure (antennes, réseaux et datacenters) et son déploiement (densification des cellules, fibrage des antennes...).

Ces investissements sont indispensables pour rester dans la course tant la 5G semble une génération incontournable. Mais la rentabilité de ces investissements pose question, alors que les déploiements de la 4G sont relativement récents et que l'ARPU (revenu moyen par utilisateur) a légèrement baissé ou au mieux stagné ces 5 dernières années.



Le marché autour de l'Internet des Objets est déjà bien structuré (car basé sur des technologies antérieures) notamment pour l'Industrie 4.0 et aussi les Smart Grids, Smart Cities, Smart Buildings...

En revanche, **l'essor futur des véhicules connectés puis autonomes et des drones pourrait bien représenter le relais de croissance attendu pour soutenir les**

Si la croissance semble difficile à trouver sur le grand public, **les opérateurs vont devoir activer les relais de croissance dans les services B2B** dont les cas d'usage foisonnent. Ceux-ci nécessitent néanmoins des investissements additionnels pour mettre en place le « Network Slicing » et décliner le Massive IoT et/ou l'Ultra-Reliable & Low Latency. Face à tant de cas d'usage possibles, les opérateurs peuvent difficilement créer en avance de phase les tranches de réseaux et les offres associées.

investissements sur la 5G dans les années à venir. Pour ce domaine, les chaînes de valeur restent à définir avec pour complexité le nombre d'acteurs en jeu : constructeurs de véhicules (voitures, camions, trains, drones...), gestionnaires d'infrastructures (routes, voies ferrées, aéroports...), opérateurs télécoms...

DE NOUVELLES CHAÎNES DE VALEUR À DESSINER

Certains usages ne verront sans doute jamais le jour, et d'autres n'auront qu'une faible rentabilité. Les opérateurs privilégient donc les approches de co-construction avec des acteurs spécialisés pour partager les investissements et s'assurer de la valeur des cas d'usage mis en œuvre. Il restera néanmoins à trouver les bons équilibres dans la chaîne de valeur.

L'essor futur des véhicules connectés puis autonomes et des drones **pourrait bien représenter le relais de croissance** attendu pour soutenir **les investissements sur la 5G**

QUAND LES GAFAM S'ÉVEILLERONT...

Les réseaux mobiles vont certainement continuer à jouer un rôle dans la digitalisation de nouveaux secteurs, et pourraient susciter l'appétit des nouveaux acteurs. Pourtant, à ce jour, les GAFAM (Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft) sont restés relativement réservés concernant leurs investissements sur la 5G, se

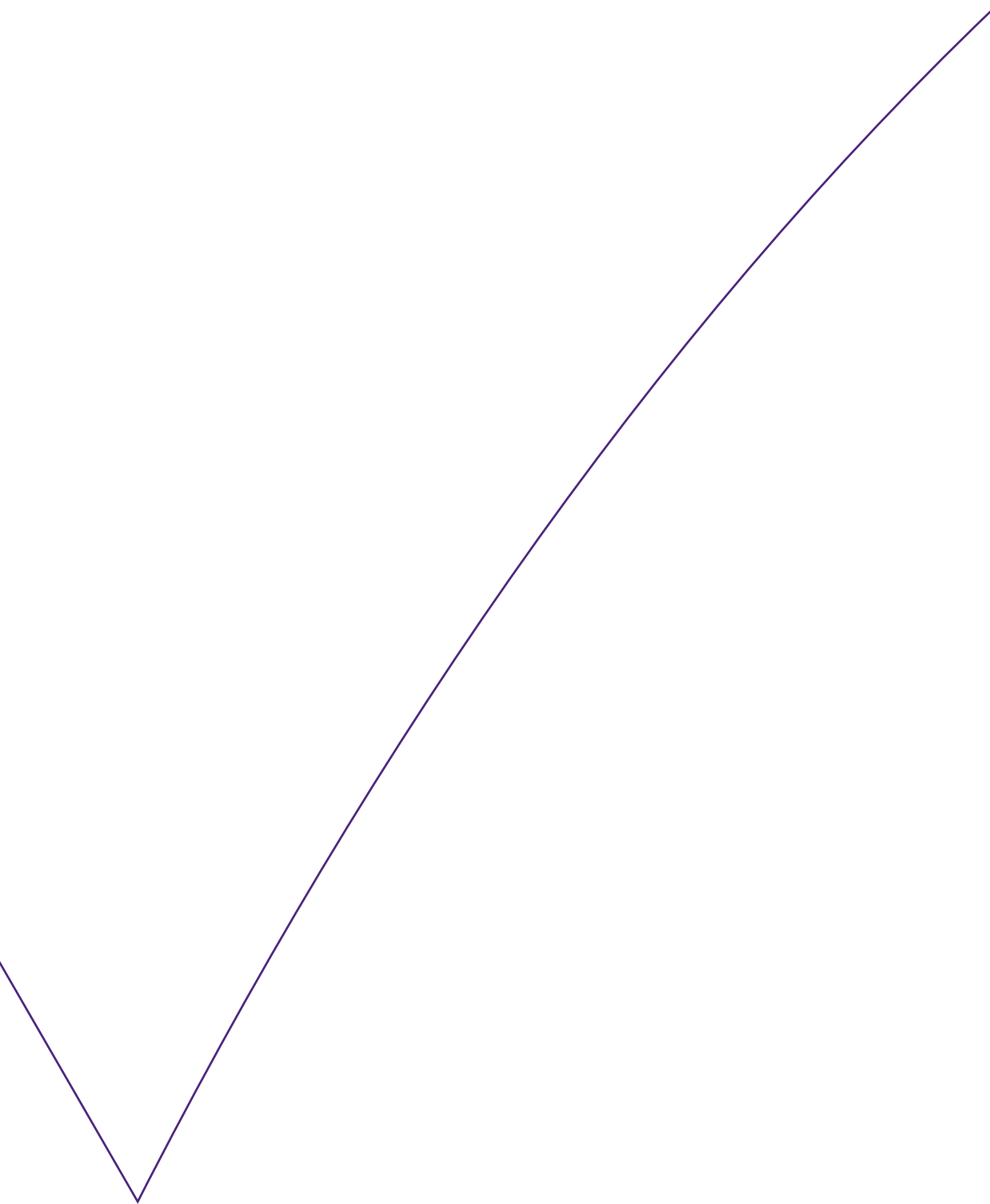
limitant à quelques projets exploratoires pour améliorer la couverture Internet en zone blanche avec des ballons dirigeables et des drones volants en haute altitude pour Google, ou encore des satellites en orbite basse pour Amazon. **La 5G présente pourtant de nouvelles opportunités clés pour les intérêts stratégiques de ces GAFAM :**

La collecte de données : au-delà des smartphones, la 5G va connecter de nombreux objets qui remonteront une nouvelle masse de données à valoriser.

Le Cloud et le Edge Computing : la 5G ne va pas seulement donner accès au Cloud, elle va être consommatrice de ressources de calcul pour son fonctionnement. Par ailleurs, pour bénéficier des faibles latences permises par la 5G, certains cas d'usage nécessiteront de positionner les ressources de calcul et de stockage au plus proche de l'utilisateur dans le réseau mobile et non plus dans le Cloud. C'est le « Edge Computing » auxquels les GAFAM s'intéressent déjà fortement.

Une incursion des GAFAM dans les réseaux mobiles 5G ou ultérieurs reste donc possible et viendrait à coup sûr fortement perturber l'écosystème en place.

La logistique : comme pour la voiture autonome, la 5G pourrait être un accélérateur pour la gestion du trafic d'une flotte de véhicules et des drones de livraisons.



WAVESTONE

www.wavestone.com

Dans un monde où savoir se transformer est la clé du succès, Wavestone s'est donné pour mission d'éclairer et guider les grandes entreprises et organisations dans leurs transformations les plus critiques avec l'ambition de les rendre positives pour toutes les parties prenantes. C'est ce que nous appelons « The Positive Way ». Wavestone rassemble 2 800 collaborateurs dans 8 pays. Il figure parmi les leaders indépendants du conseil en Europe, et constitue le 1er cabinet de conseil indépendant en France. Wavestone est coté sur Euronext à Paris et labellisé Great Place To Work®.