

Consultation publique sur l'attribution d'autorisations dans les bandes 800 MHz et 2,6 GHz pour les services mobiles à très haut débit

Consultation Publique de l'ARCEP

Contribution Ericsson



Table des Réponses

Ericsson, en tant que fournisseur de solutions et de services, a choisi de répondre à une sélection de questions plus particulièrement adaptées à son domaine d'expertise.

1	QUESTION N°1.....	3
2	QUESTION N°2.....	4
3	QUESTION N°3.....	5
4	QUESTION N°4.....	6
5	QUESTION N°5.....	6
6	QUESTION N°6.....	7
7	QUESTION N°7.....	7
8	QUESTION N°8.....	8
9	QUESTION N°9.....	8
10	QUESTION N°10.....	8
11	QUESTION N°11.....	9
12	QUESTION N°15.....	9
13	QUESTION N°16.....	9
14	QUESTION N°17.....	10
15	QUESTION N°18.....	10
16	QUESTION N°19.....	12
17	QUESTION N°20.....	12
18	QUESTION N°21.....	14
19	QUESTION N°22.....	14
20	QUESTION N°23.....	15
21	QUESTION N°24.....	15
22	QUESTION N°25.....	16
23	QUESTION N°26.....	16

1 Question n°1.

Souhaitez-vous préciser, nuancer ou compléter cette description de l'évolution des services mobiles issue des précédentes consultations publiques ? Disposez-vous d'éléments qui pourraient actualiser cette vision de l'évolution du marché des services mobiles vers le très haut débit ?

Ericsson est totalement en accord avec la vision de l'ARCEP, et prévoit notamment une multiplication par six du nombre d'abonnés au haut débit mobile d'ici à 2013. Par ailleurs, une étude récente de Pyramid Research prévoit 136 millions d'abonnés LTE en 2014. Aujourd'hui, HSPA s'impose comme la norme prédominante du très haut débit mobile, avec 267 réseaux commerciaux ouverts dans 114 pays (source GSA, Mai 2009) et des débits pics pouvant atteindre 21 Mbps.

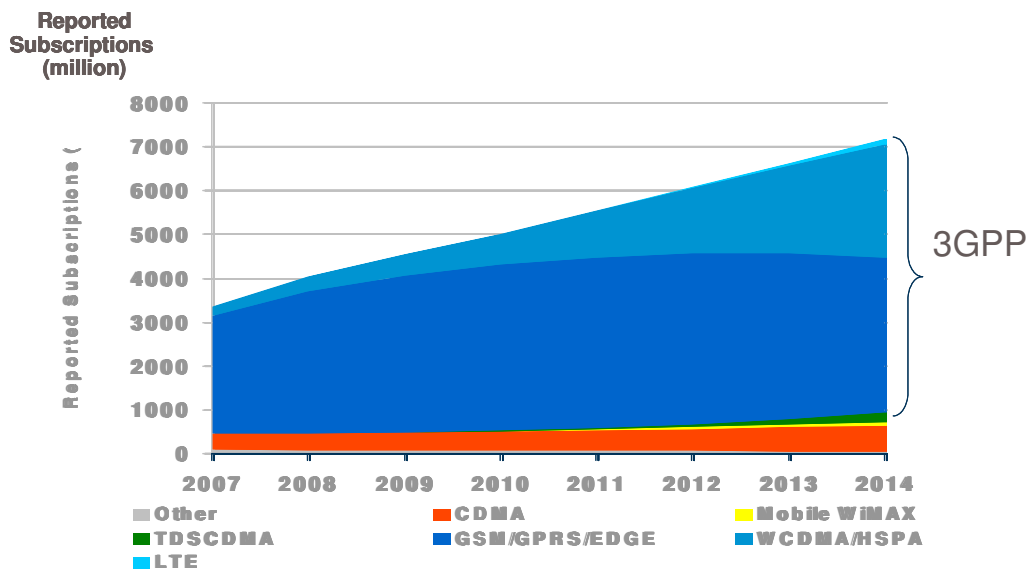


Figure 1: Abonnés par technologie mobile dans le monde

L'écosystème qui se crée autour de la famille de technologies HSPA/LTE est très riche : près de 1500 objets communicants HSPA sont ainsi disponibles aujourd'hui sur le marché. Le nombre important d'opérateurs privilégiant cette famille HSPA/LTE pour le haut et le très haut débit mobile est donc vecteur d'économies d'échelle importantes.

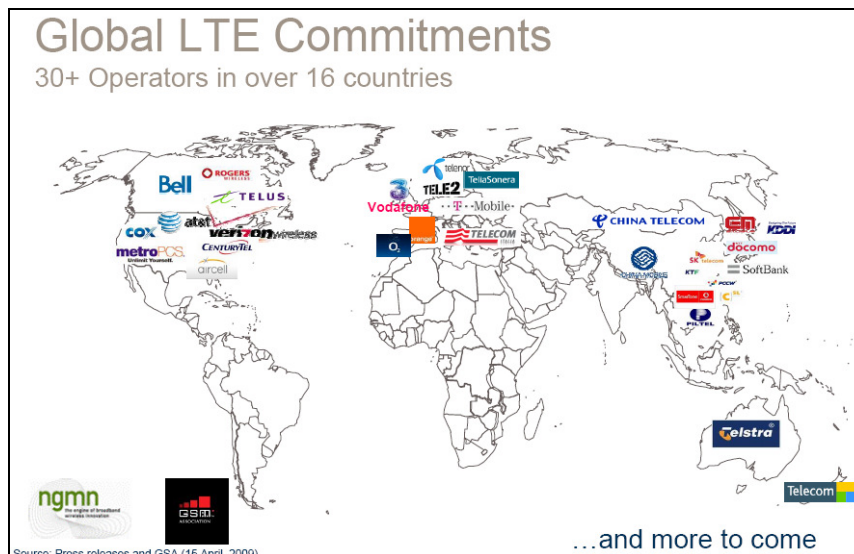


Figure 2: Opérateurs ayant exprimé leur volonté de déployer le LTE

Mais il est primordial de poursuivre le mouvement d'harmonisation spectrale entamé dans de nombreux pays pour garantir la meilleure qualité de service (débits, latence), le très haut débit pour tous sans fracture numérique et la multiplication des objets communicants et des applications associées.

2 Question n°2.

Que peut-on selon vous attendre du déploiement au cours de la prochaine décennie de réseaux d'accès à très haut débit mobile, notamment dans les domaines économique, culturel et sociétal ? Souhaitez-vous préciser, nuancer ou compléter cette description résumée issue des précédentes consultations publiques ?

Ericsson partage entièrement le point de vue de l'ARCEP notamment au sujet de l'impact très positif du déploiement d'infrastructures numériques haut et très haut débit sur l'économie et la croissance d'un pays. Par ailleurs, l'importance des technologies de l'information dans les plans nationaux et régionaux de réduction des émissions carbone est elle aussi capitale, comme le montre le graphe ci-dessous extrait d'une étude de Gartner sur la croissance du télétravail.

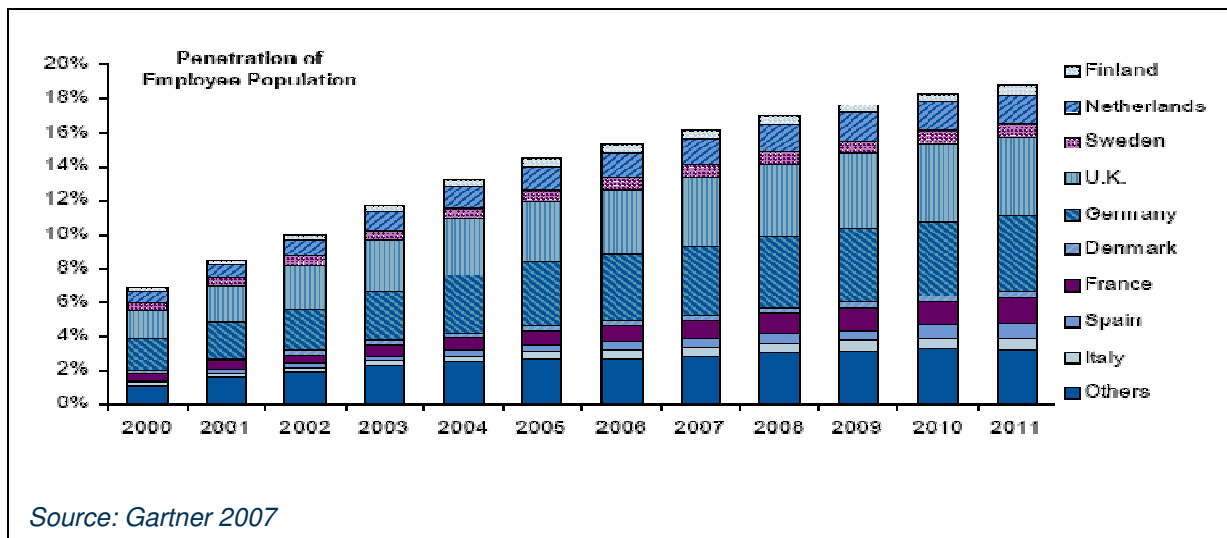


Figure 3: télétravail en Europe de l'Ouest, en pourcentage de la population active, 2000-2011

Le très haut débit mobile, grâce aux débits envisagés, permettra aussi au plus grand nombre d'accéder à des services de santé ou d'enseignement à distance, ainsi qu'à une gamme d'applications interactives mettant en œuvre la vidéo de haute définition. En 2013, le trafic vidéo représentera ainsi 64% du trafic total de données.

3 Question n°3.

Cette stratégie globale en matière de fréquences appelle-t-elle des commentaires de votre part ?

Ericsson est en accord avec cette stratégie et souhaiterait insister plus particulièrement sur les points suivants :

- Le lancement de la procédure telle que proposée par l'ARCEP en 2010 est cohérente avec le plan produit permettant aux opérateurs de déployer des équipements de réseau LTE, s'ils le souhaitent, dans les bandes considérées
- Les bandes 800 MHz et 2.6 GHz ne sont pas forcément à catégoriser en bandes respectivement de couverture et de capacité. La bande 800 MHz allie les avantages de couverture et de capacité. Par ailleurs la bande 2.6 GHz peut suffire à un déploiement national, comme cela va être implémenté en Suède.

4 Question n°4.

Quelle est votre perception du déploiement des services mobiles à haut et très haut débit dans les départements et collectivités d'Outre-mer ? Dans quelle mesure les bandes actuellement identifiées, et notamment les fréquences à 2,1 GHz encore disponibles, permettront-elles d'accompagner la hausse du trafic et des débits ? A quel horizon des fréquences complémentaires, notamment dans la bande 800 MHz, vous semblent-elles nécessaires ?

Ericsson souhaite seulement indiquer que la proximité de certains départements et collectivités d'Outre-mer avec d'autres pays utilisant par exemple les bandes 850 Mhz pour leur service GSM pourrait être à même de provoquer des interférences spécifiques qui devront être traitées séparément dans la gestion du spectre et des bandes de garde.

Par ailleurs, il est important que ces départements et collectivités puissent avoir également accès au très haut débit mobile, dans les mêmes conditions que la métropole, pour éviter le risque de fracture numérique.

5 Question n°5.

Souhaitez-vous nuancer ou compléter cette description du contexte international concernant la bande 2,6 GHz ?

Nous souhaitons indiquer toute l'importance qu'Ericsson accorde à une approche harmonisée de l'allocation spectrale et au respect du plan proposé par la Conférence Européenne des Postes et Télécommunications (CEPT) dans sa décision ECC/DEC/(05)05.

Les initiatives non harmonisées comme la « politique pour l'accès sans fil aux services de communications électroniques » décrite dans le rapport 19 de la CEPT/ECC, encore appelée WAPECS, nous paraissent dommageables pour l'efficacité spectrale (interférences nécessitant des filtres plus élaborés) et pour les économies d'échelle sur les volumes d'équipements de réseaux et de terminaux.

Par ailleurs nous pouvons ajouter les références suivantes d'opérateurs utilisant cette bande :

- Hong-Kong a récemment alloué le spectre dans la bande 2.6 GHz sans qu'aucun opérateur ne se porte candidat à la partie TDD.
- En Suède (et presque entièrement en Norvège), la décision ECC/DEC/(05)05 a été appliquée.
- En Suède Ericsson et Telia Sonera sont en phase de réalisation du réseau LTE sur 2.6 GHz qui sera ouvert commercialement dès 2010
- En Suède à nouveau, Telenor et Tele2 ont annoncé un accord pour réaliser une couverture nationale en LTE dès 2010 utilisant la bande 2.6 GHz

6 Question n°6.

Avez-vous des commentaires sur la disponibilité de la bande 2,6 GHz ? Le calendrier de dégagement effectif des fréquences est-il en adéquation avec les besoins des opérateurs ?

Ericsson reconnaît le travail important mené par les autorités et notamment l'ARCEP pour permettre au secteur français des télécommunications de disposer de cette bande 2.6 GHz. Nous estimons que la disponibilité nationale de cette bande serait la mieux à même de permettre un déploiement de réseau rapide et économiquement optimisé.

En cela, des progrès supplémentaires sur les délais de remplacement des faisceaux hertziens du ministère de la Défense, s'ils sont possibles, pourraient accélérer la mise en œuvre du très haut débit mobile en France en harmonie avec les déploiements dans les pays voisins.

7 Question n°7.

Au vu de l'expérience internationale et de la réalité des perspectives industrielles respectives des technologies en mode FDD et TDD, vous paraît-il préférable de prévoir une répartition entre FDD et TDD conforme au plan défini par la CEPT ou d'accroître au détriment du FDD la part de la bande 2500-2690 MHz réservée au TDD ainsi que l'autorise la décision de la Commission européenne ? Dans l'hypothèse où vous estimeriez souhaitable d'accroître la part réservée au TDD dans la bande 2,6 GHz au détriment du FDD, quelle répartition vous paraîtrait opportune ? Pourquoi ?

Ericsson soutient entièrement la répartition définie par la Conférence Européenne des Postes et Télécommunications (CEPT) dans sa décision ECC/DEC/(05)05. Cette répartition permettrait la mise en place harmonisée d'une gestion commune du spectre dans la bande 2.6 GHz de façon à minimiser les interférences FDD – TDD et maximiser les économies d'échelle et l'efficacité spectrale. De plus, l'harmonisation facilitera également les problématiques d'itinérance bilatérales.

En termes de couverture et de bilan de liaison, Ericsson constate des avantages importants inhérents au FDD en comparaison au TDD : ainsi la plupart des standards de communication mobile utilisent plutôt le mode de duplexage fréquentiel.

Lorsqu'il n'est pas possible de disposer de spectre apparié, alors Ericsson comprend et soutient l'utilisation du TDD ; ainsi le LTE a par exemple été standardisé en 2x70 MHz FDD mais avec 50 MHz en mode TDD au centre de la bande. Les opérateurs disposants de spectre FDD et TDD dans ce plan de fréquence proposé par la ECC/DEC/(05)05 disposeront ainsi du handover entre FDD et TDD.

Par ailleurs la bande 2.3 - 2.4 GHz est elle aussi une possibilité intéressante pour le TDD.

8 Question n°8.

De quelle agilité disposeront les équipements dans la bande de fréquences 2,6 GHz ? En particulier, pourront-ils s'adapter à tout plan de fréquences, dès lors naturellement que celui-ci se conforme aux prescriptions de la décision 2008/477/CE de la Commission européenne ?

Les adaptations nécessaires à des répartitions de fréquences TDD non harmonisées auraient un impact sur le coût des équipements, ce qui pourrait ralentir le déploiement des services de très haut débit mobile.

Un pays qui ne prendrait pas en compte la décision ECC/DEC/(05)05 serait susceptible d'être isolé et de ne pas bénéficier des mêmes économies d'échelle que ses voisins.

Enfin, Ericsson prévoit un risque important de baisse de l'efficacité spectrale due notamment aux bandes de gardes additionnelles, aux filtres spéciaux à développer, et au risque d'interférence accru au niveau des récepteurs rendant en particulier très difficiles la gestion des fréquences aux frontières et une qualité continue de service en cas d'itinérance.

9 Question n°9.

Vous semble-t-il opportun de maintenir un degré de flexibilité et de laisser aux acteurs la possibilité de transformer des blocs de fréquences FDD en blocs TDD (tout en restant conforme au plan de fréquences de la Commission, qui fixe la place des blocs TDD supplémentaires au sein de la bande 2,6 GHz) ? Y a-t-il des précautions à prendre si les fréquences FDD peuvent être réutilisées en TDD ?

Ericsson soutient entièrement la répartition définie par la Conférence Européenne des Postes et Télécommunications (CEPT) dans sa décision ECC/DEC/(05)05 pour les raisons déjà évoquées ci-dessus, sans degré de flexibilité de transformation de blocs FDD en blocs TDD, pour une meilleure harmonisation spectrale.

10 Question n°10.

Selon vous, faut-il laisser la procédure décider de la répartition des modes de duplexage dans la bande 2,6 GHz ?

Ericsson propose que la procédure soit clairement définie avant appel d'offre et qu'elle suive la répartition définie par la Conférence Européenne des Postes et Télécommunications (CEPT) dans sa décision ECC/DEC/(05)05. Cette approche a été suivie dans plusieurs pays scandinaves avec le soutien des opérateurs en place.

Cette démarche aurait l'avantage d'apporter une meilleure visibilité aux opérateurs, ce qui doit également contribuer à favoriser les investissements.

11 Question n°11.

Quelles mesures préconisez-vous pour assurer la coexistence entre blocs TDD et blocs FDD sur le lien descendant ? En particulier, vous paraît-il nécessaire de mettre en place un bloc restreint entre ces blocs ?

Ericsson est en-effet en faveur de la mise en place de blocs restreints entre ces blocs TDD et FDD sur le lien descendant.

12 Question n°15.

Avez-vous des compléments ou des remarques à formuler sur les conditions techniques relatives à l'utilisation de la bande 2,6 GHz ?

En complément des éléments fournis ci-dessous, nous tenons à apporter les précisions suivantes :

- Il est important que les utilisations du spectre sous la bande des 2,5GHz ne créent pas d'interférence dans le bas de la bande 2,6GHz.
- Il est crucial que le schéma d'attribution permette aux opérateurs d'utiliser des porteuses FDD de 2x20 MHz, bénéficiant ainsi de tout le potentiel du LTE.
- Dans le cadre de la décision ECC/DEC/(05)05 harmonisée entre les pays il nous paraît utile de permettre aux opérateurs d'acquérir du spectre TDD en complément du spectre FDD (au moins un bloc de 20 MHz FDD), et donc de ne pas mettre de contraintes rendant impossible ce schéma d'attribution. Cette combinaison de spectre FDD et TDD permet en effet aux opérateurs d'offrir des solutions particulièrement performantes aux utilisateurs qui bénéficieront des meilleurs débits et des fonctionnalités multi-modes FDD/TDD standardisées. Ce principe a été retenu en Suède, en Norvège et semble prévu également au Royaume-Uni.

13 Question n°16.

Quelles sont les technologies en cours de développement pour la bande 2,6 GHz ? Les contributeurs sont invités à distinguer celles développées pour une utilisation en mode FDD et celles développées pour une utilisation en mode TDD.

Le LTE, FDD et TDD, sera développé pour cette bande. Le HSPA sera également disponible, même si les opérateurs semblent préférer LTE, du fait, entre autres, de canalisations plus larges, d'un temps de latence réduit et de l'ensemble des avantages des

technologies radio OFDM / SC-FDMA (meilleure couverture, meilleure autonomie des terminaux,...).

14 Question n°17.

Pour chacune des technologies mentionnées ci-dessus (LTE et WiMAX mobile) ou que vous aurez pu identifier en complément, pouvez-vous indiquer un calendrier de disponibilité des équipements, en distinguant équipements pour stations de base et équipements terminaux ? En termes d'équipements terminaux, quels sont les produits développés (téléphones, clés USB, cartes pour ordinateurs portables...) ? A quelle date des équipements seront-ils disponibles à grande échelle et compatibles avec un lancement commercial ? Les contributeurs sont invités à distinguer dans leurs réponses les composantes FDD et TDD des technologies, si celles-ci sont appelées à comprendre les deux modes.

Pour le LTE FDD, les équipements sont disponibles à ce jour : Ericsson a ainsi mis en place le premier site LTE à Stockholm avec l'opérateur Telia Sonera, le 25 Mai dernier. Les premiers lancements commerciaux LTE en Suède et aux Etats-Unis sont prévus pour 2010. Le LTE TDD sera disponible en 2010 sur la bande 2.6 GHz, et également la même année sur la bande 2,3 GHz.

Les équipements terminaux seront disponibles aux mêmes échéances. Comme toujours pour une nouvelle technologie, leur nombre va croître fortement dans les mois qui suivent les lancements commerciaux.

Nous pensons également que le HSPA sera disponible dans cette bande et qu'il restera pendant de nombreuses années comme une technologie majeure, notamment du fait de ses fonctionnalités multi-porteuses permettant d'atteindre des débits pics de 42 Mbps dès fin 2009. Les opérateurs pourront introduire le LTE en complément de leur réseau HSPA.

15 Question n°18.

Pouvez-vous apporter des précisions sur les performances des équipements dans la bande 2,6 GHz ? Quels débits (crêtes, moyens...) attendez-vous ? Confirmez-vous que des débits moyens d'une dizaine de Mbit/s seront disponibles ? Avec quelle canalisation ?

Les débits pics sont de l'ordre de 170 Mbps (2 x 20 MHz MIMO). Les débits moyens peuvent être de l'ordre de 80 Mbps (2 x 20 MHz MIMO, en charge relativement faible) à 10 Mbps (2x 5 MHz MIMO, charge assez élevée). Des canalisations importantes sont à favoriser pour tirer le plein bénéfice de LTE.

LTE : capacités offertes

Tests en laboratoire

- Techniques antennaires avancées (e.g. MIMO)
 - Meilleur débit
 - Meilleure efficacité spectrale
- Flexibilité spectrale
- Efficacité spectrale
 - LTE > 1.5 bps/Hz

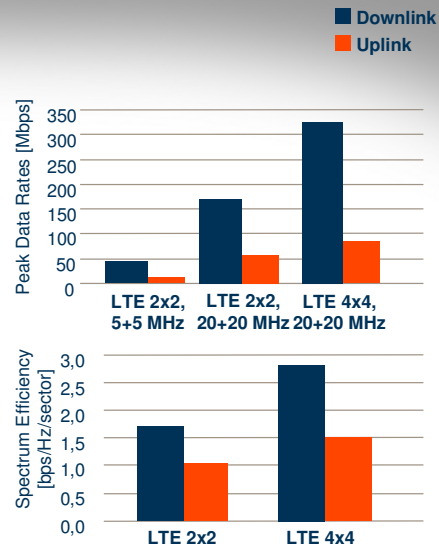


Figure 4: Débits pics constatés en laboratoire (source Ericsson)

Au delà du débit et de la capacité, le LTE disposera d'un temps de latence de l'ordre de 10 ms ce qui apportera des améliorations appréciables sur la qualité de service, en particulier sur les services plus interactifs (VoIP, jeux,...).

Tests terrain

20 MHz, 2x2 MIMO

Station de base localisée par x

Débit L1

Max: 154 Mbps
Mean: 78 Mbps
Min: 16 Mbps

Vitesse du terminal

Max: 45 km/h
Mean: 16 km/h
Min: 0 km/h

Environnement sub-urbain
Vue directe: moins de 40% des cas

Hauteur des bâtiments : 15-25 m

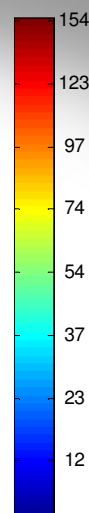
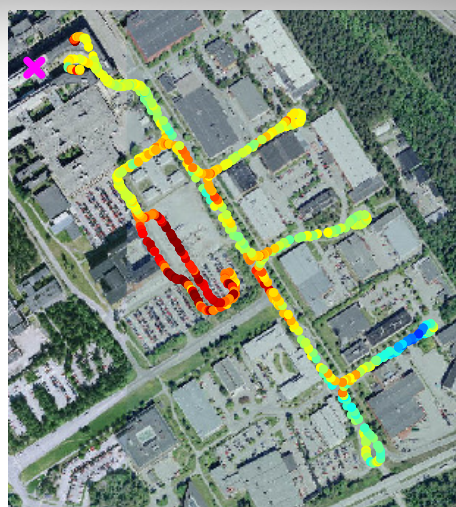


Figure 5: Débits moyens en drive test avec 20 MHz en 2x2 MIMO (source Ericsson)

A propos des débits moyens observés en conditions réelles, les mesures montrent qu'il est bien possible d'atteindre plusieurs dizaines de Mbps.

16 Question n°19.

Quelles sont les évolutions envisagées (en termes de normalisation et de disponibilité des équipements) dans la bande 2,6 GHz sur le moyen et long terme ? Selon quel calendrier ? Quelles sont les performances envisagées ?

Le LTE FDD sera disponible en premier, suivi du TDD. Toutes les canalisations seront disponibles dès le début.

Le LTE va évoluer vers des débits pics bien plus importants, notamment avec le MIMO 4x 4.

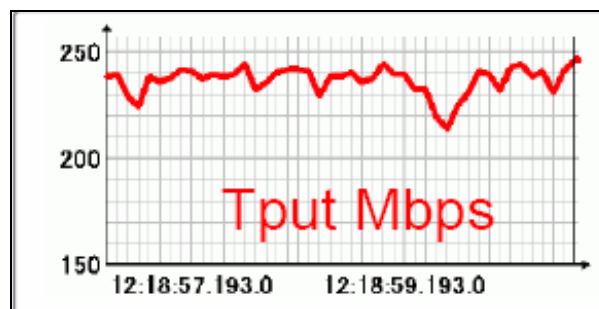


Figure 6: Débits moyens obtenus en drive test en 4x4 MIMO (source LSTI, février 2009)

17 Question n°20.

Avez-vous des commentaires ou des informations complémentaires à apporter sur le contexte international relatif à la bande 800 MHz ?

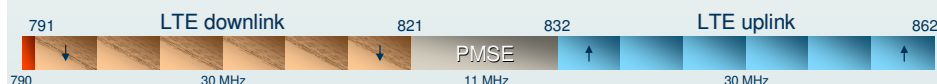
La France, par sa décision en 2008 d'allouer 72 MHz du dividende numérique à l'industrie des télécommunications, a un rôle moteur en Europe. Dans la bande 800 MHz l'harmonisation spectrale est encore une fois un facteur clé de succès, notamment pour éviter les interférences notamment avec la technologie DVB-T, dans les fréquences proches de 790 MHz, et aux frontières nationales dans le cas d'allocations non coordonnées.

Ericsson soutient le projet de décision ECC sur l'harmonisation de la bande 790-862 MHz comme illustré ci-après :

Draft ECC Decision on the band 790 – 862 MHz - harmonized conditions for mobile broadband networks

“Preferred harmonized frequency arrangement”

2 x 30 MHz
5 MHz channel blocks
Reversed duplex



- WRC-07, November 2007
- PT1 agreement April 2009
- ECC Decision June 2009
- EC Guidelines / Recommendation late 2009
- Sweden, Germany, and France - announced licensing late 2009, or during 2010

Figure 7: projet de décision ECC pour l'harmonisation de la bande 790-862 MHz

En particulier, le renversement des bandes montantes et descendantes permettra de préserver les performances en uplink par-rapport aux émissions DVB-T.

De plus, puisque près de 70% de la population mondiale a aujourd'hui accès à la bande 850 MHz, il est nécessaire de travailler à une répartition du spectre qui prenne en compte l'émergence du très haut débit mobile dans la bande 790-862 MHz.

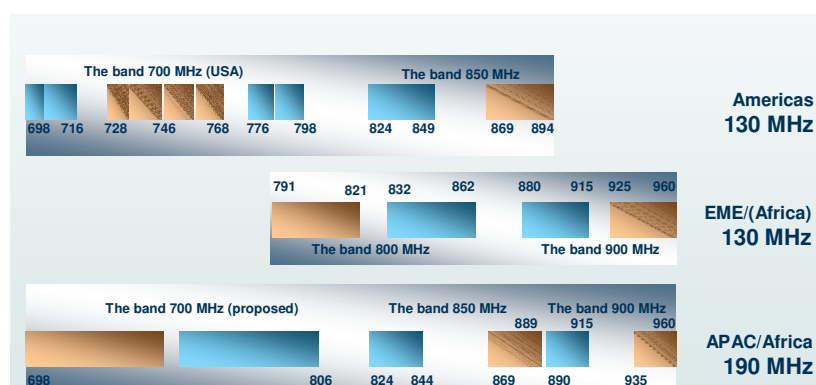


Figure 8: répartition des fréquences de la bande 700-960 MHz par zone géographique

Comme le montre le schéma ci-dessus, le spectre alloué est aujourd'hui assez fragmenté et il est donc crucial d'assurer une allocation harmonisée en Europe et d'œuvrer pour une meilleure harmonisation au niveau mondial, pour un développement rapide de l'écosystème du très haut débit mobile.

18 Question n°21.

Avez-vous des commentaires sur la disponibilité de la bande 800 MHz ? La date de disponibilité des fréquences est-elle en adéquation avec les besoins des opérateurs ? Dans quelle mesure les dérogations qui pourraient être accordées à d'autres affectataires après le 1^{er} décembre 2011 dans cette bande auraient-elles un impact négatif sur le déploiement des réseaux et sur les offres aux utilisateurs ? Avez-vous des propositions quant aux éventuels problèmes de coexistence entre services mobiles et services de radiodiffusion autour de 790 MHz ? Dans quelle mesure est-il nécessaire de disposer d'une visibilité complète sur la disponibilité effective de la bande 800 MHz sur l'ensemble du territoire pour lancer l'appel à candidatures ?

Nous tenons à remercier les autorités françaises pour leur volontarisme sur la question de la disponibilité de ces fréquences en or. Celles-ci auront un impact très positif sur la réduction de la fracture numérique et devraient contribuer de manière significative à la croissance du PIB français.

Les questions de coexistence, notamment avec le DVB-T, ont été évoquées dans notre réponse précédente. En particulier la décision ECC préconisée place 1 MHz en bande de garde 790-791 MHz pour un meilleur BEM (block edge mask) et 1 MHz dans la bande de garde centrale pour de meilleures performances des terminaux.

19 Question n°22.

Souhaitez-vous apporter des commentaires quant à l'organisation technique de la bande 800 MHz ? Quels sont les avantages et inconvénients respectifs d'un plan de fréquences FDD et du plan TDD décrits plus hauts ? Faut-il en choisir un ? Lequel ? Ce choix doit-il être harmonisé au plan européen ?

Le plan FDD nous semble faire le quasi consensus et par conséquent être celui qu'il conviendrait de suivre, l'harmonisation étant encore une fois un facteur clé de succès.

Les différences de performances de couverture entre FDD et TDD sur le lien montant présentent à elles seules un avantage significatif en faveur du FDD et donc du projet de décision ECC décrit en réponse à la question 20.

20 Question n°23.

Quel est l'état d'avancement des travaux de normalisation et des développements industriels pour l'adaptation de la technologie LTE dans la bande 800 MHz ? Quelles sont les autres technologies qui seront développées dans la bande 800 MHz ?

La normalisation doit être finie avant la fin 2009 (s'appuyant en particulier sur une décision CEPT prévue en Juin).

Les équipements LTE seront alors disponibles commercialement avec la libération de la bande fin 2011. En effet nos premiers équipements seront disponibles dès fin 2010/début 2011 si la normalisation s'effectue comme nous le pensons.

Nous pensons que la technologie LTE FDD sera la technologie la plus répandue dans cette bande.

21 Question n°24.

Pour chaque technologie identifiée pour la bande 800 MHz, les contributeurs sont invités à répondre aux questions suivantes : Quelles seront les canalisations industriellement disponibles dans la bande 800 MHz (10, 15, 20 MHz, autres canalisations) ? Dans quel calendrier des équipements pourraient-ils être disponibles (distinguer équipements de stations de base et équipements terminaux) ? Quelles conditions de marché peuvent influencer la date de disponibilité d'équipements ? A quelle échéance des expérimentations ou démonstrations techniques de systèmes à très haut débit mobile sont-elles envisageables dans la bande 800 MHz ? A quelle date des équipements seront-ils disponibles à grande échelle et compatibles avec un lancement commercial ?

Nous pensons que la canalisation FDD 2 x 10 MHz devrait être la plus populaire dans cette bande.

Les expérimentations doivent être possibles dès début 2011. Les équipements terminaux suivront un calendrier similaire.

22 Question n°25.

Quelles sont les performances (en termes de débits crêtes, débits moyens, latence...) attendues dans la bande 800 MHz, notamment au regard de celles dans la bande 2,6 GHz ? Avec quelles canalisations ? Quelle quantité de spectre minimale vous semble-t-il nécessaire d'allouer à un acteur dans cette bande pour pouvoir mettre en œuvre des services mobiles à très haut débit ?

Les débits dépendent de la largeur de bande, mais ils seront les même que pour la bande 2,6 GHz.

Les caractéristiques de propagation sont meilleures dans la bande de 800 MHz, par rapport à la bande des 2,6 GHz. (dans un système contraint par la couverture, il pourrait y avoir près de 3 fois plus de sites en 2,6 GHz par rapport au 800 MHz).

23 Question n°26.

Pour la bande 800 MHz, les éléments industriels connus à ce jour invitent-ils à privilégier un plan de fréquences parmi les deux proposés (FDD et TDD) ?

Selon Ericsson le plan FDD a de meilleures caractéristiques de propagation que le TDD, ce qui est particulièrement important pour cette bande. Cette propriété a également vocation à accroître la couverture du très haut débit mobile et être un des instruments principaux de réduction de la fracture numérique.

Fin du document