

Préparer le futur des réseaux mobiles

Consultation publique de l'ARCEP du 23 mai
2022 au 23 septembre 2022

Contribution de TDF

Le 23 septembre 2022



Introduction

Le 23 mai 2022, l'Arcep a lancé une consultation publique intitulée « *Préparer le futur des réseaux mobiles* ».

Constituée de pas loin de 100 questions réparties en 4 sections, cette vaste consultation a une forte portée prospective : elle vise à faire le point, avec l'ensemble des acteurs, sur les perspectives à court, moyen et long terme en matière de services mobiles. Les parties prenantes sont invitées à s'exprimer, d'une part, sur les questions d'évolutions technologiques, d'usages ou encore de marchés et d'autre part, sur les enjeux réglementaires que ces évolutions soulèvent s'agissant de l'accès aux fréquences.

TDF remercie vivement l'Arcep pour ce document très complet. Il permet opportunément aux acteurs de partager leur vision, à un moment décisif : grâce notamment aux apports de la 5G, à la mise en place de nouvelles technologies et de nouveaux processus (Open Ran, Edge Computing, etc.), on pressent en effet que le secteur des services mobiles est sur le point de connaître d'importants bouleversements. Qui plus est, le gouvernement a fait de la 5G industrielle un enjeu particulièrement stratégique (cf. rapport Herbert) et a insisté sur la nécessité de lever les freins à son développement.

Dans ce contexte, TDF est convaincue que les arbitrages qui seront opérés par l'Arcep, au terme de cette consultation, seront structurants pour le futur paysage des services mobiles français et l'avenir de l'industrie télécoms. Les équipes de TDF se sont donc penchées activement sur le document de l'Arcep et se sont efforcées de fournir des réponses aussi détaillées que possible aux différentes questions.

Avant de rentrer dans le détail de ces réponses, TDF profite de cette partie introductive pour insister sur les 3 points suivants :

- Premièrement, TDF souhaite rappeler en quoi son modèle d'opérateur d'infrastructure est vertueux à la fois sur les plans économique et écologique.
- Deuxièmement, TDF souhaite indiquer qu'elle a l'ambition de mettre ce modèle au service de nouveaux besoins.
- Troisièmement, pour que cette ambition soit possible, TDF souhaite insister sur le caractère central des questions liées aux fréquences (disponibilité, modalités d'attribution, régimes d'accès, etc.).

TDF propose de développer ci-dessous chacun de ces trois points.

- 1. Le modèle historique d'opérateur d'infrastructure de TDF est un modèle vertueux à de nombreux égards : il stimule la concurrence et les investissements sur les marchés des télécoms, tout en contribuant à réduire l'empreinte environnementale des réseaux.**

TDF est une entreprise historique qui dispose d'une très longue expérience dans le domaine des télécoms et d'un patrimoine important, avec pas moins de 19 200 sites répartis sur l'ensemble du territoire métropolitain et ultramarin. TDF est désormais présente sur trois domaines d'activités principaux : les services de diffusion audiovisuelle (télévision et radio), l'hébergement de services mobiles et le déploiement de réseaux de fibre.

Ces activités conduisent chaque année TDF à investir très massivement dans des infrastructures télécoms (TDF a ainsi investi plus de 50% de son chiffre d'affaires en 2021). Ces

investissements servent notamment à construire les infrastructures d'accueil pour ses clients de services mobiles mais aussi, bien sûr, pour déployer de nouveaux services de diffusion audiovisuelle.

Cette particularité, d'opérateur neutre et « mutualisateur », permet à TDF de jouer un rôle pro-concurrentiel sur le marché de l'hébergement (grâce, par exemple, à l'apport de solutions complémentaires à celles des opérateurs mobiles), **tout en participant activement à la réduction de l'empreinte environnementale des réseaux**. On constate d'ailleurs que les vertus de ce modèle ont fait leurs preuves au-delà du seul cas de TDF, puisque, en France et partout dans le monde, se développent des opérateurs d'infrastructure de type « towerCo ».

TDF est convaincue que cette situation n'a rien du hasard : ce modèle vertueux a un rôle particulier à jouer dans les prochaines années, au cours desquelles nous assisterons simultanément à une progression importante des besoins en matière de services mobiles et à la montée en puissance des problématiques environnementales.

2. TDF souhaite capitaliser sur son expérience pour développer son modèle d'opérateur d'infrastructure, en approfondissant sa gamme de services mobiles et en se développant dans de nouveaux secteurs et/ou domaines d'activités.

TDF envisage tout d'abord d'approfondir sa gamme de services en proposant des solutions concernant l'extension du réseau grand public.

Comme cela a été souligné plus haut, TDF est un partenaire historique des opérateurs mobiles, qu'elle héberge sur ses infrastructures (pylônes, toits-terrasse, etc.). TDF contribue donc déjà activement au développement des réseaux grand public.

Toutefois, avec l'évolution des besoins, et notamment l'intensification des usages, particulièrement en indoor, TDF estime que de nouveaux besoins spécifiques apparaissent, qui appellent une extension du réseau grand public existant, que ce soit pour densifier le réseau dans certaines zones (bâtiments, gares, allées commerçantes, etc.) ou pour répondre à des problématiques de type zones blanches qui persistent sur le territoire. TDF estime que son modèle d'opérateur « mutualisateur » est particulièrement adapté pour proposer des solutions à ce type de situations, où les contraintes techniques, économiques et/ou environnementales sont fortes. TDF l'a par exemple déjà mis en œuvre avec succès pour la couverture de gares ou de lignes de métro (couverture des lignes 1 et 2 du métro de Rennes).

TDF envisage de devenir opérateur de réseaux PMN (Private Mobile Network) pour le compte de clients rassemblés dans des verticales sectorielles.

La 5G ouvre la voie vers de nouveaux usages, notamment professionnels (avec le développement des usines connectées, de la télémédecine, des véhicules autonomes, etc.). Pour certains d'entre eux, les réseaux PMN vont constituer une solution adaptée ; il s'agit en effet de réseaux autonomes, dédiés, qui vont permettre de délivrer un service sur-mesure aux clients dont les besoins ne peuvent être satisfaits à travers les réseaux grand public (besoins en termes de criticité, de latence, de débit ou encore de temporalité). TDF a pu constater qu'il y avait un fort intérêt pour ce type de solutions.

Les clients intéressés vont alors se tourner vers des opérateurs qui sont en mesure, d'une part, de déployer le réseau dont ils ont besoin, et d'autre part, de l'opérer. La fourniture d'une telle prestation, sur-mesure et clés en main, nécessite d'agréger de très nombreuses briques de savoir-faire.

Grâce à sa longue expérience, à la fois, en tant qu'hébergeur de services mobiles et en tant que gestionnaire de services opérés pour ses clients audiovisuels, TDF dispose de compétences spécifiques qui lui permettent de jouer ce rôle d'agrégateur au service des verticales.

Les expérimentations menées par TDF, notamment à Versailles Satory pour des véhicules autonomes, ont confirmé l'importance de ce rôle.

TDF contribue au développement de la 5G broadcast afin d'accompagner ses clients audiovisuels dans leur besoin de couverture en mobilité.

La 5G broadcast est un service de diffusion audiovisuelle qui permet de diffuser des flux audiovisuels vers des terminaux mobiles. Cette technologie peut compléter utilement les services déjà proposés par les technologies de diffusion existantes (TNT, etc.), en particulier pour les besoins de réception en mobilité. Qui plus est, la 5G broadcast contribuera à décharger les réseaux des opérateurs mobiles, qui seront de plus en plus sollicités.

Ces services pourront être développés en bande UHF et s'appuyer sur les infrastructures existantes ; en particulier celles de TDF. Sur la question des fréquences, TDF tient à noter que, la 5G broadcast étant un service de diffusion audiovisuelle, il est clair que les fréquences qui lui seront affectées relèveront de la compétence de l'Arcom.

Au total, TDF estime que le développement de la 5G broadcast en bande UHF pourrait être considéré comme l'une des voies de modernisation de la TNT, que TDF soutient activement. De ce fait, il ne semble pas pertinent à ce jour d'envisager une co-affectation dans la bande UHF avec le service mobile, celle-ci devant rester dédiée aux services audiovisuels pour la diffusion de programmes de télévision et le cas échéant le développement de nouveaux services ; d'autant que de nombreuses bandes sont déjà disponibles pour le service mobile, mais non affectées à ce jour (par exemple, la bande 700 SDL, la bande L ou encore la bande 26 GHz).

- 3. Pour qu'un opérateur d'infrastructure comme TDF soit en mesure de prendre une part active au développement de nouveaux services, l'Arcep doit mettre à disposition des fréquences et veiller à ce que les conditions d'attribution de celles-ci permettent à des opérateurs tiers de proposer des services.**

Ainsi, l'Arcep pourrait généraliser les régimes d'accès comme cela a été fait pour l'indoor ; et/ou également réfléchir à des modalités d'attribution locales qui permettent l'entrée de nouveaux acteurs et favorisent la mutualisation des réseaux là où elle est nécessaire.

Concernant la généralisation des régimes d'accès sur le modèle de l'indoor

TDF tient à saluer le travail de l'Arcep concernant la mise en place d'un régime d'accès aux réseaux des opérateurs pour le développement de services de connectivité indoor. Cette démarche a en effet permis à un opérateur neutre et « mutualisateur » comme TDF de proposer des solutions innovantes à ses clients, en se raccordant au réseau des opérateurs mobiles attributaires des fréquences.

L'intervention de l'Arcep a été déterminante :

- d'une part, via l'insertion d'une obligation d'accès relative à la couverture des bâtiments dans les autorisations d'utilisation des fréquences des opérateurs mobiles ;
- et d'autre part, grâce au suivi actif de l'Arcep lors de la mise en œuvre de cette obligation (vérification que le cahier des charges commun des opérateurs pour le raccordement est opérant, organisation de consultations publiques, réunions multilatérales, etc.).

TDF considère que ce type d'approche pourrait être étendu à d'autres problématiques. TDF pense par exemple à la résorption des zones blanches. On constate en effet qu'il persiste sur le territoire français des zones sur lesquelles l'offre de service mobile reste inexistante. Ces carences tiennent généralement à l'existence d'une équation économique compliquée (coût de déploiement élevé, faible densité de la population, etc.). Dans ce cas, le modèle d'opérateur neutre et « mutualisateur » que proposent les opérateurs d'infrastructure tels que TDF pourrait localement constituer une solution, à condition, bien entendu, qu'un régime d'accès idoine soit mis en place par l'Arcep.

Par ailleurs, et plus généralement, étant donné que les fréquences auront, à l'avenir, des usages de plus en plus larges, grâce notamment au développement de la 5G industrielle, TDF croit que le principe de recourir à des opérateurs tiers devrait se généraliser. Aussi, la question de régimes d'accès dans les licences se posera de manière plus globale, et ce, afin d'éviter que des blocages de nature réglementaire n'entravent le développement des marchés.

Concernant la mise en œuvre d'attributions locales de fréquences, notamment pour la bande 26 GHz ou pour les verticales

Toujours pour soutenir simultanément le développement des usages et la mutualisation des infrastructures là où elle est nécessaire, TDF soutient que certaines fréquences gagneraient à être attribuées localement.

TDF pense en particulier à la bande des 26 GHz, qui présente un intérêt particulier pour répondre notamment aux besoins de densification dans les zones très denses. Une attribution locale (éventuellement en complément d'une attribution nationale sur une partie du spectre disponible, sous réserve que cela ne remette pas en cause la pertinence d'une attribution locale), à un opérateur chargé de mutualiser les infrastructures, permettrait en effet d'optimiser le bilan de l'attribution sur les plans économique (en augmentant le nombre de candidats potentiels lors des enchères), écologique (en limitant le nombre d'infrastructures déployées) et sociétal (en sachant que la bande 26GHz nécessitera un déploiement dense, en partie sur mobilier urbain, ce qui posera une question spécifique et forte d'acceptabilité). Au fond, TDF considère en effet que les réseaux déployés en bande 26 GHz auront des caractéristiques de type monopole naturel, dans la mesure où le déploiement en zone très dense de multiples réseaux, eux-mêmes très denses, sur du mobilier urbain, pourrait rapidement engendrer des coûts économiques, et surtout sociétaux, exorbitants. C'est pourquoi, une attribution locale des fréquences, en accord avec les autorités publiques locales propriétaires du mobilier urbain, à un opérateur « mutualisateur » semble la mieux à même de concilier enjeux économiques, écologiques et sociétaux (acceptabilité, intégration paysagère, etc.). Par ailleurs, afin de ne pas entraver ou renchérir le développement de nouveaux services dans cette bande, les licences ainsi attribuées pourraient inclure des régimes d'accès au réseau déployé, et ce, conformément aux principes que TDF suggérerait ci-avant. Quoi qu'il en soit, TDF tient à souligner qu'elle pourrait se porter candidate, si l'Arcep décidait effectivement de procéder à des attributions locales.

Plus généralement, au-delà de la bande des 26 GHz, la position de TDF est que les fréquences destinées aux verticales devraient faire l'objet d'une attribution locale. Les besoins locaux des verticales étant fréquents, ce mode d'attribution améliore l'adéquation entre les besoins et les ressources, ce qui évite le gaspillage et permet de réduire le nombre d'acteurs intermédiaires : les verticales ou les opérateurs qui opèrent localement pour le compte de verticales pourraient ainsi directement accéder aux fréquences, et ce, sans à avoir à supporter les surcoûts économiques et administratifs liés au fait de passer pas un intermédiaire.

Enfin, pour terminer sur la position générale de TDF concernant les fréquences, TDF souhaite souligner que, pour soutenir le développement des réseaux PMN 5G, il est nécessaire que davantage de fréquences soient mises à leur disposition.

Bien qu'il existe déjà des fréquences pour répondre aux besoins des réseaux PMN (par exemple, la bande 2,6 GHz), le spectre disponible reste pour l'heure globalement faible. TDF attire donc l'attention de l'Arcep sur la nécessité de rendre accessible du spectre pour que des services puissent se développer. Bien qu'à terme il sera nécessaire pour les opérateurs de disposer d'un bouquet complet de fréquences (composé de bandes basses, moyennes et hautes), TDF considère que la priorité doit avant tout être mise sur les bandes moyennes et basses dans la mesure où des équipements qui fonctionnent dans ces bandes existent déjà.

Position de TDF sur la partie 1

Question 1. Quelles sont les évolutions les plus pertinentes apportées par les Release 16 et Release 17 de la 5G ? A quelles échéances ces évolutions seront-elles disponibles dans les réseaux et les terminaux ? Le cas échéant, quels besoins nouveaux en fréquences ces évolutions vont-elles susciter ?

Question 2. Même question pour la Release 18 (« 5G Advanced »), la 6G et le Wifi 7.

Question 3. Identifiez-vous d'autres évolutions des technologies mobiles pour des usages spécifiques, qui pourraient susciter des besoins nouveaux en fréquences, par exemple les communications entre terminaux ou le broadcast/multicast ? Si oui, lesquelles et pour quels usages ?

Réponse aux questions 1 à 3.

Les évolutions technologiques vont permettre d'accompagner l'évolution des usages, avec en particulier de nouveaux marchés à destination des verticales.

Les réseaux de télécoms mobiles évoluent de manière continue pour améliorer et ajouter de nouvelles fonctionnalités, construites sur la base de la technologie 5G (Release 15), et surtout étendre les domaines d'application aux besoins de nouveaux marchés verticaux, au-delà du haut débit mobile (eMBB). C'est dans cet objectif que les Release 16 et 17 ont œuvré pour aller notamment vers plus de fiabilité et de réactivité (URLLC) et les applications IoT, réalisant une grande partie des promesses initiales de la 5G. Les premières applications commerciales devraient émerger d'ici 2024. La Release 18, dite « 5G Advanced », a pour ambition d'aller encore plus loin dans l'extension technologique, les applications couvertes et tous types de terminaux, environ 2 ans après la Release 17.

Au-delà, les technologies dites 6G devraient permettre à l'horizon 2030 d'unifier les réseaux terrestres et non terrestres, intégrer de nouvelles fréquences allant jusqu'au domaine du THz ainsi que diverses technologies pour devenir un système de communication ultra-flexible contribuant, avec les données et l'Intelligence Artificielle, à développer de nouvelles applications et un écosystème numérique complexe.

Enfin, la technologie WiFi évolue en parallèle des technologies télécoms : le WiFi 7 vise principalement à couvrir des applications à faible latence et nécessitant des débits très importants, telle que la réalité virtuelle. Les premiers équipements commerciaux devraient être disponibles pour 2024.

Aussi, d'une manière générale, TDF souhaite souligner que ces évolutions technologiques sont toutes porteuses de nouveaux usages.

Parmi, ces évolutions technologiques, certaines apparaissent comme particulièrement structurantes.

Compte tenu de l'évolution des usages que TDF anticipe, les évolutions qui paraissent les plus pertinentes à ce stade sont les suivantes :

- La démultiplication de l'internet des objets (IoT) : IoT industriel, 5G RedCap, transmissions fiables (URLLC). De premiers cas d'usages pilotes sont déjà en cours, et TDF a d'ores et déjà déployé de premiers pilotes, mais d'ici deux ans ils devraient se généraliser grâce à

l'émergence des réseaux privés et de l'Edge computing au service de l'Industrie 4.0 : l'utilisation du spectre 3.8 GHz pour cet usage semble appropriée.

- Les applications à très haut débit et faible latence, telles que la réalité augmentée et la réalité virtuelle, la télé-présence...
- La possibilité d'étendre le spectre utilisable au domaine mmWave : en particulier la bande 26 GHz nous semble prometteuse...
- Les nouveaux réseaux de liaison : IAB, mobile backhaul...
- Les nouveaux équipements connectés : UAV...
- ...

Ces évolutions technologiques vont également permettre le développement de la 5G broadcast, qui pourrait se déployer dans la bande UHF, sous l'autorité de l'Arcom.

La 5G broadcast est une technologie de diffusion audiovisuelle, caractérisée dans la release 16, qui permet la réception de la télévision sur un terminal mobile sans carte SIM. A ce titre, elle ne nécessite pas l'intermédiation d'un opérateur commercial de services mobiles.

Le cas échéant, tous les récepteurs mobiles embarquant des fonctionnalités 5G broadcast (smartphones, véhicules...) pourront recevoir des services de télévision diffusés par les éditeurs dans ce format.

A date, des récepteurs expérimentaux sont disponibles pour des besoins de tests mais il n'existe pas de modèles commercialisés auprès du grand public.

Sur la question des fréquences, la 5G broadcast étant un service de diffusion audiovisuelle, les fréquences qui lui seraient affectées devront relever de la compétence de l'Arcom. Ces services pourront être déployés en bande UHF tel qu'exposé dans ce document dans la réponse aux questions 90 et 91.

De manière générale, la position de TDF sur l'utilisation des bandes de fréquences est détaillée dans la suite de cette consultation (notamment en partie 4).

Question 4. En tant qu'opérateur ou entreprise, dans quelle mesure prévoyez-vous d'intégrer ces architectures ouvertes dans votre stratégie de déploiement de réseau ? Plus particulièrement, dans quel cadre et pour quels besoins estimez-vous pertinente l'introduction du edge computing dans les réseaux mobiles ? Quels enjeux notamment en matière d'accès, de caractéristiques de déploiement et d'usages identifiez-vous ? Comment faudrait-il y répondre ?

Les architectures ouvertes type « open RAN » vont permettre de simplifier et réduire le coût du déploiement, ce qui est particulièrement opportun dans les zones peu rentables ou dans les zones où il existe des contraintes sur le déploiement.

Les architectures ouvertes du type « Open RAN » peuvent en effet simplifier le déploiement de solutions indoor de type DAS ou *small cells*. En effet, la plupart des solutions indoor déployées aujourd'hui ne sont pas optimisées à cause d'interfaces « fronthaul » non standard (CPRI). En outdoor, la fermeture des interfaces « fronthaul » crée une forte dépendance vis-à-vis des équipementiers télécoms et ne permet pas aux opérateurs de profiter pleinement des innovations technologiques.

Donc aussi bien en indoor qu'en outdoor, TDF considère que la mise en place d'infrastructures ouvertes permettrait aux opérateurs de disposer des dernières innovations technologiques tout en optimisant les coûts de déploiement.

Se pose donc, par voie de conséquence, et bien que la concurrence par les infrastructures ait et continue à être particulièrement efficace dans une majorité de cas, la question de la mutualisation des équipements pour les opérateurs mobiles. A ce titre, **il semble à TDF que le schéma optimal serait d'encourager la mutualisation via un opérateur d'infrastructure neutre là où elle est nécessaire :**

- **Ou bien pour des raisons économiques :** zones non desservies à date car très peu rentables qui pourraient faire l'objet d'un déploiement dans le cadre d'un programme qui pourrait être développé par l'ARCEP.
- **Ou bien pour des raisons de contrainte technique, d'intégration paysagère et/ou environnementale :** c'est le cas par exemple des zones indoor ou des zones urbaines nécessitant les bandes de fréquences hautes (26 GHz par exemple, nécessitant une implantation dense sur mobilier urbain).

L'Edge Computing va favoriser l'émergence de nouveaux services, notamment des services opérés, tout en améliorant la performance et la qualité des réseaux.

L' Edge Computing est porteur de nombreuses innovations pour permettre à la fois :

- **D'apporter de nouveaux services aux entreprises et au grand public :** favorisant le traitement de volumes importants de données en temps réel, l'Edge Computing devrait accélérer l'avènement de l'analyse d'image vidéo pour les entreprises, par exemple pour optimiser leurs chaînes de production. L'Edge Computing va permettre l'éclosion du streaming de jeux vidéo en Haute Définition, et même à moyen terme l'instantanéité des échanges dans le Web3.
- **De faciliter l'émergence de nouveaux services opérés :** Grâce à des temps de traitement et une latence optimisés, l'Edge Computing devrait contribuer à l'émergence de nouveaux usages comme les services de véhicules autonomes partagés sur route ouverte ou le déploiement de réseaux privés pour l'industrie 4.0, nécessitant le traitement d'importants volumes de données critiques.
- **D'améliorer la performance et la qualité de service des réseaux :** en déportant le traitement de la donnée au plus proche de l'utilisateur, l'Edge Computing contribuera à réduire la congestion des réseaux de transport, et in fine d'améliorer leur performance, notamment via une meilleure régulation des flux et une mise en cache des contenus.

TDF se permet d'inviter l'ARCEP à consulter son récent livre blanc sur le sujet¹. Celui-ci présente une première approche des opportunités et défis que représente l'Edge Computing en se basant sur notre expérience d'opérateur d'infrastructure mutualisée.

A ce stade, **le développement de l'Edge Computing ne nécessite pas d'actions de régulation spécifiques selon TDF ni d'obligations particulières en matière de déploiement**, lequel viendra avant tout de l'usage et du besoin réel des opérateurs grand public comme des opérateurs de réseaux privés. Toutefois, **TDF souhaite attirer l'attention de l'ARCEP sur le besoin d'assurer la souveraineté des données** en permettant que toute mutualisation au niveau des réseaux des puissances de calculs soit confiée à des acteurs qui ne puissent être dans la position de devoir fournir des données personnelles ou non, des logiciels, des processus, des schémas industriels d'entreprises françaises ou européennes à un autre pays, quelle qu'en soit la raison, sans pouvoir s'y soustraire.

¹ Disponible à l'adresse suivante : <https://www.tdf.fr/livre-blanc-tdf-edge-computing/>

Question 5. En quoi ces changements d'architecture appellent, le cas échéant, un changement dans la gestion de l'accès aux ressources fréquentielles (identité des titulaires d'autorisations de fréquences, quantités attribuées ...) ?

Afin que ces nouvelles architectures permettent de développer au mieux l'offre de services, il faut que le cadre réglementaire permette à des opérateurs tiers d'étendre les réseaux des opérateurs mobiles, et ce, à travers la mise en place de régimes d'accès aux réseaux des détenteurs de fréquences.

Le passage vers des infrastructures ouvertes facilite les différents scénarios de mutualisation grâce à la levée de plusieurs contraintes techniques. En effet, si la régulation le permettait, les opérateurs disposant de spectre pourraient donner autorisation à un acteur tiers (Opérateur d'infrastructure) le droit d'exploiter cette fréquence sur une zone donnée (avec la possibilité de mutualisation). Cette mutualisation peut concerner l'ensemble des infrastructures radios (BBU, RRU, antennes actives & passives). Cela permettrait d'accélérer le déploiement dans des zones complexes (outdoor & indoor) tout en optimisant les coûts pour l'ensemble des opérateurs mobiles.

Sur les nouvelles fréquences, notamment le 26 GHz, TDF encourage l'ARCEP à favoriser une attribution locale à un opérateur « mutualisateur », choisi par exemple par la collectivité. Les conditions d'attributions, notamment financières, devront être connues par avance pour faciliter le choix de l'opérateur « mutualisateur » et assurer une égalité de traitement entre les candidats à la mutualisation.

Question 6. En quoi ces changements d'architecture (notamment décentralisation et déport des fonctionnalités réseau, edge computing, Open RAN, ...), peuvent-ils être un frein ou une accélération à la mutualisation des réseaux ? Quels enjeux concurrentiels identifiez-vous ?

Sous réserve que des problématiques de standards ne permettent à des acteurs hégémoniques de verrouiller les marchés, ces changements d'architecture devraient globalement, à la fois, accélérer l'ouverture et la mutualisation des réseaux.

En théorie, les architectures décentralisées ont tendance à simplifier et à accélérer la mutualisation des réseaux. Comme évoqué précédemment, l'ouverture des interfaces « fronthaul » par exemple engendrerait des avancées significatives en termes de mutualisation. Le mobile Edge computing, s'il est utilisé au maximum de son potentiel, peut être considéré comme un micro-cloud local permettant de délivrer des services à plusieurs acteurs. Ce type d'architecture et de business model est déjà adopté par le monde des télécoms en ce qui concerne le cloud.

En ce qui concerne la mutualisation du Edge Computing, le réel frein pourrait venir des enjeux concurrentiels et du positionnement de nouveaux acteurs (GAFAM, ESN, opérateurs alternatifs, opérateurs d'infrastructure) sur ce marché, car ceux-ci ont leurs propres standards sans que l'harmonisation soit aisée à ce stade. Par ailleurs, une autre difficulté pourra être de résoudre le niveau de mutualisation qui pourra être réalisé entre les clouds publics notamment évoqués ci-dessus et les clouds privés nécessaires à certains acteurs spécifiques (Grand public, institutionnels, entreprises, etc..).

Quelle que soit la position finale de l'ARCEP en matière de mutualisation des réseaux télécoms, il semble capital à TDF que celle-ci défende le modèle permettant aux acteurs investisseurs de long terme, qui investissent déjà aujourd'hui dans les infrastructures (tours, antennes, Edge...) de se positionner naturellement comme acteurs neutres et ouverts de la

mutualisation à venir. Cela permettra aux réseaux télécoms français de disposer d'un modèle sain, souverain et pérenne.

TDF, en tant qu'opérateur souverain et neutre d'infrastructure et de réseaux mutualisés, est prête à assurer son rôle dans cette tâche.

Question 7. Quelles conséquences pourraient avoir ces nouvelles architectures sur la sécurité des réseaux ? Le cas échéant, quelles mesures seraient nécessaires pour prendre en compte celle-ci ?

L'entrée de nouveaux acteurs (GAFA, opérateurs d'infrastructure) et le passage en tout IP des réseaux télécoms créent de nouveaux défis en termes de sécurité. Contrairement aux architectures 3GPP classiques avec un stack homogène et totalement intégré (voire sécurisé), l'ajout de nouvelles couches (virtualisation, containerisations, et autres techno-cloud) pourrait augmenter le degré de vulnérabilité des réseaux télécoms.

De plus, la diversité des acteurs contribuant à la solution rend difficile la délimitation des périmètres de responsabilités en cas de vulnérabilité.

Question 8. Quels autres usages et fonctionnalités attendus identifiez-vous ?

Question 9. Quels marchés seraient visés par ces usages ? Avec quelles perspectives d'évolution et à quelle échéance ?

Question 10. Parmi ces usages, certains d'entre eux sont-ils plus spécifiquement appelés à se développer dans un environnement fixe, à l'intérieur de bâtiments par exemple, ou bien en mobilité ? Le cas échéant, pour quelles raisons ?

Question 11. Le cas échéant, quelles nouvelles technologies mobiles seraient nécessaires pour couvrir l'ensemble de ces usages ? Pour couvrir vos usages en tant qu'utilisateur ?

Réponse questions 8 à 11.

Les usages et fonctionnalités attendus sur les réseaux grand public et sur les réseaux privés évolueront fortement au cours de prochaines années.

TDF considère que la liste dressée p.9 de la consultation des différents usages et fonctionnalités attendus par les utilisateurs est pertinente. Dans leur grande majorité, ces besoins continueront à être satisfaits par les réseaux grand public des MNOs, qui, grâce à la 5G et aux évolutions technologiques (edge computing, etc.), seront capables de supporter une intensification des usages.

On peut à ce titre rappeler que le développement de la 5G broadcast permettra de soulager les réseaux des MNOs, en déportant les flux de télévision linéaire vers des réseaux dédiés et adaptés à ce mode de consommation.

Aux côtés de ces questions relatives aux réseaux grand public, l'un des gros apports de la 5G va bien entendu être de répondre à des besoins spécifiques de la part des entreprises et des administrations, pour lesquelles des réseaux dédiés privés pourraient présenter un intérêt particulier. De tels réseaux pourront en effet être élaborés sur mesure et pour des usages (plus ou moins) exclusifs, ce qui, compte tenu des applications potentielles de la 5G, pourrait intéresser de nombreux acteurs économiques.

Concernant l'évolution de l'offre de service à destination des réseaux grand public, TDF considère que des régimes d'accès idoine doivent être mis en place pour permettre à des opérateurs tiers d'être en mesure d'accompagner les évolutions.

TDF considère que le marché grand public continuera à rester un marché majeur avec l'intensification des usages. Ces réseaux font notamment face à deux enjeux importants, avec, d'une part, les problèmes de densification dans les zones très fréquentées et en indoor et, d'autre part, la question de la résorption des zones blanches. Comme souligné en partie introductive, l'offre de services pourrait être étoffée en permettant par exemple à des opérateurs tiers de proposer des solutions, et ce, via la mise en place de régimes d'accès idoine, comme cela s'est fait pour l'indoor avec le soutien de l'Arcep.

A court et moyen terme, c'est du côté de l'offre de services aux entreprises et aux administrations que les principaux bouleversements sont attendus.

Afin de répondre aux besoins spécifiques des entreprises et des administrations, de nouveaux marchés ou segments de marchés se développeront dans les prochaines années. L'offre se structurera progressivement. TDF qui envisage de se positionner sur ces marchés a pu constater qu'il y avait un intérêt important de la part des verticales.

Question 12. Quels nouveaux besoins en fréquences identifiez-vous pour répondre à ces usages avec les technologies existantes, et, le cas échéant, avec l'introduction de nouvelles technologies ? Pour quelles raisons (capacité, débit, couverture...) ?

Pour que les nouveaux besoins puissent être satisfaits, il faut mettre à disposition de nouvelles bandes de fréquences (notamment la bande 26 GHz), mais aussi généraliser les régimes d'accès à ces fréquences afin de ne pas verrouiller artificiellement les marchés.

La mise en place de nouvelles bandes de fréquences permettra de répondre aux enjeux de densification, de mutualisation et de développement des réseaux privés et publics tels que décrits plus haut. **TDF remercie l'ARCEP concernant l'allocation des premières bandes de fréquences à cette fin et l'encourage à poursuivre l'allocation des bandes déjà identifiées.**

A titre d'exemple, la bande dite « 26 GHz » permettra une densification dans des zones particulièrement saturées (avenues et places commerciales et touristiques en centre-ville par exemple), afin d'apporter une connectivité suffisante pour tous. Les caractéristiques techniques de cette bande, qui nécessite la mise en place de petites antennes reliées entre-elles pour permettre la couverture d'un site (indoor ou outdoor), d'une artère ou d'une place, n'est pas sans rappeler les architectures que l'on retrouve habituellement en indoor. Aussi, il nous semble nécessaire de prévoir les mêmes caractéristiques de mutualisation que celles existantes et à venir en milieu indoor pour ce type de fréquence.

De manière générale (i.e. quel que soit le périmètre géographique d'attribution des fréquences), et comme expliqué en réponse à la question 6, il apparaît désormais nécessaire que l'ARCEP veille à ce que les détenteurs de fréquences puissent, via des régimes d'accès adaptés, confier à des opérateurs tiers la possibilité d'opérer directement les réseaux ; et ce, afin de favoriser leur mutualisation là où elle est économiquement et/ou techniquement nécessaire (par exemple, en zones dites blanches ou lorsqu'il y a des besoins de densification particulièrement élevés).

Position de TDF sur la partie 2

Question 13. Quelles perspectives la 5G offre-t-elle au tissu économique et industriel français ? En quoi les évolutions prévues (latence réduite, nombre massif d'objets connectés, débit amélioré) peuvent-elles s'avérer nécessaires pour embrasser l'ensemble des usages envisagés par les utilisations professionnelles de cette technologie ? Quel marché ces évolutions représentent-t-elles ? Quels bénéfices économiques peut-on attendre de l'appropriation de ces nouveaux services par les verticaux en général, ou par votre secteur en particulier ?

En permettant, potentiellement, de simplifier l'écosystème technique des réseaux des entreprises et des administrations, la 5G offre d'importantes perspectives en matière d'efficacité, de rentabilité et de durabilité.

Les performances et les caractéristiques particulières des réseaux 5G favoriseront le développement de nombreux cas d'usage qui permettront à l'industrie française de gagner en efficacité, en rentabilité mais aussi en durabilité. C'est un facteur clé pour la relocalisation d'unités de productions performantes et compétitives et pour la numérisation du tissu industriel déjà implanté en France.

Les bénéfices économiques attendus sont nombreux et facilement quantifiables : gain de productivité, optimisation de la gestion des stocks, mise en place d'outils de contrôle qualité, sécurisation des sites, gestion de la pollution et des déchets industriels, travail en filières, etc.

Les technologies actuellement déployées répondent aux besoins de communication des entreprises en accumulant différentes solutions sans fil (réseaux mobiles des opérateurs Télécoms, réseaux privés sur infrastructure dédiée, réseaux IoT, wifi...) créant ainsi de la complexité dans les systèmes et limitant le potentiel de développement de cas d'usages.

L'émergence de la technologie 5G va simplifier l'écosystème technique des réseaux des entreprises et offrir plus de flexibilité et d'évolutivité, ce qui permettra de faire converger les usages sur un support de communication unique.

Les réseaux PMN 5G permettront de répondre de manière sur-mesure à des besoins spécifiques et non couverts de l'industrie et des administrations.

Les réseaux 5G et notamment les Réseaux Privés Mobiles 5G (PMN 5G) apportent une solution de connectivité unifiée tout en répondant à la diversité des critères (latence, débit, fiabilité, connectivité voix, massive IoT...) nécessaires pour couvrir tous les cas d'usages existants et en favoriser de nouveaux.

Les nombreuses évolutions technologiques apportées par la 5G permettront donc de démultiplier les cas usages et de trouver les équilibres économiques nécessaires aux déploiements de Réseaux Privés Mobiles 5G (PMN 5G).

Le network slicing pourrait également répondre à certains besoins, dès lors que ceux-ci sont compatibles avec les capacités des réseaux ouverts.

Le network slicing (découpage de réseau), qui permet la création de sous-réseaux virtuels dans un réseau 5G, donnera la possibilité d'offrir un service adapté à certaines exigences de connectivité. Cependant, le network slicing dans le réseau 5G public des opérateurs mobiles - réseau qui, rappelons-le, repose sur les infrastructures partagées et dimensionnées pour les besoins du grand public - ne permettra pas d'atteindre un niveau de qualité de service et de fiabilité suffisant pour certains clients B2B et pour certains usages industriels (notamment en termes de débit, de latence, de densité de connexion et de temps de rétablissement). Cette technologie ne sera par

ailleurs disponible que dans le réseau 5G public standalone des opérateurs (i.e. avec une infrastructure totalement indépendante de la 4G) : elle ne sera donc pas disponible avant plusieurs années.

Certains cas d'usages seront potentiellement mieux satisfaits à travers les réseaux PMN 5G

Par exemple, un des cas d'usages professionnels des réseaux 5G pourrait être la vidéo ; et notamment, la remontée de données en provenance de caméras. Ces usages vidéo nécessitent une liaison montante très importante, et donc un lien montant largement supérieur à celui de la voie descendante. Or, les réseaux grand public des opérateurs mobiles ne présentent pas cette caractéristique. A l'inverse, les réseaux 5G privés permettront d'offrir des connexions sur mesure avec des trames adaptées aux besoins.

Aujourd'hui, faciliter l'accès aux fréquences permettra de soutenir le développement de la 5G industrielle.

Pour favoriser l'émergence de réseaux PMN 5G, il est important de rendre plus accessible la 5G en simplifiant et en adaptant les paliers des guichets d'accès aux fréquences aux besoins (comme le souligne le rapport de la mission 5G industrielle, dit « rapport Herbert »).

Question 14. Quels pourraient être les besoins spécifiques de mise à disposition de ressources temporaires pour des occasions particulières (chantiers, événements ponctuels) ?

Il faut prévoir la possibilité d'affecter des ressources temporaires en fréquences pour des services ponctuels et localisés afin d'optimiser la gestion du spectre.

Des fréquences 5G temporaires apporteront des garanties sur la disponibilité des ressources (en matière de débit, de QoS ou encore de résilience...) quand les solutions actuelles peuvent présenter des difficultés (concernant par exemple la disponibilité et/ou la qualité des fréquences libres).

Par exemple, des ressources temporaires pourraient être particulièrement utiles :

- Pour les chantiers de construction :

Dans le cadre de chantiers de constructions utilisant des outils et engins connectés (Construction 4.0) - tels que des grues ou des capteurs, des caméras - des fréquences 5G temporaires pourraient résoudre les problèmes de cohabitation avec d'autres services utilisant des radiofréquences (de Type Lora par exemple...). Aujourd'hui certains de ces équipements fonctionnent avec des fréquences libres et dépassent les taux d'usage permis, ce qui génère des interférences avec d'autres utilisateurs et donc des indisponibilités ou dysfonctionnements des services.

- Pour des spectacles ponctuels :

Dans le cadre de l'événementiel (concerts, festivals, ...), le besoin de connectivité ponctuel est important et souvent critique. Une verticale 5G accédant à des ressources temporaires permettrait de mettre en place, pour les médias, un réseau de collecte des différents équipements de contribution présents sur site (caméra, prise de son, ...) et qui nécessitent notamment beaucoup de débit et une très faible latence.

Des bulles tactiques 5G reposant sur des ressources temporaires permettront également aux forces d'intervention de la sécurité intérieure de bénéficier d'outils de communications supplémentaires ultra performants et sécurisés.

Question 15. Quels sont les besoins spécifiques des entités implantées dans plusieurs pays ? Identifiez-vous des besoins spécifiques aux très petites, petites ou moyennes entreprises (TPE et PME) ? Quels pourraient être les enjeux concernant les ressources fréquentielles qu'ils requièrent (quantité de fréquences, qualité de service associée, etc.) ?

Dans la mesure où les entités implantées dans plusieurs pays aspirent à ce que leurs terminaux fonctionnent sur toutes leurs géographies, une standardisation des récepteurs et des bandes de fréquences à l'échelle de l'UE ou de la CEPT apparaît indispensable.

Quant aux PME/TPE, celles-ci aspirent aussi à cette standardisation afin de pouvoir accéder à des récepteurs à des tarifs abordables. Des ressources fréquentielles affectées au service mobile au sens UIT répondent à cet objectif. Cependant, il convient ensuite que les administrations européennes fléchent les usages sur les bandes entre réseaux ouverts au public ou verticales. Bien qu'il ne soit pas indispensable, ce fléchage permettrait toutefois, comme l'a montré l'exemple allemand du 'campus network', de favoriser la création d'un écosystème autour des verticales.

Question 16. Pour quels usages et quels besoins le recours à chacun des trois types de réseaux listés supra semble-t-il être le plus pertinent ? Pour quelles raisons ? Quelles sont les exigences et prérequis afin que le recours à ces types de réseau puisse satisfaire ces besoins ? Quelles sont les bandes de fréquences qui permettraient le mieux de satisfaire ces besoins ? Quels sont les acteurs qui pourraient offrir ces solutions ?

Question 17. S'agissant des réseaux hybrides, pour quelles raisons le mix/la complémentarité entre les deux types de réseau pourrait-il être requis (résilience, complément de couverture, continuité d'accès au réseau ...) ? Quels seraient les schémas d'hybridation (distribution des éléments/des fonctionnalités entre réseau privé et réseau opéré) les mieux adaptés pour répondre aux besoins ou usages identifiés supra (par exemple accès sur le réseau public, coeur privé) ? Quel rôle joue l'accès aux fréquences dans ces différents schémas ?

La répartition des types de réseaux proposés par l'ARCEP semble pertinente à TDF :

- Réseau privé en propre dit « standalone » :
 - Certains professionnels peuvent exiger des performances en termes de latence, de capacité ou de couverture que les autres options ne permettent pas de remplir localement. Un réseau dédié permettra de répondre à ces critères.
- Réseau opéré ouvert au public via un slice
 - Le slicing permet, dans certains cas, de donner une capacité, une couverture et une latence donnée à un client, tout en réduisant le coût du service par rapport à un réseau privé.
- Réseau hybride
 - Le réseau hybride permettra quand c'est possible de s'appuyer sur un réseau ouvert pour des applications non stratégiques pour les utilisateurs ou pour lesquels l'opérateur sera en capacité de répondre et de basculer sur le réseau privé pour le reste.

Tous ces types de réseaux ont vocation à co-exister pour permettre le développement de tous les usages.

Plus les professionnels auront des contraintes particulières en matière de sécurité (comme c'est le cas pour les énergéticiens) ou/et des besoins spécifiques d'utilisation du spectre (fortes remontées de données liées à l'utilisation de caméras, fonctions « push » à heure fixe pour fournir à un grand nombre de travailleurs des jeux de données complets particulièrement volumineux...),

plus ils auront tendance à utiliser des réseaux privés dédiés, plus coûteux mais plus sécurisés et adaptables.

Les réseaux opérés ouverts au public via un slice ou les réseaux hybrides permettront d'apporter un degré de sécurisation suffisant au meilleur prix pour les professionnels ayant des besoins standards et pour lesquels la qualité du réseau est moins critique pour leur activité. Ce type de réseau pourrait permettre par ailleurs d'établir automatiquement des ponts sécurisés pour certains spécialistes (médecins, experts techniques...), quel que soit le lieu où ils se trouvent, lorsque leur expertise est requise en urgence.

Question 18. Toujours concernant les réseaux hybrides, quels types d'acteurs pourraient se positionner pour contribuer aux différents schémas d'hybridation ? Quels modèles d'affaires seraient alors envisageables pour la fourniture de telles solutions (par exemple modèle d'opérateur neutre) ?

Concernant les réseaux hybrides, si ceux-ci viennent effectivement à émerger, il sera sans doute préférable qu'ils soient opérés, quand c'est possible (selon la disponibilité de fréquences), par un opérateur neutre et ouvert, qui puisse fournir un service de gros pour permettre une concurrence saine à l'ensemble des opérateurs grand public et entreprises.

Question 19. Partagez-vous cette analyse des tendances en matière d'intermédiation et en identifiez-vous d'autres ? Comment voyez-vous le développement de l'écosystème autour de ces différents modèles ? Quels sont les avantages et les inconvénients des différents modèles ?

Il est clair que de nouvelles activités d'intermédiation vont émerger. Il est toutefois probable que les verticales, dont le métier n'est pas d'opérer des réseaux, souhaitent s'adresser à des intégrateurs pour répondre à leurs besoins.

TDF partage l'analyse de l'Arcep quant au fait que de nouvelles activités d'intermédiation vont émerger avec la désagrégation des différentes briques de réseau. En effet, afin d'adapter au mieux chaque brique à chaque besoin, les réseaux pourront être organisés selon des arrangements flexibles et divers : l'élaboration de tels réseaux, sur-mesure, nécessitera des expertises techniques et réglementaires très spécifiques, et donc le recours à des entreprises spécialisées sur telle ou telle question.

Toutefois, il est probable que les verticales souhaitent faire appel à des agrégateurs, chargés de fournir des solutions clé en main dans la mesure i) où ces verticales peuvent avoir des ressources et des tailles très diverses et ii) où les questions de réseau ne constituent pas leur cœur de métier.

TDF tient toutefois à attirer l'attention de l'Arcep sur le fait que, pour favoriser les usages autour de la 5G, le cadre réglementaire doit veiller à ce que les activités d'intermédiation reposent avant tout sur des savoir-faire techniques et réglementaires, et non sur des activités spéculatives, qui pourraient assécher les ressources permettant de développer les usages. En particulier, l'accès aux fréquences ne doit pas constituer un frein au développement des usages. Ainsi, si des marchés de la revente de fréquences devaient exister, ils devraient impérativement faire l'objet d'un contrôle très strict de la part de l'Arcep.

Question 20. Quels acteurs de l'écosystème sont les plus fondés à disposer d'autorisations d'utilisation des fréquences ? Pour quelles raisons ?

Les acteurs les plus fondés à disposer des autorisations d'utilisation des fréquences varient selon les cas d'usage. C'est pourquoi, pour les verticales, TDF recommande des attributions locales, qui permettent d'attribuer les fréquences au plus près des besoins.

Dans le cas des verticales, les autorisations d'utilisation des fréquences pourraient en effet, selon le cas, être détenues soit par les acteurs industriels eux-mêmes, soit par un opérateur :

- sur un site pétrochimique ou sur une centrale nucléaire, par exemple, l'acteur industriel pourrait directement détenir l'autorisation comme c'est le cas avec les autorisations PMR actuelles.
- dans le cas d'un campus ou d'un sites multi-acteurs, l'opérateur d'infrastructure qui propose le réseau dédié ou l'opérateur mobile qui met à disposition les slices sur un réseau hybride pourrait être le détenteur de l'autorisation.

Position de TDF sur la partie 3

Question 21. Quels sont les services grand public et professionnels indispensables fournis par les réseaux mobiles (navigation web, appels voix, appels visio, courriels, messagerie instantanée, streaming...) ? Les utilisateurs rencontrent-ils des difficultés pour accéder à ces services, et le cas échéant, dans quels cas et à quelle occurrence (endroit particulier, rarement/souvent en zones rurales, rarement/souvent à l'intérieur des bâtiments, en mobilité, sur les axes de transport...) ?

Question 22. Quels sont les critères de performances clefs nécessaires pour évaluer la qualité des services mentionnés ? Avez-vous noté des évolutions de cette qualité ces dernières années ?

Question 23. Quels seraient les besoins, en distinguant le grand public et les usages professionnels, qui pourraient ne pas être satisfaits par la combinaison des obligations déjà existantes ? Identifiez-vous d'autres leviers pour garantir que les déploiements répondent à ces besoins ? Si oui, quelles en seraient les modalités les plus adéquates ?

Réponse aux questions 21 à 23.

De manière générale, TDF tient à saluer la politique des pouvoirs publics et plus particulièrement de l'Arcep en matière de réseaux mobiles, dans la mesure où celle-ci a permis de développer considérablement la qualité et la couverture du réseau mobile.

Le New Deal, en particulier, a permis une amélioration sans précédent de la couverture mobile, principalement le long des axes de transport et en zone rurale. Qui plus est, ce modèle économique s'est avéré viable à la fois pour les opérateurs mobiles et pour des opérateurs comme TDF qui mettent des moyens financiers et des moyens opérationnels pour aider les opérateurs mobiles à atteindre leurs objectifs.

Aujourd'hui, sur ces réseaux grand public, TDF identifie notamment deux enjeux importants : la densification des réseaux et la résorption des zones blanches.

La densification des réseaux

Certains points des réseaux grand public connaissent localement des problèmes de connectivité, que ce soit à cause de la saturation des réseaux (allées commerçantes, gares, etc.) et/ou d'une mauvaise réception indoor. TDF estime à ce sujet qu'il serait intéressant que l'Arcep développe des indicateurs de la qualité des services indoor, cette question devenant de plus en plus prégnante avec le développement simultané des besoins indoor et des bâtiments à haute qualité environnementale (cf. notamment réponse de TDF à la question 24).

La résorption des zones blanches

Les études géomarketing réalisées par TDF montrent que, malgré les grands progrès qui ont pu être fait ces dernières années, certaines zones demeurent à ce jour non couvertes en services mobiles.

Des opérateurs tiers, neutres et « mutualisateurs » comme TDF, pourraient proposer des solutions techniques et économiques pour faire face à ces enjeux. Toutefois, pour que cela soit possible, des régimes d'accès idoines doivent être mis en place.

Pour les problématiques indoor, et comme souligné en introduction et dans les questions suivantes consacrées à l'indoor, c'est précisément grâce à l'existence d'un régime d'accès, inséré dans les licences des opérateurs mobiles, que TDF est maintenant en mesure de proposer de manière certaine des solutions innovantes à des problématiques de connectivité indoor.

Plus généralement et au-delà du problème spécifique de l'indoor, TDF estime que, à mesure que les usages grand public et professionnel vont se développer, le recours à des opérateurs tiers et « mutualisateurs » pour étendre les réseaux des opérateurs mobiles deviendra de plus en plus incontournable ; cette tendance milite clairement pour un développement des régimes d'accès dans les licences des opérateurs.

Question 24. Quelles sont les évolutions attendues des usages à l'intérieur des bâtiments ? Pour répondre aux besoins, quelles seraient les solutions techniques et les modèles d'affaires (par exemple opérateur neutre) les plus appropriés ? quels types d'acteurs seraient susceptibles de les déployer ? Quels seraient les enjeux concurrentiels, techniques, réglementaires ou d'autre nature liés à ces solutions et modèles d'affaires ?

Les besoins en matière de connectivité indoor vont continuer à augmenter avec le développement de la 5G.

Les besoins croissants de connectivité des opérateurs économiques font de l'accès au réseau mobile « indoor » un enjeu essentiel de couverture du territoire. Plus de 80% des appels téléphoniques sont ainsi réalisés à l'intérieur des bâtiments, notamment à l'intérieur des immeubles de bureaux. La crise sanitaire a agi comme un accélérateur dans l'adoption de nouveaux usages digitaux. Selon une étude Mc Kinsey², cette crise a accéléré la transformation digitale des entreprises d'environ 3 à 4 ans. Dans le cadre professionnel et privé, de nouvelles pratiques se sont démocratisées avec l'adoption massive des appels vidéo, du e-commerce et du click & collect. A terme, à l'intérieur des immeubles de bureaux, des lieux de commerces, de services et de loisirs, de nouveaux usages s'appuyant sur la réalité augmentée et la réalité virtuelle permettront le développement de nouveaux services et de nouveaux « business model ». En permettant le déploiement massif d'objets connectés, la 5G contribuera à l'avènement du « Smart Building », notamment en facilitant l'installation de systèmes (capteurs, vidéosurveillance...) permettant aux exploitants immobiliers d'optimiser la gestion de leur patrimoine et donc de minimiser son impact environnemental.

L'accès à une connectivité mobile indoor de qualité est un prérequis essentiel pour, d'une part, garantir l'accès aux services ancrés dans les habitudes des utilisateurs et, d'autre part, permettre le développement de nouveaux services³.

A l'intérieur des ouvrages immobiliers, deux problématiques sont aujourd'hui identifiées :

- la première est liée à la difficulté d'assurer une continuité de couverture à l'intérieur des bâtiments HQE dont les matériaux de construction, dans la recherche de la performance en termes d'isolation thermique, deviennent de moins en moins perméables à la réception de signaux mobiles extérieurs. Phénomène qui s'accroîtra avec le développement de la 5G faisant usage de fréquences plus élevées et donc moins pénétrantes à l'intérieur des bâtiments. Cette problématique a pu être qualifiée par une

² McKinsey & Company (5 octobre 2020), How COVID-19 has pushed companies over the technology tipping point—and transformed business forever, disponible à l'adresse suivante : <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever>

³ TDF a sur le sujet rédigé un livre blanc qui présente la question de l'indoor. Ce livre blanc est disponible à l'adresse suivante : <https://www.tdf.fr/infrastructures-telecom/couverture-mobile-indoor/>

étude du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), publiée en janvier 2021 et réalisée à la demande de l'ANFR. Cette étude met en évidence l'impact du vitrage sur la propagation des ondes électromagnétiques, permettant de qualifier une problématique à laquelle les propriétaires, exploitants et locataires de bâtiments HQE sont massivement confrontés.

- la seconde est liée à la capacité des réseaux des opérateurs de téléphonie mobile à garantir une expérience utilisateur de qualité dans les zones de fortes affluences (centres commerciaux, stades, lieux de loisirs...). L'accès à des services très consommateurs de données suppose en effet de dédier des ressources à ces ouvrages afin de garantir des débits et des temps de latence optimaux.

La technologie DAS permet aujourd'hui de répondre de manière satisfaisante aux contraintes posées par le déploiement indoor. Toutefois, d'autres solutions sont également envisagées.

L'environnement indoor est en effet un environnement extrêmement contraint dans lequel la mutualisation des systèmes indoor (antennes, câblage et équipements actifs de type répéteurs) est un prérequis pour trois raisons :

- limiter le déploiement d'équipements et donc optimiser leur intégration à l'ouvrage, tout en assurant un accès aux services de tous des opérateurs de téléphonie mobile
- optimiser les coûts de déploiement, d'exploitation et de maintenance
- limiter l'impact environnemental (optimiser le nombre d'équipements déployés et la consommation d'énergie associée)

Aujourd'hui, la technologie DAS (Distributed Antenna System) est la plus largement utilisée pour adresser ce besoin. Néanmoins, cette solution est encore imparfaite et de nouvelles solutions devront être mises en œuvre pour diminuer l'impact environnemental de ces projets tout en optimisant les coûts, grâce à une plus grande mutualisation du système (suppression des RRU grâce au raccordement direct entre le DAS et les BBU opérateurs et mutualisation des BBU opérateurs).

Le modèle de l'opérateur neutre, « mutualisateur » semble être le plus efficace pour déployer ce type de réseaux.

Le développement de systèmes indoor mutualisés doit en effet satisfaire aux exigences suivantes :

- garantir aux opérateurs de téléphonie mobile et aux utilisateurs finals la pérennité du service
- respecter la réglementation en matière d'exposition aux ondes
- garantir une ouverture des systèmes déployés, c'est-à-dire une neutralité technique et commerciale permettant un accès à tous

L'opérateur neutre est le modèle répondant au mieux à ces trois exigences :

- il apporte la garantie d'un système réellement ouvert à tous les opérateurs ;
- il garantit la qualité de service et sa pérennité, tant aux opérateurs qu'aux propriétaires immobiliers ;
- il apporte une capacité de financement et une flexibilité dans les modèles économiques permettant de viabiliser ces projets nécessitant des investissements importants.

TDF, en tant qu'opérateur neutre, démontre d'ailleurs au quotidien l'efficacité de ce modèle (métro de Rennes, Gares, Immeubles tertiaires...).

Dès janvier 2018, le « New Deal Mobile » soulignait l'importance de la couverture « indoor » en demandant aux opérateurs télécoms de renforcer les services Voix puis SMS sur Wi-Fi et « de faciliter l'accès des entreprises et personnes publiques à une couverture multi-opérateurs ». Ces obligations ont été renforcées dans le cadre de l'attribution des fréquences 5G de la bande 3,4 - 3,8 GHz avec, notamment, l'obligation pour les titulaires des licences de publier dès novembre 2021 « un cahier des charges commun des spécifications techniques et des procédures à respecter par des tiers pour l'installation de systèmes DAS » ainsi que « les conditions tarifaires de raccordement de [leurs] réseau[x] à un système DAS ». TDF se réjouit que l'Arcep ait pris cette initiative, dans un contexte où de nombreux freins subsistent encore pour que ce marché puisse s'ouvrir et se développer, dans l'intérêt des utilisateurs finaux.

Au début de l'année 2021, TDF a participé à la réunion multilatérale organisée par l'ARCEP afin de présenter une première version du cahier des charges proposé par les opérateurs. TDF a porté à l'attention de l'ARCEP la nécessité de prendre en compte la faculté pour un propriétaire ou un locataire d'un ouvrage immobilier de confier à un opérateur d'infrastructure neutre la conception, le déploiement d'un DAS et la gestion de son raccordement aux réseaux des opérateurs mobiles. En effet, cette faculté avait été exclue de la première version du cahier des charges porté à sa connaissance. Or, TDF considère que cela constituait une rupture d'égalité entre les acteurs économiques.

TDF constate qu'il s'agit d'une attente forte du marché et qu'il appartient au gestionnaire d'immeuble souhaitant installer un système DAS, et à lui seul, de définir librement, avec les différents prestataires, le modèle contractuel correspondant à son projet. De nombreux gestionnaires fonciers demandent ainsi à bénéficier d'un interlocuteur unique et d'une offre globale (déploiement du DAS et gestion du raccordement aux réseaux de téléphonie mobile des opérateurs).

Le cœur de métier des « towercos » est de permettre aux parties prenantes de disposer durablement d'infrastructure fonctionnelles et neutres permettant de garantir la couverture numérique du territoire. Elles ont notamment vocation à agir en tant qu'interface neutre (« neutral host ») entre les différents acteurs.

Pour que les utilisateurs finaux aient véritablement la possibilité de recourir à un opérateur neutre tel que TDF pour déployer des solutions indoor, TDF considère que certains points devraient faire l'objet d'une attention particulière de l'Arcep.

Si la publication de ce cahier des charges marque un véritable progrès, TDF considère que les points suivants devront faire l'objet d'une attention particulière de l'Arcep :

- proposer différents niveaux de service (nombre de fréquences 4G, 5G, MIMO, SISO) de façon à permettre aux propriétaires fonciers, occupants ou exploitants qui paieront le service, de choisir l'offre de service pertinente dont ils souhaitent bénéficier.
- garantir des conditions tarifaires non discriminantes, il est primordial que l'Arcep veille à ce que les grilles de prix s'appliquent également aux opérateurs de téléphonie mobile, lorsque ces derniers formulent directement des propositions commerciales aux gestionnaires ou locataires d'ouvrages immobiliers.
- intégrer dans le cahier des charges un cadre pour la mise en place d'architecture de type « BTS hôtel » consistant à permettre la mutualisation du raccordement aux réseaux des opérateurs entre plusieurs ouvrages immobiliers. TDF considère que ce type d'architecture est dorénavant mature et maîtrisé, et qu'il existe de nombreux exemples de mise en œuvre. Ce type d'architecture constitue un levier efficace permettant d'optimiser l'empreinte environnementale des équipements et les coûts associés aux déploiements de

systèmes indoor. En effet, la structure de coût de ces projets, dans une approche classique consistant à déployer des équipements opérateurs dédiés à chaque ouvrage (et à aménager un local technique spécifique), ne permet pas de rendre accessible économiquement les solutions de couverture mobile indoor aux plus petites surfaces. Aujourd'hui, seule la couverture indoor des très grands ensembles immobiliers s'avère viable économiquement. L'architecture de type « BTS hôtel » est la seule en mesure d'abaisser significativement les coûts de ces projets tout en diminuant leur impact environnemental.

Afin de veiller à la bonne mise en œuvre du cahier des charges et à son évolutivité, TDF considère, comme l'a proposé l'Arcep, que des réunions régulières, intégrant l'ensemble de l'écosystème (opérateurs de téléphonie mobile, « towerCos », aménageurs, propriétaires immobiliers, etc.) sont nécessaires. TDF se tient bien entendu prête à participer à ces réunions et reste à l'écoute et à la disposition de l'ARCEP pour l'accompagner dans ses réflexions.

Enfin, l'offre de service des « towerCos » pourrait à moyen terme intégrer la fourniture et l'exploitation des BTS (potentiellement au travers d'offre de virtual RAN), sur lesquelles seraient diffusées les fréquences des opérateurs. Les BTS des « towerCos » seraient ainsi raccordées au cœur de réseaux des opérateurs. Cela permettrait d'optimiser davantage l'empreinte technique et environnementale des équipements et d'abaisser le coût de déploiement de ces solutions indoor.

Question 25. Quelles fréquences supplémentaires pourraient permettre de répondre aux besoins de couverture et de qualité de service indoor, et de quelle manière ? En particulier : la bande 26 GHz est-elle adaptée pour des solutions ad hoc en indoor ? Les bandes 450 MHz et 1,4 GHz pourraient-elles permettre, vu leurs qualités de propagation, un gain de couverture en indoor via les réseaux mobiles ? Quelles autres fréquences pourraient être envisagées pour répondre à ce besoin de couverture ?

TDF considère avec intérêt l'usage de la bande de fréquence 26 GHz, aussi bien :

- **pour apporter un complément de capacité ciblé dans les zones publiques de très forte affluence**, comme les gares, les zones commerciales, les aéroports... Comme pour les solutions de couverture indoor actuellement déployées (DAS mutualisé couvrant le spectre 700 Mhz-3500 Mhz), le caractère contraint en terme d'espace de l'environnement indoor milite pour le développement de solution mutualisées.
- **pour répondre au besoin des industriels et de leurs applications métiers nécessitant une très faible latence.**

TDF a déjà mené plusieurs expérimentations sur le 26 GHz.

En indoor, les résultats de ces tests montrent un gain substantiel aussi bien en termes de débit que de latence grâce au massive MIMO et grâce à un espacement des sous porteuses pouvant aller jusqu'à 240 KHz. Ces tests en indoor ont été réalisés dans les laboratoires de TDF avec un cœur de réseau Athonet et un RAN Nokia. Les travaux d'optimisation indoor menés par TDF ont montré que l'activation du beamforming augmentait sensiblement les risques d'interférence lorsque le mobile se trouve en milieu confiné. C'est pourquoi, même s'il sera nécessaire d'utiliser des antennes actives pour l'usage du 26GHz, TDF recommande de ne pas activer le beamforming en indoor.

Avec cette expérimentation, TDF a pu montrer qu'il est possible de déployer en overlay un réseau 26GHz 5G sur une infrastructure indoor existante.

Au-delà des expérimentations indoor, TDF a aussi mené plusieurs expérimentation 26 GHz en outdoor :

- Couverture du circuit automobile de Versailles Satory pour des véhicules autonomes
- Test small cells sur notre Campus de Romainville

Sur la bande 1,4 GHz, 90 MHz sont déjà disponibles et doivent être attribués

Ces fréquences pourraient avoir un intérêt sur les sites à besoin capacitaire en apportant des ressources spectrales descendantes supplémentaires.

La bande 450 MHz présente des caractéristiques de propagation intéressantes ; mais les capacités sont très limitées (présence des réseaux PMR) et la bande nécessiterait une replanification. Au-delà du sujet indoor, TDF considère que cette bande devrait, après réorganisation, être proposée aux verticales.

Sur la bande 3.8 - 4.2 GHz

En complément du 26 GHz, la bande 3.8-4.2 GHz est actuellement étudiée pour une utilisation avec des puissances limitées en outdoor. En indoor, il n'y aura pas de limite de puissance du fait de l'absence d'interférence avec les autres systèmes. Cela en fait donc également une bande particulièrement adaptée dans cet environnement.

Question 26. Quel rôle joue le Wifi dans l'ensemble des solutions pour fournir des services à l'intérieur des bâtiments ? Le cas échéant, pour quels usages le Wifi n'est-il pas une technologie appropriée, et pour quelles raisons ?

L'intérêt du WIFI dépend notamment de la nature du bâtiment à couvrir.

On peut ainsi distinguer :

- **Les immeubles de bureaux** : le Wifi privé est une solution de connectivité sécurisée et éprouvée, qui permet la connexion de nombreux équipements professionnels non nécessairement équipés de carte SIM. Néanmoins cette solution de connectivité reste très intégrée au SI de chaque entreprise, rendant son utilisation par des tiers plus complexe et moins sécurisée à mettre en œuvre.
- **Les ERP (établissements recevant du public) et les ouvrages à forte densité d'utilisateurs (stades, centres commerciaux, halls d'exposition...)** : le WIFI constitue une solution de connectivité « Haute Densité » à même d'apporter une complémentarité aux technologies cellulaires sur le plan capacitaire. Il est ouvert à tous quels que soient la couverture ou les accords de roaming du fournisseur d'accès. Il permet ainsi de garantir de meilleurs débits aux usagers de ces sites. Le WIFI offre également la possibilité de développer des services à valeur ajoutée en connectant les usagers au gestionnaire du site notamment via son portail d'accès (géomarketing, services professionnels/métiers spécifiques...)

Par ailleurs, la technologie Wifi utilisant des bandes de fréquences dites « libres », i.e. sans garantie de protection contre les interférences avec d'autres services, elle permet de fournir une qualité de service limitée et non garantie. Aussi, cette technologie n'est pas adaptée à la fourniture de services de connectivité pour des usages critiques.

Les réseaux mobiles 4G-5G apportent une connectivité mobile « publique » complémentaire au Wifi et accessible à tous, indispensable au développement du bâtiment serviciel. Les solutions de couvertures indoor 4G/5G privées seraient donc à privilégier pour répondre aux nouveaux usages métiers très exigeants en termes de performances de connectivité (débits, mobilité, latence...).

En conclusion, la stratégie réseaux à privilégier en intérieur dépend donc des besoins propres à chaque bâtiment et des évolutions des usages métiers en cours ou à venir.

Question 27. Les dispositions existantes vous paraissent-elles satisfaisantes et suffisantes ? En particulier, pensez-vous nécessaire de prévoir des nouvelles dispositions pour assurer la généralisation du « très haut débit » ou permettre aux utilisateurs qui le souhaitent une redondance des réseaux filaires par des technologies hertziennes ? Avez-vous des propositions à faire ?

Question 28. Concernant les besoins pour les usages professionnels, identifiez-vous d'autres besoins que celui, évoqué supra, d'une connexion redondante afin de garantir la continuité de l'accès en cas d'interruption de service ? Quelles dispositions souhaiteriez-vous voir mises en œuvre ?

TDF considère qu'il n'est pas nécessaire de prévoir de nouvelles dispositions de couverture fixe et que les fréquences mobiles ont vocation à répondre aux besoins des usagers en mobilité.

TDF estime que l'utilisation de fréquences aux fins de satisfaction de besoins de connectivité Très Haut Débit fixe n'apparaît plus aujourd'hui pertinente au regard de l'objectif régulièrement réaffirmé par le Gouvernement d'une couverture du territoire national à 100% en fibre optique à l'horizon 2025.

En outre, dans l'hypothèse où certaines zones ou adresses du territoire ne seraient pas couvertes par une technologie filaire ou dans l'hypothèse d'un besoin de redondance qui ne pourrait pas être traité via une offre fibre, les offres satellite permettent aujourd'hui de bénéficier de prestations avec des débits supérieurs à 100 Mb/s auxquels sont associées des garanties de continuité supérieures à la technologie 4G Fixe par exemple.

Dans l'hypothèse d'une carence de marché pérenne identifiée, le Service Universel en cours de définition au sein des services de l'Etat permettra de définir les conditions de couverture spécifique au cas par cas.

Aussi, TDF considère qu'il n'est pas nécessaire de prévoir de nouvelles dispositions de couverture fixe. Par ailleurs, les fréquences mobiles ont vocation à répondre aux besoins des usagers en mobilité.

TDF attire enfin l'attention de l'Arcep sur l'utilisation par les OCEN Fibre de l'offre 4G Fixe pour garantir des GTR Fixe Entreprises, remettant ainsi en question les travaux de l'Autorité sur la segmentation des offres Fibre. Les fréquences étant des ressources rares, il est essentiel de les utiliser pour des besoins pertinents et non dans une logique d'économie de coût au détriment de la qualité perçue des réseaux filaires de nouvelle génération.

Question 29. Avez-vous des propositions (leviers d'action, moyens, stratégies etc.) à partager en matière de gestion du spectre ou d'attribution de fréquences pour réduire l'impact environnemental des réseaux et plus généralement promouvoir un numérique soutenable ? Quelles exigences ou prérequis seraient nécessaires pour rendre opérant, le cas échéant, ce levier (disponibilité de données, cohérence méthodologique, contrôle/audit a posteriori etc.) ?

Question 30. En tant qu'opérateur ou entreprise, disposez-vous d'une stratégie environnementale ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre au niveau de votre organisation ? Comporte-t-elle un volet réseau ou numérique ? Avec quels outils ou quelle méthodologie contrôlez-vous le respect de cette stratégie ? De quelle manière la sollicitation et l'utilisation de fréquences jouent un rôle dans cette stratégie ?

Question 31. Pour chacune des bandes de fréquences mentionnées en partie 4, identifiez-vous des impacts environnementaux positifs ou négatifs propres à l'utilisation de ces bandes de fréquences ?

Au-delà des réponses déjà apportées dans le reste de la consultation (notamment sur la mutualisation du 26 GHz), TDF souhaite souligner l'enjeu capital que représente ces questions de numérique soutenable, pour nous et pour nos clients. TDF remercie l'ARCEP de les avoir posées.

TDF, est conscient de son rôle prédominant dans ce domaine en tant que Towerco industrielle, qui conçoit, déploie, maintient, fournit systématiquement en énergie ses clients et opère ses propres équipements réseaux.

Nos axes de travail au quotidien sur ces problématiques sont les suivants :

Politique de Responsabilité sociétale

TDF dispose d'une politique hygiène santé et environnement qui repose sur quatre piliers dont un est intitulé « Protection de l'environnement ».

TDF dispose également d'une politique de responsabilité sociétale depuis 2019. Cette politique est composée de 12 engagements dont un concerne plus précisément l'énergie et s'intitule « Optimiser nos consommations d'énergie ». En effet, conscient d'être un grand consommateur d'énergie, TDF vise à optimiser ses consommations et dépenses en électricité et en énergies fossiles, et à améliorer son bilan des émissions de gaz à effet de serre.

Quatre axes principaux sont développés : le suivi et l'optimisation des consommations, le développement des énergies renouvelables et l'encouragement de l'engagement des collaborateurs.

L'ensemble de ces politiques sont disponibles sur www.tdf.fr.

Actions de réduction des consommations d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre

Depuis 2011, TDF réalise un bilan de ses émissions de gaz à effet de serre et a engagé des actions pour répondre à la nécessité de réduire ses consommations et de fait ses émissions de gaz à effet de serre.

A titre d'exemples, depuis plusieurs années, l'entreprise déploie des systèmes de régulation des installations de génie climatique favorisant le free cooling sur les sites de production, appelés CVC box, qui permettent de diviser par deux ou plus la consommation d'énergie.

Le dernier exemple en date concerne le site de production de Marseille-Etoile. Trois CVC box ont été mises en service sur ce site. Cette opération a permis le recyclage des calories et la suppression complète de la chaudière à fuel. Ce sont désormais 30 000 litres de fuel qui ne sont plus consommés annuellement.

Un programme de déploiement d'ombrières photovoltaïques est en cours depuis 2021. Il doit permettre de réduire les émissions de dioxyde de carbone de 45 tonnes par an.

Enfin, pour les pylônes de grande hauteur, ou ceux situés en zone de navigation aérienne, soumis à une obligation légale de balisage diurne et nocturne vis-à-vis de l'aviation civile pour permettre de prévenir les avions de la présence d'un point haut, TDF déploie, chaque année, sur quelques sites un nouveau système, composé de feux LED de haute et moyenne intensité qui remplace le

balisage au Xénon utilisé précédemment. Ces installations permettent de diviser par deux la consommation d'énergie.

Ces actions sont détaillées dans la Communication sur le Progrès de TDF, dans le cadre du soutien de l'entreprise au Pacte mondial des Nations-Unies, depuis 2014, et accessible à tous sur www.tdf.fr

Un programme qui a mené à la conception du premier mat télécom 100% végétalisé (240 plantes permettant de créer 7 à 15 fois plus de surfaces végétalisées que la surface au sol utilisée, tout en réduisant la consommation en eau), en partenariat avec une entreprise française du paysage particulièrement innovante : Mube. Le premier mât a été implanté à Romainville, sur notre site de Recherche et Développement, et TDF envisage de généraliser ce type de déploiements pour des localités souhaitant améliorer leur bilan carbone.



Enfin, TDF poursuit sa **recherche de solutions innovantes pour réduire l'empreinte des terminaux**, qui pèse à ce jour bien plus dans la balance de l'ensemble du numérique que les réseaux, comme cela a été mis en avant dans l'excellente étude de l'ARCEP et de l'ADEME sur le sujet. A ce titre, la mise en place de puissance de calcul dans le réseau, grâce à l'Edge Computing, pourrait représenter un formidable moyen de délester les besoins en puissance dans les terminaux, et de réduire leur cycle de renouvellement.

Question 32. Comment les stratégies d'attributions de fréquences peuvent-elles contribuer à la mutualisation des infrastructures ? Au-delà du cadre existant, quelles sont les mesures spécifiques en matière de partage de réseaux mobiles pour les déploiements futurs qui pourraient être utiles ? Dans quelles bandes de fréquences et pour quelles raisons ?

Les stratégies d'attributions des fréquences peuvent contribuer à la mutualisation en fonction du degré de mutualisation autorisé dans l'attribution des fréquences :

- Mutualisation des sites
- Mutualisation des infrastructures passives
- Mutualisations des infrastructures actives (MORAN)

- Mutualisation du spectre (MOCN)

Dans ce schéma, la mutualisation du spectre constitue donc la phase ultime permettant le plus de flexibilité et le plus d'optimisation.

Pour les bandes qui n'ont pas encore été attribuées, TDF considère qu'il peut être opportun d'étudier la possibilité d'autoriser la mutualisation du spectre sur les bandes de fréquences présentant le plus de difficultés en termes de déploiement et d'exploitation. Ces difficultés peuvent être d'ordre technique, économique ou encore environnemental.

La bande 26GHz, qui présente des qualités indéniables en termes de capacité (débit, faible latence), peut toutefois représenter un réel défi technique et économique en termes de déploiement et d'exploitation.

Ce défi est notamment lié i) à la difficulté à trouver un nombre important de sites avec une granularité suffisante pour garantir la mobilité, ii) aux contraintes environnementales et iii) aux contraintes d'intégration paysagères des collectivités locales.

La stratégie d'attribution pourrait ainsi opportunément contribuer à la mutualisation en permettant, localement, à un opérateur tiers de déployer un réseau mutualisé, qui réponde aux défis que pose la bande 26 GHz. Cela pourrait également être le cas sur les zones les plus difficiles à couvrir (zones blanches, non desservies à date) où un opérateur neutre pourrait déployer un réseau mutualisé afin de couvrir les zones économiquement peu rentables pour le compte des opérateurs, en assurant à la fois un service de qualité et un coût réduit pour ces-derniers, dans le cadre par exemple d'un programme spécifique porté par l'ARCEP comme l'est le New Deal.

Question 33. Dans quel environnement (par exemple : indoor/outdoor, zone dense/moins dense, etc.) la mutualisation des petites cellules serait-elle la plus appropriée ? Pour quels gains ? Au contraire, dans quel environnement serait-elle la plus problématique ? Pour quelles raisons ? Quels sont les enjeux concurrentiels et/ou stratégiques liés à la mutualisation des petites cellules que vous identifiez ?

D'un point de vue économique et environnemental, la mutualisation des petites cellules serait pertinente quel que soit l'environnement. Toutefois, l'impact de la mutualisation peut être variable selon les situations.

En indoor, par exemple, il est pertinent d'autoriser le plus haut degré de mutualisation (mutualisation du spectre), car il ne peut pas y avoir de concurrence par les infrastructures dans ce type d'endroit. Il n'est pas possible d'envisager le déploiement de 4 petites cellules pour 4 opérateurs différents afin de couvrir le même hall de gare par exemple. Ça ne fait sens ni sur le plan économique, ni sur le plan environnemental ou technique. TDF pense qu'en indoor, la mutualisation doit être la règle et non une option.

En outdoor, la mutualisation des réseaux devrait, selon TDF, avoir lieu en premier là où elle est nécessaire :

- Pour des raisons liées aux contraintes économiques
- Pour des raisons liées aux contraintes environnementales ou techniques, liées par exemple à la disponibilité des supports : c'est le cas du 26 GHz dont les portées particulièrement faibles obligeraient à des déploiements massifs en l'absence de mutualisation, ce qui aurait des répercussions environnementales, paysagères et / ou économiques. TDF a étudié le déploiement d'antennes 26 GHz en milieu urbain depuis de nombreuses années : il ressort qu'héberger plus de deux antennes sur un même mat (qu'il s'agisse d'un totem dédié ou de supports d'éclairage) est particulièrement complexe à mettre en œuvre, ce

qui confirme le besoin de mutualiser. On retrouve pour ce type de fréquences des contraintes similaires à celles de l'indoor (impossibilité d'une concurrence par les infrastructures).

Position de TDF sur la partie 4

Avant de répondre aux questions soulevées dans cette quatrième partie du document de la consultation, TDF souhaite attirer l'attention de l'Autorité sur la nécessité en priorité :

- 1) d'utiliser les bandes de fréquences d'ores et déjà identifiées (par exemple, la bande 700 SDL, la bande L, la bande 26 GHz, etc.) ;*
- 2) de vérifier l'usage qui est fait des bandes déjà attribuées.*

A ce titre, TDF trouverait utile que soit mis à disposition un tableau listant les bandes qui relèvent de la compétence de l'Arcep, et qui précise, pour chacune d'elle, un indicateur de l'utilisation qui en est faite.

Question 34. Parmi toutes les bandes de fréquences listées ci-dessus et détaillées par la suite, lesquelles apparaissent prioritaires pour vos besoins ?

Pour TDF, la bande UHF est une bande prioritaire, affectée aux besoins du Broadcast sur le long terme par la Loi française du 14 octobre 2015 et par une Décision Européenne de 2017. Il paraît dès lors surprenant de la voir évoquée ici auprès de bandes déjà disponibles, voire allouées au service mobile, mais non attribuées.

Question 35. Identifiez-vous d'autres bandes de fréquences présentant un intérêt pour le service mobile dans un horizon rapproché ?

TDF identifie notamment quatre bandes qui présentent un intérêt pour le service mobile à court et moyen terme.

- La bande 3.8-4.2 GHz doit être mise à disposition des verticales 5G pour permettre l'essor de cette technologie grâce à sa proximité avec la bande cœur 5G des réseaux ouverts au public.
- En complément, afin d'avoir accès à des puissances plus importantes que celles prévues dans cette bande 3.8-4.2 GHz, TDF pense qu'il serait utile d'affecter le spectre du THD Radio (3410_3490 MHz) aux 5G PMN lorsque les autorisations en cours sur cette bande arriveront à échéance. Ainsi, la France pourrait proposer comme l'Allemagne, avec ses Campus Network, du spectre aux PMN sur le spectre cœur de celle-ci.
- La bande 450 MHz qui doit être normalisée et faire l'objet d'une réorganisation des usages actuels pour identifier, peut être progressivement, du spectre dédié aux verticales 5G. Ses capacités de couverture et de pénétration seront un atout précieux pour les réseaux privés.
- Enfin, dans le cadre de l'attribution de la bande des 26 GHz, il conviendra là encore de prévoir du spectre certainement à plus long terme pour les applications industrielles qui devraient bénéficier des développements de l'écosystème 5G 'classique'.
Concernant la bande des 26 GHz, TDF souhaite que l'attribution de cette fréquence permette aux opérateurs d'infrastructure mutualisée, ayant à la fois la capacité à investir et le degré de maîtrise technique nécessaire pour opérer un réseau dans sa globalité, de devenir acteur de la mutualisation (par exemple, via une attribution locale et/ou un régime d'accès).

Question 36. Parmi les bandes de fréquences qui font l'objet de questions ci-dessous, lesquelles semblent les plus appropriées à une attribution localisée ? A une réutilisation par usage secondaire ?

Les réseaux 5G PMN, par la diversité potentielle des acteurs, sont des candidats naturels à des fréquences attribuées localement. Ainsi les fréquences citées pour ces réseaux (450 MHz, 3.41-3.49GHz, 3.8-4.2GHz, 26 GHz) rentrent selon TDF dans ce cadre. Seule cette attribution localisée, pourra permettre l'émergence de verticales (le campus network à 3.5 GHz en Allemagne en est l'une des démonstrations).

Au-delà des bandes affectées aux verticales, les bandes hautes du fait de leur propagation limitée sont aussi candidates à de telles procédures d'attribution.

Question 37. Le cas échéant, si ces bandes de fréquences voient coexister usage mobile et autres usages (satellite, lien fixe ...), quels modes de partage vous apparaissent pertinents ?

Bien qu'il soit délicat de répondre de manière générale à cette question, TDF estime que tout projet de partage de fréquence doit a minima respecter les principes conducteurs suivants :

1. Reconnaître une priorité aux utilisateurs actuels de bandes ;
2. Contraindre les nouveaux occupants à minimiser les brouillages éventuels qu'ils vont causer ;
3. Faire supporter les coûts éventuels de traitement de ces brouillages aux nouveaux occupants ; et,
4. En présence de problème de brouillage sans solution, déplacer le nouvel entrant dans le spectre.

La bande 1427-1517 MHz (dite 1,4 GHz)

Comme TDF l'a souligné dans son propos introductif sur la partie 4, la priorité doit être d'utiliser les bandes identifiées, et notamment la bande L. Cette bande de fréquences est en effet située à la limite des bandes basses. Elle est allouée au service mobile pour renforcer le lien descendant comme la bande 700 SDL mais elle reste non affectée à ce stade. Ceci est d'autant plus surprenant que de nombreux acteurs du monde mobile demandent l'ouverture de nouvelles bandes de fréquences. Il conviendrait pour cette bande comme pour d'autres d'avoir un indicateur de leur utilisation effective.

La bande 24,25 - 27,5 GHz (dite 26 GHz)

TDF considère que cette bande est très importante, notamment pour répondre aux problèmes de densification des réseaux. Aussi, TDF pense qu'il est temps de l'allouer, en veillant d'une part à ce que le mode d'attribution favorise le partage d'infrastructures et qu'il permette à de nouveaux acteurs (par exemple, des opérateurs « mutualisateurs » ou des verticales) d'accéder à du spectre.

Selon TDF, cette bande de fréquences, identifiée pour la 5G au niveau européen notamment, va être particulièrement importante, dans la mesure où elle va permettre d'héberger de multiples acteurs et modes d'utilisation :

- de multiples acteurs, car MNOs et verticaux devraient pouvoir en partager l'usage du fait des conditions de propagation ; cette utilisation par les verticaux avait d'ailleurs été évoquée par l'Arcep et l'ANFR lors de l'attribution de la bande 3.5GHz aux réseaux ouverts au public.

- de multiples modes d'utilisation car le seul usage classique par opérateur pourrait, dans des lieux publics à fort trafic ou pour des raisons environnementales, être remplacé au profit d'un mode partagé (de l'infra au spectre).

Question 57. Quels sont les cas d'usages que vous attendez avec cette bande de fréquences ? Identifiez-vous des freins à leur déploiement ?

La bande dite 26 GHz engendre, du fait notamment d'une portée réduite du signal, des contraintes spécifiques qui limitent son usage à la densification de réseaux mobiles sur des zones particulièrement denses (grandes avenues ou places commerçantes, zones touristiques...) ou en indoor. Il s'agit d'enjeux essentiels, notamment pour les réseaux grand public, qui vont connaître de plus en plus des problèmes de saturation.

Question 59. Cette bande de fréquences peut-elle être déployée dans un réseau sans que d'autres bandes de fréquences plus basses (bandes d'ancrage) soient utilisées par ce même réseau ? Si non, pourquoi et quelles autres bandes de fréquences seraient nécessaires, en 5G NSA et 5G SA ?

TDF n'a pas connaissance d'équipements réseau et de terminaux capables de fonctionner sans fréquence d'ancrage plus basse actuellement ou à court terme.

Toutefois, d'un point de vue purement technologique, il n'y a pas d'obstacle à utiliser la bande 26 GHz en SA seule. En pratique, la portée de la bande 26 GHz est beaucoup plus limitée relativement aux bandes plus basses : de ce fait, déployer la bande 26 GHz avec un ancrage dans des bandes plus basses est nécessaire dans le cas d'un réseau public ou très étendu. En revanche dans un réseau tel qu'un réseau privé, à faible empreinte géographique, cela est envisageable.

Question 60. A quel horizon souhaitez-vous voir l'attribution de cette bande de fréquences ? A court/moyen terme, l'attribution de la sous-bande comprise entre 26,5 et 27,5 GHz vous semble-t-elle suffisante pour assurer les cas d'usages que vous avez identifiés ?

TDF considère qu'il convient désormais d'allouer cette bande de fréquences.

Question 64. Quelles modalités géographiques d'attribution de la bande 26 GHz vous semblent pertinentes ? Pourquoi ? Dans les différents cas, quelles devraient être les largeurs de bandes attribuées ?

La bande des 26 GHz semble suffisamment large pour permettre de répondre aux besoins des différents acteurs. Comme indiqué précédemment, TDF souhaite que l'attribution de cette fréquence ouvre un régime d'accès permettant aux opérateurs d'infrastructure mutualisée, ayant à la fois la capacité à investir et le degré de maîtrise technique nécessaire pour opérer un réseau dans sa globalité, de devenir acteur de la mutualisation.

Compte tenu des très faibles portées du 26 GHz, un déploiement national « sans couture » (i.e. présentant une couverture continue sur l'ensemble du territoire) est à ce jour inenvisageable. Cette fréquence sera probablement utilisée dans des zones particulièrement denses pour assurer la densification des réseaux.

Aussi, l'utilisation des petites antennes (small cells) est particulièrement adaptée aux réseaux 26GHz. Ces small cells seront très probablement déployées en majorité sur du mobilier urbain.

La collectivité, en tant que propriétaire du mobilier urbain et responsable de l'aménagement du territoire, devra donc selon nous être partie prenante du processus de déploiement du 26 GHz.

Enfin, du fait des faibles portées citées plus haut, il semble nécessaire à TDF, pour des raisons d'empreinte environnementale et paysagère, de favoriser au maximum la mutualisation des small cells 26 GHz. Un opérateur neutre pourrait donc se charger du déploiement de l'ensemble du réseau, avec le soutien de la collectivité locale et de l'ARCEP, pour le compte des opérateurs mobiles.

C'est la raison pour laquelle TDF recommande une allocation locale de la fréquence, afin de permettre la meilleure utilisation du spectre par l'opérateur du réseau mutualisé local.

Toutefois, il conviendra également de prévoir une bande de garde avec le spectre dédié aux verticales qui auront une empreinte locale et potentiellement un usage TDD différent en termes de répartition uplink/downlink et donc une trame de synchronisation potentiellement différente.

La bande 3410 - 3490 MHz (bas de la bande 3,5 GHz)

TDF considère, comme évoqué plus haut, que ce spectre pourrait être très utile aux 5G PMN car disponible dans la bande cœur de la 5G. Il dispose d'ores et déjà d'équipements déployables, et ce, pour des niveaux de puissance supérieurs à ceux prévus dans la partie supérieure de la bande C (3.8 - 4.2 GHz) qui risquent pour certaines verticales d'être insuffisants. Il permettrait à la France de proposer à son industrie l'équivalent des Campus Networks allemands à qui le régulateur allemand a alloué 100MHz dans la bande 3.4-3.8 GHz.

Question 65. Compte tenu des éléments ci-dessus, quel calendrier d'attribution vous paraît le plus pertinent ?

TDF pense qu'il est possible d'allouer ce spectre rapidement aux verticales (et ce, localement) du fait de l'utilisation limitée et elle aussi locale (département) du THD radio. En effet, à ce jour, selon le site de l'ARCEP, seuls quinze départements utiliseraient ou projettent une utilisation de ce spectre pour le THD radio.

Question 68. Concernant la deuxième option, quelle serait la granularité minimale de fréquences à attribuer par titulaire ? Quelles modalités de coexistence entre les différents titulaires d'autorisation de fréquences dans la bande 3,4 - 3,8 GHz faudrait-il mettre en place ?

Question 69. Quelle option, parmi celles présentées ci-dessus, estimez-vous la plus pertinente ? Pour quelles raisons ?

Réponse aux questions 68 et 69

TDF est favorable à l'option 2, qui prévoit un usage pour les verticales. L'adoption d'une trame de synchronisation commune entre les réseaux pourrait être envisagée, les réseaux les plus isolés pouvant éventuellement s'en écarter après étude radio. Une bande de garde avec les réseaux ouverts au public au-dessus de 3.49 GHz semble en revanche nécessaire afin d'éviter les interférences si les trames de synchronisation ne sont pas identiques.

La bande 3,8 - 4,2GHz

Question 72. Quels sont, selon vous, les cas d'usages attendus avec cette bande de fréquences ? Envisagez-vous de répondre au guichet d'expérimentation ?

Question 73. Voyez-vous un intérêt à utiliser cette bande pour de la 5G ou une autre technologie mobile ? À quel horizon ? Avec quelle quantité et quel périmètre géographique ? Pour fournir quels services ?

Question 74. Quelles conditions de cohabitation avec les autres services déjà présents dans la bande imaginez-vous ?

Question 75. Une fois la bande normalisée, souhaiteriez-vous la voir attribuée en France ? Si oui, selon quelles modalités ?

Réponse aux questions 72 à 75.

A l'instar des réseaux ouverts au public qui disposent de spectre entre 3.4 et 3.8 GHz, les verticales devraient disposer dans ce spectre de capacité de déploiement. Cette utilisation est d'ailleurs prévue en partage avec le service fixe par satellite. La CEPT sous l'impulsion de la Commission Européenne (« CE » ci-après) instruit actuellement les conditions d'usage dans cette bande pour des réseaux 5G ayant recours à de petites ou moyennes puissances. Le Royaume Uni n'a pas attendu la demande de la CE pour lancer l'usage de cette bande avec ce type de puissance.

Cette bande est susceptible de bénéficier des développements matériels effectifs dans la bande voisine des 3.5 GHz pour la mise à disposition de matériels performants aux verticales mais risque néanmoins de souffrir des limitations de puissance envisagées pour certaines verticales. C'est pourquoi, TDF propose de compléter l'offre avec le spectre THD Radio là où ceci est possible aujourd'hui et post 2026 dans toute la France.

Question 76. Pensez-vous nécessaire d'imposer une trame de synchronisation dans cette bande ? Si non, quel autre mode de coordination estimez-vous pertinent ?

Il semble que le trafic réseau sera différent de celui des réseaux publics pour les réseaux privés avec un trafic montant plus important. Dès lors, une bande de garde semble nécessaire pour assurer l'absence de brouillages avec les réseaux MNOs dans la bande 3,5GHz.

En revanche, à l'intérieur de la bande, l'adoption d'un mode commun pour les réseaux potentiellement en interaction pourra être nécessaire (sauf cas particulier - cf. réponse de TDF à la question 64).

La bande 738 - 753 MHz (dite 700 MHz SDL)

Question 77. Voyez-vous un intérêt à utiliser la bande 738 - 753 MHz en canalisation SDL pour de la 5G ou une autre technologie ? À quel horizon ? Quelle largeur de bande vous semble pertinent pour l'utilisation de cette bande ?

L'alignement de la canalisation 700 en Europe sur le plan APT FDD a eu pour conséquence de laisser un duplex gap de 25 MHz, ce qui est important (+ de 26% des 96 MHz libérés). Ce problème a été en partie résolu par l'allocation de ce spectre aux PPDR et l'identification de spectre SDL. Toutefois, il convient désormais de s'assurer qu'il soit effectivement utilisé.

Avec la bande L, ce sont 105 MHz de fréquences basses qui ont été libérées et sont actuellement pour tout ou partie en jachère alors que certains acteurs veulent identifier à nouveau d'autres fréquences basses.

La bande 66 -71 GHz

Question 78. Quels usages envisagez-vous dans cette bande, dans ce cadre d'autorisation générale ? L'introduction de la 5G vous semble-t-elle pertinente ? A quel horizon ?

La 5G NR-U est possible dans cette bande, y compris en standalone (indépendamment d'autres bandes). Le mode d'autorisation générale et les caractéristiques de propagation en limitent toutefois les applications (les usages fixes pour réseau backhaul sans fil à courte portée entre stations mobiles, par exemple entre Small Cells, semblent les plus pertinents).

La bande 450 - 470 MHz (dite bande 450 MHz)

TDF considère que la bande 450 allouée au service mobile pour les applications de type PMR est une bande intéressante pour y déployer les services de type 5G industrielle. L'intérêt potentiel pour les MNOs nous apparaît en revanche très limité du fait de la faible quantité de spectre disponible.

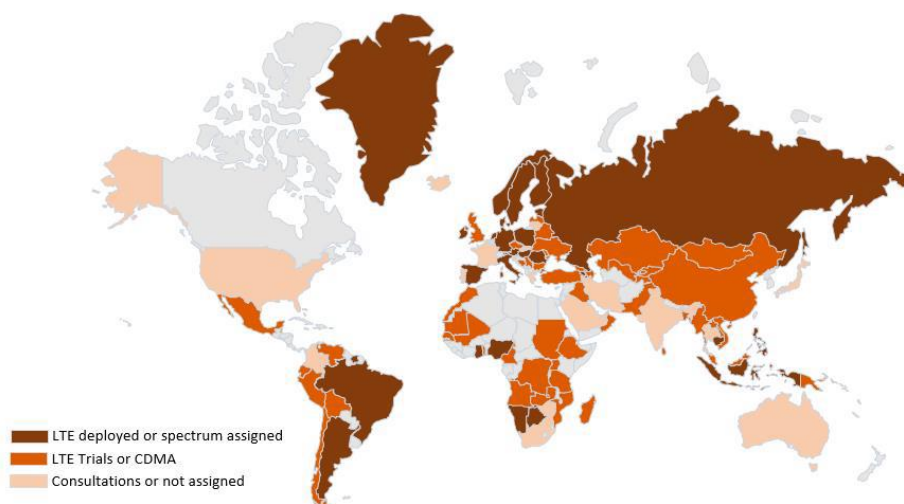
Toutefois, il paraît nécessaire, préalablement à tout projet d'allocation, de dresser un réel inventaire des stations PMR en service et de mener une replanification afin de libérer des blocs pour la 5G industrielle. La bande 410-430 MHz pourrait, notamment hors Île-de-France, permettre d'accueillir certains de ces réseaux bande étroite. En Île-de-France, le haut de bande 450-470MHz, bien que déjà chargé, pourrait recueillir les autorisations renouvelées qui n'ont pas fait l'objet d'une migration en 4G/5G privée.

Une identification progressive de 2*1,5 MHz puis 2*3MHz (453-456 & 463-466 MHz) pourrait permettre des déploiements intéressants.

Concernant la disponibilité des matériels, l'alliance 450 MHz (450alliance.org) donne un aperçu de ceux-ci et des déploiements déjà effectifs en Europe et à travers le monde dans son document intitulé « Annual Equipment report » et publié en avril 2022⁴.

Carte mondiale des déploiements 380 MHz, 410 MHz et 450 MHz

⁴ Le graphique est disponible à l'adresse suivante, p. 3 du document : <https://450alliance.org/wp-content/uploads/2022/04/450Alliance-annual-equipment-report-P-rev-Final.pdf>



La bande 470-694 MHz

Question 88. Quelles sont vos prévisions de croissance du trafic mobile et de l'usage qui appuieraient un besoin en fréquences basses ? A quel horizon ? Quelle quantité de bande serait nécessaire ?

Question 89. Pourquoi les besoins auxquels pourraient répondre cette bande ne pourraient-ils pas l'être par d'autres moyens (par exemple, l'extinction des technologies 2G/3G dans la bande 900 MHz en vue d'une utilisation par les technologies 4G/5G, la mobilisation de bandes parmi celles décrites en partie 4.2 de la présente consultation, l'agrégation de porteuses des bandes déjà exploitées) ? Ces besoins appelleraient-ils un périmètre d'attribution national ou local ?

Question 90. Est-ce que certaines technologies mobiles pourraient répondre aux besoins de la diffusion audiovisuelle ? Quel est votre avis sur l'intérêt de la 5G broadcast sur cette bande ou sur d'autres bandes ?

Question 91. Sous quelles conditions estimez-vous qu'une cohabitation entre des services mobiles et la TNT serait possible ?

Réponse aux questions 88 à 91.

TDF souhaiterait d'abord rappeler ici que le spectre en 470 et 694 MHz est, depuis la Décision européenne de 2017, alloué au service de radiodiffusion au moins jusqu'à fin 2030. Cette garantie est d'ailleurs reprise dans la loi française. Aussi, il nous paraît très prématuré que l'ARCEP questionne l'usage potentiel de cette bande pour le service mobile dans cette consultation.

TDF ajoute que plus de 40 pays en Afrique développent la TNT, avec des besoins croissants de fréquences pour le déploiement des réseaux et l'augmentation du nombre de chaînes : la vision de la bande UHF doit s'apprécier à l'échelle de la région 1.

La France a par ailleurs répondu lors des questionnaires UIT sur les besoins à long terme de la radiodiffusion et des autres services potentiels dans cette bande en indiquant que tout éventuelle

évolution de l'usage de la bande était liée à une évolution des besoins audiovisuels au-delà de 2030.

Comme indiqué à la question 77, à ce jour, plus de 100 MHz de fréquences basses allouées au service mobile sont inutilisées et la migration vers des technologies plus récentes des bandes 900, 800 et 700 MHz permettra, comme l'ARCEP le suggère dans la question 89, d'obtenir de meilleures performances de l'utilisation de ces fréquences.

La 5G broadcast, pourrait se déployer dans la bande UHF affectée aux services de télévision, afin d'adresser l'usage croissant de consommation de la télévision en mobilité, de façon qualitative et sans encombrer les réseaux mobiles

TDF pense que cette technologie pourra compléter les services déjà proposés par les technologies de diffusion existantes (TNT, etc.), en adressant les besoins des téléspectateurs et notamment des plus jeunes, dont la consommation de télévision en mobilité se développe. Elle contribuera à décharger les réseaux des opérateurs mobiles, qui sont de plus en plus sollicités notamment pour des usages vidéo, avec l'efficacité qualitative et énergétique d'un réseau broadcast.

Des services de télévision diffusés en 5G broadcast pourront être déployés en bande UHF sous l'autorité de l'Arcom, qui régule l'audiovisuel et s'appuyer sur les infrastructures broadcast existantes (TNT et radio). La 5G broadcast étant une norme ETSI dédiée au Broadcast (certes basée sur une technologie mobile puisqu'issue des travaux du 3GPP), elle a toute sa place dans cette bande UHF dédiée au Broadcast dans le TNRBF.

TDF via sa participation à BNE mais aussi à travers différents groupes de travail d'instances internationales et différentes expérimentations, contribue au développement et l'évaluation des capacités de cette technologie, afin d'accompagner ses clients audiovisuels dans leur besoin de couverture en mobilité.

TDF soutient que la bande 470-694 MHz devrait rester exclusivement dédiée aux services audiovisuels et il ne semble donc pas pertinent à ce jour d'envisager une co-affectation dans cette bande avec le service mobile.

Les conditions de partage entre la TNT et le service mobile ont été largement analysées en amont des deux premiers dividendes, mais aussi en préparation de la prochaine CMR. L'expérience a aussi montré qu'en adjacent, les émetteurs Mobiles (ex LTE à 800 MHz) ont généré un grand nombre de brouillages sur les antennes TNT, notamment celles amplifiées chez les particuliers ou sur les antennes collectives. Le problème a pu être géré grâce à l'installation de filtres qui rejetaient la bande 800 derrière l'antenne TNT mais il a toutefois pu pénaliser l'image de la TNT. A 700 MHz, le problème fut de moindre importance, le recours à un duplex classique permettant de rejeter le lien descendant sur le haut de la bande, mais malgré tout certains filtrages ont été nécessaires.

Ces deux expériences d'une utilisation en bandes adjacentes ont montré les limites de ce type d'utilisation mais aussi celles d'une utilisation sur les mêmes bandes de fréquences, notamment aux frontières avec l'apparition de brouillages du fait de calendrier de migration différents entre états membres de l'Union Européenne. Les travaux préparatoires à la CMR-23 ont montré que des distances de réutilisation sont nécessaires :

- jusqu'à 200 km, entre une émission TNT et un uplink mobile ;
- jusqu'à 40 km, entre un lien downlink mobile et une réception TNT.

La compatibilité entre une utilisation FDD classique et la TNT n'est donc pas possible avec un schéma FDD mobile.

Les travaux 3GPP à venir visant à identifier une canalisation de 8MHz pour cette bande afin d'introduire la 5G Broadcast et en simplifier la planification pourraient permettre d'utiliser certains canaux en SDL avec des contraintes toutefois sur les puissances et les polarisations afin de permettre une cohabitation avec la TNT car le scénario de mise en place de filtres comme pour les deux dividendes numériques ne peut être reproduit dans ce cadre.



TDF - SAS au capital de 166 956 512 EUR.
SIREN 342 404 399 RCS Nanterre
Siège Social
155 Bis, Avenue Pierre Brossolette
92120 Montrouge
France
Tel : 33(0)1 55 95 10 00