

icea
ingénieurs conseil
& économistes associés

expertise • solutions

Prospective des futurs usages de fréquences pour les collectivités locales



Codification : A11896-005

Edition : 1

Date : 21/12/2017

Siège social

Bâtiment B
65 rue Hénon
69004 Lyon

Bureau de Paris

26 rue Feydeau

Table des matières

1	Introduction	4
2	Poursuivre et renforcer les mesures d'incitation auprès des opérateurs mobiles grand public pour améliorer la couverture et la qualité de service	5
3	Promouvoir des attributions locales de spectre, pour des usages grand public, pour compléter la couverture non assurée par les opérateurs mobiles historiques.....	6
3.1	Les futurs réseaux mobiles 5G : au niveau international, un standard en cours de définition.....	6
3.2	Au niveau européen, des premiers déploiements 5G envisagés en 2020, limités à des zones très denses.....	7
3.3	Des opportunités pour la FNCCR de promouvoir des attributions locales de fréquences dans la bande 3,4-3,8 GHz	7
4	Accéder à du spectre pour les besoins métiers propres des collectivités locales et l'évolution vers le haut débit mobile	10
4.1	Perspectives dans la bande 2,6 GHz (bande TDD 2570-2620 MHz)	12
4.2	Perspectives dans la bande 400 MHz	13
4.2.1	Option de bande cible pour l'accueil de futurs réseaux PMR à haut débit.....	14
4.2.2	Proposition de démarche FNCCR pour contribuer, sous l'égide de l'Arcep, au processus de réaménagement de la bande 400 MHz	15
5	Contribuer à fédérer à l'échelle nationale les besoins locaux pour insuffler la mise en œuvre de solutions par satellite	16
6	Veiller à la mise en œuvre des réseaux appropriés pour le développement de l'internet des objets	17
6.1	Technologies et bandes de fréquences pour adresser des services liés à l'IoT.....	17
6.2	Perspectives liées au développement d'usages IoT dans la bande 400 MHz, en lien avec la mise en œuvre envisagée de futurs réseaux PMR à haut débit.....	19
6.3	Perspectives d'évolution des conditions d'utilisation des fréquences autour de 169 MHz pour répondre à une intensification attendue des compteurs communicants.....	20
6.3.1	L'identification de fréquences supplémentaires pour une utilisation dans le mode d'autorisation générale	20
6.3.2	L'identification de fréquences, autour de 169 MHz, pour une utilisation dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel.....	22
6.4	Illustration de performances de couverture liées à différentes technologies et fréquences	22
7	Participer à la densification des réseaux mobiles et valoriser un patrimoine hébergeur d'antennes.....	25

Glossaire

Acronyme	Signification
3GPP	<i>Third generation partnership project</i>
Afnor	Association française de normalisation
AGURRE	Association des grands utilisateurs de réseaux radio d'exploitation
ANFR	Agence nationale des fréquences
Arcep	Autorité de régulation des communications électroniques et des postes
BLR	Boucle locale radio
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
EC-GSM-IoT	<i>Extended coverage GSM IoT</i>
eMTC	<i>Enhanced machine-type communication</i>
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
FDD	<i>Frequency division duplexing</i>
FIRiP	Fédération des industriels des réseaux d'initiative publique
FTTH	<i>Fiber to the home</i>
GSM	<i>Global system for mobile communications</i>
IoT	<i>Internet of things</i>
LAN	<i>Local area network</i>
LPWAN	<i>Low power wide area network</i>
LTE	<i>Long term evolution</i>
LTE-M	<i>LTE machine-to-machine</i>
MAN	<i>Metropolitan area network</i>
NB-IoT	<i>Narrow band IoT</i>
OIV	Opérateur d'importance vitale
PAN	<i>Personal area network</i>
PAR	Puissance apparente rayonnée
PMR	<i>Professional mobile radio</i>
RTTH	<i>Radio to the home</i>
SMS	<i>Short message service</i>
TDD	<i>Time division duplexing</i>
Tetra	<i>Terrestrial trunked radio</i>
THD	Très haut débit radio
TNRBF	Tableau national de répartition des bandes de fréquences
WAN	<i>Wide area network</i>

1 Introduction

Les sujets liés à la mise en œuvre de solutions de connectivité mobile et la gestion de la ressource spectrale constituent des enjeux clés et concernent désormais la quasi-totalité de l'activité économique, dans un contexte de généralisation des usages du numérique. Ces sujets sont désormais au centre des politiques publiques territoriales.

La mise en œuvre de solutions hertziennes soulève de nombreuses questions inédites et complexes, du fait, entre autres, de la variété des technologies, de la diversité des acteurs et des spécificités techniques et juridiques liées à l'utilisation des fréquences.

Cette barrière à l'entrée réserve le domaine des réseaux radio et ressources en fréquences à un public de spécialistes. A l'exception de certaines grandes agglomérations, ce sujet est souvent traité de manière partielle et ponctuelle, par différentes entités, et sans cohérence systématique entre elles, au sein d'une même collectivité locale. Pour qu'il puisse être pris en charge et approfondi par les collectivités, il faudra passer par une phase de montée en compétences des services ainsi que des élus, comme cela a été le cas avec les solutions filaires depuis plusieurs années.

Le présent rapport dresse une vision prospective des futurs usages de ressources spectrales, et de leur valorisation, pour les politiques publiques territoriales. Il fait suite à un état des lieux technico-économique des réseaux radio et fréquences utilisés par les collectivités locales, qui a fait l'objet d'un premier rapport.

Le présent rapport est construit comme une feuille de route stratégique à destination des collectivités locales et de la FNCCR, et met en évidence que ceux-ci sont désormais des acteurs essentiels, sur la scène des processus de gestion des fréquences, menés par l'Etat (Gouvernement, Parlement, Arcep). Ce rapport est structuré autour de six points d'actions majeurs, détaillés dans le Tableau 1.

Action 1	Poursuivre et renforcer les mesures d'incitation auprès des opérateurs mobiles grand public pour améliorer la couverture et la qualité de service
Action 2	Promouvoir des attributions locales de spectre, pour des usages grand public, pour compléter la couverture non assurée par les opérateurs mobiles historiques
Action 3	Accéder à du spectre pour les besoins métiers propres des collectivités et l'évolution vers le haut débit mobile
Action 4	Contribuer à fédérer à l'échelle nationale les besoins locaux pour insuffler la mise en œuvre de solutions par satellite
Action 5	Veiller à la mise en œuvre des réseaux appropriés pour le développement de l'internet des objets
Action 6	Participer à la densification des réseaux mobiles et valoriser un patrimoine hébergeur d'antennes

Tableau 1 : six points d'actions majeurs, pour les collectivités locales et la FNCCR, liés à la gestion des fréquences

2 Poursuivre et renforcer les mesures d'incitation auprès des opérateurs mobiles grand public pour améliorer la couverture et la qualité de service

Plusieurs autorisations d'utilisation de fréquences, attribuées par l'Arcep aux opérateurs mobiles grand public en métropole, vont arriver à échéance entre 2021 et 2024. Ces autorisations sont listées dans le Tableau 2.

Bandes de fréquences	Opérateur	Décision de l'Arcep	Echéance de l'autorisation
900 et 1800 MHz	Bouygues Telecom	2007-1114	7 décembre 2024
	Orange France	2006-0239	24 mars 2021
	SFR	2006-0140	24 mars 2021
2,1 GHz	Bouygues Telecom	2003-0200	29 janvier 2023
	Orange France	2001-0648	6 septembre 2021
	SFR	2001-0647	6 septembre 2021

Tableau 2 : autorisations d'utilisation de fréquences, attribuées aux opérateurs, qui arriveront à échéance entre 2021 et 2024

Le Gouvernement et l'Arcep, en lien avec les opérateurs concernés et l'ensemble des parties prenantes, examinent les modalités d'un renouvellement anticipé de ces autorisations. Il est envisagé que ce renouvellement anticipé s'accompagne d'un renforcement des obligations de couverture. La question liée à un éventuel allongement de la durée des autorisations renouvelées est également étudiée, pour fournir aux opérateurs une meilleure visibilité sur un cadre réglementaire stable. A ce sujet, dans son communiqué de presse du 19 octobre 2017, la Fédération française des télécoms indiquait que « les représentants des opérateurs sont en discussion avec les pouvoirs publics, d'une part, sur la possibilité juridique de prolonger la durée de vie des licences actuelles, et, d'autre part, sur l'établissement d'une vision claire et partagée d'un niveau de couverture 4G cible, adapté aux usages actuels ».

Recommandation 1

La FNCCR pourra poursuivre en 2018 ses contributions au processus de concertation, piloté par le Gouvernement et l'Arcep, en vue du renouvellement des autorisations d'utilisation de fréquences aux opérateurs mobiles grand public, dans les bandes 900 MHz, 1800 MHz et 2,1 GHz.

La FNCCR pourra répondre aux consultations publiques le cas échéant, pour mettre en évidence une nouvelle fois des défauts de couverture, notamment dans les territoires ruraux et de montagne, et des besoins locaux spécifiques.

Plus largement, la FNCCR pourrait renforcer sa mobilisation, tout au long des processus d'attribution de nouvelles bandes de fréquences pour la mise en œuvre de réseaux mobiles, et veiller à la meilleure adéquation possible entre les obligations fixées par l'Etat de couverture et de qualité de service, et les besoins dans les territoires.

3 Promouvoir des attributions locales de spectre, pour des usages grand public, pour compléter la couverture non assurée par les opérateurs mobiles historiques

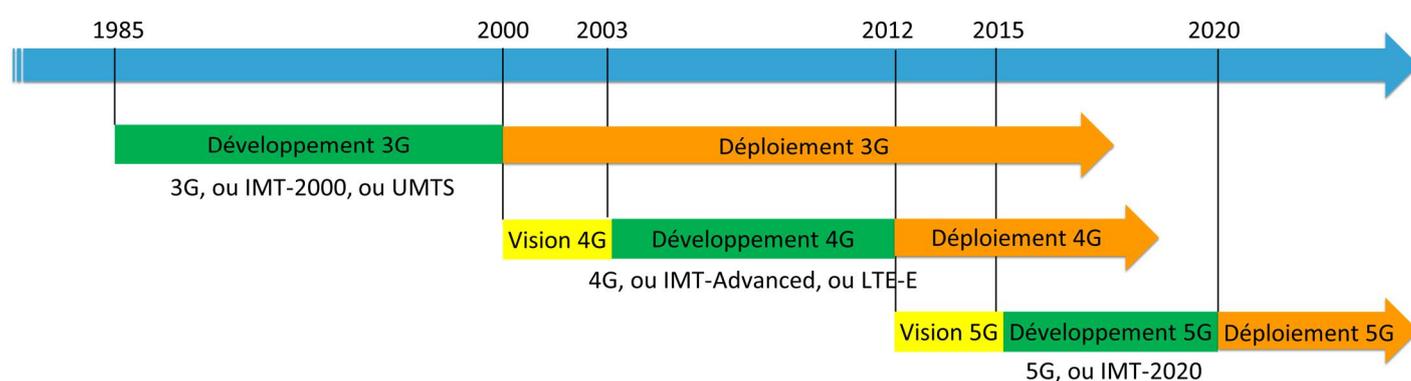
Les performances et cas d'usages associés aux futurs réseaux mobiles 5G sont prometteurs. Pour l'heure, il s'agit d'un standard à l'état d'élaboration au niveau international. Au niveau européen, la bande 3,4-3,8 GHz est identifiée comme bande pionnière 5G, et les objectifs formulés à ce stade portent sur des premiers déploiements en 2020, limités à des zones très denses.

Dans ce contexte, la question liée aux scénarios d'attributions et d'usages de fréquences dans cette bande 3,4-3,8 GHz sur le territoire national mérite d'être approfondie. Ces fréquences pourraient constituer, pour les collectivités locales, un potentiel pour des compléments de couverture « à la demande », et répondre ainsi à des besoins spécifiques.

3.1 Les futurs réseaux mobiles 5G : au niveau international, un standard en cours de définition

Une nouvelle génération de téléphonie mobile est définie principalement par deux acteurs : l'UIT (Union internationale des télécommunications) et le 3GPP (*Third generation partnership project*). Ces deux organismes, respectivement public et privé, s'attèlent à définir les objectifs, les normes et les spécifications techniques de la nouvelle technologie en question.

La Figure 1 fournit un aperçu du calendrier des développements et déploiements des technologies 3G, 4G et 5G, correspondant respectivement aux standards IMT-2000, IMT-Advanced et IMT-2020. Le développement des standards 5G, prévu sur cinq ans, constitue véritablement un défi, au regard des quinze années qu'a nécessité le développement du standard 3G, et des neuf années pour le standard 4G.



Vision : définition par l'UIT du cadre et des objectifs de la future technologie

Développement 5G + Septembre 2018 : validation d'une première version de standard 5G au niveau du 3GPP (*release 15*), pour répondre aux demandes urgentes de certains acteurs qui souhaitent déployer au plus tôt
+ Mars 2020 : validation d'une deuxième version de standard 5G au niveau du 3GPP (*release 16*)

Figure 1 : aperçu du calendrier des développements et déploiements IMT



D'ores et déjà, la Corée du Sud et le Japon ont annoncé leur intention de faire une démonstration à grande échelle de la 5G, respectivement aux Jeux olympiques d'hiver en 2018 à Pyeongchang et d'été en 2020 à Tokyo.

Toutefois, il est fort probable que les premiers réseaux déployés dits 5G soient en réalité plutôt des réseaux 4.5G, 4.9G ou pré-5G, ayant recours à des technologies d'évolution de la 4G. Ils offriront des performances en progression mais dans la continuité de ce qu'offrira alors la 4G qui aura évolué en parallèle. Dans un futur plus lointain, les performances continueront d'augmenter avec l'introduction progressive de technologies de rupture, comme par exemple l'utilisation de fréquences millimétriques.

La 5G n'a donc pas vocation à remplacer instantanément la 4G. En pratique, les terminaux seront très certainement multimodaux : toujours connectés au réseau 4G, qui permettra lors des premiers déploiements une couverture étendue, ils basculeront vers des réseaux 5G, lorsque ceux-ci seront disponibles.

3.2 Au niveau européen, des premiers déploiements 5G envisagés en 2020, limités à des zones très denses

Le 14 septembre 2016, la Commission européenne a lancé son « 5G Action Plan » afin de doper d'ici 2020 les investissements et les efforts pour le déploiement des infrastructures et services 5G à travers le marché numérique unique. Ce plan fixe une feuille de route pour les investissements 5G publics et privés au sein de l'Union.

Afin de réaliser ce plan, la Commission propose notamment les mesures suivantes :

- + harmoniser les priorités et les calendriers nationaux pour un déploiement coordonné à travers tous les pays membres de l'Union européenne, visant de premiers déploiements anticipés dès 2018 et un lancement des déploiements commerciaux généralisés d'ici la fin de 2020 au plus tard ;
- + promouvoir des déploiements rapides et au plus tôt dans les grands centres urbains et le long des axes majeurs de transport.

La Commission européenne donne à tous les pays de l'Union un certain nombre d'objectifs chiffrés et ambitieux. Ainsi, un objectif phare pour la 5G serait d'avoir en 2020 au moins une grande ville dans chaque pays d'Europe équipée de cette dernière génération mobile, avec une couverture, à l'horizon 2025, de tous les centres urbains, les autoroutes et les voies ferrées à grande vitesse.

Ces calendriers ambitieux visés au niveau européen portent donc spécifiquement sur la couverture de grandes métropoles et zones urbaines. Les scénarios d'usages dans les territoires, et notamment dans les zones peu denses, des fréquences identifiées pour la 5G restent à approfondir.

3.3 Des opportunités pour la FNCCR de promouvoir des attributions locales de fréquences dans la bande 3,4-3,8 GHz

Les fréquences dans la bande 3,4-3,8 GHz pourraient constituer, pour les collectivités locales, un potentiel pour des compléments de couverture « à la demande », et répondre ainsi à des besoins spécifiques.

A cet égard, les dispositions mises en œuvre en Irlande pour l'attribution de cette bande méritent d'être examinées (voir encadré ci-après).



Irlande : un exemple d'attribution de spectre mobile à des acteurs alternatifs

La procédure d'attribution de la bande 3,4-3,8 GHz

La Commission de régulation des communications en Irlande (ComReg, *Commission for Communications Regulation*) a conduit en 2017 une procédure d'attribution de fréquences dans la bande 3,4-3,8 GHz. Cette procédure portait sur une quantité de spectre de 350 MHz correspondant aux portions 3410-3435 MHz et 3475-3800 MHz. Les résultats ont été rendus publics le 22 mai 2017¹.

Les critères d'attribution définis par la ComReg ouvraient la voie à de nouveaux acteurs, en plus des opérateurs mobiles existants, pour des déploiements d'envergure locale ou nationale. En outre, la procédure d'attribution reposait sur une segmentation du territoire national en quatre zones rurales et cinq zones urbaines, dans l'objectif d'adresser au mieux les spécificités locales.

A l'issue de cette procédure, la ComReg a attribué des autorisations d'utilisation de fréquences aux trois opérateurs mobiles existants et deux nouveaux entrants, avec des quantités de spectre et zones géographiques distinctes. Ces autorisations sont attribuées pour une durée de quinze ans, jusqu'au 31 juillet 2032. Enfin, la ComReg inscrit ces attributions dans la stratégie globale de déploiement des réseaux 5G. Les résultats de la procédure d'attribution sont détaillés dans le Tableau 3.

	Quatre zones Rurales <i>Borders Midlands and West, South West, East, South East</i>	Cinq zones urbaines <i>Dublin City and Suburbs, Cork City and Suburbs, Limerick City and Suburbs, Galway City and Suburbs, Waterford City and Suburbs</i>
Deux nouveaux entrants		
Airspan Spectrum Holdings Ltd	25 MHz	60 MHz
Airspan, nouvel acteur en Irlande, correspond à une filiale d'une société basée aux Etats-Unis spécialisée dans la fourniture de solutions 4G, à des clients opérateurs mobiles et marchés verticaux (énergie, transport et sécurité publique).		
Imagine Communications Ireland Ltd	60 MHz	-
Imagine est titulaire, de longue date, d'autorisations d'utilisation de fréquences dans la bande 3,4-3,8 GHz et est aujourd'hui le principal fournisseur d'accès internet fixe par voie hertzienne. Environ 25000 clients, essentiellement dans les zones rurales, bénéficient de cette offre. L'opérateur Imagine affiche sa volonté de maintenir et moderniser son réseau, avec l'objectif de fournir des accès internet à très haut débit.		
Trois opérateurs mobiles existants		
Meteor Mobile Communications Ltd (filiale à 100% de Eircom Group)	80 MHz	85 MHz
Three Ireland (Hutchison) Ltd	100 MHz	100 MHz
Vodafone Ireland Ltd	85 MHz	105 MHz
Total	350 MHz	350 MHz

Tableau 3 : résultats de la procédure d'attribution en Irlande de la bande 3,4-3,8 GHz

¹ https://www.comreg.ie/media/dlm_uploads/2017/05/ComReg-1738.pdf

Recommandation 2

La FNCCR pourrait promouvoir, auprès du Gouvernement et de l'Arcep, la mise en œuvre de mécanismes innovants pour l'attribution des fréquences dans la bande 3,4-3,8 GHz, dans l'objectif de permettre des compléments de couverture « à la demande », et répondre ainsi à des besoins spécifiques.

Le processus d'attribution pourrait combiner :

- + des attributions d'autorisations nationales aux opérateurs mobiles grand public, avec des obligations mesurables, ambitieuses, réalistes et temporelles, en termes de couverture et de qualité de service (une couverture mobile intégrale des territoires par les seuls opérateurs « historiques » s'avérerait irréaliste) ;**
- + et des mesures nouvelles, pour permettre à des acteurs « alternatifs » d'utiliser aussi des fréquences mobiles et de déployer localement des solutions pour la fourniture de compléments de couverture (dans des zones peu denses, dans des environnements intérieurs, etc.).**

Par exemple, les futures autorisations d'utilisation de fréquences attribuées aux opérateurs grand public pourraient comporter une obligation de faire droit à toute demande raisonnable d'un acteur, qui souhaiterait utiliser une partie de ces fréquences, dans le cas où celles-ci ne sont pas utilisées par les opérateurs titulaires, sur une zone géographique spécifiée.

Une telle approche constituerait une remise en question du principe qui a prévalu jusqu'alors, reposant sur des attributions d'autorisations individuelles nationales aux seuls opérateurs mobiles grand public, pour des usages exclusifs. L'introduction d'acteurs alternatifs pourrait par exemple favoriser la couverture mobile des espaces intérieurs, qui s'avère aujourd'hui aléatoire et partielle, parfois inexistante.

En effet, la couverture mobile à l'intérieur des bâtiments se heurte à de nombreux freins, et en particulier les suivants :

- + Certains bâtiments constituent de véritables cages de Faraday qui restreignent voire empêchent la propagation des ondes électromagnétiques (en particulier pour les fréquences supérieures à 1 GHz) ; c'est le cas par exemple des constructions selon les nouvelles normes énergétiques et thermiques, des constructions avec murs épais, matériaux isolants (peinture isolante), cloisons en verre ou en métal ; les antennes extérieures, déployées par les opérateurs mobiles, ne suffisent donc pas pour répondre aux besoins des usagers à l'intérieur des bâtiments.**
- + Les investissements liés au déploiement des réseaux mobiles grand public, pour renforcer la couverture et améliorer la qualité de service, sont planifiés essentiellement dans une logique de rentabilité et en fonction de l'environnement concurrentiel. En outre, les obligations de couverture pour les opérateurs mobiles portent uniquement sur un environnement extérieur.**

4 Accéder à du spectre pour les besoins métiers propres des collectivités locales et l'évolution vers le haut débit mobile

De nombreuses collectivités locales exploitent des réseaux mobiles professionnels (PMR, *professional mobile radio*), dédiés aux besoins métiers des services techniques et polices municipales par exemple. Ces réseaux, parfois déployés de longue date, fournissent des services à bas débit comme la voix ou la radiomessagerie.

Les technologies, bandes de fréquences et usages actuels des réseaux PMR sont détaillés dans la Section 6.1 du rapport intitulé « Etat des lieux technico-économique des réseaux radio et ressources en fréquences utilisés par les collectivités locales ».

L'évolution vers le haut débit de tout ou partie des réseaux PMR des collectivités s'impose, pour trois motifs principaux :

- + de nouveaux usages se développent, liés par exemple aux échanges de flux vidéo et connexions à des bases de données distantes, en plus des besoins pérennes voix et transferts de messages courts (vidéo d'exploitation, vidéo protection / caméras de surveillance, données de supervision et de maintenance, etc.) ;
- + dans le cadre du renouvellement de réseaux actuels à bande étroite en voie d'obsolescence, les utilisateurs doivent intégrer les évolutions technologiques disponibles sur le marché ;
- + la technologie Wifi, qui repose sur une utilisation de fréquences dans le mode d'autorisation générale, s'avère souvent inadaptée pour répondre aux besoins professionnels (interférences, limitations aux espaces confinés, limitations en termes de gestion de la mobilité, démultiplication des lignes de produits, etc.).

Pour la mise en œuvre de réseaux PMR à haut débit, l'opportunité consiste à se reposer sur la technologie 4G / LTE normalisée au niveau du 3GPP et standardisée au niveau de l'ETSI, utilisée par les réseaux mobiles grand public, et faisant l'objet de développements complémentaires pour porter les fonctionnalités propres aux réseaux PMR (par exemple appels de groupe ou fonctionnalité *talkie-walkie*, appel de terminal à terminal).

Ce besoin d'évolution des réseaux PMR vers le haut débit soulève la question liée aux perspectives d'accès à de nouvelles bandes de fréquences. Dès 2012, plusieurs acteurs économiques majeurs des secteurs du transport et de l'énergie, impactés par l'évolution des usages professionnels vers le haut débit mobile, se sont fédérés et ont constitué l'Association des grands utilisateurs de réseaux radio d'exploitation (AGURRE).

L'AGURRE rassemble aujourd'hui onze membres². Pour l'association et chacun de ses membres, l'enjeu est de mettre en œuvre des réseaux mobiles permettant la continuité des usages actuels et d'adresser les nouveaux besoins liés au haut débit, pour leurs missions d'exploitation, de sécurité et de sûreté.

Pour les besoins propres des collectivités locales, l'enjeu est similaire à celui de l'AGURRE. Cela sous-entend :

- + un accès aux fréquences nécessaires à l'évolution des usages professionnels vers le haut débit mobile ;
- + la mise en place du cadre réglementaire approprié ;
- + la perspective d'un large écosystème industriel.

² Le Groupe ADP, Air France, EDF, la RATP, RTE, le Groupe Sanef, SNCF Mobilités, SNCF Réseau, la Société du Grand Paris, le SYTRAL, TIGF.

La FNCCR apparaît comme une organisation appropriée pour contribuer à exercer les missions suivantes :

- + fédérer les besoins des collectivités locales en matière d'évolutions des réseaux PMR ;
- + favoriser la mutualisation des expertises et partager les stratégies d'évolutions ;
- + favoriser la conduite d'expérimentations complémentaires et partager les retours d'expériences ;
- + promouvoir, de manière coordonnée, les besoins en fréquences auprès des pouvoirs publics ;
- + assurer une veille technologique et orienter les industriels dans le développement des solutions (infrastructures et terminaux).

Dans ce contexte d'évolution vers le haut débit, pour les collectivités locales, la mise en œuvre dans le futur de réseaux privés, indépendants des solutions commerciales, sur des fréquences dédiées, reste incontournable pour répondre aux exigences fortes qui découlent de leurs responsabilités, en particulier : le fonctionnement des services techniques, la gestion des transports publics, les missions des polices municipales, la sécurité des citoyens.

Recommandation 3

La FNCCR pourrait agir, auprès du Gouvernement et de l'Arcep, pour que des fréquences soient dédiées aux usages métiers propres des collectivités locales, et promouvoir notamment les principes suivants :

- + Utilisations de ces fréquences, pour répondre aux besoins PMR à haut débit, dans le cadre d'autorisations attribuées aux collectivités locales (à titre individuel à chaque collectivité qui en ferait la demande / ou dans le cadre de groupements de collectivités).
- + Sans obligation de couverture ou de qualité de service : les investissements et plans de déploiement présentent des spécificités locales et doivent rester sous l'entière responsabilité de chaque collectivité.
- + Autorisations attribuées pour une durée d'au moins dix ans, en cohérence avec les investissements consentis.

Enfin, dans un objectif d'usage optimal des infrastructures réseau et ressources fréquentielles, entre différents utilisateurs, il apparaît opportun de construire une stratégie de réseau multiservices radio permettant une utilisation mutualisée à l'échelle d'une collectivité. Une telle stratégie implique que soient élaborées, au niveau de la collectivité, les modalités de gouvernance, d'une part pour la définition et la mise en œuvre initiale du média radio mutualisé, d'autre part pour l'exploitation et l'évolution du réseau dans un mode de fonctionnement collectif. Une utilisation mutualisée pourrait par exemple reposer sur un réseau multiservices opéré par un acteur de la collectivité, qui proposerait un service capable de répondre aux besoins spécifiques de chacun des autres acteurs de la collectivité.

4.1 Perspectives dans la bande 2,6 GHz (bande TDD 2570-2620 MHz)

Dans son communiqué du 22 juin 2017, l'Arcep indiquait son intention d'ouvrir, d'ici la fin de l'année 2017, la procédure d'attribution de fréquences dans la bande 2,6 GHz TDD (2570-2620 MHz) pour répondre à l'évolution des réseaux PMR vers le haut débit.

La bande 2,6 GHz présente les atouts suivants :

- + Bande adaptée aux besoins capacitaires des réseaux de transports urbains en configuration linéique, par exemple remontée de flux vidéo en temps réel à des fins d'exploitation ou de sécurité (vidéo protection). Au-delà des applications vidéo, le media radio LTE 2,6 GHz pourrait être également utilisé pour fédérer d'autres flux.
- + Bande adaptée aux besoins de densification (utilisation de type borne très haut débit) d'une zone circonscrite ou réduite.
- + Bande normalisée au niveau international pour la technologie 4G / LTE.
- + Bande disponible immédiatement.
- + Intérêt du multiplexage temporel (TDD), par rapport au multiplexage fréquentiel (FDD), lié à la possibilité de disposer, dans des conditions techniques qui restent à affiner, d'une capacité sur la voie montante supérieure à celle sur la voie descendante, pour répondre à la dissymétrie (inverse des modèles de trafic habituels des réseaux mobiles grand public) des flux d'exploitation et des remontées de caméras de surveillance par exemple (voir encadré ci-après).

Modes de multiplexage des fréquences / FDD et TDD

Les termes FDD et TDD correspondent à deux modes distincts de multiplexage des fréquences.

Le mode FDD consiste à utiliser un bloc de fréquences pour la voie montante, un autre pour la voie descendante. Les émissions des stations de base vers les terminaux, et des terminaux vers les stations de base, peuvent être simultanées ; elles sont séparées en fréquences en vue de limiter les brouillages. En France et en Europe, les fréquences pour la mise en œuvre de réseaux mobiles ont, jusqu'à présent, souvent été attribuées sous la forme de deux blocs appariés, ainsi conçus pour un usage FDD.

Le mode TDD consiste à utiliser un unique bloc de fréquences pour à la fois la voie montante et la voie descendante. Une répartition dans le temps des phases d'émission des stations de base vers les terminaux et des terminaux vers les stations de base est définie. Ce mode permet en particulier de choisir le *ratio* temporel entre ces deux phases et ainsi de répondre à une asymétrie de trafic montant et descendant.

En revanche, la bande 2,6 GHz, relativement haute dans la cartographie du spectre (largement supérieure à 1 GHz), présente des caractéristiques de propagation limitées et en conséquence s'avère inappropriée pour la couverture de zones étendues. La mise en place d'une couverture radio étendue dans cette bande impliquerait une démultiplication trop importante des sites et points d'émissions, et donc des coûts significatifs, en comparaison par exemple de ceux liés à la couverture des réseaux actuels à bas débit dans la bande 400 MHz.

En raison de cette limitation, l'accès à des bandes de fréquences plus basses dans le spectre, typiquement inférieures à 1 GHz, reste essentiel.

Recommandation 4

La FNCCR et les collectivités locales, en interaction avec les acteurs des réseaux de transports urbains sur leurs zones, pourraient examiner, en concertation avec l'AGURRE, la question liée aux scénarios de partition géographique pour l'usage de la bande 2,6 GHz TDD.

Seulement dans l'hypothèse où une telle partition géographique s'avèrerait envisageable, la FNCCR pourrait alors formuler auprès de l'Arcep des demandes d'autorisations d'utilisation de fréquences dans cette bande 2,6 GHz TDD.

4.2 Perspectives dans la bande 400 MHz

En plus de la procédure d'attribution de fréquences dans la bande 2,6 GHz TDD, l'Arcep examine les perspectives de réorganisation de la bande 400 MHz, utilisée notamment par des réseaux PMR à bas débit, pour contribuer à répondre à l'évolution de certains de ces réseaux vers le haut débit.

La bande de fréquences 400 MHz comprend notamment les deux sous-bandes 410-430 MHz et 450-470 MHz, dont l'affectation est partagée entre l'Arcep et le Ministère des Armées.

- + A l'intérieur de la sous-bande 410-430 MHz, l'Arcep est affectataire de deux blocs de 5,5 MHz, correspondant aux fréquences 414,5-420 MHz (pour le lien montant) et 424,5-430 MHz (pour le lien descendant).
- + A l'intérieur de la sous-bande 450-470 MHz, l'Arcep est affectataire de deux blocs de 7 MHz, correspondant aux fréquences 453-460 MHz (pour le lien montant) et 463-470 MHz (pour le lien descendant).

Les fréquences affectées à l'Arcep dans la bande 400 MHz sont utilisées par des systèmes PMR à bas débit (canalisations jusqu'à 25 kHz). En particulier, l'Autorité constate une utilisation intensive de ces fréquences en Ile-de-France, dans les grandes agglomérations, autour des grands sites industriels ainsi que dans les zones frontalières.

D'ores et déjà, de nombreux acteurs, incluant par exemple l'AGURRE et certains équipementiers, ont exprimé leur intérêt d'avoir accès à des fréquences dans cette bande 400 MHz pour la mise en œuvre de réseaux PMR à haut débit. Cette bande basse présente des qualités de propagation qui la rendent particulièrement adaptée pour la couverture de zones étendues, incluant les territoires ruraux, les espaces surfaciques par exemple pour des réseaux d'agglomérations, les transports urbains de type autobus et tramways. La bande 400 MHz est également appropriée pour la couverture des environnements extérieurs comme intérieurs. Enfin, l'évolution vers le haut débit de systèmes PMR à bas débit, dans la même bande, offrirait l'avantage de pouvoir réutiliser les sites existants.

Dans cette bande 400 MHz, une largeur de bande cible de 2*3 MHz apparaît appropriée pour la mise en œuvre de futurs réseaux PMR basés sur la technologie LTE. Une telle quantité de spectre n'est pas immédiatement disponible.

L'introduction éventuelle de réseaux PMR à haut débit nécessitera au préalable que soit décidé et mis en œuvre un processus de réaménagement des utilisations³, en lien avec l'ensemble des acteurs concernés.

Certains des réseaux PMR à bas débit actuellement autorisés ont vocation à être maintenus, sans besoin d'évolution vers le haut débit. Dans le contexte d'un réaménagement, ceux-ci pourraient être regroupés au sein d'une portion de la bande 400 MHz pour ainsi contribuer à la libération de spectre.

Le processus de réaménagement de la bande 400 MHz devra reposer sur un calendrier compatible avec les enjeux de migration des réseaux existants. En particulier, les impacts économiques, techniques et opérationnels, à la fois au niveau des équipements de réseaux et des terminaux, devront être évalués. Une libération progressive en fonction de zones géographiques pourrait également s'avérer pertinente.

Recommandation 5

La FNCCR pourrait exprimer auprès de l'Arcep sa volonté à ce qu'un travail de concertation soit engagé à court terme, en vue d'une prise de décision dès 2018 sur un plan cible d'utilisation de l'ensemble de la bande 400 MHz. En effet, il est essentiel, pour les utilisateurs actuels et futurs, de disposer de toute la visibilité sur le plan stratégique d'utilisation de cette bande 400 MHz, de manière à anticiper et définir les choix de déploiements et d'investissements. Une telle prise de décision en 2018 ouvrirait la voie à l'engagement de projets opérationnels à l'horizon 2025.

4.2.1 Option de bande cible pour l'accueil de futurs réseaux PMR à haut débit

L'Arcep est affectataire des bandes duplex 414,5-420 MHz / 424,5-430 MHz et 453-460 MHz / 463-470 MHz.

Ces bandes déjà affectées à l'Arcep devraient être privilégiées pour l'introduction de futurs réseaux PMR à haut débit, de manière à ne pas impacter les ressources dont le Ministère des Armées est affectataire, et libérer la largeur de bande cible pour des déploiements dans un calendrier raisonnable, en cohérence avec les projets industriels.

En outre, la ressource cible de 2*3 MHz devrait être identifiée à l'intérieur de la bande à la fois affectée à l'Arcep et normalisée au niveau international pour la technologie 4G / LTE, puisque cette normalisation constitue un prérequis à la disponibilité d'équipements. A ce stade, la seule bande ainsi normalisée correspond à la portion 452,5-457,5 MHz / 462,5-467,5 MHz, dite bande 31.

En conséquence, la ressource cible de 2*3 MHz devrait être identifiée à l'intérieur de la bande duplex 453-457,5 MHz / 463-467,5 MHz, comme l'illustre la Figure 2.

³ Selon la définition de l'UIT, le redéploiement du spectre (ou réaménagement) consiste en un ensemble de mesures administratives, financières et techniques visant à retirer, complètement ou partiellement, d'une bande de fréquences donnée les utilisateurs ou les équipements auxquels y sont assignées des fréquences.

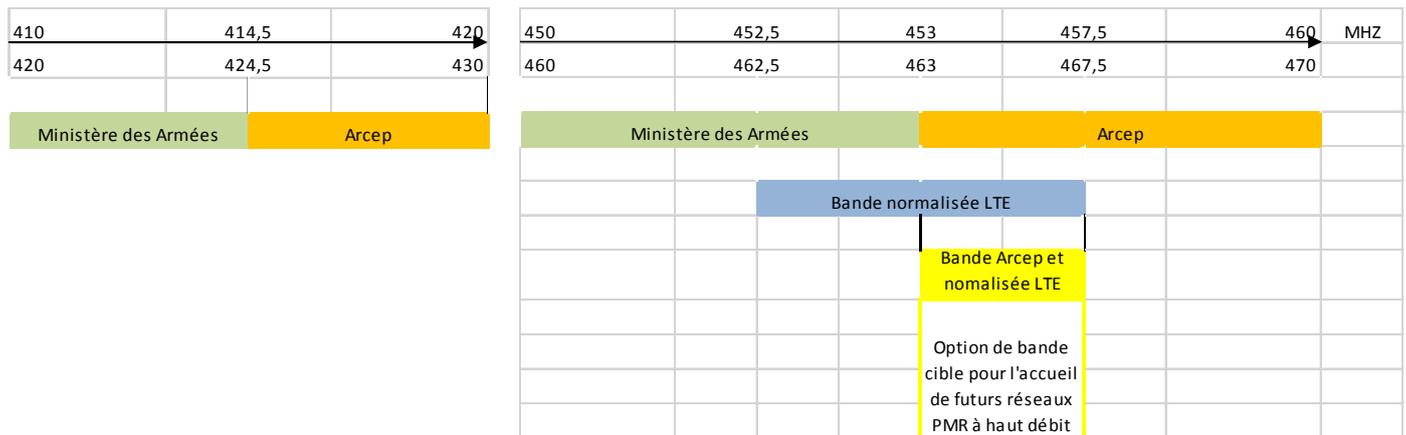


Figure 2 : option de bande cible pour l'accueil de futurs réseaux PMR à haut débit

4.2.2 Proposition de démarche FNCCR pour contribuer, sous l'égide de l'Arcep, au processus de réaménagement de la bande 400 MHz

Recommandation 6

La FNCCR pourrait exprimer auprès de l'Arcep sa volonté de contribuer, sous son égide, à la conduite d'un état des lieux exhaustif des réseaux existants des collectivités locales dans la bande 453-457,5 MHz / 463-467,5 MHz, ainsi qu'une analyse d'impact. Cet état des lieux pourrait être initié, dans le cadre d'une phase pilote, sur une zone géographique limitée à définir.

Les informations suivantes devraient être recueillies dans le cadre d'un tel état des lieux :

- + la liste des réseaux ;
- + leur couverture géographique ;
- + le nombre d'éléments fixes en service ;
- + les investissements consentis pour le déploiement du réseau ;
- + la gamme de fréquences de fonctionnement des équipements, ainsi que la procédure logicielle et/ou matérielle de changement de fréquences ;
- + le cycle de vie des équipements (date de déploiement, durée de vie, calendrier de remplacement et de réinvestissement).

Il appartiendra également à l'ensemble des acteurs intéressés, décideurs publics et industriels, de prendre toutes les mesures pour favoriser le développement d'un écosystème et s'assurer de la disponibilité des terminaux, au moins de type modems.

Enfin, des mesures incitatives émanant de l'Etat, portant sur un accompagnement financier des utilisateurs de fréquences impactés par un réaménagement, contribueraient à favoriser le bon déroulement des opérations.



5 Contribuer à fédérer à l'échelle nationale les besoins locaux pour insuffler la mise en œuvre de solutions par satellite

Les réseaux par satellite constituent, de longue date, une solution appropriée pour répondre aux besoins de connectivité dans les territoires isolés, sans couverture terrestre satisfaisante.

Malgré la volonté de déployer la fibre optique (FTTH, *fiber to the home*) le plus loin et le plus rapidement possible, et malgré les compléments envisagés avec les technologies hertziennes terrestres (réseaux mobiles 4G appelés « box 4G » et réseaux 4G fixes), il restera toujours une dernière fraction d'usagers potentiels n'ayant pas accès à des réseaux terrestres offrant des débits suffisants. Bien que certaines contraintes inhérentes aux solutions par satellite (en particulier la latence) soient incontournables, celles-ci sont indispensables pour garantir l'apport du haut, voire du très haut débit, à l'ensemble de la population.

A cet égard, lors d'un colloque organisé par la FiRiP (Fédération des industriels des réseaux d'initiative publique) le 4 juillet 2017, Eutelsat a communiqué sur la disponibilité prochaine (aux alentours de 2020) de satellites de très grande capacité, environ 10 fois supérieure au satellite KA-SAT, qui devraient permettre de proposer un accès à internet à au moins 30 Mbit/s pour 600 000 à 1 million de foyers de la France métropolitaine. Eutelsat indique également que ces satellites de nouvelle génération devraient permettre d'augmenter le volume de données proposé aux abonnés. En particulier, la co-entreprise entre Eutelsat et l'américain ViaSat porte un projet de lancement d'un satellite nommé ViaSat 3 et d'une mise en opération en 2020, mais conditionne le respect d'un tel calendrier à la formalisation d'une commande en 2018.

La fourniture d'accès internet par satellite, dans des zones d'habitations éparses, soulève la question liée à la nécessité de fédérer les besoins locaux pour engager la commande et le lancement d'un satellite. Dans le cadre d'une réflexion autour de l'aménagement numérique des territoires, et de l'accès de tous au très haut débit, la logique d'un opérateur par satellite dont les objectifs ne seraient pas uniquement liés à la rentabilité financière mériterait d'être questionnée. L'option maximaliste serait le lancement d'un « satellite d'initiative publique », mais des schémas intermédiaires sont également envisageables (achat en gros de capacité, subventionnement, etc.). Une vision fédérée des besoins des collectivités locales en matière de solutions par satellite, permettrait de promouvoir ces besoins de façon consolidée auprès des fournisseurs et de mieux maîtriser le positionnement de ces solutions.

Recommandation 7

La FNCCR pourrait étudier la logique économique de l'intervention publique et les montages envisageables pour la mise en place de solutions par satellite, permettant de ne pas dépendre uniquement des objectifs de rentabilité d'opérateurs privés.

6 Veiller à la mise en œuvre des réseaux appropriés pour le développement de l'internet des objets

L'internet des objets (IoT, *internet of things*) est un concept général regroupant des solutions et des services basés sur des réseaux permettant de connecter des objets entre eux (réseaux M2M, *machine to machine*). L'IoT concerne de nombreux secteurs d'activité, dont certains impactent les collectivités locales, par exemple le transport, la santé, l'énergie, la sécurité publique.

6.1 Technologies et bandes de fréquences pour adresser des services liés à l'IoT

Les usages et besoins liés à l'IoT, ainsi que les technologies et bandes de fréquences considérées pour y répondre, sont détaillés dans la Section 8 du rapport intitulé « Etat des lieux technico-économique des réseaux radio et ressources en fréquences utilisés par les collectivités locales ».

Le Tableau 4 résume les atouts, faiblesses et cas d'usages :

- + d'une part des fréquences utilisées dans le mode d'autorisation générale ;
- + d'autre part des fréquences utilisées dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'utilisateur.

Fréquences utilisées dans le mode d'autorisation générale	
Atouts	<ul style="list-style-type: none"> + Bandes basses, technologies LPWAN (<i>low power wide area network</i>), particulièrement adaptées pour la couverture de zones étendues, avec une bonne pénétration à l'intérieur des bâtiments. + Ces réseaux utilisent des canalisations assez faibles, de l'ordre de quelques centaines de kilohertz. + Pour des applications ayant de faibles exigences en bande passante (par exemple transmission ponctuelle d'informations). + Coûts de terminaux très bas et de très faibles consommations énergétiques. + Fréquences non soumises à redevances.
Faiblesses	<ul style="list-style-type: none"> + Absence de garantie de protection contre les brouillages, forte augmentation de la densité d'objets connectés à venir, fréquences utilisées par des acteurs de plus en plus nombreux aux usages non répertoriés. + Limitations réglementaires notamment en termes de niveau de puissance, canalisation et coefficient d'utilisation. + Pas de garantie de qualité de service (fonctionnement en <i>best effort</i>). + Pour des usages dits de confort ou commodité ; ne convient pas pour des usages critiques.
Exemples de solutions	Sigfox, LoRa, Weightless.

Fréquences utilisées dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel à l'utilisateur	
Atouts	<ul style="list-style-type: none"> + Garantie de protection contre les brouillages. + Maîtrise de la qualité de service, sans nécessité de recourir à des mécanismes techniques de protection (de type <i>listen before talk</i>) qui introduisent de la latence. + Possibilités d'utiliser des puissances d'émission plus élevées. + Pour des usages de type M2M contribuant au bon fonctionnement, à la sûreté et à la sécurité de tâches et outils industriels, présentant un caractère critique. + Egalement pour des usages IoT reposant sur des communications de forte puissance, ou en temps réel, à très faible latence, et présentent de fortes exigences en termes de résilience et disponibilité.
Exemples de solutions / Technologies	<ul style="list-style-type: none"> + NB-IoT : technologies normalisées au niveau international (3GPP). + EC-GSM, LTE-M ou eMTC : technologies en cours de normalisation. <p>Ces technologies 3GPP posséderont l'avantage pour les opérateurs mobiles grand public de s'appuyer sur des équipements déjà déployés et ne nécessiteraient, le plus souvent, que des mises à jour logicielles. Toutefois, le calendrier du lancement de ces réseaux par les opérateurs mobiles grand public reste incertain.</p>

Tableau 4 : atouts, faiblesses et cas d'usages, pour l'internet des objets, liés aux différents modes d'autorisations d'utilisation de fréquences

Le Tableau 5 dresse un panorama synthétique de différentes technologies candidates pour adresser des services liés à l'IoT.

	LPWAN (<i>low power wide area network</i>) – Technologies non standardisées 3GPP					WAN (<i>wide area network</i>) – Standards 3GPP		
	LoRa	Sigfox	Weightless-N	Weightless-P	Weightless-W	LTE-M ou eMTC	NB-IoT	EC-GSM
Portée	< 11 km	< 13 km	< 5 km	< 2 km	< 5 km	< 11 km	< 15 km	< 15 km
Largeur de canal	< 500 kHz	100 kHz	< 1 GHz	12,5 kHz	5 MHz	1,4 MHz	200 kHz	200 kHz
Débit	< 10 kbit/s	< 100 kbit/s	10 Mbit/s	100 à 200 kbit/s	1 kbit/s à 10 Mbit/s	< 1 Mbit/s	< 150 kbit/s	10 kbit/s
Bandes de fréquences	Bande ISM 868 MHz	Bande ISM 868 MHz	Bande ISM 868 MHz	Bandes 169 MHz, 433 MHz, 470-790 MHz, ISM 868 MHz	Bande 470-790 MHz	Bandes mobiles 700 MHz à 900 MHz	Bandes mobiles 700 MHz à 900 MHz	Bandes mobiles 800 MHz à 900 MHz
Nombre d'antennes pour la couverture de la France métropolitaine	4300 antennes (*)	2100 antennes (**)				Réseau LTE 800 MHz de l'opérateur Orange : 10820 antennes (***)		Réseau GSM 900 MHz de l'opérateur Orange : 18304 antennes (***)
	Mode d'autorisation générale Fréquences d'usage libre, absence de garantie de protection contre les brouillages préjudiciables, fonctionnement en <i>best effort</i> en termes de qualité de service					Mode d'autorisation attribuée à titre individuel Garantie de protection contre les brouillages préjudiciables, maîtrise de la qualité de service		

Tableau 5 : une kyrielle de technologies candidates pour adresser des services liés à l'internet des objets

(*) : nombre d'antennes au 1^{er} septembre 2017, pour la couverture de 95% de la population, 86% du territoire *outdoor*, couverture *indoor* et *deep indoor* en zones urbaines. Source : site internet d'Objenious (<http://objenious.com/>).

(**) : données recueillies par LD auprès de Sigfox, novembre 2017, pour la couverture de 94% de la population, 85% du territoire.

(***) : nombre d'antennes en service au 1^{er} novembre 2017. Source : site internet de l'ANFR (www.anfr.fr).



Les solutions radio candidates pour fournir des services liés à l'IoT sont nombreuses et variées. Un enjeu clé pour les collectivités locales est de disposer de l'assurance d'une solution performante pour répondre aux besoins identifiés.

Le choix de cette solution de connectivité est guidé par exemple par les paramètres suivants :

- + volume des données à transmettre et échanger ;
- + communication ininterrompue ou utilisation intermittente ;
- + communication en temps réel (par exemple, pour des applications de contrôle/commande) ou communication retardée (par exemple, pour de la collecte d'informations) ;
- + utilisation de bande passante (hauts ou faibles débits de données) ;
- + couverture (usages de proximité ou avec couverture étendue, à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments) ;
- + consommation énergétique.

6.2 Perspectives liées au développement d'usages IoT dans la bande 400 MHz, en lien avec la mise en œuvre envisagée de futurs réseaux PMR à haut débit

Comme détaillé dans la Section 4.2, l'Arcep examine les perspectives de réorganisation de la bande 400 MHz, utilisée notamment par des réseaux PMR à bas débit, pour contribuer à répondre à l'évolution de certains de ces réseaux vers le haut débit. La démarche consisterait à décider et mettre en œuvre un processus de réaménagement des utilisations dans cette bande 400 MHz, en lien avec l'ensemble des acteurs concernés, en vue de la libération d'une largeur de bande cible de 2*3 MHz pour l'introduction de réseaux PMR à haut débit.

Dans le cadre de cette démarche, il pourrait également s'avérer opportun d'examiner les perspectives liées au développement d'usages IoT dans la bande 400 MHz, *via* l'utilisation de fréquences dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel, et la mise en œuvre par exemple de la technologie NB-LTE ou LoRa.

L'utilisation, pour des services IoT, de fréquences dans cette bande 400 MHz, dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel, permettrait de combiner les principaux bénéfices suivants :

- + bande basse, particulièrement adaptée pour la couverture de zones étendues, avec une bonne pénétration à l'intérieur des bâtiments, tout en permettant des coûts de déploiement raisonnables ;
- + garantie de protection contre les brouillages et maîtrise de la qualité de service, pour des usages IoT reposant sur des communications de forte puissance, ou en temps réel, à très faible latence, et présentant de fortes exigences en termes de résilience et disponibilité.

Recommandation 8

La FNCCR pourrait exprimer auprès de l'Arcep sa volonté à ce que le travail de concertation qui pourrait être engagé sur la bande 400 MHz, en lien avec l'évolution des réseaux PMR vers le haut débit, porte également sur les perspectives de développement d'usages IoT dans cette même bande, *via* l'utilisation de fréquences dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel, et la mise en œuvre par exemple de la technologie NB-LTE ou LoRa.

6.3 Perspectives d'évolution des conditions d'utilisation des fréquences autour de 169 MHz pour répondre à une intensification attendue des compteurs communicants

La bande de fréquences 169,4-169,475 MHz est identifiée, aux niveaux européen et national, pour une utilisation par des dispositifs de mesure, correspondant à des systèmes radio bidirectionnels permettant la télésurveillance et la télémessure ainsi que la transmission de données dans les infrastructures de réseau intelligentes, notamment dans les domaines de l'électricité, du gaz et de l'eau.

En France, cette bande est déjà utilisée de manière importante, dans le mode d'autorisation générale, notamment pour les compteurs GazPar mis en œuvre par GRDF, ainsi que pour les compteurs déployés pour l'opérateur public Eau de Paris. Ces acteurs ont d'ores et déjà mis en évidence une intensification attendue des usages et expriment un besoin d'accéder à une plus grande quantité spectrale.

Les deux pistes suivantes pourraient être examinées pour contribuer à répondre à ce besoin.

6.3.1 L'identification de fréquences supplémentaires pour une utilisation dans le mode d'autorisation générale

L'identification de fréquences supplémentaires, par exemple dans la bande supérieure adjacente à la bande 169,4-169,475 MHz, pour une utilisation dans le mode d'autorisation générale, pourrait contribuer à adresser le besoin lié à l'intensification attendue des usages de compteurs communicants.

L'examen de cette piste pourrait passer par le processus suivant, à conduire aux niveaux national et européen, sous l'égide des organisations compétentes de normalisation et de réglementation du spectre :

- + état des lieux des solutions technologiques, expression détaillée de l'évolution attendue des usages et du besoin de fréquences, par les utilisateurs des infrastructures de réseau intelligentes, sous l'égide de l'ANFR et de l'ETSI ;
- + contribution auprès des groupes de travail compétents, sous l'égide de l'ANFR et de la CEPT, pour étudier le besoin de fréquences exprimé et, le cas échéant, mener des études techniques de compatibilité en vue d'élaborer des dispositions réglementaires appropriées pour l'utilisation efficace des fréquences ;
- + contribution auprès de l'Afnor et de l'ETSI, en vue d'apporter les éventuelles évolutions nécessaires du cadre normatif pour les équipements, en cohérence avec le cadre réglementaire lié à l'usage des fréquences ; d'une manière générale, il est de la responsabilité des industriels d'assurer la mise en conformité de leurs équipements au cadre normatif.

L'identification de fréquences supplémentaires autour de 169 MHz pour une utilisation dans le mode d'autorisation générale pourrait impacter tout ou partie des dispositions liées aux conditions d'utilisation de la bande 169,4-169,8125 MHz. L'ensemble de cette bande est déjà identifié pour une utilisation dans le mode d'autorisation générale, selon des conditions harmonisées au niveau de l'Union européenne (voir encadré ci-après).

Le Tableau 6 présente des dispositions, issues de la décision n° 2014-1263 de l'Arcep du 6 novembre 2014, pour l'utilisation de la bande 169,4-169,8125 MHz. Ces dispositions nationales découlent de la décision de la Commission européenne n° 2013/752/UE du 11 décembre 2013, qui est d'application contraignante par les Etats membres. Dans ce Tableau 6, le coefficient d'utilisation correspond au rapport de temps, sur une heure, durant lequel un dispositif particulier émet effectivement.

Bande de fréquences	Catégorie de dispositifs	Limite de puissance	Restrictions supplémentaires d'utilisation
169,4-169,475 MHz	Dispositifs d'aide à l'auditions	500 mW PAR	Espacement des canaux : 50 kHz maximum
169,4-169,475 MHz	Dispositifs de mesure	500 mW PAR	Espacement des canaux : 50 kHz maximum Coefficient d'utilisation limite : 10 %
169,475-169,4875 MHz	Dispositifs à faible coefficient d'utilisation/à haute fiabilité	500 mW	Canalisation : 12,5 kHz ; utilisation limitée pour les systèmes d'alarmes sociales jusqu'au 31 décembre 2019
169,4-169,4875 MHz	Dispositifs à courte portée non spécifiques	10 mW PAR	Coefficient d'utilisation limite : 0,1 %
169,4875-169,5875 MHz	Dispositifs d'aide à l'auditions	500 mW PAR	Espacement des canaux : 50 kHz maximum
169,4875-169,5875 MHz	Dispositifs à courte portée non spécifiques	10 mW PAR	Coefficient d'utilisation limite : 0,001 % (avec possibilité d'augmenter à 0,1% entre 0h00 et 6h00)
169,5875-169,6 MHz	Dispositifs à faible coefficient d'utilisation/à haute fiabilité	500 mW	Canalisation : 12,5 kHz ; utilisation limitée pour les systèmes d'alarmes sociales jusqu'au 31 décembre 2019
169,5875-169,8125 MHz	Dispositifs à courte portée non spécifiques	10 mW PAR	Coefficient d'utilisation limite : 0,1 %

Tableau 6 : dispositions européennes et nationales pour l'utilisation de la bande 169,4-169,8125 MHz

Recommandation 9

La FNCCR pourrait agir, auprès de l'ANFR et de l'Afnor, pour que soit engagé un processus, aux niveaux national et européen, en vue de l'identification de fréquences supplémentaires autour de 169 MHz, pour une utilisation dans le mode d'autorisation générale, dans le contexte de l'intensification attendue des usages de compteurs communicants.

6.3.2 L'identification de fréquences, autour de 169 MHz, pour une utilisation dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel

L'identification de fréquences, autour de 169 MHz, pour une utilisation dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel, pourrait contribuer à adresser le besoin lié à l'intensification attendue des usages de compteurs communicants. En particulier, la bande duplex 165,225-168,9 MHz / 169,825-173,5 MHz, affectée à l'Arcep et attribuée pour la mise en œuvre de réseaux PMR, pourrait constituer une ressource à examiner pour l'introduction de canalisations appropriées à la mise en œuvre, par exemple, de la technologie NB-LTE ou LoRa.

Ces fréquences présentent l'avantage d'être proches de la bande 169,4-169,475 MHz, dans laquelle existe déjà un écosystème large lié aux compteurs communicants.

L'utilisation, pour des services de mesure, de fréquences autour de 169 MHz, dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel, permettrait de combiner les principaux bénéfices suivants :

- + bande basse, particulièrement adaptée pour la couverture de zones étendues, avec une bonne pénétration à l'intérieur des bâtiments, tout en permettant des coûts de déploiement raisonnables ;
- + garantie de protection contre les brouillages et maîtrise de la qualité de service ;
- + conditions d'utilisation, en termes de puissance, canalisation et temps d'émission, potentiellement assouplies, par rapport aux dispositions réglementaires européennes contraignantes liées à la bande 169,4-169,8125 MHz.

Recommandation 10

La FNCCR pourrait agir, auprès de l'Arcep, pour que soient examinées les perspectives d'identification de fréquences supplémentaires autour de 169 MHz, pour une utilisation dans le mode d'autorisation attribuée à titre individuel et la mise en œuvre par exemple de la technologie NB-LTE ou LoRa, dans le contexte de l'intensification attendue des usages de compteurs communicants.

6.4 Illustration de performances de couverture liées à différentes technologies et fréquences

Le Tableau 7 fournit, à titre d'illustration, des performances de couverture, en environnements intérieur et extérieur, liées à différentes technologies et fréquences.

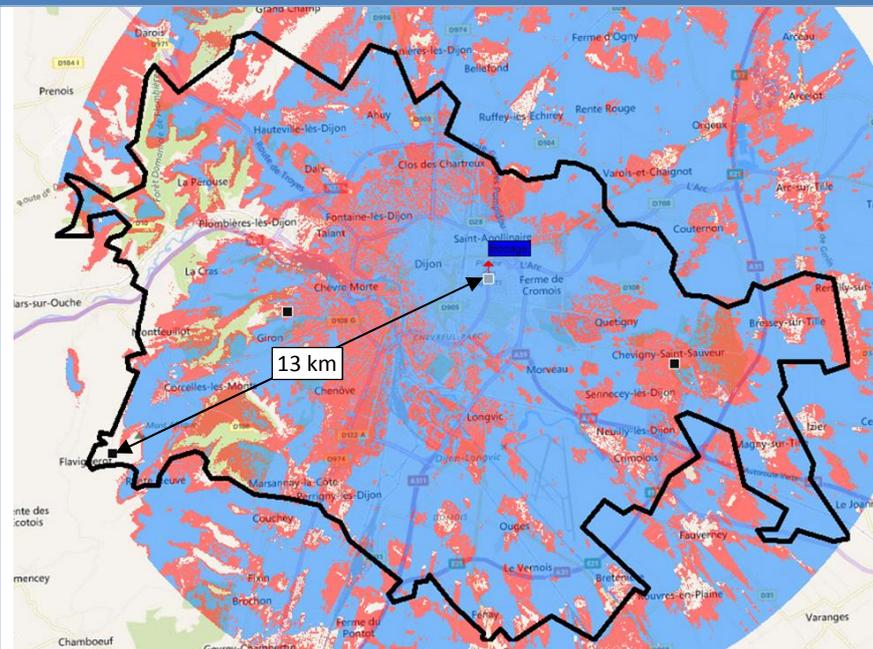
Il s'agit de résultats issus de simulations théoriques, sur la base d'un site radio déployé sur l'agglomération de Dijon, permettant de mettre en évidence les performances de couverture distinctes pour les trois scénarios suivants :

- + réseau de type PMR basé sur la technologie 4G / LTE, dans la bande 2,6 GHz TDD, utilisant un canal de largeur 20 MHz ;
- + réseau de type IoT basé sur la technologie LoRa, dans la bande 400 MHz, utilisant un canal de largeur 100 kHz ;
- + réseau de type PMR basé sur la technologie 4G / LTE, dans la bande 400 MHz, utilisant un canal de largeur 3 MHz.

Ces simulations mettent notamment en évidence que plus les fréquences sont élevées dans le spectre hertzien, moins la portée des ondes est étendue mais plus la bande passante qu'elles offrent est élevée.

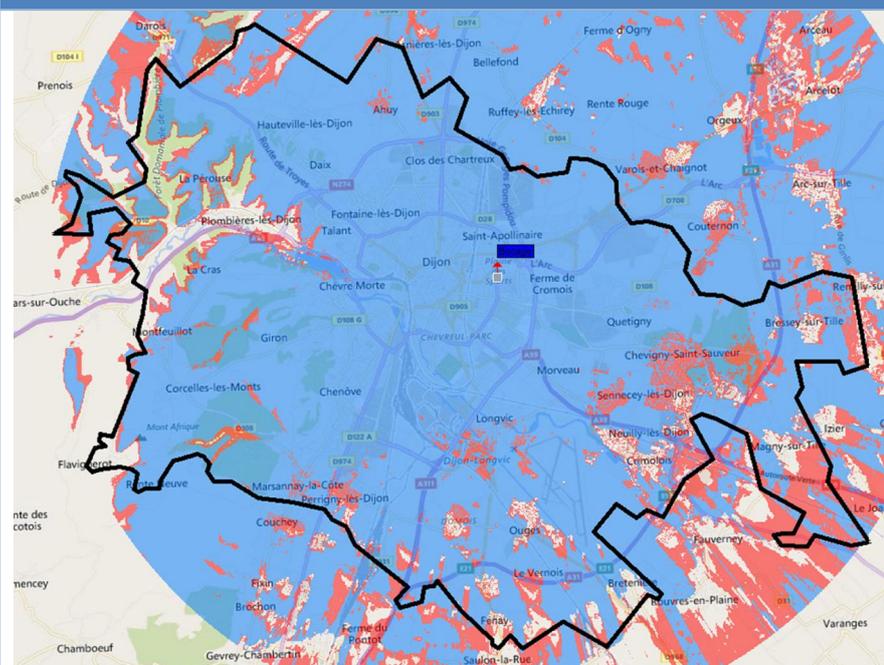


Réseau PMR LTE dans la bande 2,6 GHz TDD, utilisant un canal de largeur 20 MHz



- A l'intérieur du polygone (tracé noir) :
- + une couverture performante en environnement intérieur est estimée à 56,6 % du territoire (zone bleue, seuil de réception à -103 dBm) ;
 - + une couverture performante en environnement extérieur est estimée à 88,9 % du territoire (zones rouges et bleues, seuil de réception à -113 dBm).

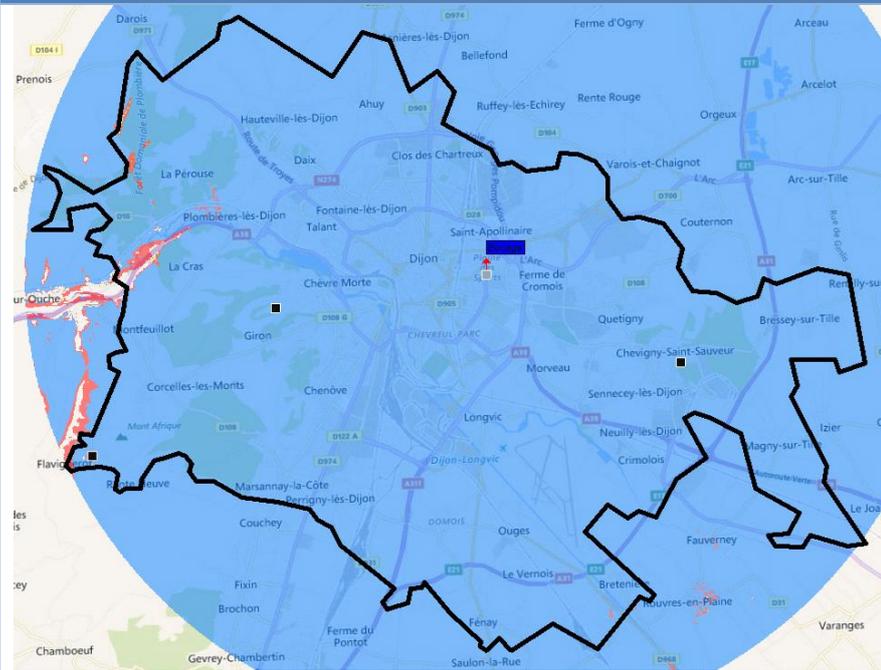
Réseau IoT LoRa dans la bande 400 MHz, utilisant un canal de largeur 100 kHz (0,1 MHz)



- A l'intérieur du polygone (tracé noir) :
- + une couverture performante en environnement intérieur est estimée à 82,3 % du territoire (zone bleue, seuil de réception à -118 dBm) ;
 - + une couverture performante en environnement extérieur est estimée à 93 % du territoire (zones rouges et bleues, seuil de réception à -124 dBm).



Réseau PMR LTE dans la bande 400 MHz, utilisant un canal de largeur 3 MHz



- A l'intérieur du polygone (tracé noir) :
- + une couverture performante en environnement intérieur est estimée à 99,4 % du territoire (zone bleue, seuil de réception à -107 dBm) ;
 - + une couverture performante en environnement extérieur est estimée à 99,8 % du territoire (zones rouges et bleues, seuil de réception à -113 dBm).

Tableau 7 : performances de couverture liées à différentes technologies et fréquences



7 Participer à la densification des réseaux mobiles et valoriser un patrimoine hébergeur d'antennes

Le déploiement des réseaux mobiles grand public actuels est essentiellement basé sur l'utilisation de stations de base dites « macro ». Les opérateurs installent traditionnellement leurs sites dotés d'antennes de forte puissance sur des points hauts (pylônes, toits-terrasses, etc.), pour garantir la couverture d'une zone relativement large, avec une qualité de service suffisante. Les réseaux 2G, 3G et 4G déployés aujourd'hui en France totalisent, tous opérateurs confondus, environ 45000 sites.

La nécessité d'améliorer localement la couverture ainsi que l'augmentation continue des demandes capacitaires imposent aux opérateurs de densifier leurs réseaux. Toutefois, la densification du réseau macro cellulaire a ses limites, qui peuvent être liées notamment à la difficulté de trouver des sites hébergeurs d'antennes ou d'assurer la compatibilité avec d'autres sites macro trop proches. Dans ce contexte, la mise en œuvre d'une architecture hétérogène, associant antennes macro et petites antennes, est amenée à se développer, pour favoriser connectivité de la population et services de proximité.

Les petites antennes constituent des points d'accès de faible puissance aux réseaux mobiles. La portée de ces antennes est inférieure à celle des antennes macro, elle varie de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. Ces petites antennes ont vocation à être installées sur des points semi-hauts.

Dans un futur proche, les petites antennes pourront être déployées plus massivement sur les toits, terrasses et façades des bâtiments des collectivités, ainsi que sur le mobilier urbain, par exemple les luminaires publics, les abribus, les équipements publicitaires et d'information, les colonnes Morris. Le livre blanc « Promouvoir le déploiement des petites cellules »⁴, issu de l'action souveraineté télécoms de la solution confiance numérique, présente les avantages des petites antennes et donne des recommandations sur leur mise en œuvre.

L'utilisation du patrimoine des collectivités comme support de connectivité constitue également, pour celles-ci, un enjeu de développement de la ville intelligente. En outre, le déploiement de ces petites antennes préfigure les architectures de réseaux qui seront utilisées pour la 5G.

L'ANFR mène, depuis le début de l'année 2017, un processus d'expérimentations sur le terrain pour examiner l'apport de petites antennes installées sur du mobilier urbain : une première étude a été conduite à Annecy en janvier 2017 sur le réseau 4G d'Orange, une deuxième à Montreuil en juillet et août 2017 sur les réseaux 3G et 4G de Bouygues Telecom, une troisième étude est en cours, durant décembre 2017 et janvier 2018, au Kremlin Bicêtre sur le réseau 4G de SFR. Ces expérimentations visent notamment à évaluer l'amélioration des performances en termes de couverture et débits, et modéliser l'exposition du public aux champs électromagnétiques.

L'installation d'antennes sur le patrimoine des collectivités locales a vocation à générer des revenus pour celles-ci. Il convient de souligner que la valorisation des emplacements susceptibles d'accueillir des antennes correspond à un métier à part entière, et repose sur des expertises dont les collectivités, en général, ne disposent pas en propre à ce jour.

D'autres acteurs, privés, disposent de ce savoir-faire, acquis notamment dans le cadre de leurs relations avec les opérateurs. Ainsi, des sociétés comme TDF et FPS Towers / ATC France, dont la gestion de points hauts est le cœur de

⁴ http://www.lemag-numerique.com/wp-content/uploads/2015/10/WP_-Souverainete_Telecoms_PetitesCellules_FINAL.pdf

métier, proposent des solutions clé en main pour valoriser tout type de patrimoine et mobilier adaptés pour le support d'antennes. D'autres acteurs tels que Nomotech ou Axione, plus spécialisés dans les relations entre les collectivités locales et les opérateurs, sont également intéressés par ce type de projets.

Recommandation 11

Il appartient aux collectivités locales de veiller à mettre en place les ressources humaines internes compétentes pour dialoguer avec les acteurs externes, experts dans la gestion de points hauts, et favoriser ainsi la mise en œuvre des partenariats appropriés.

Ces acteurs ont vocation à accompagner et développer des partenariats avec les collectivités, pour le pilotage de processus standards et industrialisés qui peuvent porter sur :

- + **la commercialisation auprès d'opérateurs des emplacements identifiés ;**
- + **la réalisation des formalités et autorisations administratives ;**
- + **l'installation des équipements et chemins de câbles ;**
- + **la mise en sécurité des sites et accès ;**
- + **la maintenance et la gestion des accès par des tiers ;**
- + **l'information auprès des occupants des bâtiments concernés ou plus largement des citoyens, notamment sur le sujet lié à l'exposition du public aux ondes électromagnétiques.**

Le plan de résorption des zones blanches, mené par l'État et les collectivités locales, a mis en évidence des difficultés, notamment dans les communes les plus petites, à assurer une maîtrise d'ouvrage en propre des points hauts. Le 18 octobre 2017, 37 structures ont acté la formation d'un groupement de commande, dans l'objectif de générer une masse critique et de coordonner efficacement les relations avec les constructeurs de pylônes et les opérateurs. Pour ce groupement de commande, piloté par le syndicat mixte Haute-Saône Numérique, le début des travaux est fixé au premier trimestre 2018, pour une mise en service à la fin de cette même année au plus tôt.

L'installation d'équipements réseaux sur du mobilier urbain doit prendre en compte plusieurs contraintes :

- + Selon les bandes de fréquences, les antennes peuvent se révéler volumineuses, et créer une charge sur le mobilier que celui-ci n'est pas destiné à supporter.
- + Dans certains cas, au-delà de la partie aérienne du système radio, des armoires de rues (à proximité immédiate ou à distance) peuvent être indispensables pour héberger les équipements radio, les batteries, etc.
- + Le raccordement à un réseau d'alimentation électrique et la collecte des flux de communications doivent être faisables.
- + La proximité avec le public (trottoirs, fenêtres) engendre de nouvelles questions autour de l'exposition aux ondes électromagnétiques.
- + La fonction première du mobilier et son exploitation ne doivent pas être significativement perturbés.

Ces contraintes sont souvent présentées comme des obstacles insurmontables. Pourtant, des exemples en France et dans le monde montrent que la mise en pratique est envisageable. Il conviendrait de définir des typologies d'installations réalisables à grande échelle, afin de faciliter la mise en œuvre rapide et systématique de ces solutions, pour favoriser le déploiement des réseaux et valoriser le patrimoine des collectivités locales.

Recommandation 12

La FNCCR pourrait mener une étude systématique sur l'utilisation du mobilier urbain comme support de réseaux hertziens, dans l'objectif de valoriser les emplacements susceptibles d'accueillir des antennes.

Il s'agirait de sélectionner des types de technologies et d'équipements associés susceptibles d'être installés sur du mobilier urbain, de retenir quelques catégories de mobilier et d'analyser les modalités d'installation envisageables selon les catégories.

L'analyse devrait permettre de préciser pour chacune des catégories s'il s'agirait d'un support mobilisable pour être partagé entre plusieurs opérateurs ou s'il ne serait disponible que pour un seul opérateur (entraînant alors une réflexion sur le partage ou des modalités de mutualisation de réseaux).