|  |  |
| --- | --- |
| **Assemblée des Radiocommunications (AR-15) Genève, 26-30 octobre 2015** |  |
| **UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS** |  |
|  |  |
| **SÉANCE PLÉNIÈRE** | **Addendum 3 au Document RA15/PLEN/34-F** |
| **13 octobre 2015** |
| **Original: anglais** |
| CEPT – Conférence européenne des administrations des postes  et des télécommunications | |
| Projet de nouvelle QUESTION UIT-R [EUR/VISIBLE LIGHT] | |
| Etude des caractéristiques des communications optiques ou par lumière visible pour les communications à large bande | |
|  | |

# 1 Introduction

Le numéro 78 de l'article 12 de la Constitution de l'UIT dispose que le Secteur des radiocommunications a pour fonction, entre autres, de procéder «à des études sans limitation quant à la gamme de fréquences» et d'adopter «des recommandations».

En perpétuelle évolution, les technologies, notamment les technologies numériques, ouvrent de nouvelles perspectives dans le domaine des communications. Les systèmes optiques en particulier pourraient offrir une possibilité supplémentaire de satisfaire la demande croissante en communication (de données).

Cette question suscite depuis peu un vif intérêt, non seulement d'un point de vue scientifique – celui des universitaires par exemple –, mais aussi, de plus en plus, dans les entreprises. Le premier objectif est d'étudier les conditions dans lesquelles les communications optiques utilisées à l'intérieur des bâtiments et sur des distances relativement courtes sont susceptibles de satisfaire plus facilement la demande croissante en matière de communications (de données) à large bande.

Les communications optiques ne sont pas un nouveau sujet pour l'UIT, qui a déjà mené des études sur ce thème et publié plusieurs Recommandations et Rapports sur diverses applications des liaisons optiques. Jusqu'à présent, il n'a pas été apporté d'éléments qui donneraient à penser que les brouillages entre systèmes optiques en espace libre sont problématiques.

Aujourd'hui encore, les documents élaborés au sein de l'UIT-R sur ce sujet ne mentionnent pas expressément la communication «optique», car la définition de ce qualificatif n'a jamais fait l'objet d'un consensus. Dans certains cercles scientifiques, «optique» = «visible»; dans d'autres, «optique» = «visible + infrarouge». Certains ont proposé de nouveaux termes tels que «photocommunication» ou «communication photonique», mais les discussions à ce propos n'ont pas non plus permis de dégager une position commune. Plusieurs termes sont aujourd'hui utilisés pour désigner la technologie optique. Dans les Recommandations, il est donc fait référence aux fréquences situées au voisinage de 283 THz.

Un résumé des études techniques et opérationnelles réalisées à ce jour et la liste des Recommandations afférentes de l'UIT‑R figurent en annexe du présent document (Annexe 1). On trouvera en outre, à l'Annexe 2, une présentation générale des documents élaborés au sein de l'UIT‑R.

# 2 Etudes antérieures sur les liaisons optiques en espace libre

Par le passé, des études ont été effectuées sur la base d'une Résolution de la CMR‑07 relative aux systèmes de communication optique en espace libre fonctionnant dans les sens Terre vers espace, espace vers Terre et espace-espace dans le cas des communications à grande distance.

Ces études avaient pour objet de déterminer s'il était ou non nécessaire d'adapter le Règlement des radiocommunications (RR), étant donné que la partie du spectre utilisée par ces liaisons est située à l'extérieur de l'actuel tableau des fréquences figurant à l'Article 5 du RR. La Résolution de la CMR‑07 demandait de procéder à des études portant sur le partage avec d'autres services, sur une définition claire des limites de bande et sur les mesures à envisager si l'on estime que des attributions à divers services peuvent être faites dans le RR au‑dessus de 3 000 GHz. Plusieurs études ont été menées et il a été conclu, à la CMR‑12, qu'il n'y avait pas lieu de modifier le Règlement des radiocommunications pour prendre en compte ces applications.

# 3 Situation actuelle

La faisabilité des communications par lumière visible (VLC) à des débits supérieurs à 10 Gb/s a récemment été démontrée au moyen de diodes électroluminescentes (LED). On estime en outre que les diodes laser (LD) constituent une solution encore plus prometteuse en termes d'utilisation du spectre de la lumière visible à des fins de communications. La présente étude porte sur les capacités de communication des LD du commerce dans différents scénarios mettant en jeu des contraintes d'illumination. Les résultats montrent qu'il est possible d'obtenir des débits binaires d'accès hertzien en liaison optique supérieurs à 100 Gb/s pour des niveaux d'illumination standard en intérieur.

# 4 Proposition

L'Europe note que les «communications optiques» fonctionnent dans la partie non réglementée du spectre de fréquences et qu'elles ne nécessitent donc pas d'attribution dans le Règlement des radiocommunications. Elle note en outre que la question des nouvelles possibilités d'utilisation à large bande doit être étudiée plus avant au sein de l'UIT et propose donc que L'Assemblée des radiocommunications adopte une nouvelle Question UIT‑R en vue d'étudier les caractéristiques des communications optiques ou par lumière visible pour les communications à large bande.

Projet de nouvelle QUESTION UIT-R [EUR/VISIBLE LIGHT]

Caractéristiques applicables à l'utilisation de la lumière visible pour les communications à large bande

(2015)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

*a)* que les technologies évoluent sans cesse et ouvrent de nouvelles perspectives d'utilisation du spectre;

*b)* que l'utilisation de la lumière visible pour les communications connaît actuellement un regain d'intérêt;

*c)* que les communications par lumière visible fonctionnent dans la partie non réglementée du spectre de fréquences et qu'elles ne nécessitent donc pas d'attribution dans le Règlement des radiocommunications;

*d)* que la question des possibilités de communication à large bande au moyen de la lumière visible doit être étudiée plus avant au sein de l'UIT,

décide de mettre à l'étude les Questions suivantes

1Quelles sont, en termes d'utilisation des fréquences radioélectriques, les caractéristiques spécifiques et les gains d'efficacité que présente l'emploi de la lumière visible pour les communications à large bande?

2 Quels sont les objectifs globaux et quels sont les besoins des utilisateurs à prendre en compte pour le développement des systèmes de communication à large bande et à courte distance dans la région du spectre correspondant à la lumière visible?

3 Quelles sont les nouvelles applications associées à l'utilisation de la lumière visible pour les communications à large bande?

4 Quelles sont les caractéristiques techniques et opérationnelles à prévoir pour la poursuite du développement des systèmes de communication par lumière visible?

5 Quelles leçons peut-on tirer des résultats obtenus dans d'autres domaines en ce qui concerne les communications optiques (secteur spatial, industrie des satellites, etc.)?

décide en outre

1 que les résultats des études susmentionnées doivent être intégrés dans une ou plusieurs Recommandations et/ou dans un ou plusieurs Rapports;

2 que ces études doivent être achevées d'ici à 2019.

ANNEXE 1

Analyse des résultats des études effectuées au sein de l'UIT[[1]](#footnote-1)

Ci-après figure une synthèse des résultats pertinents des études réalisées:

L'atmosphère a une forte incidence sur la qualité de fonctionnement des stations terriennes en liaison avec des satellites à des fréquences supérieures à 30 THz. Dans cette configuration, l'étude de la propagation tient notamment compte de l'absorption atmosphérique, de la diffusion de Rayleigh et de Mie, de la réfraction et des turbulences. Pour éviter au maximum les pertes dues à l'atmosphère, il convient de choisir pour la station terrienne un emplacement optimal, en principe en haute altitude, au minimum à 2 km au-dessus du niveau de la mer. De plus, en raison des effets de l'atmosphère aux angles faibles, il est difficile de maintenir une liaison de communication optique avec une station terrienne fonctionnant avec un angle d'élévation inférieur à 40º.

L'absorption due à l'atmosphère, la diffusion et les turbulences sont aussi des éléments importants à prendre en compte dans l'étude des systèmes optiques de Terre en espace libre. A noter également que le brouillard, la pluie et la neige peuvent avoir une incidence négative sur le fonctionnement de ces systèmes.

Les systèmes de communication optique en espace libre fonctionnant dans les sens Terre vers espace, espace vers Terre et espace-espace se caractérisent tous par des faisceaux très étroits. Ce sont les communications entre engins spatiaux non OSG pendant le mode acquisition qui utilisent les plus grands champs de vision, ceux-ci ne dépassant toutefois pas 700 μradians (0,04º). Pour les communications ordinaires, le champ de vision est généralement ramené à une valeur inférieure, de l'ordre de 10 μradians (0,0006º). L'énergie non désirée reçue dans les lobes latéraux du diagramme de rayonnement de l'antenne de réception peut être négligée lors des analyses de brouillage. En règle générale, l'ouverture angulaire en émission est également de l'ordre de 10 μradians.

A l'instar des connexions hertziennes à large bande par fibre optique, les liaisons optiques en espace libre offriront, dans le futur, des perspectives intéressantes pour le développement des réseaux point à point en visibilité directe. Dans les applications de Terre, la divergence du faisceau du signal d'émission et le champ de vision du récepteur sont normalement de quelques milliradians, voire moins. Cela étant, dans le cas de l'acquisition initiale du terminal cible, on recourt fréquemment, dans ces applications, à la combinaison d'une balise de puissance supérieure avec une divergence de faisceau plus importante et d'un capteur d'acquisition sensible avec un large champ de vision (par exemple un capteur d'images CCD (dispositif à transfert de charge)). Les liaisons optiques de Terre en espace libre peuvent être déployées à tout moment et en tout endroit, dès lors que l'on suppose, comme c'est le cas actuellement, qu'il n'est pas nécessaire de prévoir une coordination pour éviter les brouillages entre plusieurs liaisons de ce type exploitées par des opérateurs différents. Toutefois, en théorie, il peut se produire des brouillages entre plusieurs liaisons optiques en espace libre, mais ils n'ont jamais d'effets préjudiciables, sauf dans le cas où deux liaisons sont exploitées dans un espace géographique assez restreint.

De nombreux télescopes dans le monde sont capables d'effectuer des observations astronomiques dans les bandes des térahertz, et leur nombre va croissant. Pris séparément, chaque «faisceau d'antenne» est conçu avec une ouverture étroite pour réduire la probabilité d'un couplage faisceau‑faisceau. Cela étant, la plupart de ces télescopes sont des imageurs, dotés, au niveau du foyer, d'un réseau composé de nombreux pixels, qui, collectivement, «voient» un morceau de ciel susceptible de représenter une fraction importante de 1°. Etant donné que les télescopes qui effectuent des observations à des fréquences supérieures à 100 THz doivent être placés sur des sites isolés à haute altitude, peu d'endroits dans le monde conviennent à leur exploitation et, en règle générale, ils doivent être installés à distance des concentrations de population (Mauna Kea, Etats‑Unis, faisant figure d'exception). Il est dès lors possible d'éviter de transmettre en direction de ces sites. Si la séparation spatiale est suffisamment grande, les fenêtres à faible affaiblissement de l'atmosphère peuvent être utilisées par les services actifs et les services passifs.

Les dispositifs de détection actifs et passifs utilisant des fréquences supérieures à 3 000 GHz offrent les caractéristiques techniques et opérationnelles les plus variées parmi toutes les technologies étudiées, avec des sensibilités et des angles de vision qui varient de plusieurs ordres de grandeur. Les détecteurs actifs se présentent sous la forme des dispositifs de détection et de localisation par la lumière (LIDAR) utilisés par les applications types du SETS (active) et des systèmes de Terre du service des auxiliaires de la météorologie (MetAids). Les ouvertures de faisceau et les champs de vision des récepteurs des applications de Terre sont plus importants que ceux des détecteurs actifs spatioportés, mais, en règle générale, ils ne dépassent pas quelques mradians. Les systèmes de Terre du service des auxiliaires de la météorologie effectuent aussi des mesures actives par émission de signaux pulsés à partir d'une source fixe. Les conditions atmosphériques sont déterminées en analysant les caractéristiques du signal reçu à l'autre extrémité du trajet. Pour réduire au minimum les effets dus à l'énergie émise par d'autres sources, des filtres EMI (perturbation électromagnétique) sont placés sur les récepteurs de ces types de systèmes.

Les systèmes passifs du SETS collectent des informations concernant les caractéristiques de la Terre et de ses phénomènes naturels, notamment des données relatives à l'état de l'environnement. Les instruments fonctionnant à des fréquences supérieures à 3 000 GHz sont peut-être présents sur la moitié environ de tous les engins spatiaux du SETS. De un à trois nouveaux systèmes du SETS environ, utilisant des fréquences supérieures à 3 000 GHz, sont envisagés chaque année pour un lancement dans un avenir prévisible, des instruments supplémentaires étant temporairement mis en place dans les navettes spatiales et sur la Station spatiale internationale. Les systèmes du SETS utilisent, pour l'essentiel, des orbites non géostationnaires, une proportion significative d'entre eux étant située sur des orbites héliosynchrones. Chaque système du SETS possède des caractéristiques techniques spécifiques et des missions particulières, qui influent directement sur la sensibilité de ses instruments. Les spécifications de la sensibilité varient également en fonction de l'éclairement solaire, de l'objet des mesures et même de l'âge des instruments. Les dispositifs passifs du service des auxiliaires de la météorologie effectuent notamment des mesures de détection de l'ensoleillement et de luminance du ciel. Les deux utilisent des capteurs qui peuvent être exposés aux rayons directs du soleil.

En résumé, étant donné que les émetteurs utilisés pour les liaisons en espace libre dans l'infrarouge proche sont caractérisés par des ouvertures de faisceau extrêmement étroites et que les émetteurs de Terre ne peuvent causer des brouillages que sur des distances très courtes, les problèmes de brouillage des systèmes de Terre sont très rares et faciles à résoudre au niveau local. De plus, les brouillages entre liaisons intersatellites sont également rares, car les ouvertures de faisceau sont dirigées et étroites et que la configuration géométrique de l'espace est vaste.

Jusqu'à présent, il n'a pas été apporté d'éléments qui donneraient à penser que les brouillages entre systèmes optiques en espace libre sont problématiques. Le sujet des liaisons optiques en espace libre est par ailleurs suffisamment traité dans les Recommandations et Rapports existants de l'UIT­R. De plus, aucune procédure susceptible d'être appliquée n'a été identifiée pour ce type de liaison.

ANNEXE 2

Résumé des études techniques et opérationnelles   
et Recommandations pertinentes de l'UIT-R

UIT-R P.1621 – Données de propagation requises pour la conception des systèmes Terre vers espace fonctionnant entre 20 et 375 THz

Cette Recommandation contient des données de propagation concernant l'éventuelle utilisation des fréquences comprises entre 20 et 375 THz pour des communications au voisinage de la Terre ou en espace lointain.

Elle recommande que les méthodes de prévision des paramètres de propagation donnés dans l'Annexe à la Recommandation soient adoptées pour la planification des systèmes Terre vers espace dans les intervalles de validité respectivement indiqués dans cette Annexe.

UIT-R P.1622 – Méthodes de prévision requises pour la conception des systèmes Terre-espace fonctionnant entre 20 et 375 THz

Cette Recommandation contient les méthodes de prévision nécessaires à la bonne planification des systèmes Terre vers espace fonctionnant entre 20 et 375 THz pour certaines communications spatiales au voisinage de la Terre et en espace lointain.

Elle recommande que les méthodes de prévision des effets de la propagation sur les systèmes donnés dans l'Annexe à la Recommandation soient utilisées pour la planification des systèmes Terre vers espace dans les intervalles de validité respectivement indiqués dans les Annexes à la Recommandation.

UIT-R S.1590 – Caractéristiques techniques et opérationnelles des satellites fonctionnant dans la gamme de 20-375 THz

Cette Recommandation contient des informations sur les caractéristiques techniques et opérationnelles des satellites fonctionnant dans la gamme de 20-375 THz.

Elle recommande que les études de partage pour les satellites fonctionnant dans la gamme de fréquences 20-375 THz tiennent compte des paramètres techniques et opérationnels figurant dans l'Annexe à la Recommandation.

UIT-R RA.1630 – Caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes d'astronomie au sol à utiliser dans les études de partage avec les services actifs entre 10 THz et 1 000 THz

Cette Recommandation contient des informations sur les caractéristiques techniques et opérationnelles des stations d'astronomie au sol à utiliser dans les études de partage avec les services actifs entre 10 THz et 1 000 THz.

Elle recommande aux astronomes de tenir compte, dans le choix des sites des observatoires et la conception de l'instrumentation, des brouillages que peuvent causer les émetteurs fonctionnant entre 10 THz et 1 000 THz. En outre, elle recommande aux astronomes de fournir aux Commissions d'études concernées de l'UIT-R des informations sur les derniers progrès technologiques réalisés en ce qui concerne les observations effectuées à partir de télescopes au sol dans les bandes indiquées et recommande aussi de tenir compte, dans les études de brouillages causés aux systèmes de radioastronomie fonctionnant dans les bandes indiquées, des paramètres techniques et opérationnels donnés dans les Annexes à la Recommandation.

UIT-R SA.1742 – Caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes à liaisons interplanétaires en espace lointain fonctionnant dans le sens espace vers Terre au voisinage de 283 THz

La présente Recommandation spécifie les paramètres techniques (fréquences, liaison, caractéristiques de signaux et de données, paramètres d'antenne, etc.) et les caractéristiques opérationnelles des systèmes à liaisons interplanétaires en espace lointain fonctionnant dans le sens espace vers Terre au voisinage de 283 THz, qui pourraient être utilisés dans les études de partage.

UIT-R SA.1805 – Caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes de télécommunication espace vers espace exploités au voisinage de 354 THz et 366 THz

La présente Recommandation spécifie les paramètres techniques (fréquences, sens des liaisons, caractéristiques des signaux et des données, paramètres d'antenne, etc.) et les caractéristiques opérationnelles des systèmes de télécommunication fonctionnant dans le sens espace-espace au voisinage de 354 THz et 366 THz, qui pourraient être utilisés dans les études de partage.

UIT-R RS.1744 – Caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes du service des auxiliaires de la météorologie basés au sol et fonctionnant dans la bande de fréquences 272‑750 THz

La présente Recommandation définit les caractéristiques opérationnelles et techniques de systèmes MetAids représentatifs fonctionnant dans la gamme de fréquences optiques 272-750 THz.

Elle recommande aux opérateurs de systèmes du service des auxiliaires de la météorologie fonctionnant dans la gamme des fréquences optiques de tenir compte, dans le choix des sites des observatoires et dans la conception des capteurs, du brouillage susceptible d'être causé par d'autres émetteurs optiques. Elle recommande en outre de tenir compte des paramètres techniques et opérationnels décrits dans l'Annexe à la Recommandation dans les études des brouillages à destination ou en provenance de systèmes optiques du service des auxiliaires de la météorologie.

Autres Recommandations et Rapports pertinents de l'UIT­R: Recommandations UIT­R P.1814, UIT­R P.1817 et UIT­R RS.1804, et Rapports UIT­R F.2106 et UIT­R RA.2163

Il ressort de l'examen de ces études qu'elles ne concernent pas l'utilisation des systèmes optiques pour les communications à large bande.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Origine: Rapport de la RPC à la CMR-12 sur le point 1.6 de l'ordre du jour – une partie du point de l'ordre du jour portait sur le fait d'«envisager des procédures possibles pour les liaisons optiques en espace libre, compte tenu des résultats des études de l'UIT-R, conformément à la Résolution 955 (CMR-07)». [↑](#footnote-ref-1)