

Le BVT

mardi 27 janvier 2015



Veille Technologique

La

4G

Et ses évolutions...



Sommaire

1. Introduction	3
2. Définition	4
3. Spécifications techniques	4
3.1. <i>Architecture</i>	4
3.2. <i>Bandes de fréquences</i>	6
3.3. <i>Débits</i>	8
4. Standards 4G	9
4.1. <i>LTE</i>	9
4.2. <i>LTE-Advanced</i>	12
4.3. <i>WiMAX</i>	15
4.4. <i>Gigabit-WiMAX</i>	17
5. Perspectives et évolution des normes IMT-Advanced.....	17
5.1. <i>4G+/4,5G</i>	17
5.2. <i>5G</i>	17
6. La 4G à travers le monde	18
6.1. <i>Benchmark du déploiement de la 4G</i>	18
6.2. <i>Stratégies autour du déploiement de la 4G</i>	19
7. Quid de la 4G en Côte d'Ivoire ?	20
7.1. <i>Etat de l'existant</i>	20
7.2. <i>Attribution des fréquences</i>	21
7.3. <i>Dispositions à prendre</i>	21
8. Conclusion	22
9. Bibliographie	23
Annexe 1 : L'actualité de la 4G en Côte d'Ivoire.....	24
Annexe 2: La 5G	25

L'idéal d'un bien-être social a toujours poussé l'homme à innover afin de répondre à ses besoins. Les progrès technologiques sont l'un des moyens dont dispose la société afin de repenser sa manière de communiquer, d'échanger, de se divertir, de se soigner, de travailler, d'apprendre voire de rendre l'avenir meilleur en luttant efficacement contre les dangers et les fléaux et en préservant son environnement.

L'avènement des smartphones et des tablettes a provoqué une explosion des usages ainsi qu'une augmentation exponentielle du trafic sur les réseaux avec une estimation de trafic 30 fois supérieur à celui de 2010 à l'horizon 2020 selon la Commission européenne. Ce qui aura pour corollaire d'imposer plus de contrainte sur les réseaux existants.

Le développement des Télécommunications mobiles internationales (IMT), sous l'initiative et la houlette de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT), permet ainsi de doter les réseaux de capacités plus importantes pour qu'ils puissent offrir un large panel de services de télécommunications avancés, supportés à la fois par les réseaux fixes et mobiles.

La 4G est donc le prochain saut technologique à faire qui permettra d'avoir des débits plus élevés et offrira plus de capacité aux usagers.

L'impératif est donc de se préparer à une telle éventualité en s'informant sur cette technologie mobile ainsi que les évolutions à venir auxquelles il faut indéniablement s'attendre sur le marché dans le futur.

s'attendre sur le marché dans le futur.

technologie mobile ainsi que les évolutions à venir auxquelles il faut indéniablement

L'impératif est donc de se préparer à une telle éventualité en s'informant sur cette

plus élevés et offrira plus de capacité aux usagers.

La 4G est donc le prochain saut technologique à faire qui permettra d'avoir des débits

par les réseaux fixes et mobiles.

pour qu'ils puissent offrir un large panel de services de télécommunications avancés, supportés à la fois

1. Introduction

L'homme, poussé par l'idéal d'un monde meilleur et d'un cadre de vie agréable fait toujours preuve d'imagination et d'ingéniosité afin d'innover, de créer et d'apporter des solutions à des problèmes ou pour répondre tout simplement aux besoins exprimés ou non de la société. L'innovation réfléchit donc à de nouvelles manières d'échanger dans la société, de se divertir, de se soigner, de travailler, d'apprendre voire de rendre l'avenir meilleur en luttant efficacement contre les dangers et les fléaux et en préservant notre cadre vie au moyen de la technologie.

Le boom connu par les smartphones et les tablettes a révolutionné la façon de se connecter au reste du monde. Ceci a comme corollaire une demande de plus en plus croissante en termes de débits et une exigence intransigeante en matière de qualité de service et d'expérience. L'ubiquité, la mobilité, le roaming international, des services multimédias, des terminaux utilisateurs intelligents et faciles à utiliser, la sécurité, etc, sont le casse-tête des industriels dont l'engagement est de développer des réseaux à la hauteur des attentes des usagers pour répondre à leurs besoins.

Cet engagement a conduit des organismes spécialisés comme l'Union Internationale des Télécommunications, « engagée à connecter le monde » depuis environ 150, à initier le développement des *Télécommunications Mobiles Internationales (IMT)* afin de doter les réseaux de capacités plus importantes pour qu'ils puissent offrir un large panel de services de télécommunications avancés, supportés à la fois par les réseaux fixes et mobiles.

Les travaux débutés au cours de l'année 2000 ont permis de définir les spécifications pour les interfaces radios des IMT-2000 appelées réseaux mobiles de troisième génération 3G. Mais pour répondre à la demande toujours croissante de débits sur les réseaux de communications sans fil et pour pallier les insuffisances des réseaux de troisième génération, les IMT-2000 ont évolué vers les IMT-Advanced (ou *Télécommunications Mobiles avancées*). Cette évolution est connue sous le nom de réseaux mobiles de quatrième génération « 4G ».

Avec la 4G, le saut technologique a déjà eu lieu dans plusieurs régions du monde. Quoique la troisième génération soit l'essentiel des services Internet mobile fournis en Côte d'Ivoire, le recours aux réseaux de quatrième génération constitue sans équivoque le prochain saut technologique attendu sur le marché dans le domaine des technologies mobiles et un enjeu national en matière de développement haut débit et de la lutte contre la fracture numérique.

D'où l'intérêt porté à la 4G dans ce présent numéro de notre bulletin de veille technologique afin de comprendre ce que c'est que la quatrième génération des technologies mobiles ainsi que ses évolutions, auxquelles il va falloir se préparer et s'attendre sur le marché du mobile dans un futur proche ou lointain, pour ne pas rester en marge de l'évolution technologique qui profiterait à coup sûr à la population.

2. Définition

La 4G est la quatrième génération des standards de réseaux mobiles définie par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) sous le vocable IMT-Advanced (*Télécommunications Mobiles Internationales avancées en français*).

Les spécifications des Télécommunications Mobiles Internationales Avancées sont définies dans la Recommandation M.2012-1 qui donne les spécifications détaillées des interfaces radio-terrestres des IMT-Advanced connues sous le nom LTE-Advanced avec des débits cibles minimum de 100 Mbit/s en situation de mobilité forte et de 1 Gbit/s en mobilité faible. Ces spécifications sont basées sur le LTE Release 10 et au-delà, développés par le 3GPP.

Les systèmes IMT sont des systèmes mobiles large bande incluant les IMT-2000 et les IMT-Advanced. Les IMT-Advanced incluent les nouvelles capacités des IMT qui vont au-delà des IMT-2000. De tels systèmes améliorent la qualité des usages existants et donnent accès à un large panel de services de télécommunications dont les services mobiles avancés, supportés par les réseaux mobiles et fixes. Cela est rendu possible grâce à des débits bien supérieurs à ceux offerts par la 3G à laquelle elle succède grâce notamment à la disponibilité de nouvelles bandes de fréquences offrant plus de capacités de transmission.

La 4G est donc la technologie qui contribue à l'émergence de nouveaux services comme l'e-gouvernement, l'e-santé, l'e-éducation ou l'e-agriculture ainsi que la multiplication des contenus et des usages tels que le streaming, les jeux en ligne, la visioconférence, le transfert de fichier, le télétravail, etc.

3. Spécifications techniques

3.1. Architecture

Le 3GPP a introduit dans sa « Release 8 », le système de paquet évolué (EPS) qui est essentiellement basé le protocole IP. Ainsi, que ce soit les services temps réel comme la voix, la signalisation tout comme les services data, tout sera transporté sur le réseau de paquet. Une adresse est donc systématiquement allouée au terminal utilisateur dès lors qu'il est allumé et connecté au réseau et libérée une fois le terminal éteint et déconnecté du réseau.

On distingue donc essentiellement deux parties que sont le réseau d'accès appelé e-UTRAN (*evolved UMTS Terrestrial Access Network*) et le réseau cœur appelé EPC (*Evolved Packet Core*).

3.1.1. Le réseau cœur : EPC

L'EPC (*Evolved Packet Core*) est la version la plus évoluée de l'architecture de réseau cœur du 3GPP. Le choix de ne plus utiliser la commutation de circuits a été fait à la conception. D'où l'utilisation du protocole IP pour le transport de tous les services. Il n'a donc pas la capacité de traiter nativement les appels vocaux ainsi que les messages textes qui sont typiquement traités par les réseaux de circuit

comme le GSM ou le CDMA. Des solutions alternatives doivent donc être trouvées pour supporter ces services de voix.

L'EPC (voir figure ci-dessous) est constitué d'un MME (*Mobile Management Entity*), d'un HSS (*Home Subscriber Server*), d'un SGW (*Serving Gateway*) et d'un PGW (*Packet data network Gateway*). L'EPC est directement lié aux stations de base « eNode B ».

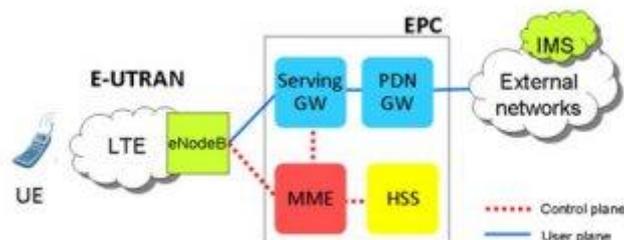


Figure 1 - Architecture simplifiée EPS avec l'EPC, source : 3gpp.org

Le choix de séparer les données utilisateur de la signalisation a été fait à la conception pour le passage à l'échelle. Ce qui facilite le dimensionnement et l'adaptation du réseau sans grande difficulté.

Le MME et le HSS traitent toutes les requêtes concernant l'accès de l'utilisateur au réseau. Il traite toutes les requêtes d'authentification, les demandes de roaming, etc. Le SGW agit essentiellement comme un routeur géant par lequel transitent toutes les données de l'utilisateur, entrantes comme sortantes. Le PGW fournit une connexion aux réseaux de données extérieurs en particulier à Internet.

3.1.2. Le réseau d'accès

Le réseau d'accès constitue l'autre partie de l'EPS en plus de l'EPC. Il est simplement un réseau de stations de base, e-Node B (evolved-Node B). Il n'y a pas de contrôleur central intelligent. Cette distribution de l'intelligence entre les stations de base permet d'accélérer le processus d'établissement des connexions et réduit le temps requis pour un handover. Le temps d'établissement d'une connexion peut être un élément crucial pour un utilisateur surtout dans le cadre d'un jeu en ligne par exemple. Aussi, le temps pour un handover est essentiel pour les services temps réel où la tendance pour l'utilisateur final serait de mettre fin à son appel si le handover prend trop de temps.

Ainsi, ci-dessous présentée l'architecture simplifiée du réseau d'accès avec les différentes interfaces.

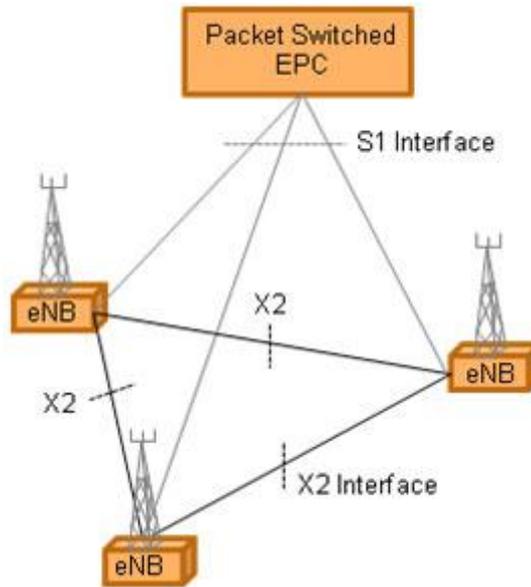


Figure 2 - Réseau d'accès LTE, source: 3gpp.org

3.2. Bandes de fréquences

Les bandes de fréquences autorisées à être utilisées dans le cadre des technologies 4G par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) sont nombreuses et s'étalent de 600 MHz à 3,8 GHz.

Pour répondre aux besoins de couverture dans les zones rurales, la stratégie adoptée est de déployer les fréquences basses dans ces zones-là. En effet, les fréquences basses sont appropriées dans ces zones parce qu'elles ont de bonnes propriétés de propagation sur de longues distances que les ondes radio de fréquences plus élevées.

La bande des 800 MHz est l'une de ces fréquences basses à fort enjeu car en plus de ses bonnes propriétés de propagation, cette bande n'offre que 2x30 MHz duplex (790-862 MHz). L'utilisation de la bande de fréquence des 800 MHz doit cependant précéder le passage de la télévision analogique à la télévision numérique. Le passage à la TNT permettra donc de libérer ce qu'on appelle le « dividende numérique » pour son réaffectation à la 4G. Sa portée plus conséquente permet d'installer moins de stations de base qu'avec des fréquences plus élevées. Raison pour laquelle les fréquences basses sont qualifiées de fréquences en or vu l'intérêt pour les opérateurs de les avoir. Pour faire simple, elles seront cruciales pour déployer la 4G LTE en zone rurale tandis qu'en zones urbaines il est privilégié l'affectation des fréquences plus élevées. Ce qui nécessite de petites cellules (*ou small cells en anglais*).

Sur la bande des 800 MHz, il n'est prévu que le multiplexage à répartition de fréquence (FDD en anglais).

L'autre bande de fréquence prévue à cet effet est la bande des 2,6 GHz. Cette bande offre une bande duplex de 2x70 MHz (downlink 2620-2690 MHz, uplink 2500-2570 MHz) pour le multiplexage à répartition de fréquence (FDD) et 50 MHz pour le multiplexage à répartition dans le temps. Cette bande

offre donc plus de capacité. Par ailleurs, c'est aussi un atout considérable pour le déploiement dans les zones très denses puisque le débit offert est proportionnel à la largeur de bande dont dispose l'opérateur de téléphonie mobile.

D'où la nécessité d'un déploiement en zone urbaine pour la bande 2,6 GHz, et l'option de la bande 800 MHz pour les zones rurales peu denses et très peu rentables pour les opérateurs mais stratégiques pour les Etats pour les enjeux de développement haut débit et la lutte contre la fracture numérique.

Il n'est pas aussi exclus d'utiliser les autres fréquences déjà allouées pour les services de téléphonie mobile antérieurs. Les questions de neutralité technologique impose même la réutilisation des fréquences et la nécessité de ne pas les associer à une technologie quelconque. A cet effet, les bandes 900 et 1800 MHz voire 2,1 GHz peuvent faire l'objet d'une réutilisation qui va nécessiter au préalable un réaménagement du spectre en libérant des canaux initialement attribués au GSM ou à l'UMTS. Tout ceci doit se faire conformément aux dispositions réglementaires applicables et aux besoins du marché.

D'autres fréquences continuent d'être identifiées et qui pourraient servir aux télécommunications mobiles. La bande des 700 MHz par exemple a été identifiée lors de la Conférence mondiale des radiocommunications de 2012. En effet, cette conférence a décidé pour la Région 1 (Europe, Afrique, Moyen-Orient) d'une attribution pour le service mobile, en complément de la radiodiffusion, et d'une identification pour les systèmes mobiles IMT dans la bande 694-790 MHz. La condition, cependant, est que l'attribution ne sera effective qu'après la conférence de fin 2015, et les conditions techniques seront définies lors de cette conférence, dont notamment la limite inférieure de la bande.

La plupart de ces bandes de fréquences ont été identifiées par la Conférence mondiale des radiocommunications de 2007. Ci-dessous listé, cet ensemble de spectres inférieurs à 1 GHz et supérieurs à 2 GHz.

- 450 – 470 MHz ;
- 790 – 960 MHz, incluant la bande des 800 MHz ;
- 1710 – 2025 MHz ;
- 2110 – 2200 MHz ;
- 2300 – 2400 MHz ;
- 2500 – 2690 MHz ou bande de fréquences 2,6 GHz.

On peut aussi relever au niveau régional les bandes de fréquences suivantes :

- 610 – 790 MHz pour le Bangladesh, la Chine, la Corée du Sud, l'Inde, le Japon, la Nouvelle-Zélande, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Philippines et Singapour ;
- 698 – 790 MHz pour le continent américain ;
- 3400 – 3600 MHz sans allocation globale mais acceptée par un grand nombre de pays d'Asie, d'Océanie, d'Europe, d'Afrique, du Moyen-Orient et la Russie

Une des particularités de la 4G est que, contrairement à la 3G qui n'offre qu'une capacité de 5 MHz, elle permet l'utilisation de bandes de fréquences hertziennes d'une largeur variable allant jusqu'à 20 MHz. Mieux, elle offre l'agrégation de fréquences. Ainsi, on peut agréger jusqu'à 5×20 MHz pour obtenir une largeur de bande de 100 MHz.

Alors pour obtenir une fracture en termes de débits par rapport à la 3G, il faut une allocation d'au moins 10 MHz. Car en LTE, sur une bande de 5 MHz, on peut obtenir un débit théorique descendant de 75 Mbit/s. On monte à 150 Mbit/s pour une bande 10 MHz. Sur 20 MHz, la largeur maximale permise par le LTE, on a un débit de 300 Mbit/s. Les 100 MHz offerts par le LTE-Advanced (*la vraie 4G*) permettent d'avoir un débit théorique de 3 Gbit/s.

Les débits en 4G sont donc proportionnels aux différentes largeurs de bandes allouées même si en réalité d'autres paramètres de performance rentrent en ligne de compte comme le codage par exemple.

3.3. Débits

L'évolution des réseaux de seconde génération 2G a permis le passage de quelques bit/s offerts par le GSM (9 kbps) à un débit théorique d'environ 171,2 kbps avec l'introduction du GPRS. La technologie EDGE, évolution de la technologie GPRS, permis d'atteindre des débits supérieurs à ceux du GPRS avec des débits théoriques allant jusqu'à 384 kbps.

Pour atteindre des débits plus élevés, il a fallu attendre l'arrivée des technologies de troisième génération 3G avec l'introduction de l'UMTS offrant, au lancement en 99 (« Release 99 », 3GPP), des débits au moins égaux à ceux offerts par la technologie EDGE c'est-à-dire 384 kbps. Cependant, à l'instar du GSM, l'UMTS va bénéficier de l'introduction de nouvelles techniques (le HSPA) qui ont permis d'améliorer significativement les performances, avec l'introduction de la « 3G+ » et ses évolutions offrant des débits théoriques allant jusqu'à 42 Mbps en mode « Dual Carrier » qui met en œuvre l'utilisation ou l'agrégation de deux porteuses adjacentes.

Après la 3G, la 4G est la conséquence directe de l'évolution des réseaux mobiles. La technologie d'accès LTE offre des performances élevées en termes de débits grâce à l'utilisation d'antennes MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) avec les techniques de transmission OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), d'accès multiples : OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) sur la voie descendante et la technique SC-FDMA (*Single-Carrier FDMA*) sur la voie montante. Ces techniques permettent d'atteindre des débits théoriques de 75 Mbps sur la voie montante et de 300 Mbps sur la voie descendante en utilisant la technique MIMO (*Mimo 4x4*).

Le MIMO est une technique qui permet l'utilisation simultanée de plusieurs antennes (2, 4, 8) des cotés terminal utilisateur et station de base.

Le principe de l'OFDMA consiste à répartir sur un grand nombre de sous-porteuses le signal numérique. L'orthogonalité des sous-porteuses permet d'avoir des sous-porteuses plus proches les unes des autres pour ainsi transmettre le maximum d'information sur une portion de fréquence tout en évitant les interférences entre symboles transmis. L'OFDMA, développé comme alternative au CDMA utilisé dans les réseaux 3G, permet pour une même largeur spectrale, un débit binaire plus élevé grâce à sa grande efficacité spectrale et à sa capacité à conserver un débit élevé en présence d'échos et de trajets multiples des ondes radios.

Toutes ces techniques permettent d'atteindre des débits élevés mais qui sont loin de satisfaire les exigences spécifiées dans le cadre des IMT-Advanced. Raison pour laquelle le LTE n'était pas considéré comme une technologie 4G mais plutôt comme une technologie 3,9G. Cependant, du fait

d'une amélioration des performances par rapport aux technologies 3G, l'UIT a accordé à la technologie LTE la possibilité commerciale d'être considérée comme une technologie « 4G ».

4. Standards 4G

La « vraie » 4G est définie dans les spécifications IMT-Advanced de l'UIT. La Recommandation ITU-R M.2012-1 recommande, en effet, que les interfaces radio-terrestres des IMT-Advanced soient :

- LTE-Advanced ;
- WirelessMAN-Advanced ou Gigabit-WiMAX.

La différenciation 4G et « vraie 4G » est due au fait que certains standards comme le LTE, développé par le 3GPP, ne respectent pas les spécifications de quatrième génération telles que développées par l'UIT. Ils étaient alors considérés comme des standards 3,9G. Mais l'acceptation de ces normes en tant que standards 4G a permis leur commercialisation sous le vocable 4G et a constitué la première étape vers la norme réseau mobile de quatrième génération qui est le LTE-Advanced. On distingue le LTE et le WiMAX comme étant ces technologies 3,9G à qui l'UIT a accordé la possibilité commerciale d'être considérées comme des technologies 4G.

4.1. LTE

4.1.1. Présentation

Le LTE, défini par le consortium 3GPP, est l'évolution à long terme de la technologie de téléphonie mobile de troisième génération UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). La standardisation par le 3GPP de la première version de la norme LTE s'est achevée au début 2008 et la disponibilité des premiers équipements pour tester la norme LTE a eu lieu en 2009. C'est une bonne et facile à déployer technologie réseau offrant des débits élevés et des latences faibles sur de longues distances. On a un temps d'aller-retour inférieur à 10ms sur l'interface radio (RAN).

Plusieurs raisons ont poussé le 3GPP à développer le LTE. On peut citer entre autres la demande croissante de débit et de qualité de service, l'optimisation des systèmes à commutation de paquets, la réduction de la complexité, etc.

Le LTE offre un débit de donnée crête de 50 Mbit/s sur la voie montante et un débit théorique de 100 à 300 Mbit/s sur la voie descendante. La largeur de bande utilisée va jusqu'à 20 MHz et supporte le duplexage temporel (TDD) ainsi que le duplexage fréquentiel (FDD). Quant à la taille des cellules, elle peut aller jusqu'à 5 km pour des performances optimales. Ces performances sont le reflet de l'utilisation d'antennes MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) combinées avec les techniques de transmission OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) et d'accès multiples OFDMA (*OFDM Multiple Access*) sur la voie descendante et la technique SC-FDMA (*Single-Carrier FDMA*) sur la voie montante.

Le LTE a été donc défini pour la première fois par la « Release 8 » du 3GPP. La « Release 9 » a permis de compléter les fonctionnalités de base introduites dans la « Release 8 » et l'intégration d'un certain

nombre de corrections de la « Release 8 » profitant ainsi de l'expérience acquise par les constructeurs dans le cadre des premières implémentations matérielles.

4.1.2. Principe de fonctionnement du LTE¹

Le LTE utilise deux différents types d'interfaces radios, une pour la liaison descendante, et l'autre pour la liaison montante. En utilisant différents types d'interfaces pour la liaison descendante et la liaison montante, le LTE optimise l'utilisation du réseau ainsi que les batteries des appareils et équipements LTE.

Pour la liaison descendante, le LTE utilise une interface radio OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) pour une transmission multiple sur des porteuses orthogonales. L'OFDMA rend obligatoire l'utilisation du MIMO (*Multiple In, Multiple Out*) qui permet des connexions multiples des équipements avec les antennes-relais. Ce qui aura tendance à augmenter la stabilité de la connexion et réduire les temps de latence et augmenter par la même occasion le débit total de la connexion.

Sur la liaison montante, le LTE utilise le DFTS-OFDMA (*Discrete Fourier Transform Spread Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) pour générer un signal SC-FDMA (*Single carrier Frequency Division Multiple Access*). Contrairement à l'OFDMA, le SC-FDMA est mieux pour la liaison montante parce que les terminaux LTE, pour des besoins de gestion de l'énergie des batteries, n'ont pas besoin d'émettre une grande puissance vers le réseau. Ainsi, malgré le nom, le SC-FDMA est un système MIMO. Le LTE utilise une configuration SC-FDMA 1×2, ce qui signifie que pour chaque antenne sur un terminal en émission, il y a deux antennes au niveau de la station de base pour la réception.

Deux variantes exclusives de la norme LTE ont été définies au niveau radio : le FDD (*Frequency Division Duplexing*) qui utilise 2 bandes de fréquences distinctes pour l'émission et la réception et le TDD (*Time Division Duplex*) qui utilise une seule bande de fréquences avec des ressources dynamiquement allouées à l'émission ou à la réception des données.

La variante TDD a l'avantage de s'adapter facilement à des débits montants et descendants déséquilibrés, ce qui est souvent le cas pour le trafic des smartphones utilisés pour consulter Internet ou pour visualiser des vidéos. L'ensemble des sous-porteuses définies par la modulation OFDMA peuvent être utilisées pour émettre et pour recevoir avec une répartition de la bande passante entre les débits montants et descendants qui est définie par l'opérateur mobile. Cette variante nécessite une synchronisation plus précise de tous les constituants du réseau, y compris les terminaux mobiles. La chine a choisi de privilégier cette variante.

La variante FDD a été la première à être commercialisée et représente plus de 90% du marché en 2013. Elle est plus simple à implémenter avec une séparation d'au moins 30 MHz entre les bandes de fréquences émission et réception. Elle implique des contraintes de synchronisation moins sévères entre les terminaux mobiles et les stations de base car le terminal utilise en émission une bande de fréquence différente de celle de l'antenne-relais. Début 2014, les smartphones les plus récents ont des versions compatibles avec les 2 variantes FDD et TDD. L'Europe et la France ont choisi la variante FDD au début des années 2010.

¹ [http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_\(r%C3%A9seaux_mobiles\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_(r%C3%A9seaux_mobiles))

4.1.3. Débits théoriques et débits réels²

Plusieurs facteurs influencent le débit réel de données observé par l'utilisateur d'un réseau LTE. Ceci peut avoir pour conséquence une baisse considérable de débit par rapport aux débits théoriques annoncés. Les principaux facteurs ayant une influence sur le débit effectif sont les suivants :

- le nombre d'utilisateurs actifs se partageant la bande passante au sein d'une cellule LTE ; plus il y a d'abonnés en communication, moins chacun a de débit unitaire ;
- la largeur de la bande de fréquence attribuée à l'opérateur du réseau. Le débit utile global est proportionnel à cette largeur de bande qui peut varier de 1,4 MHz à 20 MHz ;
- les types d'antennes utilisés, coté terminal et coté réseau : le débit binaire maximal de 300 Mbit/s suppose des antennes MIMO 4x4 (quadruples) aux 2 extrémités de la liaison radio LTE ;
- la distance entre le terminal et la (ou les) antenne(s) relais. Le débit est très inférieur en périphérie de cellules radio à cause des interférences avec les cellules adjacentes et les conditions de réception radio (interférences, bruit, échos liés aux réflexions sur les immeubles...) ;
- la position fixe ou mobile du terminal de l'abonné ; le débit utile est réduit pour un terminal en mouvement ;
- la capacité en débit et le nombre maximum d'utilisateurs simultanés permis par la station de base (*eNode B*) et le débit des liens cuivres ou optiques reliant cette station au cœur de réseau (réseau de *backhaul*).

Le type et la catégorie du terminal influent aussi sur le débit maximum possible. Par exemple, un terminal LTE de catégorie 1 ne supporte qu'un débit binaire de 10 Mbit/s alors qu'un autre de catégorie 3 supportera 100 Mbit/s (*voir tableau 1*). En contrepartie, plus la catégorie du terminal est élevée, plus le terminal sera complexe et coûteux, et moins son autonomie sera grande.

Dans la plupart des cas, les débits crêtes proposés ne représentent pas ce qui sera délivré réellement aux utilisateurs. Ils caractérisent la capacité maximale pouvant être mise à disposition d'un utilisateur, c'est-à-dire le débit théorique disponible dans les meilleures conditions possibles, lorsque l'utilisateur est seul dans la cellule et proche de la station de base.

4.1.4. VoLTE

Le but ultime des opérateurs de réseaux est de déployer le LTE dans un contexte convergent porté par l'IMS (*IP Multimedia Subsystem*). Le 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) définit l'IMS comme une architecture générique de fourniture de services multimédias et de voix sur IP. En d'autres termes, l'IMS est une architecture standardisée basée sur le protocole IP qui supporte différents types de réseaux et d'applications multimédias. Les réseaux convergents basés sur le standard IMS permettraient donc aux opérateurs de procéder à une substitution de l'ensemble de leurs anciens réseaux. Ceci signifie que ce réseau doit supporter les appels voix, les messages textes, les alertes réseaux etc. sur le réseau de données. Cependant, personne n'a développé les spécifications du LTE en ayant en esprit la voix et la messagerie texte. Le LTE a été pensé en tant que réseau de données

² [http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_\(r%C3%A9seaux_mobiles\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_(r%C3%A9seaux_mobiles))

uniquement. Il se pose dès lors un problème qu'il faut résoudre en développant une solution voix sur IP (*Voice over IP – VoIP - en anglais*).

A la fin 2014, les réseaux et terminaux LTE disponibles ne pouvaient transmettre que des données. Les accès LTE proposés par les opérateurs mobiles réutilisent leur réseau 2G ou 3G pour prendre en charge les appels vocaux de leurs abonnés via une procédure appelée (*CSFB - Circuit Switch Fall-Back*) : le terminal mobile coupe provisoirement la connexion au réseau radio 4G LTE, le temps de l'appel vocal sur le réseau 3G. Une nouvelle norme est donc en cours d'implémentation. Il s'agit du VoLTE (*Voice over LTE*) qui utilise une variante étendue de SIP (*Session Initiation Protocole*) pour traiter les appels voix et les messages textes. VoLTE supportera nativement la voix sur les réseaux uniquement LTE, à partir des smartphones compatibles.

4.1.5. Catégories de terminaux LTE

Le 3GPP et l'ETSI dans les normes release 8, ont défini 5 classes de terminaux LTE (tablettes, smartphones, ordinateur, GPS, ...) correspondant aux débits maximaux que doit supporter l'équipement et au type d'antenne qu'il intègre. Tout terminal, quelle que soit sa catégorie, doit être capable de s'adapter aux 6 largeurs spectrales de 1,4 à 20 MHz, définies par le 3GPP. Ainsi s'il est une spécification à regarder de près lors de l'achat d'un smartphone, c'est bien sa connectivité cellulaire et sa catégorie. Les débits de données listés dans le tableau supposent une largeur de bande de 20MHz.

Tableau 1 - caractéristiques des terminaux³

Catégories de terminaux LTE (3GPP rel.8)						
Catégorie		1	2	3	4	5
Débits crête (Mbit/s)	Descendant	10	50	100	150	300
	Montant	5	25	50	50	75
Caractéristiques fonctionnelles						
Bande passante radio		1,4 à 20 MHz				
modulations	descendante	QPSK, 16QAM, 64QAM				
	Montante	QPSK, 16QAM				QPSK, 16QAM, 64QAM
Antennes						
MIMO 2x2		Non	Oui			
MIMO 4x4		Non				Oui

4.2. LTE-Advanced

Le LTE-Advanced fait partie des technologies réseaux retenues par l'UIT comme norme 4G IMT-Advanced. Il représente la « vraie » 4G.

4.2.1. Evolutions par rapport au LTE

³ [http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_\(r%C3%A9seaux_mobiles\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_(r%C3%A9seaux_mobiles))

Le LTE-Advanced commence avec la version du LTE définie dans le « Release 10 ». La « Release 10 » est donc principalement marquée par l'adaptation du LTE afin de garantir l'atteinte des exigences de la norme IMT-Advanced définie par l'UIT.

Comparé au LTE, le LTE-Advanced se différencie, pour l'essentiel, par une série d'améliorations indépendantes les unes des autres et qui préservent la compatibilité ascendante avec les normes et les terminaux LTE existants. Les bénéfices suivants sont apportés par les évolutions de la norme LTE vers le LTE-Advanced :

- Agrégation de porteuses (ou Carrier Aggregation en anglais) : elle permet un accès à une large bande passante qui peut être étendue jusqu'à 100 MHz (comparé aux 20 MHz maximum en LTE). D'où une augmentation de débits sur les liens montants et descendants ;
- Techniques avancées d'antennes MIMO : des performances radios accrues au niveau d'une cellule pour pouvoir servir plus de terminaux mobiles, grâce, entre autres, aux évolutions de la technologie MIMO (*Mimo 8x8*) qui étend la transmission jusqu'à 8 couches en liaison descendante. On a aussi l'introduction des single-user MIMO avec un maximum de transmission à 4 couches en liaison montante ;
- Relai : nœud de raccordement entre le e-Node B et le terminal utilisateur et crée une cellule séparée qui étend la couverture des cellules principales ;
- La coordination multi-point (CoMP) : c'est une nouvelle technique de transmission qui consiste en une coopération entre stations de base pour combattre l'interférence multicellulaire pour atteindre de meilleures performances notamment en termes de débits utilisateurs en bordure de cellule ;
- Le Self Organizing Networks (SON) : c'est une technologie conçue pour permettre l'auto-configuration, l'auto-exploitation et l'auto-optimisation des équipements des réseaux de téléphonie mobile. Il permettra un déploiement rapide de nouvelles stations de base sans nécessité l'intervention de spécialistes pour modifier les équipements pré-existants. Le SON offre de la flexibilité et améliore les performances du réseau tout en réduisant les coûts et les délais.

4.2.2. Catégories des terminaux

Le 3GPP et l'ETSI ont défini conjointement dans les normes « TS36.306 version 10 et 11 », 8 puis 10 catégories de terminaux LTE et LTE-Advanced. Les 5 premières catégories de terminaux sont les mêmes qu'en LTE (3GPP rel-8), les 5 classes suivantes de terminaux (catégories 6 à 10) sont nouvelles et spécifiques au LTE Advanced, elles ont été définies dans les rel-10 et rel-11 des normes 3GPP.

Les débits listés dans le tableau supposent une largeur de bande de 20 MHz pour chaque porteuse.

Tableau 2 - catégories de terminaux mobiles⁴

Catégories de terminaux LTE Adv (3GPP rel.11)												
Catégorie		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Débit crête (Mbit/s)	descendant	10	50	100	150	300	300	300	3000	450	450	
	Montant	5	25	50	50	75	50	100	1500	50	100	
Caractéristiques fonctionnelles minimales												
Largeur de la bande de fréquence de chaque porteuse		1,4 à 20 MHz										
Nombre minimal de porteuses radio agrégées dans le sens descendant		1			1,2 ou 3			5		2, 3 ou +		
Nombre de porteuses radio agrégées dans le sens montant		1			1		2		5		1	2
Modulations	descendante	QPSK, 16QAM, 64QAM										
	montante	QPSK, 16QAM			QPSK, 16QAM, 64QAM		QPSK, 16QAM		QPSK, 16QAM, 64QAM		QPSK, 16QAM	
Antennes												
MIMO 2x2		Non	Oui									
MIMO 4x4		Non			Oui		Oui/Non		Oui		Oui/Non	
MIMO 8x8		Non						Oui		Non		

⁴ http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_Advanced

4.3. WiMAX

4.3.1. Qu'est-ce que le WiMAX ?

Le WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) est un standard de réseau sans fil métropolitain créé par les sociétés Intel et Alvarion en 2002 et ratifié par l'IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineer*) sous le nom IEEE-802.16. Plus exactement, WiMAX est le label commercial délivré par le WiMAX Forum aux équipements conformes à la norme IEEE 802.16, afin de garantir un haut niveau d'interopérabilité entre ces différents équipements.

Le WiMax permet la transmission de données IP haut débit par voie hertzienne à des débits théoriques montants et descendants de 70 Mbits/s avec une portée théorique de 50 kilomètres.

Le standard WiMAX possède l'avantage de permettre une connexion sans fil entre une station de base et des milliers d'abonnés sans nécessiter de ligne visuelle directe. Le WiMAX se présente donc comme une solution alternative pour le déploiement des réseaux haut-débit sur les territoires, qu'ils soient couverts ou non par d'autres technologies comme l'ADSL ou le câble. Le WiMAX rend possible une utilisation à la fois sédentaire et nomade d'Internet haut-débit. D'un côté, les communes, les entreprises et les particuliers se connectent à Internet sans-fil à partir d'un poste fixe qui communique par ondes hertziennes via une antenne-relais appelée station de base. De l'autre, les internautes peuvent bénéficier d'une connexion rapide où qu'ils se trouvent à partir du moment où ils sont situés en zone couverte.

Dans la réalité le WiMAX ne permet de franchir que de petits obstacles tels que des arbres ou une maison mais ne peut en aucun cas traverser les collines ou les immeubles. Le débit réel lors de la présence d'obstacles ne pourra ainsi excéder 20 Mbit/s.

4.3.2. Principe de fonctionnement du WiMAX

Le cœur de la technologie WiMAX est la station de base, c'est-à-dire l'antenne centrale chargée de communiquer avec les antennes d'abonnés. On parle ainsi de liaison point-multipoints pour désigner le mode de communication du WiMAX. Ainsi, reliée par fibre optique à l'infrastructure du fournisseur d'accès à Internet, la station de base WiMAX communique simultanément avec plusieurs centaines d'antennes installées chez les abonnés.

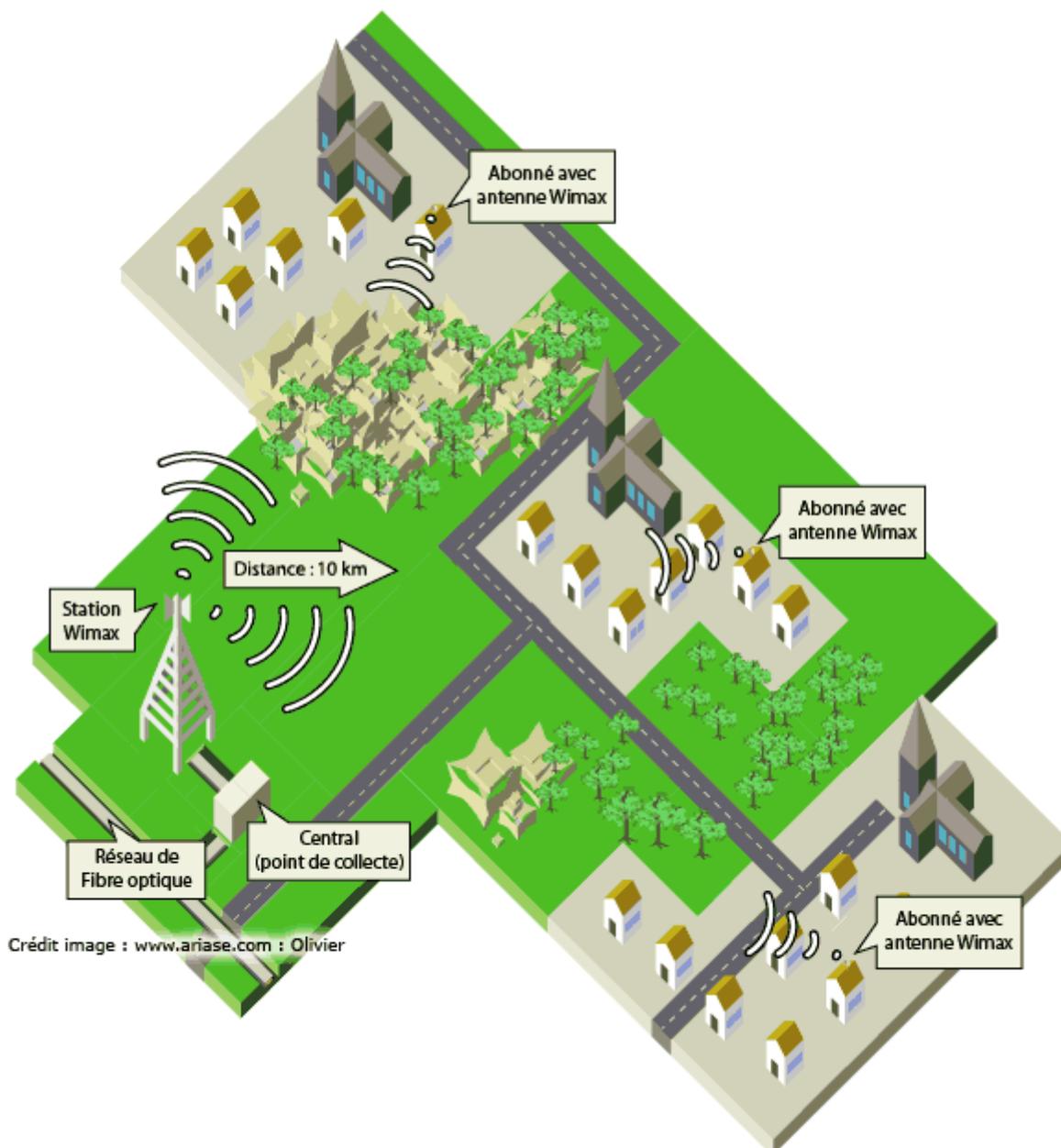


Figure 3 - Architecture de fonctionnement du WiMAX, www.ariase.com

Les révisions du standard 802.16 se déclinent en deux catégories que sont le WiMAX fixe (ou IEEE 802.16-2004) prévu pour un usage fixe et le WiMAX mobile (ou IEEE 802.16e).

Standard	Bande de fréquence	Débit	Portée
WiMAX fixe (802.16-2004)	2-11 GHz	75 Mbits/s	10 kms
WiMAX mobile (802.16e)	2-6 GHz	30 Mbits/s	3,5 kms

Le standard WiMAX intègre nativement la notion de Qualité de Service. Dans la pratique, WiMAX permet ainsi de réserver une bande-passante pour un usage donné. Le WiMAX peut donc être utilisé pour couvrir la zone dite du « dernier kilomètre » (en anglais « last mile »), encore appelée boucle

locale radio, c'est-à-dire fournir un accès à Internet haut débit aux zones non couvertes par les technologies filaires classiques (lignes xDSL telles que l'ADSL, Câble ou encore les lignes spécialisées T1, etc.).

4.4. Gigabit-WiMAX

Le Gigabit WiMAX fait partie, avec le LTE-Advanced, des technologies retenues par l'UIT dans le cadre de l'IMT-Advanced. Le groupe de travail 802.16m de l'IEEE est en charge de son développement et permettra la transmission de données par liaison sans fil fixe ou nomade stationnaire jusqu'à un débit de 1 Gbits/s et 100 Mbits/s par liaison sans fil mobile à grande vitesse.

Cette norme doit rendre possible la convergence des technologies WiMAX, Wi-Fi et 4G afin de réaliser des réseaux maillés, et tirera parti de la technologie MIMO pour augmenter la bande passante des transmissions.

5. Perspectives et évolution des normes IMT-Advanced

5.1. 4G+/4,5G

La 4G+ est ce qu'on a qualifiée de « vraie » 4G dans ce document. En effet, la plupart des déploiements 4G de par le monde ne concerne que la 4G LTE. La 4G+ permettra donc une évolution du réseau comme on l'a connu avec la 3G et la 3G+ voire la 3G++. La 4G+ est donc le LTE-Advanced développé par le 3GPP dans sa « Release 10 ».

La 4G+ est déjà une réalité en France avec les Opérateurs comme Bouygues Telecom qui propose un débit descendant théorique 2 fois plus rapide qu'en 4G, comme on peut lire sur son site internet⁵.

La 4,5 ou LTE-A (3GPP Release 11 et 12) pour *Long Term Evolution Type A* offrira aux usagers des débits théoriques de l'ordre de 3 Gbit/s⁶.

5.2. 5G

Quoique la « vraie » 4G ne soit pas encore une réalité pour les usagers aujourd'hui, la demande de plus en plus croissante de débit pousse les acteurs du secteur à penser à l'après 4G. La 5G est déjà en étude et prévue sur le marché à l'horizon 2020.

La 5G ou LTE-B (3GPP Release 13) pour *LTE Type B/IMT-2020* permettra des débits jusqu'à 50 Gbit/s dans des conditions optimales⁶.

Selon la Commission européenne⁷, il y aura 30 fois plus de trafic Internet mobile d'ici 2020 qu'en 2010. La particularité de ce trafic est qu'il ne sera plus dépendant du nombre de tablettes ou de smartphones.

⁵ <https://www.bouyguetelecom.fr/4G>

⁶ http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_Advanced

⁷ http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-129_en.htm

Ça sera l'air des objets, des capteurs utilisant l'Internet pour communiquer, et qui seront plus exigeants en termes d'efficacité, de capacité et de disponibilité des réseaux.

La rapidité du réseau que promet la 5G en offrant des capacités élevées permettra de passer à une dimension d'expérimentation des applications à haute valeur sociale et économique. On peut citer entre autres l'e-santé, les maisons connectées, la sécurité dans les transports, les « smart grids », le divertissement, etc.

En 5G, on ne pourra être limité que par l'imagination et par les applications, mais non pas par la capacité que pourrait nous offrir le réseau.

C'est fort de ce constat, que l'Union européenne a pris le devant des choses afin de développer la 5G pour ne pas rester en marge. L'industrie télécom européenne travaille donc à la définition de l'architecture et des fonctionnalités de la 5G. En décembre 2013, la Commission européenne a lancé le partenariat public-privé sur la 5G (5GPPP). Les investissements de l'Union Européenne s'élèvent à 700 millions d'euros pour la période allant jusqu'à 2020 tandis qu'une contribution d'au moins 3,5 milliards d'euros est attendue de la part du privé dans le cadre du 5GPPP.

Vu les enjeux, un accord a été le 6 juin 2014 à Séoul entre la Commission Européenne et la Corée du Sud pour le développement des technologies mobile 5G. Selon Neelie Kroes, Vice-président de la Commission Européenne jusqu'au 1^{er} novembre 2014, « la 5G sera le moteur de l'économie numérique et de la société numérique une fois déployée »⁸.

Les avancées déjà constatées (**voir Annexe 2**), laissent entrevoir ce à quoi on pourrait s'attendre une fois le processus de standardisation terminée et la technologie 5G rendue disponible.

6. La 4G à travers le monde

6.1. Benchmark du déploiement de la 4G⁹

La 4G est déployée un peu partout dans le monde. La plupart des pays européens par exemple ont déjà attribué les fréquences 4G selon le système d'enchères. Ci-dessous un tableau de benchmark des prix des fréquences 800 MHz et 2,6 GHz pour les fréquences attribuées en France, en Espagne, en Allemagne, en Italie et en Grande Bretagne.

	Date enchères	Prix payé M€	Spectre en million d'euros
Allemagne	Mai 2010	3945	250
Espagne	Aout 2011	1480	200
France	Sept-déc. 2011	3575	200
Italie	Octobre 2011	3432	210
Grande Bretagne	Février 2013	2715	245

⁸ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-680_en.htm

⁹ La gestion du spectre, Jean-Jacques HOSPITAL, novembre 2014, Telecom ParisTech

On compte en Afrique les pays comme le Ghana, l'Algérie, le Kenya, le Gabon, etc. Quoique timides encore, plusieurs initiatives sont en cours sur le continent pour un déploiement prochain des technologies 4G. C'est le cas par exemple du Maroc qui, par le biais de l'Agence nationale de réglementation des télécommunications (ANRT), a annoncé le 10 novembre 2014 le retrait des dossiers de candidature à partir du 17 novembre. On peut donc s'attendre à la 4G avant fin 2015 au Maroc.

6.2. Stratégies autour du déploiement de la 4G

En matière des bonnes pratiques de régulation, la France à travers l'ARCEP est un bon exemple et une référence.

L'ARCEP a donc procédé à une consultation publique du 27 juillet au 13 septembre 2010 afin de déterminer les modalités d'attribution des bandes de fréquences 800 MHz et 2,6 GHz pour le déploiement de réseaux mobiles à très haut débit. Une première consultation au printemps 2009 a permis de recueillir l'analyse et l'avis des acteurs intéressés sur les enjeux et les modalités pertinentes d'attribution d'autorisations pour les réseaux mobiles à très haut débit dans les bandes 800 MHz et 2,6 GHz.

Cette consultation publique met en lumière les apports de la 4G par rapport aux technologies 3G surtout, la fracture en termes de débits offerts. Mais aussi, elle met l'accent sur les enjeux liés à l'attribution des bandes 800 MHz et 2,6 GHz pour le déploiement de réseaux mobiles à très haut débit.

L'aménagement du territoire a été identifié comme un enjeu de grande importance. Par conséquent, les conditions d'attribution des fréquences dans la bande des 800 MHz doivent tenir prioritairement compte des impératifs d'aménagement numérique du territoire. Des obligations de couverture nationale ont été définies que les opérateurs prétendant aux fréquences sont tenus de satisfaire. Pour atteindre cet objectif, des zones de déploiement prioritaire ont été définies sur lesquelles le réseau peut être mutualisé pour venir à bout de ces zones difficiles à couvrir pour leur rentabilité non avérée.

Le découpage des bandes de fréquences a été identifié aussi comme enjeu concurrentiel. La bande 800 MHz qui n'offre que 2x30 MHz ne permet pas l'entrée de plusieurs opérateurs sur le marché. Ce qui a nécessité l'introduction de la notion de mutualisation des fréquences. Ainsi, si lors de l'attribution, un opérateur ne dispose que de 5 MHz, il peut mutualiser sa ressource fréquentielle avec un autre opérateur pour offrir plus de capacité.

L'engagement de l'accueil des MVNO demeure aussi un enjeu de taille pour un libre jeu de la concurrence sur le marché des télécommunications.

La question de la neutralité technologique est abordée afin de permettre aux opérateurs qui le souhaitent, la possibilité de faire une demande de réutilisation de fréquence à l'ARCEP. Le principe de neutralité technologique sera un vrai acquis à partir du 26 mai 2016, date fixée par le cadre réglementaire européen (« paquet télécom ») à partir de laquelle la réutilisation ne fera plus l'objet d'autorisation préalable auprès des autorités de régulation en Europe. Avant cette date, une demande explicite doit être formulée comme l'a fait « Bouygues Telecom » pour le déploiement de son réseau 4G sur la bande 1800 MHz.

L'autre aspect est que le développement du très haut débit mobile constitue une solution palliative au développement du très haut débit fixe qui est coûteux à cause, principalement, des coûts de génie civil.

On peut donc retenir des stratégies de déploiement 4G que le principe directeur c'est de faire en premier lieu un état des lieux de son réseau puis de bâtir une stratégie autour de cet existant.

Mais en dehors de tout ça, il y a des enjeux économiques, de l'utilisation et la gestion des fréquences qui vont entraîner à leur tour des enjeux concurrentiels puisque la manière de gérer ou de partager les fréquences peut faire entrer des concurrents sur le marché ou pas. Les bandes de fréquences seront donc découpées en fonction du nombre d'opérateurs qui sont attendus sur le marché.

Pour la réussite de l'opération, tout ceci doit se faire dans un souci d'aménagement numérique du territoire et du développement du très haut débit mobile et aussi de la concurrence sur le marché. Bien sûr, il faut inclure tous les acteurs, travailler ensemble afin d'établir un schéma directeur consensuel.

7. Quid de la 4G en Côte d'Ivoire ?

Aujourd'hui, la nécessité de déployer la 4G n'est plus à montrer tant il y a multiplicité des usages mobiles. Les réseaux doivent donc assurer et répondre à la demande simple de l'utilisateur qui est le plaisir et le confort de navigation qui doivent être partout les mêmes, à la maison ou pas. C'est une exigence qui a toujours poussé les réseaux à évoluer. Il est clair que la 3G atteint ses limites vu l'explosion du trafic Internet actuel et à venir. Il faut donc passer à une vitesse supérieure.

7.1. *Etat de l'existant*

La Côte d'Ivoire connaît un fort taux de pénétration au niveau de la téléphonie mobile avec un dénombrement de 21 millions d'abonnés au 30 septembre 2014. Quant au nombre d'abonnés Internet fixe, il était de 130 000 environ à la même période. Les statistiques ne permettent pas encore d'avoir le nombre d'abonnés Internet global y compris les abonnés Internet mobile. Mais si on s'en tient à ce chiffre, on se retrouve avec un taux de pénétration de 5% environ dont 86% sont concentrés à Abidjan alors que la population rurale est estimée à 60%. On a donc un marché qui offre beaucoup d'opportunités de développement et constitue un grand enjeu national pour la réduction de la fracture numérique et l'inclusion sociale.

Développer une vraie stratégie nationale de développement du haut débit et de l'aménagement numérique du territoire doit passer au préalable par une identification de l'existant afin d'orienter les décisions de sorte à pallier les insuffisances du passé.

Connaitre au préalable le taux de couverture de la population et du territoire par les technologies 2G et 3G s'avère donc une condition sine qua non pour développer une stratégie haut débit fiable incluant l'avis de tous les acteurs.

7.2. Attribution des fréquences

Vu la rareté des ressources spectrales, il faut rationaliser l'utilisation du spectre afin que tout le monde puisse avoir accès aux fréquences dont il a besoin. Cela a donné lieu à la vente aux enchères et les meilleures fréquences s'arrachent à prix fort.

En France, trois bandes de fréquences ont été attribuées à la 4G : 800, 1800 et 2600 MHz. L'attribution des fréquences 800 et 2600 a donné respectivement lieu à des enchères et à des appels d'offres. Les fréquences 1800 sont issues du *refarming* (réutilisation) d'anciennes fréquences 2G au nom de la neutralité technologique. Les 800 MHz sont d'anciennes fréquences de la TV analogique, appelées communément « dividende numérique ».

Ainsi, le déploiement de la 4G doit précéder par exemple le passage de la télévision analogique à la télévision numérique afin de libérer le dividende numérique qui servirait à la 4G. Egalement, au nom de la neutralité technologique, l'Etat doit autoriser les opérateurs, qui disposent de fréquences libres dans la bande des 1800 MHz, à les utiliser pour le déploiement de la 4G.

Les enjeux sont colossaux pour les deux parties que sont l'Etat et les opérateurs. Pour le premier, les enjeux sont économiques puisque la vente de ses fréquences en or permettrait à l'Etat d'engranger d'énormes sommes d'argent comme en France ou la vente des fréquences à rapporter à l'Etat plus de 3,5 milliards d'euros. Pour les opérateurs, l'enjeu est également d'ordre économique mais principalement, le défi est de posséder les meilleures fréquences qui offrent de bonnes propriétés de propagation.

7.3. Dispositions à prendre

D'une manière ou d'une autre, les opportunités d'un tel saut technologique doivent être étudiées au préalable et les prédispositions pour le déploiement prises.

Ainsi, au vu des analyses faites précédemment, l'Etat doit avoir un schéma directeur pour le déploiement de la 4G qui fixe clairement les objectifs des différents acteurs dans le temps et dans l'espace surtout en fonction des bandes de fréquences qui seront attribuées à chaque opérateur.

Voici quelques dispositions à prendre par les différents acteurs avant de procéder au déploiement de la 4G :

- Etudier les prédispositions du marché à l'introduction de la 4G ;
- Identifier l'existant c'est-à-dire faire un état des lieux ;
- S'assurer de la disponibilité des spectres de fréquences ;
- Etudier la question de la réutilisation des fréquences dans un contexte de neutralité technologique ;
- Avoir un mode d'attribution des fréquences (appel d'offres, enchères, réutilisation) qui soit équitable et rentable ;
- Fixer des obligations de couverture de la population et du territoire ;
- Fixer les différentes échéances ;
- Les opérateurs doivent réfléchir à leurs dépenses d'investissements ;

- S'assurer de la disponibilité sur le marché d'équipements compatibles 4G ;
- Etc.

Le moins qu'on puisse dire c'est qu'il ne faut pas précipiter les choses. Il faut définir les modalités de fourniture des services ainsi que les obligations des différents acquérants en matière de couverture du territoire et des populations sans oublier la qualité de service.

8. Conclusion

Le développement quasi-exponentiel des usages et l'explosion du trafic lié aux smartphones et tablettes poussent les opérateurs à toujours innover et trouver des solutions qui vont permettre de satisfaire la demande en bande passante en constante croissance. Les technologies « 3G » devenant aujourd'hui obsolètes de par leur incapacité à répondre aux besoins en bande passante des usagers, laissent place à la quatrième génération « 4G » de téléphonie mobile qui offrent plus de débits et de capacité pour supporter les usages comme le streaming, le transfert de fichiers, la visioconférence ou les jeux en ligne ainsi que l'explosion du trafic à cause des objets connectés qui vont constituer l'essentiel du trafic d'ici quelques années seulement.

Vu les enjeux pour les différents acteurs, la nécessité de ne pas rester en marge de la technologie 4G et ses évolutions s'impose naturellement.

Tout le long de ce document, nous avons essayé de donner un aperçu de ce que c'est que les technologies 4G et les différentes évolutions en cours ainsi que l'impact qu'elles auront sur les réseaux et les échanges sur ces réseaux.

Nous savons qu'il faudra y aller tôt ou tard. Raison pour laquelle il est opportun de prendre toutes les dispositions idoines qui se sont imposées à tous ceux qui ont voulu franchir ce cap. Le but ultime est que le passage à la technologie 4G-LTE profite effectivement à tous les acteurs dont les utilisateurs en premier puisque l'objectif est d'augmenter la qualité des réseaux et des services ainsi que la qualité d'expérience des différents utilisateurs de ces réseaux tout en luttant en même temps contre la fracture numérique et favorisant l'inclusion sociale de tous.

9. Bibliographie

http://fr.wikipedia.org/wiki/4G#cite_ref-21, dernière consultation le 08/10/14

<http://www.extremetech.com/mobile/110711-what-is-lte>, dernière consultation le 15/10/14

<http://www.commentcamarche.net/contents/1286-wimax-802-16-worldwide-interoperability-for-microwave-access>, dernière consultation le 23/10/14

<http://www.ariase.com/fr/guides/wimax.html>, dernière consultation le 23/10/14

<http://www.journaldugeek.com/2013/10/03/dossier-4g-lte>, dernière consultation le 23/10/14

<http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>, dernière consultation le 23/10/14

<http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>, dernière consultation le 23/10/14

http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_Advanced, dernière consultation le 23/10/14

http://fr.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.16m, dernière consultation le 23/10/14

<http://fr.wikipedia.org/wiki/WiMAX>, dernière consultation le 23/10/14

<http://www.igen.fr/telecoms/2014/07/dossier-tout-comprendre-sur-le-deploiement-de-la-4g-86838>, dernière consultation le 24/10/14

<http://www.extremetech.com/mobile/110711-what-is-lte>, dernière consultation le 24/10/14

[PDF] www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/consult-800-2600-thd-270710.pdf, dernière consultation le 29/12/14

<https://www.bouyquestelecom.fr/4G>, dernière consultation le 12/01/15

<http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1319-ITU-R-Confers-IMT-Advanced-4G-Status-to-3GPP-LTE>, dernière consultation le 09/01/15

<http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core>, dernière consultation le 09/01/15

[http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_\(r%C3%A9seaux_mobiles\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_(r%C3%A9seaux_mobiles)), dernière consultation le 09/01/15

http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-680_en.htm, dernière consultation le 13/01/15

http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-129_en.htm, dernière consultation le 13/01/15

Annexe 1 : L'actualité de la 4G en Côte d'Ivoire

- <http://news.abidjan.net/h/486229.html> le 3 février 2014 : **Internet haut débit / Implémentation de la 4G : Un fournisseur d'accès sur le marché ivoirien en mai 2014**
- <http://www.yoomee.ci/ci/news/actu/YooMee-lance-linternet-le-plus-puissant-du-moment-a-Abidjan/> le 04 avril 2014 : **YooMee lance l'internet le plus puissant du moment à Abidjan**
- <http://news.abidjan.net/h/501129.html> le 17 juin 2014 : **Tic - Orange Ci lance la 4G pilote**
- <http://www.afriqueitnews.com/2014/06/20/cote-divoire-nouveau-rebondissement-entre-lartci-et-orange/> le 20 juin 2014 : **Côte d'Ivoire : Pas de license 4G délivrée par l'ARTCI**
- <http://www.linfodrome.com/economie/16317-la-quequerre-artci-orange-sur-la-4g> le 30 juin 2014 : **la guéguerre ARTCI/Orange sur la 4G**
- <http://economie.jeuneafrique.com/regions/afrique-subaharienne/22471-4g-orange-cote-divoire-en-exces-de-vitesse.html> le 30 juin 2014 : **4G : Orange Côte d'Ivoire pris en excès de vitesse**

Annexe 2: La 5G

5 Go transférés en 11 secondes sur un smartphone¹⁰

« L'équipementier télécom finlandais Nokia Solutions & Networks et l'opérateur coréen SK Telecom ont atteint un débit de 3,78 Gbit/s en combinant deux normes LTE (Long Term Evolution), le FDD (Frequency-Division Duplex) et le TDD (Time-Division Duplex). Ils y sont parvenus en utilisant simultanément 10 fréquences allouées à ces deux normes pour une bande passante de 200 MHz. Cela leur a permis de transmettre un fichier de 5 Go en seulement 11 secondes.

Pour référence, la limite actuelle du débit des technologies LTE (commerciallement appelées "4G") en place est de 150 Mbit/s, et la prochaine évolution prévue avec la norme LTE-A ne permettra d'atteindre "que" 300 Mbit/s. Lors des tests, SK Telecom a utilisé la solution Single RAN (Remote Access Network) de NSN, notamment sa Flexi Multiradio 10 Base Station.

Un partenariat d'autant plus symbolique que la Commission européenne et la Corée du Sud viennent de signer un accord concernant le développement des technologies dites "5G". Le déploiement d'équipements LTE en Europe avait été particulièrement tardif, et les différences de bandes de fréquences utilisées par chaque pays (ainsi qu'à l'international, par exemple aux Etats-Unis) avait notoirement été un frein à l'adoption de cette technologie. Pour ne pas répéter cette erreur, le présent accord prévoit l'utilisation d'un spectre de fréquences commun afin de rendre la technologie interopérable au maximum.

Il sera prochainement entériné au niveau industriel par le Forum 5G sud-coréen et la 5G Infrastructure Association de l'Union européenne, qui compte entre autres parmi ses membres Alcatel-Lucent, Atos, Deutsche Telekom, Ericsson, Nokia, Orange, Telecom Italia, Telenor et Telefonica. »

¹⁰ <http://www.industrie-techno.com/5-go-transferes-en-11-secondes-sur-un-smartphone.30561#xtor=EPR-25>

Communications mobiles : de la 1G à la 5G¹¹

Mobile communications: from 1G to 5G

Generation	Device	Specifications
<p>1G</p> 		<p>1G</p> <p>Year 1991</p> <p>Standards AMPS, TACS</p> <p>Technology Analog</p> <p>Bandwidth —</p> <p>Data rates —</p>
<p>2G</p> 		<p>2G</p> <p>Year 1991</p> <p>Standards GSM, GPRS, EDGE</p> <p>Technology Digital</p> <p>Bandwidth Narrow Band</p> <p>Data rates < 80 - 100 Kbit/s</p>
<p>3G</p> 		<p>3G</p> <p>Year 2001</p> <p>Standards UMTS / HSPA</p> <p>Technology digital</p> <p>Bandwidth Broad Band</p> <p>Data rates up to 2 Mbit/s</p>
<p>4G</p> 		<p>4G</p> <p>Year 2010</p> <p>Standards LTE, LTE Advanced</p> <p>Technology digital</p> <p>Bandwidth Mobile Broad Band</p> <p>Data rates xDSL-like experience</p> <p>1 hr HD movie in 6 minutes</p>
<p>5G</p> <p>Smart grids</p> <p>Connected house</p> <p>eHealth</p> <p>Domotics</p> <p>Entertainment</p> <p>Traffic priority</p> <p>Smart Car</p> <p>Apps beyond imagination</p> <p>Car-to-car communication</p> <p>5G is about Communication, Storage, Processing...</p>		<p>5G</p> <p>Year 2020-2030</p> <p>Standards —</p> <p>Technology digital</p> <p>Bandwidth Ubiquitous connectivity</p> <p>Data rates Fiber-like experience</p> <p>1 hr HD movie in 6 seconds</p>

People

People & Things



¹¹ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-680_en.htm