

**Réponse d'Alcatel-Lucent à la consultation publique :
Fréquences pour les liaisons point à point du service fixe (faisceaux
hertziens) : besoins futurs et perspectives d'évolution.
mai 2012**

1 – Récapitulatif des bandes de fréquences ouvertes pour faisceaux hertziens et de la réglementation applicable

Question n°1. Avez-vous des commentaires sur cet état des lieux de la réglementation applicable aux bandes de fréquences pour les faisceaux hertziens ?

Question n°2. Partagez-vous cette analyse ?

Question n°3. L'attribution par l'ARCEP d'autorisations par allotissement vous semble-t-elle utile ? Quels sont, selon vous, les avantages et inconvénients de ce type d'approche dans le domaine des faisceaux hertziens ?

Question n°4. Avez-vous des commentaires sur les modalités d'autorisation des faisceaux hertziens ?

2 – Etat des lieux de l'utilisation des faisceaux hertziens en France

Question n°5. Avez-vous des commentaires sur ce bilan relatif aux utilisations actuelles des faisceaux hertziens ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Alcatel-Lucent est d'accord avec le bilan proposé par l'ARCEP.

Néanmoins Alcatel-Lucent est d'avis qu'une classe supplémentaire utilisant des fréquences supérieures à 60 GHz, pourrait être prévue, pour des liaisons inférieures ou égales à 1 km.

3 – Enjeux et évolutions futurs de l'utilisation des faisceaux hertziens

Question n°6. Indiquer les modulations aujourd'hui couramment mises en œuvre. Préciser les éventuelles différences en fonction du type de liaison (capillaire, cœur de réseau, ...) ou de la bande de fréquences utilisée.

Réponse Alcatel-Lucent :

Les modulations jusqu'à 256 QAM inclus sont considérées aujourd'hui d'usage courant, en principe quel que soit l'emplacement dans le réseau et la bande de fréquences. Le choix de la modulation ne dépend que de la capacité à transporter, et pour cette raison, l'utilisation des modulations d'ordre le moins élevé est la plus vraisemblable dans le réseau capillaire.

Question n°7. Les modulations utilisées sont-elles amenées à évoluer au cours des prochaines années ? Quel est le gain attendu en termes d'efficacité spectrale de ces évolutions ? Quelles seront les éventuelles modifications des caractéristiques des liaisons associées à l'utilisation de ces nouvelles modulations (augmentation de la puissance d'émission, utilisation d'antennes plus directives, ...) ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Alcatel-Lucent pense que l'utilisation de modulations d'ordre plus élevé que 256 / 512 QAM n'apportera pas de bénéfice en termes d'efficacité spectrale. En effet :

- La relation entre le type de modulation et la capacité, exprimée en nombre de bits par symbole, montre que l'augmentation théorique de capacité décroît sensiblement au-delà de 256 / 512 QAM. Par exemple la capacité de transmission double en passant d'une modulation 4 QAM (22) à une modulation 16 QAM (24), alors qu'un doublement de capacité à partir d'une modulation 256 QAM (28) exigerait le passage à une modulation 65 536 QAM (216), totalement irréalisable. Le passage d'une modulation 256 QAM à une modulation 1024 QAM n'augmente la capacité que dans un rapport 10/8, soit environ 15%.
- Les systèmes à modulation d'ordre très élevé sont extrêmement sensibles aux imperfections des équipements, par exemple le bruit de phase des oscillateurs locaux et doivent donc adopter des techniques (de codage ou autres) très performantes pour lutter contre l'effet de ces imperfections, au prix de l'augmentation de la redondance introduite par ces techniques. EN conséquence une partie significative de l'augmentation de capacité est utilisée pour augmenter cette redondance, aux dépens de l'augmentation d'efficacité spectrale du signal « utile ».
- D'après la Recommandation UIT-R SM.1046, l'efficacité d'un système radio doit être évaluée en prenant en compte la superficie consommée par le système, ou plus exactement la surface dans laquelle on ne peut pas réutiliser la même fréquence pour un autre système. D'après cette Recommandation, il existe un compromis entre le type de modulation et la densité du réseau. Ceci est plus ou moins intuitif dans la mesure où les systèmes utilisant des types de modulation plus élevés sont, d'une part plus sensibles aux interférences mais, d'un autre côté travaillent à puissance moins élevée. Des études préliminaires montrent que la meilleure efficacité spectrale est atteinte pour des systèmes utilisant des modulations entre 64 QAM et 256 QAM, selon le scénario considéré.

Toutefois, les équipements actuels peuvent supporter des modulations jusqu'à 1024/2048 QAM. De telles modulations peuvent être utilisées avantageusement dans un certain nombre, assez réduit, de scénarios, c'est-à-dire pour des liaisons isolées et très courtes, ou encore, de façon plus avantageuse, en association avec la Modulation Adaptative, lorsque les conditions et caractéristiques de la liaison le permettent.

De plus, il est également utile de noter que, en termes d'efficacité énergétique, les systèmes utilisant des modulations 128/256 QAM présentent les meilleures performances.

Question n° 8. Quel est l'état des lieux d'utilisation de la fonctionnalité XPIC ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Le XPIC est une fonctionnalité éprouvée et nous pensons qu'elle reste le moyen le plus efficace d'améliorer l'efficacité spectrale, en la doublant, avec des inconvénients très limités. Le problème de la plus grande difficulté de coordination peut être résolu dans la plupart des cas en utilisant des antennes de classe plus élevée. Actuellement la classe 3 représente le choix d'antenne le plus fréquent et des antennes de classe 4 existent déjà. Pour ces raisons nous pensons que, sauf en de rares circonstances

particulières, le XPIC représente et continuera de représenter une technologie essentielle pour répondre en compte les besoins en efficacité spectrale.

Question n° 9. Quel est l'état de l'utilisation de la technologie de modulation adaptative dans les faisceaux hertziens et les évolutions attendues dans le futur ?

Réponse Alcatel-Lucent :

La Modulation Adaptative est d'ores et déjà incluse dans la Norme Harmonisée EN 302 217 préparée par l'ETSI.

La Modulation Adaptative (et Codée), lorsqu'elle est déployée et utilisée correctement, en accord avec les lignes directrices décrites dans un futur Rapport ECC en cours d'élaboration au sein de la CEPT (ECC PT SE19), peut jouer un rôle très important dans les réseaux d'infrastructure mobile actuels et à venir. Nous pensons qu'elle jouera le rôle le plus important dans les liaisons de capillarité, à proximité des stations de base. Le bénéfice maximum de l'utilisation de la Modulation Adaptative sera obtenu en conjonction avec les nouvelles générations d'équipement utilisant directement la radio en paquets (« Microwave Packet Radio / MPR ou « Native Packet Radio »).

La plus grande efficacité spectrale est obtenue lorsque plusieurs liaisons utilisant l'approche MPR convergent vers un nœud. Il est en effet possible avec cette approche mise en œuvre dans les équipements de nouvelle génération de tirer bénéfice de l'effet de multiplexage statistique et ainsi d'économiser une partie du spectre en améliorant l'efficacité spectrale.

Pour ces raisons nous croyons que la Modulation Adaptative doit être encouragée.

Question n° 10. Indiquer quelles autres évolutions futures des caractéristiques des équipements pourraient permettre d'améliorer globalement l'efficacité d'utilisation du spectre (que ce soit en améliorant l'efficacité spectrale ou la réutilisation des canaux à partir d'un même site d'émission).

Réponse Alcatel-Lucent :

L'approche utilisant des "radios en paquet" (« Microwave Packet Radio », mentionnée en réponse à la Question 9), associée la Modulation Adaptative et au XPIC, lorsqu'elle est correctement déployée, représente aujourd'hui le premier pas vers de futurs systèmes cognitifs, permet d'améliorer l'efficacité spectrale et donne une réponse possible au manque de fréquences.

Question n° 11. Pensez-vous que la tendance de croissance de l'utilisation des faisceaux hertziens va se poursuivre au cours des prochaines années ? Quelle est votre vision prospective de ce marché à horizon de 5 et 10 ans ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Nous pensons que cette tendance à la croissance va continuer dans le futur. La tendance de la dernière décade confirme que les Faisceaux Hertziens demeurent une technologie particulière qui n'entre pratiquement jamais en compétition avec la fibre optique, mais qui dans la plupart des cas, est complémentaire. Dans le futur, des faisceaux hertziens capables de délivrer des capacités de plusieurs Gbit/s seront présents. Dans ces conditions la seule limitation que pourraient rencontrer les faisceaux hertziens est le manque de fréquences. Il s'ensuit que le point essentiel au maintien de cette tendance positive est l'efficacité spectrale.

Question n° 12. Comment analysez-vous la place des faisceaux hertziens au sein de l'ensemble des technologies permettant des liaisons point à point ? Comment la technologie des faisceaux hertziens se compare-t-elle aujourd'hui sur les plans technique et économique par rapport à d'autres technologies, et notamment les liaisons filaires (fibre optique...) ? Les termes de cette comparaison seront-ils les mêmes dans cinq ans et dix ans, en fonction de l'évolution des usages et des technologies ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Voir la réponse à la Question 11.

Question n° 13. Par l'emploi de quelles technologies sera-t-il possible de répondre à la croissance des besoins en capacités des liaisons d'infrastructure des réseaux mobiles ? Dans quelle mesure les infrastructures de faisceaux hertziens sont-elles le cas échéant susceptibles d'être remplacées par des liaisons en fibre optique, à horizon de 5 ans et 10 ans ? Plus généralement, quelle sera la place des faisceaux hertziens dans les réseaux d'infrastructure des réseaux mobiles, à horizon de 5 et 10 ans : sera-t-elle plus importante, équivalente, ou moins importante qu'aujourd'hui ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Voir la réponse à la Question 11.

Question n° 14. Quelles sont les solutions techniques de raccordement de pico-cellules dans les réseaux mobiles ? Quelle sera la place des faisceaux hertziens dans la desserte des pico-cellules et les éventuels besoins associés en termes de fréquences ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Plusieurs solutions techniques de raccordement de pico-cellules doivent être considérées :

- Lorsque les points à raccorder sont en vue directe, des liaisons hertziennes de très courte distance fonctionnant dans la gamme des 60 GHz (59-64 GHz) ou bien dans les 70 / 80 GHz.
- Lorsque les points à raccorder ne sont pas en vue directe, des solutions de type WiFi à 2.4 GHz et 5 GHz peuvent être considérées, dans les limites techniques régissant ces bandes de fréquences (limitations de puissance et de PIRE, règles d'allocation dynamique des canaux pour la bande 5 GHz) , dans certaines limites de capacité et de distance.

Question n° 15. Partagez-vous cette analyse ? Quelle pourrait être la place des faisceaux hertziens dans les réseaux de collecte et plus généralement dans les réseaux ouverts au public à haut ou très haut débit fixe à horizon de 5 et 10 ans : sera-t-elle plus importante, équivalente, ou moins importante qu'aujourd'hui ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Alcatel-Lucent partage cette analyse. Les Faisceaux Hertziens représentent la technologie clé lorsque, et là où les investissements initiaux en fibre optique ne peuvent être supportés. Dans ces conditions les Faisceaux hertziens continueront à jouer un rôle crucial, vraisemblablement aussi important qu'aujourd'hui.

Question n° 16. Partagez-vous cette analyse ? Précisez le cas échéant les évolutions attendues (création de nouvelles liaisons, augmentation du débit des liaisons actuelles...). Quelle pourrait être la place des faisceaux hertziens (vis-à-vis notamment du satellite ou de la fibre optique) dans les réseaux de transport

audiovisuel à horizon de 5 et 10 ans : sera-t-elle plus importante, équivalente, ou moins importante qu'aujourd'hui ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Voir réponse à la Question 15. Nous pensons que le rôle des faisceaux hertziens devrait, dans les prochaines 5-10 années, rester semblable à celui d'aujourd'hui.

Question n° 17. Quelles évolutions futures pourraient modifier les besoins des exploitants de réseaux indépendants en matière de faisceaux hertziens ? Quelle pourrait être la place des faisceaux hertziens dans les réseaux indépendants à horizon de 5 et 10 ans : sera-t-elle plus importante, équivalente, ou moins importante qu'aujourd'hui ?

Question n° 18. Identifiez-vous des usages des faisceaux hertziens autres que ceux déjà cités ci-dessus ? Préciser le cas échéant quelles sont les évolutions attendues à horizon de 5 et 10 ans.

4 – Perspectives d'évolution de la réglementation relative à l'utilisation des fréquences par les faisceaux hertziens

Question n° 19. La liste des bandes de fréquences ouvertes aux faisceaux hertziens et la réglementation applicable vous paraît-elle bien adaptée aux besoins actuels et à l'évolution future des utilisations en matière de faisceaux hertziens ? Des évolutions sont-elles nécessaires ? Si oui, lesquelles ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Les plans de fréquences français sont en accord avec les Recommandations de l'UIT-R et de l'ECC (sauf exceptions mentionnées dans le document de consultation). De futurs changements seront bienvenus s'ils sont également en ligne avec ces Recommandations, afin d'éviter aux fournisseurs d'équipement de développer des variantes coûteuses au sein d'un marché « ETSI » homogène. Un autre aspect à prendre en compte est le niveau de disponibilité des composants et des technologies sur le marché. Sauf si nécessaire pour répondre à des demandes particulières (voir ci-dessous) ou bien si les bandes de fréquences déjà disponibles ont atteint la saturation dans certaines zones, nous proposons de retarder l'ouverture de nouvelles bandes.

Aujourd'hui par exemple, il existe un nouveau besoin, très prometteur, de liaisons d'interconnexion de très courte distance dans des zones denses, en particulier pour des réseaux d'infrastructure associés aux petites cellules, pour lesquelles il faut établir des liaisons inférieures ou égales à 1 km avec une capacité de l'ordre de 100 à 200 Mbit/s. La bande 60 GHz, par ses caractéristiques, répond parfaitement à cette application, grâce à ses caractéristiques de propagation (forte atténuation supplémentaire liée à l'absorption par l'oxygène) qui diminuent l'impact des interférences. Un régime de licence de type « light licensing », avec une allocation par région plutôt qu'une assignation liaison par liaison, semble le plus approprié, permettant un déploiement rapide tout en assurant un certain niveau de protection contre les interférences.

Question n° 20. Quels sont les avantages et inconvénients de l'utilisation d'un canal de 56 MHz ou de 112 MHz par rapport à l'utilisation de plusieurs canaux de 28 MHz ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Tout d'abord nous voulons souligner que l'augmentation de la largeur de canal, par exemple de 28 MHz à 56 MHz, ou de 56 MHz à 112 MHz, n'augmente pas l'efficacité spectrale. L'introduction de

canaux plus larges devrait en principe être pratiquement sans impact sur la coordination, sauf dans le cas où le spectre est proche de la saturation.

L'avantage principal de canaux plus larges est le nombre d'équipements déployés : par exemple en utilisant sur un seul canal à 56 MHz un seul équipement délivrant un débit de l'ordre de 320 Mbit/s pour une modulation 128 QAM au lieu de deux équipements délivrant chacun 160 Mbit/s dans un canal de 28 MHz.

Un désavantage de canaux plus larges est la diminution du gain de système de l'équipement. Par exemple un doublement de canal correspond à une perte de 3 dB sur le gain de système, toutes choses égales par ailleurs. Il s'ensuit une légère diminution de la longueur maximale du bond : pour un système travaillant à 38 GHz et utilisant la modulation 128 QAM, on passera par exemple de 2.4 km à 2.2 km, soit une diminution inférieure à 10%.

De toute façon nous estimons que des canaux plus larges devraient être réservés uniquement à des systèmes à très haute efficacité spectrale, et par conséquent à des systèmes à très grande capacité. En effet il existe déjà beaucoup de possibilités de choix en termes d'espacement entre canaux, types de modulation et bandes de fréquences pour opérer des systèmes de capacité de 100 à 200 Mbit/s entre deux points situés à une certaine distance l'un de l'autre. Des canaux plus larges doivent donc être, sauf exception, affectés seulement à des systèmes de très grande capacité, et ne pas être utilisés comme alternative pour fournir la même capacité sur la même distance et avec une moindre efficacité spectrale. Par conséquent nous préconisons d'introduire des largeurs de canal de 56 MHz et 112 MHz surtout dans de nouvelles bandes de fréquences.

Question n° 21. Partagez-vous cette analyse ? Dans la bande 23 GHz, vous paraît-il préférable de privilégier l'ouverture de canaux de taille plus élevée que 28 MHz (56 MHz ? 112 MHz ?) ou la poursuite de l'attribution éventuelle d'allotissements ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Considérant qu'il n'y a pas encore de problème de coordination dans la bande 23 GHz, l'introduction de canaux de 56 MHz et 112 MHz ne devrait pas créer de problème, en limitant toutefois cette leur utilisation à des systèmes de très grande capacité et à haute efficacité spectrale. Nous considérons toutefois qu'il est préférable d'introduire ces canaux dans de nouvelles bandes de fréquences.

De manière plus générale nous partageons tout à fait l'analyse de l'ARCEP quant au choix des bandes de fréquences en fonction de la longueur des bonds, et que cela contribue à une exploitation efficace de la ressource spectrale.

Question n° 22. Partagez-vous cette analyse pour la bande 38 GHz ? Vous paraît-il approprié de rendre possible l'emploi dans la bande 38 GHz de canalisations plus larges que 28 MHz : 56 MHz ? 112 MHz ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Voir réponse à la Question 21.

Question n° 23. Identifiez-vous d'autres bandes de fréquences déjà ouvertes au déploiement de FH pour lesquelles une augmentation des canalisations autorisées serait utile par rapport à celles actuellement prévues dans la réglementation nationale ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Même réponse qu'aux Questions 21 et 22. De plus, au cas où de telles canalisations devraient être ouvertes, elles devraient être réservées à des systèmes à très haute efficacité spectrale.

Question n° 24. Quels sont de votre point de vue les avantages et inconvénients d'un scénario où l'accès à des canalisations de 56 MHz ou 112 MHz serait rendu possible par l'ouverture d'une nouvelle bande, plutôt que par une modification des canalisations possibles des bandes déjà utilisées ? Quel scénario vous semble le mieux adapté pour répondre aux besoins futurs en matière de faisceaux hertziens ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Voir plus haut nos réponses aux Questions 20 à 23. Nous considérons effectivement qu'il est préférable d'introduire les canalisations de 56 MHz et 112 MHz dans de nouvelles bandes de fréquences, afin de conserver une plus grande flexibilité dans les possibilités d'affecter de nouvelles liaisons aux bandes existantes (par ex 23 GHz et 38 GHz) lorsqu'elles seront proches de la saturation.

Question n° 25. Quels sont vos besoins futurs en matière de ressources additionnelles en fréquences ? Vous paraît-il nécessaire que de nouvelles bandes de fréquences soient ouvertes ?

Réponse Alcatel-Lucent :

A notre avis, les bandes suivantes pourraient être ouvertes :

- les bandes 32 GHz et 42 GHz, pour des systèmes à très haute efficacité spectrale, utilisant des canalisations plus larges que les bandes de fréquences existantes (56 MHz et 112 MHz) ;
- la bande 60 GHz (59-64 GHz) ; voir nos réponses aux questions 14 et 19.

Question n° 26. Quel est l'état de disponibilité industrielle des équipements fonctionnant dans la bande 32 GHz ? Indiquer les besoins auxquels elle pourrait répondre et qui ne peuvent être satisfaits dans les bandes aujourd'hui ouvertes aux FH.

Réponse Alcatel-Lucent :

Voir réponse à la question 25.

Question n° 27. Préciser la canalisation souhaitée ainsi que l'estimation de vos besoins dans les prochaines années en matière d'assignations et/ou d'allotissements

Question n° 28. Pour chacune des bandes de fréquences identifiées, précisez si leur ouverture aux FH vous paraît opportune (disponibilité des équipements, capacité suffisante, besoins auxquels elle pourrait répondre, contraintes associées, ...) ? Sous quelles modalités (taille de canaux, autorisation générale vs autorisation individuelle, assignations vs. allotissement) ? Au regard des besoins auxquels elles pourraient répondre, indiquez un ordre de préférence et listez leurs avantages et inconvénients.

Réponse Alcatel-Lucent :

- 26 GHz, 28 GHz et 31 GHz: les bandes 26 GHz et 28 GHz posent des problèmes de disponibilité les rendant peu attrayantes pour une ouverture aux liaisons Point-à-Point. La bande 31 GHz est une bande étroite (31-31.3 GHz) n'offrant pas de grande perspective pour des liaisons à grande ou très grande capacité.
- 32 GHz et 42 GHz : ces bandes pourraient être ouvertes à moyen terme, les équipements correspondants vont être disponibles bientôt. Ces bandes fournissent de bonnes solutions, à la fois complémentaire et alternatives de bandes déjà ouvertes telles que les bandes 38 GHz et

70/80 GHz. Nous proposons de limiter leur utilisation à des canaux de 56 MHz et 112 MHz et à des modulations supérieures ou égales au 64 QAM.

- 50 GHz, 52 GHz, 55 GHz et 65 GHz : pas d'équipement disponible. Des alternatives existent.
- 60 GHz (59-64 GHz): cette bande constitue une bonne solution pour des déploiements denses en zones urbaine et suburbaine. Elle est bien adaptée aux liaisons de capillarité ou de collecte des petites cellules (« small cells » ; « metro cells »). Une solution avec « licence simplifiée » nous semble préférable à une utilisation totalement non coordonnée qui pourrait en fait freiner le développement de son utilisation.
- 90 GHz : l'ouverture de cette bande est prématurée et des alternatives existent.

Question n° 29. Voyez-vous d'autres bandes de fréquences non mentionnées qu'il pourrait être avantageux d'ouvrir aux FH ? Pour quels besoins ?

Réponse Alcatel-Lucent :

Voir ci-dessus pour la bande 60 GHz.

Question n° 30. Quels sont vos besoins en matière d'autorisations par allotissement à horizon de 5 et 10 ans ? Précisez le cas échéant les bandes de fréquences souhaitées et les canalisations correspondantes.

Question n° 31. Avez-vous des commentaires sur les modalités d'autorisation en vigueur ? Des évolutions vous paraissent-elles souhaitables ?

Question n° 32. Un tel assouplissement vous paraît-il souhaitable dans certaines bandes ? Précisez pourquoi.