

e-ARCEP

Automatiser la gestion des fréquences

API et enchères en ligne automatiques pour la gestion décentralisée des nouvelles fréquences pour les territoires, les entreprises, la 5G et l'innovation

Jean-Paul Smets, Franck Spinelli

Table des Matières

1. Introduction	3
1.1 Objectifs et périmètre	3
1.2 Plan	3
1.3 Références	4
1.3.1 Documents Applicables	4
1.3.2 Documents référencés	4
1.4 Abréviations	5
1.5 Figures	6
1.6 Tableaux	6
2. e-ARCEP: automatiser la gestion des fréquences	7
2.1 Données économiques	7
2.1.1 Le coût de la procédure attribution de fréquence	8
2.1.2 Le refus des opérateurs d'adopter des technologies compétitives made in France	
2.1.3 Des risques d'entrave à la concurrence ou d'ententes illicites	10
2.1.4 Des difficultés pour sous-louer les fréquences déjà attribuées	12
2.2 Vers une place de marché automatique d'attribution de fréquences	13
2.3 Vers un mécanisme automatique de règlement des conflits	14
2.4 TD-LTE: une norme favorable à l'expérimentation	15
3. Questions	17
4. Panorama technologique	31
4.1 Amarisoft - www.amarisoft.com	31
4.2 Air-Lynx - www.air-lynx.com	31
4.3 AW2S - www.aw2s.com	32
4.4 BJT Partners - www.bjtpartners.com	32
4.5 Nexedi - www.nexedi.com	32
4.6 Splitted Desktop - www.splitted-desktop.com	32

1. Introduction

1.1. Objectifs et périmètre

Ce document constitue la réponse d'Amarisoft et de Nexedi à la consultation publique de l'ARCEP intitulée "De nouvelles fréquences pour les territoires, les entreprises, la 5G et l'innovation" [AD-1]. Il introduit le concept d'enchère automatique en ligne puis répond aux 31 questions posées.

Note: bien que la norme 5G ne sera probablement définie qu'en juin 2018, divers déploiements connus sous le terme marketing de 5G [RD-1] nous ont conduit à adopter la terminologie "5G LTE" pour nommer une combinaison de technologies reposant sur la norme LTE et intégrant plusieurs caractéristiques correspondant aux promesses de la future norme 5G (IoT, *backhaul mesh*, *core network local*, latence réduite, cache prédictif, *edge cloud*) [RD-2].

1.2. Plan

Ce document est structuré en 4 chapitres:

- le présent chapitre définit les objets et périmètre du document ainsi que les documents cités en référence;
- le chapitre 2 propose un résumé de la proposition d'Amarisoft et de Nexedi fondée sur un mécanisme d'enchères automatiques par commune assorti de fortes obligations
- le chapitre 3 reprend la proposition d'Amarisoft et de Nexedi sous forme de réponse aux questions posées par l'ARCEP
- le chapitre 4 propose un panorama technologique de PME françaises dont les produits

sont souvent supérieurs à ceux des industriels mentionnés explicitement dans le document de consultation publique

1.3. Références

Cette section fournit la liste des fichiers applicables et des fichiers références.

1.3.1. Documents Applicables

Cette section fournit la liste des fichiers applicables.

ID	Titre/Référence	Document Number	Issue. Rev.
AD-1	Consultation Publique : De nouvelles fréquences pour les territoires, les entreprises, la 5G et l'innovation http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/consult-frequences-terr-entreprises-5G-innov.pdf	N/A	N/A

1.3.2. Documents référencés

Cette section fournit la liste des documents référencés.

ID	Titre/Référence	Document Number	Issue. Rev.
RD-1	Qualcomm Announces Its First 5G Modem http://www.pcmag.com/news/348755/qualcomm-announces-its-first-5g-modem	N/A	N/A
RD-2	5G Research https://en.wikipedia.org/wiki/5G#Research	N/A	N/A
RD-3	http://www.vifib.com/press/news-VIFIB.5G.Launch http://www.vifib.com/press/news-VIFIB.5G.Launch	N/A	N/A
RD-4	n-Order Re6st - Achieving Resiliency and Scalability https://www.nexedi.com/blog/NXD-Document.Blog.N.Order.Res6st.Resiliency.And.Scalability	N/A	N/A
RD-5	Hipersfera Innovative Aeronautical Solutions http://hipersfera.hr/	N/A	N/A
RD-6	Thomas Giger Corporation http://www.tgc.de	N/A	N/A
RD-7	Kuklen Internet started as an illegal community provider and is now part of Blizoo http://www.blizoo.bg/index.html	N/A	N/A
RD-8	List of countries by 4G LTE penetration https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_4G_LTE_penetration	N/A	N/A
RD-9	Affaire de l'entente entre trois opérateurs de téléphonie mobile en France https://fr.wikipedia.org/wiki/Affaire_de_l'entente_entre_trois_op%C3%A9rateurs_de_t%C3%A9l%C3%A9phonie_mobile_en_France	N/A	N/A
RD-10	L'accès à Internet : un nouveau droit de l'homme, selon l'ONU http://www.01net.com/actualites/laces-a-internet-un-nouveau-droit-de-lhomme-selon-lonu-569619.html	N/A	N/A
RD-11	Ubérisons l'État ! Avant que d'autres ne s'en chargent, Clément Bertholet Laura Létourneau http://www.armand-colin.com/uberisons-letat-avant-que-dautres-ne-sen-chargent-9782200617868	N/A	N/A
RD-12	Sensorly http://fr.sensorly.com/	N/A	N/A
RD-13	World record in free-space optical communications http://www.dlr.de/dlr/en/desktopdefault.aspx/tabid-10081/151_read-19914/year-all/#/gallery/24870	N/A	N/A

1.4. Abréviations

Cette section fournit les listes des abréviations applicables.

ID	Abbreviation	Titre	Description
----	--------------	-------	-------------

1.5. Figures

Cette section fournit la liste des figures et des images.

ID	Titre
----	-------

1.6. Tableaux

Cette section fournit la liste des tableaux.

ID	Titre
----	-------

2. e-ARCEP: automatiser la gestion des fréquences

Nous présentons dans ce chapitre un résumé de notre proposition de renforcement de la concurrence et de l'initiative locale au travers d'une gestion automatique de l'attribution des nouvelles plages de fréquence par l'ARCEP. Cette proposition permet d'envisager en France une couverture en 4G ou 5G LTE de plus de 90% des communes d'ici un an, sans subventions, alors que cette couverture est aujourd'hui inférieure à celle du Pérou, de la Chine ou du Pakistan.

2.1. Données économiques

L'infrastructure d'un réseau "5G LTE" autonome capable de couvrir un village [RD-3] tient dans un boîtier de moins de 40 centimètres de côté entièrement *Made in France* et déjà utilisé par plus de 250 clients dans le monde. Ce boîtier unique assure à la fois les fonctions d'eNodeB, de *core network*, de RRH (jusqu'à 2 x 20W), de *edge cloud*, de *billing* et gestion du réseau. Il coûte de l'ordre de 5000€ (matériel) et 5000€ (logiciel). Ce coût va encore baisser dans les années à venir pour s'approcher de celui d'une infrastructure Wifi.

Ces données économique sont encore peu connues. Elles sont même rejetées - par préjugé ou par méconnaissance - par les directions techniques des grands opérateurs. Elles sont ignorées et maintenues sous silence par les grands équipementiers qui continuent de vendre des infrastructures volumineuses, coûteuses, complexes, nécessitant la constructions de locaux réfrigérés et qui sont *in fine* moins performantes qu'un simple boîtier de 40cm de côté placé sur le toit d'une mairie, d'un chateau d'eau, d'une église ou d'un point haut. Nous sommes à l'aube d'une révolution industrielle aussi disruptive que fut le PC face au *mainframe* pour

l'informatique d'entreprise.

Le coût d'un lien TCP-IP est également en baisse. En combinant plusieurs méthodes (satellite, wifi, fibre, LTE) par des techniques de routage résilient [RD-4] similaires à celles que l'on utilise en Chine ou en Afrique pour fiabiliser des accès Internet, il est possible de déployer un accès TCP-IP redondant à plus de 30 Mbps (download) dans n'importe quel village en France. Les frais de transit peuvent être estimés à environ 500€ par mois. Ces coûts vont baisser et les débits augmenter grâce à des projets tels que OneWeb ou à d'autres projets innovants mais au résultat encore incertain, tels que des "drones gonflables" [RD-5].

Il existe de l'ordre de 10.000 communes en France susceptibles de déployer la "5G LTE" dans ces conditions. En effet, une infrastructure à 10.000 € peut être facilement rentabilisée sans subventions par une commune de 300 habitants. Plusieurs exemples au début des années 2000 montrent comment des groupements de TPE ont réussi en Allemagne [RD-6] ou en Bulgarie [RD-7] à déployer en milieu rural et à moindre coût des réseaux d'accès Internet à très haut débit (100 Mbps).

Il est donc possible de déployer du jour au lendemain des réseaux "5G LTE" sur tout le territoire français, sans subventions, en laissant agir l'initiative privée. Grâce au principe de mesh LTE [RD-4], de tels réseaux pourraient même se consolider mutuellement et partager leur bande passante.

2.1.1. Le coût de la procédure attribution de fréquence

L'obsolescence des règles, la carence du privé ou de l'Etat ainsi que l'ouverture générale en faveur des collectivités locales pourrait permettre à celles-ci de jouer le rôle d'opérateur de télécommunication, sous certaines conditions, quand les autres solutions ont échoué. Il faut donc envisager dès aujourd'hui le fait que les collectivités déploient elles-mêmes le très haut débit en France, sans subventions et en toute légalité.

Hélas, l'équation économique favorable rendue possible par la solution technique innovante et *made in France* présentée ci-dessus est en réalité hors de portée d'un village en raison du coût élevé de la procédure d'attribution de fréquence et du faible nombre d'experts ou de juristes compétents dans les multiples droits impliqués.

Le coût de cette procédure se décompose en :

- amortissement des fréquences mises aux enchères (moins de 0.5 € par mois et par abonné)
- frais d'expert pour la constitution d'un dossier d'appel d'offre (5.000 € à 10.000 € à la charge de la commune)
- frais d'avocat pour une éventuelle procédure (2.000 € à 10.000 € à la charge de la commune)
- frais de traitement par l'ARCEP (5.000 € à 20.000 € à la charge de l'Etat)

Le montant total des frais administratifs nécessaires pour permettre à une commune de déployer un réseau "5G LTE" sont donc compris entre 12.000€ et 40.000€. Ils dépassent largement le coût de l'infrastructure.

Conclusion 1: le principal frein économique au déploiement par les collectivités de la 5G LTE en France est le coût du processus administratif d'attribution des fréquences

2.1.2. Le refus des opérateurs d'adopter des technologies compétitives *made in France*

Aucun des grands opérateurs n'a aujourd'hui déployé les technologies "5G LTE" bien que leur faible coût permettrait à ces mêmes opérateurs de:

- couvrir les 70% du territoire français sur lesquels il n'exploitent pas leur licence 4G;
- augmenter leur résultat par un revenu supplémentaire sur ces territoires et l'arrivée de nouveaux abonnés;
- diminuer leurs charges en négociant de meilleurs prix chez les équipementiers traditionnels grâce à la démonstration de solutions concurrentes devenues supérieures d'un point de vue technique.

Cette situation démontre le fait que le rationalité économique - principe fondateur sous-jacent au mécanisme d'attribution de licences nationales - a ses limites en raison de la réalité sociologique des organisations exploitant ces mêmes licences. Les mécanismes de gouvernance internes aux opérateurs, fondés sur la minimisation des risques et la loi de Pareto, conduisent à une aberration économique: la France est moins bien couverte en 4G que la Chine, le Pérou ou le Pakistan [RD-8].

Cette aberration économique est aussi une aberration industrielle: les opérateurs traditionnels préfèrent acheter des équipements chinois plus coûteux et moins innovants que des

équipements français aux caractéristiques techniques supérieures.

Conclusion 2: il n'existe aucune rationalité économique ou industrielle pour expliquer la politique de non-déploiement de la 4G en France par les opérateurs traditionnels.

2.1.3. Des risques d'entrave à la concurrence ou d'ententes illicites

La concurrence entre opérateurs est beaucoup moins forte qu'on ne le dit. L'absence de rationalité économique pour expliquer certains choix est souvent le révélateur d'un manque de concurrence sur un marché ou d'une entente. L'affaire ancienne de l'entente entre les trois opérateurs doit nous rappeler qu'une entente reste possible, même avec l'arrivée d'un quatrième acteur [RD-9]. En dehors des faits économiques exposés ci-dessus, nous n'avons aujourd'hui aucune idée ni aucune preuve de la nature ou de l'existence d'une entente éventuelle entre opérateurs ou entre équipementiers.

Nous avons pu par exemple identifier des barrières à l'entrée pour la connexion d'équipements innovants à des *core network* traditionnels. Ces barrières prennent la forme de certifications obligatoires proposées à des coûts prohibitifs par les grands équipementiers ou d'obligations contractuelles liées à la maintenance des équipements. Elle pourraient expliquer pourquoi il est *de facto* impossible de combiner une infrastructure frugale adaptée à un village à une infrastructure traditionnelle de grand opérateur, et pourquoi les directions techniques de grands opérateurs rejettent les approches innovantes.

Nous avons également identifié le cas d'un grand opérateur ayant effectué une prédation de fréquences que s'apprêtait à exploiter un petit opérateur indépendant pour fournir de l'accès Internet rural. Les fréquences acquises par le grand opérateur ne sont toujours pas exploitées alors que l'infrastructure "5G LTE" du petit opérateur est déjà en place. Ce type de scénario pourrait correspondre à la tactique de certains opérateurs visant à protéger un modèle économique fondé sur des infrastructures techniquement et économiquement dépassées mais qu'il faut encore amortir. On notera ici que cette tactique n'a pas de justification économique : il suffirait par exemple d'inclure l'amortissement des équipements dépassés dans un coût de sous-location de licence à une structure tierce. Mais cette tactique peut s'expliquer par le *reporting* analytique que mettent en place les grands opérateurs. C'est ce même *reporting* qui à la fin des années 90 avait conduit Wanadoo à sous-dimensionner la bande passante allouée à chaque utilisateur par rapport à ses concurrents. Il ne fallait en effet pas "casser" le modèle économique de TRANSPAC. L'avenir avait alors moins d'importance que le passé.

La prédation peut aller encore plus loin, avec dans le domaine de la BLR des opérateurs qui déploient un matériel pour occuper une fréquence en sachant sciemment qu'il ne pourra jamais être utilisé effectivement par personne.

La prédation peut aller encore plus loin, avec dans le domaine de la BLR des opérateurs qui déploient un matériel le moins cher possible servant juste à occuper une fréquence en sachant pertinemment que personne ne pourra l'utiliser pour faire transiter un quelconque débit de données. On atteint ici les limites des principes de vérification d'occupation de fréquence telle qu'ils sont définis dans les obligations contractuelles de l'opérateur. Seule une vérification par un principe de "droit opposable", similaire à celui du droit opposable au logement, permettrait d'éviter ce type de prédation d'un bien commun rare. En cas de

On comprends donc que les explications possibles à l'apparente aberration économique du non-déploiement de la 4G en France sont multiples. Un contentieux lié au droit de la concurrence dure plusieurs années et est d'une efficacité incertaine. Il faut également plusieurs années pour modifier la gouvernance d'une grande entreprise et prendre en compte des stratégies de long terme alors que l'entreprise doit répondre à des objectifs de court terme pour satisfaire ses actionnaires.

C'est pourquoi, il est illusoire d'espérer de profonds changements dans la généralisation du très haut débit en France sans une ouverture à de nouveaux acteurs. Les fréquences TD-LTE, notamment dans la bande des 2600 Mhz sont une occasion de faire entrer sur le marché un nouvelle génération d'acteurs économiques avec un profil très différent de celui d'un grand opérateur et plus proche de celui d'une *startup* ou d'une entreprise de *e-commerce*. Ces nouveaux acteurs peuvent s'appuyer sur des infrastructures radicalement différentes de celles des opérateurs traditionnels pour fournir des services innovants ou pour fournir du très haut débit dans les villages sans subventions.

Afin d'éviter l'effet de prédation déjà observé et de favoriser le déploiement de technologies plus coûteuses ou moins innovantes, il serait utile d'envisager de nouveaux critères dans l'attribution des fréquences. A titre d'illustration, on pourrait imaginer les critères suivants :

- intégration obligatoire d'un *core network* autonome à chaque point d'accès (favorise une architecture répartie à faible latence et intelligence déportée ou *edge cloud*) ;
- intégration obligatoire de services Edge Cloud à chaque point d'accès (favorise de nouveaux modèles économiques tels que l'IoT ou le *smartphone offloading*)
- ouverture obligatoire aux des tiers à prix non discriminatoire (favorise l'interopérabilité

- entre nouveaux acteurs) ;
- nombre maximum de fréquences attribuées par acteur (évite une prédation globale) ;
- fourniture globale du service (incite un acteur traditionnel à fournir les mêmes services sur ses infrastructures existantes) ;
- obligation de justifier de l'utilisation de la fréquence sous trois mois par la fourniture d'un service commercial effectif et non discriminatoire (évite la prédation par sous-investissement) ;
- etc.

Un choix judicieux de critères techniques est de nature à transformer le marché français de la "5G LTE" et à le rendre plus attractif pour l'écosystème de startup françaises qui, contrairement au déploiement de la 4G, s'est mieux développé depuis 10 ans en France qu'au Pérou ou au Pakistan. Au-delà de ces critères purement techniques, il convient d'envisager l'introduction d'un droit opposable au très haut débit dans la continuité des principes de l'ONU qui font du très haut débit un droit fondamental [RD-10]. Ce droit opposable pourrait être ouvert aux individus et aux entreprises et non plus seulement aux collectivités comme c'est le cas actuellement.

Conclusion 3: il existe un risque résiduel d'entraves à la concurrence ou d'entente illicite entre opérateurs ou entre équipementiers auquel il convient de répondre en ouvrant le marché à de nouveaux acteurs selon de nouveaux critères techniques d'attribution de fréquences tels que l'existence d'un core network autonome sur chaque point d'accès

2.1.4. Des difficultés pour sous-louer les fréquences déjà attribuées

Le prix des licences 4G mises aux enchères, amorti sur 15 ans et divisé par le nombre d'abonnés conduit à un montant de moins de 0.5€ par mois et par abonné. Ce montant est compatible avec un déploiement d'un réseau autonome "5G LTE" par une commune.

Cependant, à ce jour, aucun opérateur n'a accepté de nous louer ses fréquences sur un territoire limité. Aucune justification ne nous a été fournie en dehors d'éventuelles difficultés de formalisation juridique par les services.

Conclusion 4: il n'existe aucune obligation pour les opérateurs de sous-louer leurs fréquences quand ils ne les exploitent pas sur certains territoires

2.2. Vers une place de marché automatique d'attribution de fréquences

Nous avons établi précédemment que le principal coût de déploiement par les collectivités de la "5G LTE" en France est le coût du processus administratif d'autorisation par l'ARCEP, notamment l'attribution des fréquences. Ce coût peut être drastiquement réduit en appliquant un principe de transformation numérique à l'ARCEP, c'est-à-dire en faisant de l'ARCEP une plate-forme avec une API et des algorithmes de gestion automatique [RD-11].

Une telle plate-forme peut être lancée en 3 mois pour moins de 100 K€.

Nous proposons donc que les nouvelles fréquences soient gérées selon un principe de mise aux enchères automatique. Cette mise aux enchères locale pourrait reposer sur les quelques principes suivants.

- **territoire limité:** commune, groupement de communes
- **durée limitée:** 3 ans
- **prix d'abonnement limité:** moins de 2 fois le prix moyen de la 4G constaté dans les grandes villes
- **obligation de résultat:** minimum de 20 Mbps (download) et 5 Mbps (upload) sous 3 mois
- **architecture répartie:** *core network* local, *edge cloud*, IPv6 natif, etc
- **ouverture aux tiers:** prix non discriminatoire, déploiement de services *Edge* tiers, etc.
- **caution:** 10.000€ pour la gestion éventuelle de plaintes
- **limite:** 3 demandes par acteur (entreprise, groupe d'entreprises, collectivité, etc.) et par mois.

Le déclenchement d'un appel d'offres peut être effectué à l'initiative d'une commune ou d'un opérateur. Ce déclenchement peut être réalisé de façon automatique (via une API) ou au travers d'un site Web. Le déclenchement par site Web suppose une identification préalable qui sera facturée par l'ARCEP (100 € typiquement, payés en ligne) afin de vérifier le profil de l'utilisateur (ex. maire, directeur juridique), ce qui suppose un de faire payer le coût d'un traitement administratif par du personnel qualifié. Le traitement administratif en tant que tel peut le cas échéant être délégué à une société spécialisée similaire à celles auxquelles recourent les banques pour l'identification en ligne de leurs clients en conformité avec les règles de l'AMF ou de l'ACPR.

Lors d'un déclenchement par une commune, le marie doit produire un "constat de carence" produit par un organisme agréé par l'ARCEP, qui pourrait être par exemple un service de type Sensorly [RD-12] (*made in France*). Les opérateurs traditionnels disposent alors de 3 mois pour déployer la 4G sur leurs fréquences déjà attribuées et pour fournir un certificat de non carence produit par le même organisme agréé.

Les opérateurs traditionnels peuvent aussi participer aux enchères en parallèle de ce déploiement.

L'absence de production de certificat de non carence dans les 3 mois et l'absence de participation aux enchères sera alors considéré comme équivalent à un appel d'offres infructueux. La commune peut à partir de ce moment devenir opérateur et exploiter la fréquence attribuée dans les conditions de l'enchère.

L'usage d'une plate-forme avec des API, le principe de délégation de déclenchement de l'enchère et l'agrément de services en ligne tiers permet à l'ARCEP de lancer 10.000 enchères automatiques en parallèle en réduisant le coût de traitement de chaque dossier de façon drastique. En supposant que 10% seulement des collectivités participent à ce dispositif, le coût de traitement d'un dossier est réduit à 200 € (100 € d'identification et 100 € d'amortissement de plate-forme), soit en moyenne 200 fois moins qu'aujourd'hui.

En outre, on peut parier sur le fait qu'un tel mécanisme d'enchère automatique stimulera la concurrence et incitera les opérateurs traditionnels à investir dans des technologies adaptées pour produire les constats de non carence et ne pas perdre les 70% du territoire qu'ils n'ont pas couverts.

Notons enfin que l'introduction d'une limite au nombre de demandes par mois conduit à une organisation décentralisée, reposant sur des PME locales ou des collectivités. Elle n'empêche pas des groupes nationaux de fournir les moyens techniques partagés nécessaires à l'exploitation du réseau.

Conclusion 5: une place de marché automatique permet d'organiser efficacement la concurrence au niveau local et de réduire les coûts administratifs de l'ARCEP

2.3. Vers un mécanisme automatique de règlement des conflits

L'attribution de licences à 10.000 collectivités pourrait faire craindre le risque d'une mauvaise

gestion des fréquences, réel ou supposé. Deux collectivités trop proches pourraient émettre sur une même fréquence et se brouiller mutuellement. Un opérateur souhaitant "tuer dans l'oeuf" la concurrence pourrait également utiliser le prétexte d'un brouillage supposé pour lancer un contentieux long contre une collectivité ou une PME.

Un mécanisme de règlement des conflits doit donc être envisagé. Il doit être lui-aussi automatique pour ne pas déporter au niveau de la gestion des conflits les gains de compétitivité obtenus par l'automatisation de l'attribution des fréquences au travers d'enchères en ligne et d'API.

On doit donc imaginer pour le règlement des conflits des principes similaires à ceux de l'enchère. Un opérateur ou une collectivité peut initier en ligne une plainte électronique à condition de fournir une preuve de brouillage produite par un organisme agréé. Le dépôt d'une plainte conduit à un prélèvement d'une partie de la caution versée par les deux parties en conflit.

La partie incriminée peut alors reconnaître le brouillage, prendre des mesures adaptées et produire un certificat de non brouillage. Une amende forfaitaire (ex. 1000€) sera alors prélevé sur la caution de la partie incriminée. La moitié de cette amende sera reversée à la partie ayant porté plainte et l'autre versée au budget de l'ARCEP. Le dossier est clos.

La partie incriminée peut également ne pas reconnaître le brouillage et produire un certificat de non brouillage. L'initiateur de la plainte a alors le choix entre payer une amende forfaitaire (ex. 1000€) prélevée sur sa caution et répartie selon les mêmes principes que précédemment. L'initiateur de la plainte peut également maintenir sa plainte. Dans ce cas, l'ARCEP dépêche un organisme agréé pour mesurer sur le terrain l'existence ou non du brouillage et tenter d'obtenir un règlement amiable.

En cas d'échec d'un règlement automatique, une procédure judiciaire traditionnelle peut commencer. Des amendes importantes pour procédure abusive doivent être prévues pour compenser la différence de moyens financiers entre opérateurs et collectivités. Le montant des amendes pour les règlements automatiques devront eux-aussi être ajustés pour inciter les acteurs à limiter à la fois les brouillages et les conflits.

Conclusion 6: un mécanisme automatique de règlement des conflits doit être intégré à la place de marché automatique de fréquences

2.4. TD-LTE: une norme favorable à l'expérimentation

La norme TD-LTE présente des caractéristiques très intéressantes pour l'expérimentation. Il est possible avec cette norme de retourner une partie des slots de temps sans modification du matériel. On peut ainsi imaginer sur la base de RRH produites par des entreprises telles que AW2S, Air-Lynx, BJT Partners, etc. et avec une version modifiée du logiciel d'eNodeB, d'UE et de *core network* Amarisoft de créer des liens LTE symétriques sur des distances importantes. Avec de l'agrégation de canaux, il est probablement envisageable d'atteindre plusieurs centaines de Mbps en point à point via des antennes directionnelles.

Bien que certaines de ces modifications de la norme TD-LTE ne soient pas compatibles avec la plupart des équipements, elle constitue une alternative intéressante pour déployer des *backhaul* en l'absence de fibre. Le type d'architecture envisagé suppose que chaque RRH joue également le rôle d'eNodeB et de *core network*. On parle alors de réseau LTE décentralisé. Ce réseau décentralisé permet d'établir un réseau TCP/IP entre eNodeB, avec un routage à minimisation de latence (technologie re6st / babel). Ce réseau TCP/IP peut alors servir de support au déploiement d'un réseau LTE traditionnel avec *core network* centralisé.

Cette approche encore expérimentale fait partie du projet OSTV soutenu par l'Etat au travers de l'appel à projets "Grands défis du numérique" [RD].

Conclusion 7: nous suggérons à l'ARCEP de réserver des zones de fréquence dans quelques cantons pour expérimenter le déploiement de backhaul LTE en mesh

3. Questions

Nous présentons dans ce chapitre nos réponses aux questions posées dans la consultation publique de l'ARCEP intitulée "De nouvelles fréquences pour les territoires, les entreprises, la 5G et l'innovation" [AD-1].

Question n°1. Estimez-vous utile de mettre à disposition de nouvelles bandes de fréquences en vue de répondre aux besoins en services mobiles à très haut débit ? Selon quel régime (autorisation générale, autorisation individuelle) ces fréquences devraient-elles être attribuées ? Y a-t-il un intérêt particulier pour des fréquences TDD ou SDL, qui permettent d'avoir une capacité descendante plus élevée ? L'augmentation du trafic présente-t-elle des différences dans les zones les plus denses et en dehors de ces zones ? Si oui, estimez-vous que cette dissymétrie justifierait l'attribution de davantage de fréquences dans les zones les plus denses ? Pour faire face à ce besoin croissant d'écoulement de trafic mobile, à quel horizon de temps estimez-vous que des fréquences additionnelles seraient nécessaires, et en quelle quantité (en distinguant fréquences basses et fréquences hautes) ?

Nous estimons utile de mettre à disposition de nouvelles fréquences selon un mécanisme d'enchères électroniques automatiques par zones géographiques réduites (ex. commune), sachant que le principal frein économique au déploiement du très haut débit n'est plus la technologie mais le coût de la procédure d'attribution de fréquences pour permettre à de nouveaux entrants de déployer des infrastructures de nouvelle génération dont le coût est de l'ordre de 10 fois inférieur aux infrastructures traditionnelles pour des résultats meilleurs.

Nous estimons que la norme TD-LTE est utile dans des zones peu denses car elle permet d'envisager des débits montants élevés (ie. le contraire du SDL) et donc de déployer des backhaul sous forme de mesh LTE. De façon générale, une extension de la norme TD-LTE permettant une allocation plus souple des slots de temps est de nature à rendre plus flexible le déploiement de

réseaux de données.

Question n°2. Estimez-vous utile de mettre à disposition de nouvelles bandes de fréquences en vue de répondre aux besoins d'accès fixe à Internet ? Quelle quantité de fréquences hautes et de fréquences basses ? Selon quel régime (autorisation générale, autorisation individuelle) ces fréquences devraient-elles être attribuées ? Quelles technologies y seraient déployées ?

Nous estimons utile de mettre à disposition des bandes de fréquences TD-LTE pour de l'accès Internet dans tous les territoires selon un mécanisme d'enchères électroniques automatiques par commune.

La fréquence de 2600 Mhz nous semble la mieux adaptée pour les utilisateurs finaux en raison du grand nombre d'équipements compatibles et d'une pénétration meilleure que la bande 3500Mhz.

La fréquence de 3500 Mhz nous semble adaptée pour le backhaul LTE à condition de disposer de plusieurs canaux de 20 MHz à agréger en point-à-point.

Question n°3. Dans quelle mesure vous semble-t-il nécessaire que des fréquences et des réseaux soient dédiés aux besoins d'accès fixe à Internet ? Dans ce cas, un modèle économique est-il possible sans soutien financier public ? Dans le cas de réseaux établis en ayant recours à un soutien public, quel modèle économique (nombre de clients, taux de souscription des clients éligibles, ...) envisagez-vous ? Comment assurer que l'ensemble des lieux où le besoin existe soient couverts ?

Nous estimons nécessaire de mettre à disposition des bandes de fréquences TDD pour de l'accès Internet dans tous les territoires selon un mécanisme d'enchères électroniques automatiques par commune. Un tel mécanisme permet d'envisager le très haut débit dans toutes les communes en France sans subventions.

En attendant qu'un tel mécanisme d'enchères électroniques automatiques existe, nous suggérons de subventionner ce type de déploiement en finançant le coût de la procédure administrative (soit plus de 20.000 € en moyenne), étant entendu qu'une infrastructure "5G LTE" coûte de l'ordre de 10.000 € et peut être rentabilisée aisément par une commune de 300 habitants sans subventions.

Question n°4. Les réseaux de boucle locale radio en cours d'exploitation qui ont été développés et financés dans le cadre de réseaux d'initiative publique (RIP) ont-ils vocation à perdurer ? Jusqu'à quelle date ? Est-il envisagé de les étendre ? De les moderniser ? Des collectivités envisagent-elles de subventionner des réseaux de boucle locale radio là où il n'y en

a pas encore ? Dans la démarche globale d'aménagement numérique du territoire, mettant en œuvre plusieurs technologies (FttH, montée en débit filaire, réseaux hertziens, satellite), quelle est votre vision de la place des réseaux BLR ?

Le LTE est sans conteste la norme à appliquer pour la BLR. Elle doit ensuite s'appuyer sur toutes les technologies disponibles pour le backhaul, satellite, fibre, lien micro-onde ou TD-LTE avec slots inversés.

Question n°5. Certains contributeurs envisagent-ils de répondre aux besoins d'accès fixe à Internet, sans subventions publiques, par l'usage de fréquences qu'ils détiennent déjà, ou de bandes libres ? Comment assurer que l'ensemble des lieux où le besoin existe soient couverts ?

Nous envisageons de créer une entreprise dédiée pour fournir de l'accès fixe à Internet fixe dans tous les territoires sans subventions.

Un mécanisme d'enchères électroniques automatiques par commune permet de maximiser les chances de couverture du territoire. A défaut, nous utiliserons d'autres mécanismes juridiques pour faire progresser le très haut débit en France dans un cadre légal.

Si le mécanisme d'enchères électroniques automatiques par commune se révélait insuffisant, on pourrait envisager un mécanisme de licence individuelle (ie. attribution de fréquence à un individu) et dans ce cas précis prévoir un prix négatif de l'enchère ou avec un micro-financement associé. Un tel mécanisme permettrait de s'appuyer sur l'initiative individuelle lorsque la collectivité locale refuse d'agir (par exemple, pour des raisons similaires à celles qui ont conduit la ville de Nancy à se désolidariser de la communauté urbaine du Grand-Nancy lors de la fameuse affaire des fibres noires de 1999).

Il est impossible de s'assurer que tout le territoire soit couvert car dans certaines communes il existe une opposition viscérale à Internet ou aux ondes (mais pas aux fours à micro-onde qui émettent bien plus de puissance d'ondes qu'une RRH de 20W).

Question n°6. Estimez-vous utile de mettre à disposition de nouvelles bandes de fréquences en vue de répondre aux besoins PMR haut débit ? Quelle quantité de fréquences hautes et de fréquences basses serait nécessaire ? Selon quel régime (autorisation générale, autorisation individuelle, autorisations individuelles non exclusives) ces fréquences devraient-elles être attribuées ? Sur quelle empreinte géographique faudrait-il attribuer des fréquences (métropolitaine, outremer, régionale, locale, sur des sites spécifiques) ? Dans quelle mesure vous semble-t-il nécessaire que l'utilisateur PMR dispose de ses propres fréquences ? Pourquoi ? En

particulier, en quoi les opérateurs mobiles ne peuvent-ils pas répondre, le cas échéant, au besoin ?

Nous estimons qu'il est nécessaire de mettre à disposition de nouvelles fréquences pour la PMR afin de permettre l'adoption plus large de produits tels que ceux de Air-Lynx.

Seule une architecture répartie, avec core network local, est en mesure de répondre aux besoins de PMR car en cas de désastre, il n'est pas possible de s'appuyer sur un core network centralisé.

On pourrait imaginer que les fréquences de PMR soient partagées avec les fréquences attribuées à des opérateurs locaux par enchère automatique (ex. sur la bande des 2600 MHz) comme proposé ci-dessus, à condition que ces opérateurs s'appuient sur une architecture décentralisée, c'est-à-dire avec un core network local. Dans ce cas, de deux choses l'une: soit la fréquence le réseau "LTE 5G" est disponible et dans ce cas ce réseau peut être utilisé pour de la PMR en priorité. Soit ce réseau n'est pas disponible et dans ce cas, on déploie un nouveau réseau PMR grâce à des technologies du type de celles de Air-Lynx. L'approche de partage de réseau - sous condition d'existence de core network local pour chaque point d'accès - a l'avantage de constituer un réseau national de PMR capable de fonctionner y compris en cas de panne d'infrastructures critiques (peering Internet, core network centralisés, électricité, etc.).

Question n°7. Estimez-vous utile de mettre à disposition de nouvelles bandes de fréquences en vue de répondre aux besoins de l'Internet des objets ? Pour quels types de services ? Parmi ces différents services, lesquels pourraient se développer en bandes « libres », lesquels nécessiteraient des autorisations individuelles, et pour lesquels un recours à des bandes partagées serait-il adapté ? Quels critères utiliser pour faire ce choix (coûts, importance des services, maturité de l'écosystème, évolutivité des technologies, autre) ? Pour les différentes applications envisagées, quelle quantité de fréquences basses et de fréquences hautes vous semble nécessaire et à quelle échéance ? Sur quel Autorité de régulation des communications électroniques et des postes 44/49 type d'empreinte géographique (métropolitaine, outremer, régionale, locale, sur des sites spécifiques) ?

Nous estimons nécessaire de mettre à disposition des bandes de fréquences TD-LTE pour de l'accès Internet dans tous les territoires selon un mécanisme d'enchères électroniques automatiques par territoire restreint (ex. commune). Le service Internet ainsi fourni doit supporter par défaut la norme NB-IoT de façon à garantir un premier niveau d'accès.

Nous estimons aussi nécessaire de réserver des fréquences à une offre NB-IoT indépendante

(autre que Sigfox, autre que celle des opérateurs traditionnels). En effet, le coût d'une infrastructure de réseau NB-IoT d'envergure européenne est probablement inférieur à 20 M€ si l'on utilise des technologies compétitives telles que celles d'Amarisoft.. Un réseau NB-IoT national ne coûterait probablement que quelques millions d'euros à déployer en France, soit le montant que peut investir un fonds de capital risque en France dans une startup. Il nous semble donc important d'ouvrir des fréquences pour permettre l'émergence de en France nouveaux modèles économiques (ex. gratuité du réseau IoT, accès payant aux données, monétisation des données) avant que ces modèles émergent ailleurs.

Question n°8. En complément des besoins identifiés dans les parties 1.1 à 1.4, identifiez-vous d'autres besoins spécifiques d'accès au spectre ? Si oui, lesquels et en quoi les besoins mentionnés diffèrent-ils ? Quelles quantités et quels types de fréquences (basses ou hautes) vous sembleraient nécessaires ? Sur quelle empreinte géographique ?

Il nous semble utile de prendre en compte les technologies de communication optique sans fil, capables d'atteindre près de 2 Tbps sur 10 km [RD-13] car elles permettent de déployer des backhaul à moindre coût.

Question n°9. Quelle est votre vision du degré de maturité des différentes technologies mentionnées ci-dessus ? à partir de quelle date prévoyez-vous leur utilisation ? Identifiez-vous dès lors des impacts sur la démarche de l'Arcep relative aux attributions de fréquences ? Quels sont les différents usages qui vous semblent pouvoir être supportés par la technologie LTE et ses évolutions ?

Les technologies "LTE 5G" (ie. LTE avec support NB-IoT, support TD-LTE, 1 Gbps LTE, VRAN, core network local, accélération locale, backhaul TCP/IP en mesh, et Edge Cloud) sont mûres et peu coûteuses.

Les technologies LTE de Software Defined Radio (SDR) sont au stade du déploiement industriel (ex. Amarisoft et Air-Lynx).

Les technologies LTE de Virtual Radio Access Network (VRAN) sont au stade du déploiement industriel (ex. Amarisoft et Advantech).

Les technologies de Edge Cloud sont au stade du déploiement industriel (ex. offre Teralab de Big Data sous SlapOS).

Les technologies de mesh à minimisation de latence sont au stade de déploiement industriel (ex.

re6st avec Grandenet en Chine, babel pour le Wifi en Slovénie).

Les technologies de backhaul LTE sont au stade de l'expérimentation.

Les technologies de backhaul laser à 1 Tbps telles que celles déployées par le DLR sont au stade de l'expérimentation.

Les technologies de "drone gonflable" sont au stade du développement.

Question n°10. S'agissant en particulier du mode SDL, avec quelles bandes de fréquences ces bandes de fréquences pourraient-elles être associées ? Quelle est votre vision de la maturité et du niveau de normalisation des différentes combinaisons de fréquences utilisant un mode SDL ? Quel est le niveau de développement de l'écosystème correspondant, du point de vue des terminaux comme du point de vue des réseaux ?

Nous ne croyons pas au besoin d'augmenter les débits descendants. Il faut au contraire augmenter les débits montants pour faciliter le déploiement de technologies telles que WebRTC, le Edge Cloud, les applications HTML5 offline, etc. L'informatique connaît un éternel cycle de centralisation et de décentralisation. Le cycle de centralisation touche à sa fin. Des incidents tels que la panne géante d'Amazon en mars 2017 incitent freiner l'adoption approches de cloud centralisé au profit d'approches décentralisées et hyperconvergentes.

Un smartphone récent à 10 coeurs 64 bit coûtant de l'ordre de 200 euros offre une puissance de calcul similaire à celle d'un serveur Xeon ou i7 à 4 coeurs. Il devient donc possible de déployer sur son smartphone des applications d'entreprise utilisées par une dizaine d'utilisateurs pour un coût annuel de 60 €, soit 10 à 20 fois moins que l'équivalent chez Amazon Web Services (AWS) et 2 à 4 fois moins que chez nos hébergeurs nationaux OVH ou Online, qui sont les plus compétitifs au monde.

Toute politique d'accroissement de la part de débit montant favorise une diminution de la dépendance aux services de cloud centralisés (Google, Amazon, Facebook, Apple, etc.) au profit d'industriels locaux. Toute politique d'accroissement de la part de débit descendant a l'effet inverse. C'est pourquoi, il convient que l'ARCEP - dont l'un des rôles est de favoriser la concurrence - favoriser l'usage des débits montants. L'un de moyens d'y parvenir est de rendre obligatoire l'usage d'IPv6 et d'adresses publiques sur chaque smartphone. Une telle obligation peut faire partie des critères d'attribution de fréquences.

Question n°11. Quelles sont les bandes de fréquences pour lesquelles une utilisation des

fréquences en mode TDD vous semble souhaitable ? Quelles technologies radio pourraient être mises en œuvre ? Quels sont les facteurs de choix du mode TDD ou FDD : la maturité de l'écosystème industriel correspondant, la souplesse apportée par le mode TDD pour répondre à l'asymétrie du trafic montant et descendant, d'autres critères ?

Il est important de s'assurer de l'existence de terminaux, que ce soit fixe ou mobile pouvant supportant les bandes LTE mises à dispositions. Sinon, il est résulte des blocages liés à cette non disponibilités des terminaux et un éventuel surcoût rédhibitoire lorsque ces derniers arrivent sur le marché, le constructeur pouvant profiter d'une position monopolistique temporaire.

La bande 2600 MHz nous semble aujourd'hui adaptée à l'accès à très haut débit dans les villages, avec une bande de fréquence de 20 Mhz au moins.

La bande 3500 MHz nous semble aujourd'hui adaptée à la réalisation de backhaul LTE en point à point (antennes directionnelles) avec une bande de fréquence d'au moins 40 MHz.

La norme TDD permet d'obtenir la souplesse nécessaire dans l'attribution des slots montants ou descendants et de choisir le niveau de symétrie ou d'asymétrie en fonction des besoins des utilisateurs. On pense notamment aux usages professionnels dont les besoins de symétrie sont évidents.

Question n°12. Êtes-vous favorable à l'utilisation de seules bandes de garde pour éviter les brouillages ? Des bandes de garde de 5 MHz ou de 10 MHz vous semblent-elles suffisantes ? Quelles éventuelles mesures additionnelles seraient nécessaires pour éviter tout risque de brouillage ? Si les réponses aux questions précédentes diffèrent selon les bandes de fréquences considérées, les contributeurs sont invités à détailler leurs réponses par bande.

5 Mhz de bande de garde semble relativement élevé étant donné les performances actuelles des équipements RRH radio. Il devrait être possible d'utiliser ces 5 Mhz à minima pour le NB-IoT.

Nous estimons par ailleurs nécessaire la mise en place d'un mécanisme électronique de règlement des conflits liés au brouillage en complément d'une place de marché automatique.

Question n°13. Êtes-vous favorable à la mise en œuvre d'une synchronisation entre réseaux TDD ? La synchronisation seule permet-elle de s'affranchir de bandes de garde ? Quel ratio temporel vous semble pertinent entre l'utilisation des fréquences en sens montant et en sens descendant en fonction des usages ? Les paramètres de la synchronisation doivent-ils être imposés par le régulateur ou définis par une concertation entre les titulaires de fréquences ?

Nous pensons que la synchronisation entre réseaux TDD doit être favorisée de façon à permettre le déploiement à terme de mesh. Le TDD peut difficilement fonctionner correctement sans synchronisation (par GPS ou autre). L'introduction d'autres sources de synchronisation que le GPS devra être envisagé pour d'éventuelles applications de PMR militaires sur technologie TD-LTE en mesh.

Question n°14. Êtes-vous favorable à l'utilisation de blocs restreints ? Quelle pourrait être leur utilisation ? Pensez-vous que l'utilisation de blocs restreints soit suffisante pour éviter les brouillages ? Quelles éventuelles mesures additionnelles préconisez-vous ?

Pas de réponse.

Question n°15. Pour le cas particulier des technologies TD-LTE et Wimax, le rapport ECC 216 de la CEPT précise les paramètres techniques à définir pour synchroniser des réseaux TDD. Que préconisez-vous comme degré de précision de la référence de temps (section 2.2.1 du rapport ECC 216) ? Que préconisez-vous comme protocole pour partager une référence de temps commune entre les différents réseaux (sections 2.2.2 à 2.2.6 du rapport ECC 216) ? Quelle structure de trame souhaitez-vous utiliser (table 6 de l'annexe 1 du rapport ECC 216) ? Quels sont les paramètres techniques que vous préconisez ?

Pas de réponse.

Question n°16. Dans le cas de bandes partiellement attribuées, mais sans synchronisation des réseaux existants (bande 3,5 GHz par exemple), quelles modalités préconisez-vous pour la synchronisation des réseaux existants et des réseaux qui seront déployés à l'avenir ? Quelles sont les familles de technologies compatibles entre elles, pour une utilisation des fréquences en mode TDD ? Que préconisez-vous pour le cas spécifique de la cohabitation de réseaux WiMax et de réseaux TDLTE dans la bande 3,5 GHz ?

Synchronisation par satellite (GPS ou autre).

Question n°17. En complément des technologies LTE, d'autres technologies devraient-elles être prises en compte pour définir la stratégie d'attribution des fréquences de l'Arcep et notamment les conditions d'utilisation des fréquences permettant d'éviter les brouillages préjudiciables ?

Si l'objectif de l'ARCEP est de favoriser l'innovation, il est indispensable ne pas imposer de norme ou de technologie mais au contraire de définir les conditions d'attribution de fréquences en

fonction d'objectifs de service (ex. débit, latence) et de contraintes physiques (ex. puissance, absence de brouillage). Le choix de la technologie doit relever uniquement de la liberté de l'opérateur de la fréquence.

Avec l'arrivée des radios logicielles (Software Defined Radio), l'absence d'intervention de l'ARCEP dans les choix techniques nous paraît aussi fondamentale que le principe d'absence de mention des marques dans un marché public. Les radios logicielles permettent d'inventer de nouveaux protocoles, de nouveaux encodages permettant de mieux exploiter une fréquence et de les déployer du jour au lendemain. Les radios logicielles fonctionnent aussi bien du côté client (UE) que du côté serveur (eNodeB). Leur coût est désormais inférieur à celui des équipements traditionnels.

A titre d'exemple, un modem NB-IoT est réalisable sous forme de radio logicielle en combinant un micro contrôleur et un FPGA. Le logiciel de ce modem peut être étendu à loisir pour couvrir de nouvelles applications qui vont au-delà de la norme NB-IoT. Il est également possible d'étendre la norme TDD pour inverser les débits et ainsi de fournir des réseaux d'entreprise. On peut enfin imaginer avec les processeurs récents doubler la fréquence de traitement de la radio logicielle, réduire les slots temporels et diviser par deux la latence du jour au lendemain.

Toutes ces avancées seront impossibles à déployer rapidement si l'ARCEP entend imposer des normes. L'imposition de normes orienterait d'ailleurs le marché en faveur des équipementiers traditionnels et en défaveur des PME françaises innovantes, selon un logique qui freinera le développement du très haut débit en France.

Question n°18. Souhaitez-vous utiliser des fréquences de la bande 2,6 GHz TDD ? Quelle quantité de fréquences ? À quel horizon de temps ? Sur quelle empreinte géographique (métropolitaine, régionale, locale, outre-mer, etc.) ? Quelle est votre vision de la maturité de la bande 2,6 GHz TDD ? Pour quels types d'usages identifiez-vous l'utilisation de cette bande ? En mettant en œuvre quelle technologie radio ? Souhaitez-vous que ces fréquences soient rendues disponibles sous un régime d'autorisation générale ou à travers des autorisations individuelles (exclusives ou non exclusives) ?

Nous souhaitons utiliser la bande 2,6 GHz TDD d'ici 3 mois sur une ou plusieurs communes (volontaires) non couvertes aujourd'hui.

Question n°19. Quelle largeur de bandes de garde ou quelles autres dispositions vous semblent nécessaires pour assurer une absence de brouillage des réseaux mobiles existants de la bande 2,6 GHz FDD ?

5Mhz de largeur de bande minimum. 20Mhz étant l'idéal.

Grâce à la technologie d'Amarisoft, il est possible de déployer une sonde capable de déterminer la présence de brouillage avant installation.

Question n°20. Souhaitez-vous accéder à des fréquences dans la bande 3,4 - 3,8 GHz ? Pour répondre à quel type de besoins ? Quelle quantité de fréquences serait nécessaire et à quel horizon de temps ? Sur quelle empreinte géographique (métropolitaine, régionale, locale, outre-mer, etc.) ? Quelle est la disponibilité des écosystèmes correspondants (équipements réseau et terminaux) ? Souhaitez-vous que ces fréquences soient rendues disponibles sous un régime d'autorisation générale ou à travers des autorisations individuelles ? Partagez-vous l'analyse de l'Arcep quant à l'utilisation préférentielle des fréquences de cette bande en mode TDD ?

Nous souhaitons accéder aux bandes 3,4 - 3,8 GHz pour des liaisons point à point en LTE servant à construire des backhaul "mesh LTE" pour des accès Internet ruraux sur la bande des 2.6 Ghz.

Question n°21. Êtes-vous favorable à un réaménagement des fréquences 3,5 GHz, et si oui, que pensez-vous des principes exposés ci-dessus ? En cas de réaménagement au sein de la bande 3,5 GHz, quelles fréquences cibles préconisez-vous pour les autorisations actuelles ? Pourquoi ?

Des blocks de 50Mhz seraient utiles pour faire du backhaul, ou un service à 1Gb/s avec du CA (3cc ou 5cc).

Question n°22. Souhaitez-vous utiliser des fréquences de la bande 1,4 GHz ? Quelle quantité de fréquences ? À quel horizon ? Identifiez-vous une autre utilisation possible des fréquences de la bande 1,4 GHz que le mode SDL ? Quelles pourraient être les bandes de fréquences FDD associées aux fréquences de la bande 1,4 GHz ? Quelle est votre vision de la normalisation des différents schémas d'association de la bande 1,4 GHz avec d'autres bandes ? Quelle est la maturité de l'écosystème industriel de la bande 1,4 GHz (équipements réseau et terminaux) ? Souhaitez-vous que ces fréquences soient rendues disponibles sous un régime d'autorisation générale ou à travers des autorisations individuelles ? Avez-vous des commentaires concernant le projet de l'Arcep de n'attribuer les fréquences de cette bande qu'une fois disponibles l'ensemble des 91 MHz ?

Nous souhaitons accéder aux bandes 1.4 GHz pour des liaisons point à point en LTE dans un premier temps. Il sera judicieux ensuite de les utiliser ensuite pour l'accès Internet pour des raisons de couverture meilleure qu'en 2.3 Ghz. Le mécanisme d'attribution automatique permet d'attribuer les bandes de fréquences lorsqu'elles sont disponibles et de ne pas avoir à attendre des blocs entiers.

De plus le CA permet aussi d'agréger des bandes non juxtaposées au fur et à mesure de leur disponibilité.

Question n°23. Souhaitez-vous utiliser des fréquences de la bande 2,3 GHz ? Quelle quantité de fréquences ? À quel horizon ? Sur quelle empreinte géographique (métropolitaine, régionale, locale, outre-mer, etc.) ? Quelle est votre vision de la maturité de la bande 2,3 GHz ? Pour quels usages identifiez-vous l'utilisation de cette bande ? En mettant en œuvre quelle technologie radio ? Envisagez-vous une utilisation des fréquences selon un autre mode que le mode TDD ? Quelles modalités proposez-vous pour qu'une éventuelle utilisation conjointe des fréquences de cette bande avec le ministère de la Défense puisse garantir à ce dernier l'absence de tout brouillage de ses systèmes ?

Nous souhaitons utiliser la bande 2,3 GHz TDD pour de l'accès Internet.

Question n°24. Souhaitez-vous utiliser des fréquences de la bande 738 - 753 MHz ? Quelle quantité de fréquences ? À quel horizon ? Sur quelle empreinte géographique (métropolitaine, régionale, locale, etc.) ? Pour répondre à quel type de besoins ? Souhaitez-vous que ces fréquences soient rendues disponibles sous un régime d'autorisation générale ou à travers des autorisations individuelles ? Quelle est votre vision de la maturité de la bande 738 - 753 MHz ? Quelles technologies radio pourraient être mises en œuvre ? Avec quelle bande de fréquences FDD souhaiteriez-vous associer des fréquences de la partie SDL de la bande 700 MHz ? Quelle est votre vision de la disponibilité de terminaux et d'équipements réseaux utilisant cette bande de Autorité de régulation des communications électroniques et des postes 46/49 fréquences ? Avez-vous des commentaires concernant le projet de l'Arcep de ne pas procéder à l'attribution de la bande 738 - 753 MHz dès à présent ?

Il serait judicieux de déployer au moins un réseau NB-IoT national gratuit sur ces fréquences. La bande NB-IoT étant étant très étroite, 6Mhz deviennent tout d'un coup très large pour ce type d'application. De plus, la propagation dans cette bande permet d'optimiser la consommation du module NB-IoT.

Question n°25. Vous semble-t-il utile d'envisager des réaménagements des autorisations actuelles dans la bande 400 MHz en vue de permettre l'introduction du très haut débit dans cette bande ? Quels réaménagements proposez-vous ? À quels besoins de nouvelles autorisations à large bande pourraient-elles répondre ? Sur quelle empreinte géographique ? Quelles technologies radio pourraient être utilisées ? En fonction des services et applications visés, quelles largeurs de canalisations vous semblent souhaitables ? Quelle est votre vision de la

maturité de l'écosystème industriel correspondant ? Souhaitez-vous que les fréquences soient rendues disponibles sous un régime d'autorisation générale ou à travers des autorisations individuelles ?

Une largeur de bande de 1 Mhz dans cette bande réservée au NB-IoT serait un formidable progrès.

Question n°26. Quelle est votre vision de l'avenir de la bande 26 GHz, en particulier dans le contexte du déploiement des premiers réseaux 5G ? Une cohabitation entre les différents usages précités vous semble-t-elle possible ? Si oui, sous quelles conditions ?

La 5G en 26 Ghz relève à ce jour de la science fiction et du marketing.

Question n°27. Avez-vous des commentaires concernant les projets de l'Arcep sur les bandes 2,6 GHz TDD et 3,5 GHz ?

Nous ne croyons pas à la possibilité d'utiliser la bande des 3.5 GHz pour le très haut débit rural car elle est incompatible avec pratiquement tous les équipements. Nous considérons que la bande des 2.6 GHz est la mieux adaptée pour l'Internet rural et que son exploitation doit s'appuyer sur un mécanisme d'enchères électroniques automatiques en ligne par commune voire par entreprise ou individu. Ce mécanisme doit favoriser un mode de déploiement décentralisé et innovant.

La bande des 3.5 GHz nous semble adaptée au déploiement de backhaul LTE à large bande, selon un principe de liaison point à point. Ces backhaul permettent de compléter les accès ruraux sur la bande des 2.6 GHz et de les interconnecter à une ou plusieurs fibres proches.

Question n°28. L'idée de partition géographique des attributions de fréquences appelle-t-elle des commentaires de votre part ? Avez-vous des remarques sur l'analyse de l'Arcep relative aux besoins pour lesquels une partition géographique pourrait être mise en œuvre ? Sur quelles bandes de fréquences estimez-vous un tel partage pertinent ? Quels autres schémas de partition géographique vous sembleraient pertinents ? Avez-vous d'autres besoins localisés dans certaines parties du territoire seulement ? Merci d'indiquer la zone concernée de la manière la plus précise possible. Dans l'hypothèse d'attribution de fréquences sur des zones géographiques ciblées, quelle partition du territoire proposez-vous ? Quelle méthode faut-il retenir pour définir les zones tampons ? Quelle largeur doivent-elles avoir et quel niveau de champ maximal faut-il imposer au-delà de cette zone tampon ? Quelles règles de cohabitation entre différents usages utilisant les mêmes bandes de fréquences proposez-vous ?

Nous estimons nécessaire d'appliquer à l'ARCEP une démarche de transformation numérique et d'Etat plate-forme selon les mots d'ordre suivants: simplification, API de gestion de la multitude, temps-réel. Nous estimons nécessaire de mettre à disposition ces fréquences selon un mécanisme d'enchères électroniques automatiques par commune, avec connaissance à priori des délais d'attribution de façon certaine. La connaissance des délais est capitale pour le bon déroulement d'un plan de déploiement. L'incertitude d'attribution des fréquences et la non maîtrise du temps la concernant constituent une entrave majeure au bon déroulement d'un projet de mise en place d'infrastructure mobile..

Question n°29. Avez-vous des commentaires sur la caractérisation des besoins en accès fixe à Internet à très haut débit et sur les conclusions qu'en tire l'Arcep ? Les modalités proposées pour l'attribution de fréquences visant à fournir des services d'accès fixe à Internet à très haut débit appellent-elles des commentaires de votre part ? Quelles modalités d'attribution préconisez-vous en vue de répondre à l'ensemble des besoins d'aménagement numérique du territoire ?

L'Internet fixe doit permettre l'hébergement d'un serveur d'entreprise (ex. ERP, CRM). Un minimum de 5 Mbps (upload) est nécessaire. Un débit de 20 Mbps (upload) est souhaitable. En sens inverse, un débit de 10 Mbps est un minimum pour une petite entreprise. Un débit de 100 Mbps est souhaitable.

Question n°30. L'objectif d'assurer que les besoins professionnels critiques puissent se développer dans une bande de fréquence particulière appelle-t-il des commentaires de votre part ? Vous semble-t-il opportun et nécessaire de réserver une bande à l'établissement de réseaux indépendants ? Vous semble-t-il opportun et nécessaire de prévoir de fortes obligations de déploiement et de qualité de service ? Lesquelles ? Quels autres moyens préconisez-vous ?

Nous estimons indispensable de permettre à des initiatives indépendantes (communes, entreprises, individus) de pallier effectivement aux carences des opérateurs traditionnels au travers d'un mécanisme d'enchères électroniques automatiques par commune assorti de fortes obligations de prix (moins de 2 fois le prix moyen de la 4G constaté dans les grandes villes) de résultat (20 Mbps / 5 Mbps / NB-IoT sous 3 mois) et d'architecture technique (solution décentralisée avec core network local et Edge Cloud) afin d'éviter que la France continue à être classée derrière la Chine ou le Pakistan.

Question n°31. Comment répondre aux besoins de plusieurs organismes opérant le cas échéant sur une même zone ? Vous semble-t-il opportun de prévoir un usage libre des fréquences à l'intérieur des bâtiments ? Quelle limite de champ fixer, dans ce cas, pour l'extérieur

? Vous semblerait-il opportun de prévoir des autorisations individuelles exclusives assorties de l'obligation de répondre aux demandes raisonnables de partage de réseau ? Ou de prévoir des autorisations individuelles non exclusives ? Dans ce dernier cas, la coordination technique spontanée entre les demandeurs pourrait-elle suffire ou faudrait-il prévoir des dispositions dans les autorisations permettant de garantir cette coordination ? Lesquelles ?

Nous suggérons de favoriser le bon usage partagé du spectre par un mécanisme d'enchère automatique pouvant s'adresser aux communes, aux entreprises ou aux individus et comportant un système automatique de règlement des conflits. Nous favorisons une approche de partage raisonnable. Les besoins de partage peuvent être couverts si besoin en rendant par exemple obligatoire la fourniture de services de "edge cloud" au niveau de eNodeB.

Question n°32. Quelles modalités d'attribution de fréquences proposez-vous pour répondre aux besoins en services mobiles professionnels ?

Pas de réponse.

4. Panorama technologique

Nous présentons dans ce chapitre une liste de fournisseurs français et européens dont les technologies permettent de diviser au moins par 10 le coût de déploiement d'une infrastructure "5G LTE" autonome par rapports aux équipements traditionnels qu'utilisent les grands opérateurs nationaux. Ces PME françaises à l'origine de ces technologies permettent de compléter les fournisseurs et marques explicitement cités dans le document de consultation publique. Les produits présentés ci-dessous sont le plus souvent supérieurs d'un point de vue technique et bien plus compétitifs d'un point de vue économique. Sans la connaissance de ces nouvelles offres, il est impossible d'imaginer le fait qu'une infrastructure LTE 4G/5G coûte de nos jours le prix d'un PC, alors qu'elle coûtait encore il y a 10 ans, le prix d'une maison individuelle.

4.1. Amarisoft - www.amarisoft.com

Leader mondial des technologies *Software Defined Radio* (SDR) LTE permettant de transformer un PC ou un micro-contrôleur en infrastructure 4G/5G grâce à une mise en oeuvre par logiciel uniquement.

- eNodeB LTE 4G/5G
- core network
- UE 4G/5G
- modem NB-IoT

4.2. Air-Lynx - www.air-lynx.com

Leader mondial des technologies PMR LTE 4G/5G sur la base de la stack Amarisoft.

Fournisseur de RRH avec eNodeB intégrée sur la base de la stack Amarisoft.

4.3. AW2S - www.aw2s.com

Fournisseur de RRH (CPRI ou Ethernet) aux performances supérieures à celles des équipementiers traditionnels, compatibles avec la stack Amarisoft.

4.4. BJT Partners - www.bjtpartners.com

Opérateur mobile à Mayotte.

Fournisseur d'eNodeB sur la base de logiciels libres et de la stack Amarisoft.

Opérateur de solutions de téléphonie au standard WebRTC.

4.5. Nexedi - www.nexedi.com

Premier éditeur européen de logiciels libres. Inventeur du cloud décentralisé en 2009.

Fournisseur de système d'exploitation hyper-convergent pour *Edge Cloud* (SlapOS).

Fournisseur de réseau mesh hybride résilient à minimisation de latence (re6st) sur la base du protocole babel inventé par Juliusz Chroboczek à l'Université de Paris 7.

Fournisseur de logiciels de gestion, de CRM et de billing pour les télécommunications.

4.6. Splitted Desktop - www.splitted-desktop.com

Fournisseur de serveurs recyclés pour eNodeB Amarisoft ou *Edge Cloud* SlapOS (500€ pour un serveur en rack bi-Xeon à SSD).

Fournisseur de serveurs durcis pour eNodeB Amarisoft ou *Edge Cloud* SlapOS, exploitables en extérieurs sans climatisation.