

Consultation publique

Répartition des fréquences dans les bandes 1518-1559 MHz, 1610-1660,5 MHz, 1670-1675 MHz et 2483,5-2500 MHz pour le fonctionnement des services mobiles par satellite

Réponse de Lynk Global, Inc.

INTRODUCTION

Lynk Global, Inc. (« Lynk ») félicite Arcep pour sa vision novatrice et son intérêt pour la mise en œuvre et le déploiement de services mobiles par satellite (MSS) Direct-to-Device (« D2D ») dans les bandes de fréquences 1518–1559 MHz, 1610–1660,5 MHz, 1670–1675 MHz et 2483,5–2500 MHz (les « bandes L »), compte tenu des retombées positives que ces services auront sur l'infrastructure de télécommunications française. Les MSS D2D permettront d'étendre efficacement la couverture sans fil aux zones rurales et isolées, souvent mal ou non desservies, et d'assurer ainsi un accès optimal aux services mobiles sur l'ensemble du territoire français. De plus, les MSS D2D complètent et renforcent l'infrastructure du réseau terrestre existant. Grâce à l'utilisation des normes 3GPP pour l'interface radio, les systèmes MSS D2D fonctionnent selon des mécanismes clairs et bien définis de partage et de déploiement du spectre pour divers usages, ce qui apportera de nombreux avantages aux consommateurs, aux entreprises et aux pouvoirs publics. Par exemple, les services de sécurité multiservices D2D (MSS) améliorent la fiabilité et la résilience des services de communication terrestres tout en favorisant l'investissement et le développement des réseaux sans fil grâce à des applications innovantes. En autorisant les applications émergentes des MSS telles que le D2D, la France offre aux citoyens, aux entreprises et aux administrations une nouvelle voie vers des communications innovantes et résilientes.

Lynk est prêt à déployer en France son système MSS (Mobile Satellite Services) innovant D2D en orbite terrestre basse (LEO) non géostationnaire (NGSO). Ce système propriétaire de Lynk utilise des capacités de liaison radio conformes aux normes 3GPP, reliant les satellites (*antennes* -relais spatiales) aux réseaux mobiles terrestres via les bandes de fréquences IMT terrestres, en partenariat avec les opérateurs de réseaux mobiles (ORM). Le service de Lynk complète le réseau mobile terrestre, offrant des solutions de connectivité du dernier kilomètre omniprésentes et étendant la couverture mobile à tous, partout en France, notamment dans les zones inaccessibles aux réseaux terrestres pour des raisons économiques ou techniques. Ainsi, le système de Lynk garantit une couverture mobile instantanée et renforce la résilience de l'infrastructure des ORM existants lors de situations d'urgence et de catastrophes naturelles. En créant une plateforme de communication standardisée qui élimine les risques d'interruption du réseau cellulaire pour l'utilisateur final, le système de Lynk révolutionnera la gestion des urgences en soutenant les secouristes, les administrations et les populations sinistrées en France et dans le monde entier, lorsque la connectivité est cruciale. Pour renforcer les capacités des services de Lynk et compléter davantage les réseaux sans fil terrestres, le système satellitaire de Lynk utilise également les fréquences MSS pour offrir une autre voie vers des communications complémentaires, innovantes et résilientes pour les particuliers, les entreprises et les organismes gouvernementaux en France.

UTILISATION ACTUELLE DU SERVICE MOBILE-SATELLITE

Pour les opérateurs de satellites ou les entreprises qui commercialisent ces services :

1. Pour quels services et marchés utilisez-vous actuellement les fréquences de la bande L (communications bas débit, communications haut débit, IoT, D2D, etc.) ? Depuis quand ce service est-il disponible sur le marché français et comment le nombre d'utilisateurs a-t-il évolué ? Quel est le niveau de couverture géographique pour chaque service proposé et chaque marché ciblé ? Quels sont les niveaux de performance et de qualité des services actuellement fournis ? Prévoyez-vous de continuer à fournir ce(s) service(s) ? Si oui, pendant combien de temps ? Identifiez-vous d'autres bandes de fréquences MSS qui pourraient convenir à cet usage ?

N / A

2. Quels types de solutions techniques et de systèmes satellitaires sont utilisés pour les services actuellement fournis ? Quelle est l'architecture réseau actuelle et quels sont les composants du réseau (stations au sol, passerelles, types de terminaux, infrastructures associées au système satellitaire, etc.) ? Depuis quand le système satellitaire est-il opérationnel et quelle est sa durée de vie ? Quels investissements ont déjà été réalisés ou sont prévus pour l'utilisation de cette bande de fréquences ? Qui sont les partenaires impliqués dans la mise en œuvre du système (fabricants, lanceurs, fournisseurs d'équipements, etc.) ?

N / A

3. Quel est le taux d'utilisation actuel des fréquences de la bande L pour lesquelles vous êtes autorisé (nombre de canaux utilisés et niveaux d'utilisation moyens/de pointe) ?

N / A

Pour les partenaires, distributeurs ou utilisateurs :

4. Quels services utilisez-vous actuellement parmi ceux proposés par un opérateur satellite en bande L (Inmarsat, Iridium, Globalstar, Thuraya) ? En quoi ces services et/ou usages fournis par les réseaux mobiles par satellite vous sont-ils utiles et répondent-ils à vos besoins ?

N / A

5. Quels besoins (publics ou professionnels) sont actuellement satisfaits par les services et/ou technologies existants ? Identifiez-vous des solutions alternatives qui pourraient également répondre à ces besoins ? Si oui, précisez les avantages et les inconvénients de ces solutions par rapport aux services et/ou technologies existants.

N / A

DÉVELOPPEMENT DE NOUVEAUX SERVICES

- 6. Quels types de nouveaux services prévoyez-vous d'exploiter et/ou de commercialiser sur les fréquences de la bande L ? Quand ces services seront-ils commercialisés sur le marché français ? Quelle sera leur couverture géographique ? Quels seront les niveaux de performance et de qualité attendus ? Des adaptations réglementaires sont-elles nécessaires pour la fourniture de ces nouveaux services ? Si oui, lesquelles ?**

Voir l'annexe confidentielle ci-dessous pour le déploiement prévu des services D2D par Lynk.

Pour la bande L, Arcep devrait adopter un cadre de licences satellitaires adapté qui favorise le déploiement rapide des systèmes D2D, évite les exigences excessives et redondantes et reconnaît les profils 3GPP NTN (*par exemple*, n255/n256) comme normes de référence. Le cadre réglementaire suivant répond précisément à ces objectifs, préservant l'innovation et la concurrence tout en accélérant le déploiement des services D2D en bande L.

Premièrement, un système d'octroi de licences basé sur le mérite permet de répondre plus efficacement aux enjeux de tarification, de coûts de service, de concentration du marché, de concurrence loyale, d'utilisation optimale du spectre et de besoins spécifiques des différents utilisateurs, tout en laissant place à des choix techniques pratiques (*par exemple*, des limites de PIRE par classe pour les appareils portables par rapport aux kits mains libres, aux drones, aux terminaux maritimes et IoT), comme l'envisagent les autorités de réglementation du monde entier. Cependant, la mise aux enchères de la bande L aurait des répercussions négatives sur le marché et la concurrence pour diverses raisons.

- Le processus d'enchères rend l'acquisition de spectre et la compétitivité plus difficiles, voire impossibles, pour les nouveaux entrants et les petites entreprises, ce qui risque d'étouffer la concurrence et l'innovation dans les bandes MSS. Historiquement, les enchères n'ont pas favorisé la concurrence au-delà des acteurs établis sur un marché disposant d'importantes ressources financières, car ces acteurs pouvaient surenchérir pour acquérir du spectre sans perspective claire d'innovation ni de déploiement de service sur ce spectre.
- Les coûts élevés associés à l'achat de spectre par le biais d'enchères seront finalement répercutés sur les consommateurs, entraînant une hausse des prix de détail.
- Consacrer davantage de ressources au spectre radioélectrique signifie moins d'investissements dans l'infrastructure réseau et le développement et le déploiement des services. Les autorités de régulation du monde entier ont indiqué que les enchères peuvent être complexes, chronophages et gourmandes en ressources. Par conséquent, l'augmentation des dépenses et la concurrence entraveront le déploiement des services de communication par satellite, tels que le D2D, sur un marché concurrentiel, en raison du fardeau financier lié aux coûts du spectre, gonflés par les enchères.

À l'inverse, un système d'attribution de licences satellitaires basé sur le mérite répond plus efficacement à ces préoccupations et maximise les avantages socio-économiques globaux de l'utilisation du spectre, ce qui surpasse largement tout avantage présumé de la mise aux enchères de la bande L en France.

Deuxièmement, Arcep doit s'assurer qu'il n'existe pas d'homologations et d'autorisations redondantes pour les appareils déjà homologués pour une utilisation terrestre. Pour les appareils non encore homologués ou certifiés, mais pouvant se connecter aux services D2D via les mêmes radios intégrées sans modification matérielle, la conformité doit être démontrée par une autodéclaration basée sur les normes, assortie d'une validation en laboratoire ciblée, plutôt que par une recertification complète. Ne pas

procéder ainsi risque de retarder le déploiement et d'alourdir les contraintes réglementaires sans améliorer la sécurité.

Troisièmement, Arcep devrait exiger une collaboration entre les opérateurs de réseaux mobiles (ORM) et les opérateurs de réseaux satellitaires (ORS) pour la fourniture de services D2D et interdire explicitement les partenariats exclusifs ORM-ORS. Le modèle de collaboration est bien établi. Lynk compte plus de cinquante (50) ORM partenaires dans plus de soixante (60) pays répartis sur les sept (7) continents. Les accords entre Lynk et ses ORM partenaires comprennent des clauses commerciales et techniques relatives au partage du spectre, à l'atténuation des interférences, aux protocoles opérationnels et aux indicateurs de qualité de service (QoS). La QoS dépend des quatre (3) facteurs suivants :

- (a) la quantité de spectre allouée au service D2D — voir la réponse à la question 12 pour la segmentation de bande recommandée ;
- (b) le nombre de satellites en orbite, associé aux performances individuelles des satellites et à leurs performances globales ; et
- (c) l'utilisation du spectre conformément aux normes 3GPP, contribuant à atténuer les problèmes d'interférences et à simplifier l'intégration avec le réseau central de l'opérateur mobile.

Toutefois, des conflits de distribution peuvent survenir si un seul appariement MNO-SNO contrôle une région. Il est donc nécessaire d'exiger une non-exclusivité dans l'appariement et de permettre à chaque MNO de collaborer avec plusieurs SNO, et inversement. Le système D2D de Lynk, utilisé par plusieurs MNO, est opérationnellement identique à l'itinérance entrante. Lynk a configuré son système D2D pour présenter des rattachements de réseau mobile terrestre public (« PLMN ») logiques distincts pour chaque MNO participant, tout en assurant l'acheminement complet des données locales via le cœur de réseau de chaque MNO. Concrètement, le terminal s'enregistre auprès du RAN régénératif du satellite (eNodeB /NR embarqué avec éléments de cœur de réseau), le plan de contrôle s'authentifie auprès du HSS/UDM du MNO via des interfaces d'itinérance standard (*par exemple*, Diameter S6a/5G SBA via IPX), et le plan utilisateur est renvoyé au PGW/UPF/IMS du MNO afin que ce dernier conserve le contrôle total des abonnés et la souveraineté des données. La séparation par opérateur est ainsi réalisée au niveau de la couche réseau (interconnexions d'itinérance distinctes, APN/politiques, déclencheurs réglementaires locaux, facturation, etc.) plutôt que par la duplication des ressources spatiales. La coexistence du spectre est assurée par le biais de contrôles et d'une coordination des émissions lorsque cela est pertinent, mais largement atténuée par l'intégration des normes 3GPP. Ce modèle de coopération garantit non seulement un déploiement efficace du spectre, mais il permet également de pallier les problèmes d'interférence et de concurrence.

Par conséquent, un cadre de licences satellitaires dans lequel plusieurs opérateurs de réseaux de satellites peuvent se faire concurrence efficacement sur le marché permettrait une autorisation rapide, notamment en évitant les approbations et autorisations de type de combiné dupliquées, et en évitant la mise aux enchères des bandes MSS, ce qui aligne mieux les incitations et préserve l'innovation dans la bande L.

7. Comment envisagez-vous la chaîne de valeur pour la commercialisation de ce/ces nouveau(x) service(s), et comment vous positionnez-vous au sein de cette chaîne ? Prévoyez-vous des partenariats spécifiques ? Quelles sont vos perspectives de marché et vos modèles économiques à moyen terme (jusqu'en 2030-2032) et à long terme (jusqu'en 2045) ? Quels investissements futurs sont prévus pour l'utilisation de cette bande ?

Les services de Lynk complètent et renforcent les offres existantes des opérateurs de réseaux mobiles (ORM), tant par leur conception que par contrat.

Pour les communications directes de domicile (D2D) via les bandes MSS, l'octroi des licences est distinct des autorisations IMT terrestres. Ces services D2D offrent une couverture supplémentaire, étendant celle des ORM aux zones où la propagation du spectre est insuffisante et assurant la continuité du service en cas de panne terrestre. Les ORM restent l'interface client, via la vente en gros ou la vente au détail en marque blanche. La bande L présente un profil de propagation particulièrement avantageux : meilleure résistance à l'atténuation due à la pluie, pénétration et diffraction améliorées, et effet Doppler réduit pour les liaisons à faible PIRE et faible gain /transmission. Ces caractéristiques correspondent parfaitement aux zones non desservies ou mal desservies en France et dans ses territoires.

Pour les communications D2D via les bandes IMT, l'ensemble des opérations est réalisé sous le contrôle des droits de spectre et de la politique des ORM, conformément à un accord de partenariat. L'opérateur de réseau mobile (ORM) consent à l'activation, conserve l'identité du réseau mobile public (PLMN) et les relations de facturation/itinérance, et peut mesurer ou prioriser les sessions par satellite au même titre que les sessions terrestres.

Dans les deux cas, le D2D comble les lacunes structurelles de couverture (zones isolées, zones maritimes, zones sinistrées, etc.), assure la couverture d'urgence et les canaux d'alerte publique, et offre une extension de service lorsque cela est économiquement justifié. Tout cela permet aux ORM d'étendre leur couverture et d'accroître leur résilience sans se substituer aux services terrestres ni perturber la dynamique concurrentielle. Par conséquent, les services D2D doivent être positionnés comme un complément aux services cellulaires existants dans les bandes IMT et comme une couche supplémentaire dans les bandes MSS. Ce positionnement évite que les services D2D ne concurrencent les services cellulaires et fait plutôt des services D2D une extension des réseaux terrestres.

Par conséquent, Lynk estime que le modèle le plus adapté au D2D est le B2B2C, l'opérateur mobile (OM) jouant le rôle de point de vente et l'opérateur de réseau de service (ORS) celui de réseau de gros. Premièrement, ce modèle permet aux OM, qui desservent déjà les particuliers, les entreprises et les administrations françaises, de conserver la facturation, les cartes SIM et eSIM, le service client et les exigences locales (interception légale, fonctions d'urgence et protection des consommateurs, *par exemple*) au sein de leurs équipes. Deuxièmement, le modèle B2B2C s'aligne sur le routage du trafic via les cœurs de réseau des OM français et sur les partenariats non exclusifs entre ORS, préservant ainsi la souveraineté des opérateurs et accélérant le lancement des services tout en offrant aux utilisateurs une expérience familière. Enfin, le modèle B2B2C offre d'importantes opportunités de croissance et d'accessibilité financière, tout en limitant les risques grâce à des garde-fous clairement définis. Les OM peuvent ainsi proposer une option « sécurité et continuité » simplifiée, une facturation à l'usage pour les besoins ponctuels et des forfaits spécifiques pour les entreprises ou la sécurité publique. La technologie D2D via le spectre IMT est opérationnelle sur les téléphones classiques dès le premier jour, ce qui accélère son adoption par les distributeurs. Parallèlement, la technologie D2D via le spectre MSS permet d'étendre la couverture aux zones maritimes, isolées et sinistrées à mesure que la compatibilité avec les appareils

s'accroît. Cette combinaison permet à la France de toucher rapidement le plus grand nombre de personnes et de rentabiliser ses investissements via les circuits de distribution traditionnels. Toutefois, des conflits peuvent survenir si un seul duo opérateur mobile-opérateur de réseau de satellites (MNO-SNO) contrôle une région. Il est donc nécessaire d'imposer une non-exclusivité dans le choix du partenaire et de permettre à chaque opérateur mobile de collaborer avec plusieurs opérateurs de réseau de satellites.

Il existe également un modèle parallèle pour le B2B, où la demande de clients clés justifie les engagements. Les services de sécurité publique, les entreprises de services publics, les sociétés minières, les exploitations agricoles, les opérateurs maritimes et les prestataires logistiques ont besoin d'une couverture prévisible et d'un service prioritaire. Les opérateurs de réseaux mobiles (ORM) peuvent vendre des forfaits avec engagement et des classes de priorité, garantis par des réservations de capacité des opérateurs de réseaux de services (ORS) et des plages horaires de service définies. Ces clients clés contribuent au financement initial du déploiement et assurent une utilisation fiable dans toute la région. Grâce à ces mesures, la concurrence reste saine et la qualité du service s'améliore au fil du temps.

Voir l'annexe confidentielle ci-dessous pour le déploiement prévu des services D2D par Lynk.

8. Quel type de technologie et d'architecture réseau prévoyez-vous de déployer à moyen et long terme pour fournir ce/ces futur(s) service(s) ?

Voir l'annexe confidentielle ci-dessous pour le déploiement prévu des services D2D par Lynk.

Le système D2D de Lynk est une solution hybride émergente conforme aux normes 3GPP pour l'interface radio, tout en tirant parti d'innovations propriétaires pour étendre la couverture et les performances. Ce système D2D novateur connecte les téléphones existants non modifiés et est conçu pour prendre en charge les futurs appareils 3GPP au fur et à mesure de l'évolution des normes. De plus, en partenariat avec SES, le système D2D de Lynk apportera en France une solution multi-orbite unique qui optimisera les délais de déploiement des services D2D tout en offrant aux opérateurs de réseaux mobiles et aux utilisateurs finaux une grande flexibilité grâce à des services D2D complémentaires. En orbite basse (LEO), les satellites de Lynk fonctionnent comme des « antennes-relais spatiales », se présentant comme des stations de base terrestres standard pour le terminal et assurant une itinérance transparente via le réseau de l'opérateur mobile hôte. L'authentification, le routage, les fonctions d'urgence et l'interception légale sont ainsi gérés conformément aux processus mobiles établis, le tout étant pris en charge par l'opérateur mobile local. Parallèlement, l'architecture de Lynk peut être combinée à d'autres orbites pour une meilleure résilience et une plus grande évolutivité. Le trafic provenant de LEO peut être relayé par le partenaire de confiance de Lynk, SES, en orbite terrestre géosynchrone (« GEO ») ou en orbite terrestre moyenne (« MEO ») afin d'accélérer le lancement du service, de fournir une liaison de retour supplémentaire et d'ajouter de la redondance en cas de pannes et de situations de catastrophe.

La solution D2D de Lynk génère des avantages concrets pour l'intérêt public sans imposer de lourdes contraintes aux opérateurs de réseaux de satellites (SNO), aux opérateurs de réseaux mobiles (MNO) ou aux utilisateurs finaux, tout en allégeant la charge réglementaire. Premièrement, la compatibilité native des appareils 3GPP évite l'obligation de nouveaux matériels et accélère l'adoption grâce à des partenariats avec les MNO, déjà éprouvés dans de nombreux pays. Deuxièmement, la diversité orbitale renforce la résilience nationale en fournissant un routage alternatif et une capacité de surcharge lorsque les réseaux terrestres sont saturés ou défaillants. Troisièmement, une gestion hybride du spectre – *c'est-à-dire* le D2D via les bandes IMT par accord avec les MNO et via les bandes MSS par licence satellitaire – est conforme

aux pratiques internationales tout en permettant aux MNO d'associer l'orbite et la bande de fréquences les plus adaptées à chaque cas d'usage pour une utilisation efficace du spectre. Le trafic D2D étant acheminé localement via le MNO français, les obligations de souveraineté des données et d'interception légale sont respectées dans le cadre réglementaire des télécommunications existant et par le partenaire MNO local, ce qui limite les contraintes réglementaires tout en préservant les intérêts nationaux. En bref, la solution D2D de Lynk offre à la France une rampe d'accès pragmatique qui fonctionne avec les appareils 3GPP que les gens utilisent déjà, évolue avec les futurs appareils 3GPP, offre une résilience dès sa conception et offre une flexibilité de service via de multiples chemins de fréquence et orbites.

Voir l'annexe confidentielle ci-dessous pour le déploiement prévu des services D2D par Lynk.

- 9. Quel système satellitaire comptez-vous utiliser pour exploiter ces nouveaux services ? Si vous n'en êtes pas propriétaire, avez-vous conclu un partenariat pour l'utiliser ? Quelle est sa date de mise en service et sa durée de vie ? Si un nouveau dépôt auprès de l'autorité compétente est requis, où en est-il ?**

Lynk dispose d'un système satellitaire enregistré auprès de l'UIT qui fournira les services décrits dans le présent document et dans l'annexe confidentielle ci-dessous.

ORGANISATION DES RESSOURCES PAR FRÉQUENCE

10. Prévoyez-vous d'utiliser les fréquences de la bande L au-delà de 2027 ? Si oui, veuillez préciser :

- Pour quel service ;
- Pour quelle quantité (espace-Terre et Terre-espace) et avec quelle canalisation, en précisant les gammes de fréquences nécessaires au service et les territoires concernés ;
- Pour quelle durée ?

L'approche hybride de Lynk en matière de spectre pour la fourniture de services D2D mondiaux inclut l'utilisation de la bande L.

Plus le spectre disponible pour les services D2D est important, plus le système MSS D2D sera performant et flexible en France – voir la réponse à la question 12 pour le cadre de segmentation de bande recommandé.

11. Identifiez-vous d'autres bandes de fréquences MSS qui pourraient présenter un intérêt pour ces utilisations ?

Les bandes 1980-2010 MHz et 2170-2200 MHz (les « bandes MSS 2 GHz » ou « bande S ») sont également mûres pour le déploiement de services D2D, et Lynk reconnaît que Arcep est lié aux travaux de l'Union européenne sur la réattribution de la bande S.

La France dispose aujourd'hui d'une opportunité unique d'étendre la couverture mobile à l'ensemble de la population et des collectivités en ouvrant la bande L aux services D2D. Les satellites D2D de Lynk fonctionnent comme des antennes-relais spatiales, permettant aux téléphones mobiles classiques de rester connectés même dans les zones non couvertes par les antennes terrestres. En assurant une continuité de service via les réseaux mobiles existants, le service D2D en bande L garantit à chaque citoyen l'accès aux communications voix, SMS et données, quel que soit son lieu de résidence, de travail ou de déplacement en France. Le D2D représente une évolution naturelle du MSS (Mobile Support Service), tirant parti des progrès technologiques en matière de satellites et de terminaux pour étendre le service directement aux téléphones standards. L'ouverture de la bande L aux services D2D établit un cadre clair pour une couverture mobile nationale, en phase avec les objectifs nationaux de la France en matière d'inclusion numérique, de sécurité publique et de résilience face aux catastrophes.

12. Pensez-vous que des dispositions organisationnelles spécifiques pour la bande L soient nécessaires à partir de 2027 pour permettre la coexistence entre les services existants et les nouveaux services ?

Afin de garantir une utilisation efficace de la bande L, Arcep devrait s'appuyer sur la norme 3GPP pour le réseau 5G NTN comme cadre de segmentation. L'organisme de normalisation 3GPP a déjà intégré la bande L aux normes 5G NTN sous la désignation NR n255 (et la bande S sous la désignation NR n256). La norme 3GPP 5G NTN propose deux formes d'onde principales pour l'interface radio, conçues pour prendre en charge différentes applications tout en offrant des mécanismes clairs et précis pour le partage et le déploiement du spectre. La forme d'onde 5G NR est destinée aux appareils mobiles grand public (*par exemple*, les smartphones), avec une bande passante minimale de 5 MHz pour les bandes L et S.

Étant donné le nombre d'opérateurs de réseau de satellites (SNO) qui se concentrent sur la fourniture de futurs services 5G NR, la mise en place d'un cadre de segmentation des bandes MSS afin de prendre en charge les normes de forme d'onde 5G NTN présente un intérêt certain pour la France. Notamment, les normes de forme d'onde d'interface radio primaire 5G NTN du 3GPP sont compatibles avec un tel cadre de segmentation. La première analyse portera sur la bande passante minimale requise pour la norme de forme d'onde 5G NR du 3GPP, tandis que la seconde déterminera la bande passante minimale suffisante pour les services haut débit mobile.

Tout d'abord, la bande passante minimale requise pour un service compatible avec la forme d'onde 5G NR est de cinq (5) MHz, ce qui correspond à la plus petite bande de fréquences utilisable par un opérateur. Un opérateur disposant d'une bande de cinq (5) MHz déploie 4,5 MHz de spectre actif, organisés en vingt-cinq (25) blocs de ressources physiques (PRB) d'une largeur nominale de 180 kHz chacun. L'opérateur réserve une bande de garde de 250 kHz de part et d'autre de la bande passante utilisée. Pour un système satellitaire multifaisceaux, l'utilisation d'une seule bande de cinq (5) MHz nécessite un fractionnement du spectre dans le domaine temporel et/ou fréquentiel, *par exemple par* « saut de faisceau » temporel ou par réutilisation fractionnée de fréquence, deux techniques définies dans la norme 3GPP. Par exemple, la réutilisation fractionnée de fréquence au sein de la bande de cinq (5) MHz permet d'éviter les interférences entre faisceaux au sein du système d'un opérateur, tout en répartissant la capacité entre les faisceaux de manière uniforme ou non uniforme. Si un opérateur répartissait uniformément la capacité entre les faisceaux satellitaires, il pourrait opter pour un modèle de réutilisation de fréquence fractionnaire de 3, où un tiers des faisceaux utilise huit (8) ou neuf (9) PRB co-canal. Chaque faisceau pourrait ainsi supporter une capacité effective d'environ 1,5 MHz (*soit* 4,5 MHz divisé par 3 = 1,5 MHz). Selon la conception du système et les rapports signal/bruit des signaux de service, l'efficacité spectrale de chaque faisceau pourrait varier entre 2 et 4 bits/s/Hz, offrant un débit de 3 à 6 Mbit/s par faisceau/cellule déployé de cette manière. Par conséquent, un tel déploiement serait suffisant pour les services de données légers, de messagerie et de voix, mais pourrait s'avérer insuffisant pour les services haut débit mobile.

En outre, pour assurer une prise en charge adéquate des services haut débit mobile, un opérateur de réseau de satellites (SNO) aurait besoin d'au moins dix (10) MHz de bande passante. Dans ce cas, le SNO déploierait neuf (9) MHz de spectre utilisé et réserverait une bande de garde de 500 kHz de part et d'autre de la bande passante utilisée. Le déploiement d'un modèle de réutilisation fractionnelle uniforme de fréquence de trois (3) – où un tiers des faisceaux utilisent seize (16) ou dix-sept (17) PRB co-canal – permettrait d'obtenir environ trois (3) MHz de bande passante effective par faisceau/cellule déployée et d'atteindre un débit d'environ six (6) à douze (12) Mbit/s par faisceau/cellule déployée. Des modèles de réutilisation fractionnelle de fréquence non uniformes pourraient augmenter ces débits de données dans les zones à forte densité de demande et les réduire dans les zones à faible densité de demande. Par conséquent, un opérateur de satellites autorisé à utiliser un bloc de spectre de dix (10) MHz ou plus pourrait introduire des capacités haut débit de données mobiles sur les fréquences MSS. De plus, l'utilisation des bandes IMT par un opérateur de réseau de satellites (SNO), en collaboration avec un opérateur de réseau mobile (MNO) partenaire et sous sa direction, pour ses services D2D en France, viendrait compléter son autorisation sur les bandes MSS, augmentant ainsi sa capacité. Étant donné que les bandes IMT continueront probablement d'être partagées entre les réseaux terrestres et les fournisseurs de services D2D sur un même canal, ce qui nécessite une coordination précise de leur utilisation et de leur déploiement, l'utilisation combinée des bandes MSS et IMT est essentielle pour un déploiement optimal et une connectivité sans faille pour l'utilisateur final.

En résumé, l'attribution et l'octroi de licences efficaces et efficientes pour la bande L dédiée aux services D2D favoriseront la concurrence et le développement d'une variété d'applications mobiles en France, notamment des services D2D performants. L'utilisation de la norme 3GPP pour la 5G NTN comme cadre de segmentation de la bande constituera un moyen efficace d'atteindre cet objectif.

13. Outre les conditions techniques d'utilisation existantes, estimez-vous que d'autres conditions soient nécessaires dans ce contexte ? Si oui, lesquelles ?

Les services D2D, comme d'autres applications MSS, soulèvent les problématiques suivantes. Premièrement, la coexistence transfrontalière peut être facilement assurée par des solutions techniques et la conception du système. Lynk a conçu son système MSS D2D pour fonctionner de la même manière que les opérateurs de réseaux mobiles terrestres, y compris en matière de coexistence transfrontalière applicable à la France. Par exemple, les stations opérant dans les bandes de fréquences 824-849 MHz et 869-894 MHz et situées à moins de 72 km de la frontière canado-américaine doivent respecter l'accord de partage du spectre entre le Canada et les États-Unis. Cet accord stipule que le PFD au niveau du sol produit par une station située sur le territoire de l'autre pays ne doit pas dépasser -102 dBW / m^2 dans une bande passante de 200 kHz, sauf si les titulaires de licences dans les zones de licences transfrontalières adjacentes et les autorités gouvernementales compétentes conviennent d'un seuil acceptable plus élevé. Une idée similaire pourrait être adoptée pour les services par satellite en bande L, où le centre du faisceau d'un SNO situé à moins de soixante-douze (72) km de la frontière pourrait être coordonné si le seuil pertinent ne peut pas être atteint.

Deuxièmement, le trafic D2D peut être acheminé via le réseau central de l'opérateur mobile partenaire local afin de répondre aux exigences locales, une approche conforme aux initiatives internationales visant à déployer les services D2D. Dans le système Lynk, tout le trafic D2D est géré par le réseau central de l'opérateur mobile local. L'architecture satellitaire étant une architecture d'itinérance avec acheminement direct, l'infrastructure nationale de l'opérateur mobile (gestion du trafic, facturation, etc.) contrôle le trafic mobile. Lynk ne peut pas acheminer ce trafic car les abonnés des opérateurs mobiles partenaires sont en réalité des abonnés en itinérance entrante sur le service D2D de Lynk. Par conséquent, l'opérateur mobile local conserve le contrôle sur les abonnés autorisés à utiliser le service D2D. Par exemple, si l'équipement de l'utilisateur ou son abonnement n'est pas autorisé par l'opérateur mobile partenaire pour l'itinérance sur les satellites de Lynk, la tentative d'enregistrement de l'équipement de l'utilisateur auprès des satellites de Lynk est refusée. À l'inverse, si l'équipement ou l'abonnement de l'utilisateur est autorisé par l'opérateur mobile partenaire à se connecter au réseau Lynk, alors, en l'absence de signal terrestre de l'opérateur mobile, les appareils mobiles des abonnés de ce dernier se connectent aux satellites LEO D2D de Lynk et s'y enregistrent. L'architecture D2D de Lynk est une architecture de roaming qui vérifie les abonnements et authentifie les appareils mobiles grâce à des requêtes de signalisation réseau standard entre les éléments du réseau central de Lynk et le réseau de l'opérateur mobile partenaire. Par exemple, pour la LTE, l'authentification de l'appareil mobile et la vérification de l'abonnement sont effectuées entre l'entité de gestion mobile de Lynk et le serveur d'abonnés de l'opérateur mobile partenaire via une connexion d'échange IP de roaming sécurisée, grâce à l'interface Diameter s6a. De même, le trafic utilisateur est géré entre la passerelle de service de Lynk et la passerelle du réseau de données par paquets de l'opérateur mobile partenaire, puis vers le cœur du sous-système multimédia IP de ce dernier. Par conséquent, l'opérateur mobile partenaire dispose d'une visibilité complète et de la capacité d'acheminer le trafic de la même manière qu'il gère actuellement le trafic lorsque son abonné est en itinérance sur un autre réseau terrestre. Ainsi, l'acheminement du trafic D2D vers le réseau local via le cœur de réseau de l'opérateur mobile partenaire répond à tous les objectifs

techniques et réglementaires des centres d'opérations réseau (NOC) ou des passerelles du pays, tout en évitant aux opérateurs de réseau de satellites (SNO) les contraintes de déploiement qui en découlent.

Troisièmement, les communications D2D en bande L devraient être soumises à des conditions de gestion du spectre conformes aux normes 3GPP. Les normes 5G et 5G NTN 3GPP intègrent des techniques permettant une gestion et un déploiement efficaces du spectre dans les bandes MSS, notamment en ce qui concerne les émissions hors bande et les indicateurs de performance ACLR définis (voir la réponse à la question 12 pour le cadre de segmentation de bande recommandé). Par conséquent, Arcep devrait adopter la mise en œuvre des techniques de gestion du spectre des normes 3GPP pour les raisons suivantes : premièrement, il s'agit de normes existantes, utilisées avec succès par les opérateurs IMT terrestres pour une utilisation efficace du spectre ; deuxièmement, les formes d'onde OFDM 3GPP offrent généralement une efficacité spectrale élevée avec un gaspillage limité de la bande de garde, à condition que les émissions hors bande et les indicateurs de performance ACLR soient suffisamment spécifiés et atteints ; troisièmement, l'imposition des normes 3GPP, qui spécifient l'utilisation et le déploiement du spectre, minimise, voire élimine complètement, le besoin de coordination entre les opérateurs autorisés utilisant les bandes MSS .

ÉVOLUTION DES USAGES ET DES BESOINS

Pour les utilisateurs finaux (publics ou professionnels) :

- 14. Comment envisagez-vous l'évolution de vos usages en fonction des solutions de connectivité mobile par satellite ?**

N / A

- 15. Pensez-vous que certaines de ces utilisations répondent à des besoins qui ne peuvent être satisfaits que par des solutions de connectivité par satellite dans la bande MSS ?**

N / A

PRATIQUES NUMÉRIQUES DURABLES

- 16. Dans le contexte de la réattribution des fréquences de la bande L, avez-vous des propositions à partager pour promouvoir Des pratiques numériques durables ?**

N / A

AUTRES SUJETS

- 17. Outre les questions soulevées dans les sections précédentes de cette consultation, quels autres points devraient être portés à l'attention d'Arcep ? Souhaitez-vous partager des informations complémentaires ?**

N / A

