



Bureau des radiocommunications (BR)

Circulaire administrative
CACE/1151

Le 8 août 2025

Aux Administrations des États Membres de l'UIT, aux Membres du Secteur des radiocommunications, aux Associés de l'UIT-R et aux établissements universitaires participant aux travaux de l'UIT

Objet: **Appel lancé aux administrations afin d'encourager les spécialistes et les scientifiques issus d'universités et d'instituts de recherche à participer et à contribuer aux travaux de la Commission d'études 3 de l'UIT-R**

1 Introduction

À sa réunion tenue du 14 au 17 avril 2025, le Groupe consultatif des radiocommunications a conseillé au Directeur du Bureau des radiocommunications d'envisager de publier une Lettre circulaire visant à inviter les administrations à encourager les spécialistes et les scientifiques issus d'universités et d'instituts de recherche à participer et à contribuer aux travaux de la Commission d'études 3 de l'UIT-R (voir le résumé des conclusions de la 32^{ème} réunion du Groupe consultatif des radiocommunications dans la Circulaire administrative [CA/277](#)). Lors de cette réunion, il a été reconnu que les travaux des Groupes de travail de la Commission d'études 3 de l'UIT-R sont importants pour la conception des systèmes de radiocommunication et l'évaluation des brouillages entre ces systèmes, constat également étayé par les statistiques de téléchargement des Recommandations de l'UIT-R, les Recommandations UIT-R de la série P étant systématiquement les plus téléchargées depuis plus de 15 ans.

2 Objet de la présente Lettre circulaire

La présente Lettre circulaire a pour objet d'inviter toutes les administrations des États Membres ainsi que les Membres du Secteur des radiocommunications à encourager et à faciliter la contribution des instituts de recherche et des établissements universitaires de leur pays aux activités des groupes de travail de la Commission d'études 3 de l'UIT-R.

Les prochaines réunions des Groupes de travail 3J, 3K, 3L et 3M de l'UIT-R sont prévues du 15 au 25 juin 2026 à Genève, tandis que la prochaine réunion de la Commission d'études 3 de l'UIT-R se tiendra le 26 juin 2026. La participation à ces réunions est possible en présentiel et à distance. Les contributions à ces réunions devraient être soumises au secrétariat de l'UIT-R au plus tard le 3 juin 2026 à 16 heures UTC à l'adresse brsgd@itu.int.

3 Activités de la Commission d'études 3 de l'UIT-R

À sa réunion du 6 juin 2025, la Commission d'études 3 de l'UIT-R a décidé de maintenir ses quatre groupes de travail, révisé leur mandat et élu leurs présidents et vice-présidents, comme indiqué dans l'Annexe 1. L'avancement des travaux des groupes de travail de la Commission d'études 3 de l'UIT-R continue de dépendre largement des progrès réalisés dans les instituts de recherche et les établissements universitaires, ainsi que des contributions des membres, qui travaillent activement dans le domaine de définition de modèles de prévision de la propagation des ondes radioélectriques. Chaque groupe a un programme de travail portant sur des sujets pour lesquels de telles contributions seraient particulièrement utiles (voir l'Annexe 2). Entre les réunions annuelles des groupes de travail, les travaux sur des sujets précis se poursuivent dans le cadre de groupes de travail par correspondance créés à cet effet. L'Annexe 3 contient la liste des groupes de travail par correspondance actifs au sein de chaque groupe de travail.

La Commission d'études 3 de l'UIT-R tient à jour une banque de données rassemblant des mesures de divers phénomènes présentant un intérêt pour modéliser la propagation des ondes radioélectriques. Ces mesures sont d'une importance capitale pour élaborer des modèles et valider leur exactitude. De plus, ces mesures devraient être représentatives du plus grand nombre possible de zones géographiques et radioclimatiques. C'est pourquoi il nous serait très utile de disposer de mesures effectuées dans des bandes de fréquences et des zones géographiques qui ne sont pas représentées dans les banques de données de la Commission d'études 3 de l'UIT-R, en particulier dans les pays en développement, notamment dans les régions tropicales et les régions similaires, comme indiqué au point *a*) du *consciente* de la Résolution **5 (Rév.CMR-23)** «Coopération technique avec les pays en développement dans le domaine des études de propagation dans les régions tropicales et les régions similaires». En conséquence, les administrations ayant des territoires dans ces zones sont expressément encouragées à communiquer les résultats de telles mesures aux groupes de travail de la Commission d'études 3 de l'UIT-R et à appuyer la participation de leurs experts dans le domaine de la propagation aux travaux de ces groupes de travail.

De nombreuses Recommandations UIT-R de la série P contiennent des algorithmes complexes et des efforts considérables ont été déployés ces dernières années pour mettre au point des applications logicielles de ces méthodes complexes, qui sont accessibles gratuitement sur la page web consacrée aux logiciels de la Commission d'études 3 (<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/iono-tropo-spheric.aspx>). Les applications logicielles des Recommandations UIT-R de la série P sont également les bienvenues.

Mario Maniewicz
Directeur

Annexes: 3

Annexe 1

Organisation des travaux de la Commission d'études 3 de l'UIT-R

À l'issue de consultations menées conformément aux § A1.3.1.4, A1.3.1.4*bis* et A1.3.1.4*ter* de la [Résolution UIT-R 1-9](#), la Commission d'études 3 de l'UIT-R a décidé, à sa réunion du 6 juin 2025, que sa structure continuerait d'être structurée en quatre groupes de travail (GT) dont les responsabilités, ainsi que les présidents et vice-présidents sont indiqués ci-après.

1 [Groupe de travail 3J](#) – Principes fondamentaux de la propagation des ondes radioélectriques dans les milieux non ionisés

Le Groupe de travail 3J est chargé de fournir des informations et d'élaborer des modèles décrivant les principes et mécanismes fondamentaux de propagation des ondes radioélectriques dans les milieux non ionisés. D'autres groupes de travail de la Commission d'études 3 utilisent ces produits comme base pour élaborer des méthodes de prévision de la propagation des ondes radioélectriques.

Président: Dr Laurent CASTANET (France)

Vice-Président: M. Eric HILL (États-Unis d'Amérique)

2 [Groupe de travail 3K](#) – Prévision de la propagation des ondes radioélectriques pour les trajets de propagation point à zone

Le Groupe de travail 3K est chargé d'élaborer des méthodes de prévision de la propagation des ondes radioélectriques pour les trajets point à zone associés aux stations de Terre et aux stations aéronautiques dans les milieux non ionisés pour les bandes de fréquences au-dessus de 30 MHz.

Président: Dr Hajime SUZUKI (Australie)

Vice-Président: Dr Wataru YAMADA (Japon)

3 [Groupe de travail 3L](#) – Prévision de la propagation ionosphérique et de la propagation de l'onde de sol et bruit radioélectrique

Le Groupe de travail 3L est chargé de fournir des informations et d'élaborer des modèles décrivant les principes et mécanismes fondamentaux de propagation des ondes radioélectriques dans et à travers les milieux ionisés; et d'élaborer des méthodes de prévision de la propagation de l'onde de sol entre stations de Terre au-dessous de 30 MHz et des trajets affectés par l'ionosphère.

Il s'occupe également de la question du bruit radioélectrique provenant de sources naturelles et artificielles et de la quantification des niveaux de ce bruit.

Président: Dr Angelo CANAVITSAS (Brésil)

Vice-Présidents: M. Adam HICKS (États-Unis d'Amérique), M. Seok-Hee BAE (Corée)

4 [Groupe de travail 3M](#) – Prévion de la propagation des ondes radioélectriques pour les trajets point à point et les trajets Terre vers espace

Le Groupe de travail 3M est chargé d'élaborer des méthodes de prévion de la propagation des ondes radioélectriques et de la propagation optique pour les trajets point à point associés aux stations de Terre, aux stations aéronautiques, aux stations maritimes et aux stations spatiales au-dessus de 30 MHz, ainsi que pour les trajets Terre vers espace, espace vers Terre et espace-espace.

Président: Dr Richard RUDD (Royaume-Uni)

Vice-Présidents: Dr Leke LIN (Chine), Dr Reza AREFI (États-Unis d'Amérique) et Dr Olga IASTREBTSOVA (Fédération de Russie)

Annexe 2

Sujets nécessitant des travaux continus au sein des groupes de travail de la Commission d'études 3 de l'UIT-R dans le cadre de leurs programmes de travail

1 Groupe de travail 3J – Principes fondamentaux de la propagation des ondes radioélectriques dans les milieux non ionisés

Effets de l'atmosphère claire

- Il est nécessaire d'améliorer le paramétrage des variables d'entrée radiométéorologiques pour les prévisions de propagation à de faibles angles, afin d'améliorer l'estimation des dégradations, en particulier les effets de la propagation par trajets multiples au-dessus de la mer et à des latitudes élevées. Il conviendrait d'améliorer la modélisation des évanouissements en condition de réfraction à de faibles angles, en plus des méthodes simplifiées d'estimation de l'affaiblissement dû aux gaz sur les trajets inférieurs à 5°.
- Il faut traiter et évaluer avec précision l'indice de réfraction atmosphérique et la longueur de trajet due aux effets troposphériques (variabilité) en utilisant de nouveaux tableaux expérimentaux de paramètres climatologiques pour lesquels de nouvelles données sont nécessaires pour évaluer l'erreur de prévision. Il faut élaborer plus avant des modèles tenant compte de l'indice de réfraction radioélectrique de l'atmosphère et de ses effets sur la propagation des ondes radioélectriques.
- La modélisation de la longueur de trajet doit être mise à jour pour tenir compte de l'utilisation de nouvelles données radiométéorologiques, qui pourraient être utilisées pour calculer les paramètres du modèle (comme la température moyenne de la colonne de vapeur d'eau, entre autres) sur une base mensuelle/quotidienne.
- Il est nécessaire de revoir les mesures des raies d'absorption par les gaz pour toute la gamme des paramètres atmosphériques et différentes conditions atmosphériques (troposphère et stratosphère) pour améliorer la [Recommandation UIT-R P.676](#).
- Il conviendrait d'améliorer la modélisation de l'affaiblissement dû à l'absorption par les gaz et des effets connexes pour la conception des systèmes Terre-espace fonctionnant entre 20 THz et 375 THz, afin de réviser la [Recommandation UIT-R P.1621](#).

Effets des nuages et des précipitations

- Il s'agit d'étendre la modélisation statistique de la variabilité spatiale et temporelle des précipitations afin d'améliorer la [Recommandation UIT-R P.837](#). La précision du modèle semi-log normal doit être améliorée sur la base d'observations expérimentales effectuées dans des conditions de climat spécifiques. Des études sur ces sujets pourraient conduire à une amélioration de la précision du modèle de précipitations exposé dans la [Recommandation UIT-R P.837](#).
- Il s'agit d'améliorer le modèle d'altitude de pluie sur la base de nouvelles données consolidées pour étudier la relation entre l'altitude de l'isotherme zéro degré et les nuages et les précipitations.
- Les données provenant des radiomètres hyperfréquences au sol sont nécessaires pour évaluer la modélisation de l'affaiblissement dû aux nuages pour des effets entre 20 et 375 THz. La relation entre la présence de nuages et la présence de précipitations doit être étudiée avec l'objectif à long terme d'obtenir des statistiques relatives à l'eau liquide des nuages en fonction de la présence de précipitations et de conditions d'atmosphère claire.

- L'évaluation et la caractérisation de la période de retour des événements de précipitations extrêmes sont nécessaires pour les analyses de fiabilité des systèmes (par exemple, pour les systèmes de radiocommunication essentiels à la sécurité de la vie humaine et essentiels à la réalisation de missions).
- La modélisation de la teneur totale en glace des nuages et des propriétés microphysiques des particules de nuages et de précipitations est nécessaire pour la dépolarisation et l'affaiblissement atmosphériques.
- Il faut traiter les données sur les propriétés microphysiques des particules de précipitation (par exemple, données de disdromètre) et les étendre pour inclure des instruments supplémentaires et de nouveaux résultats expérimentaux.
- La caractérisation de l'affaiblissement linéique dû à la pluie, y compris les effets de la diffusion multiple des ondes électromagnétiques dans les précipitations dans la gamme de fréquences 100-200 GHz, avec possibilité d'extension jusqu'à 1 000 GHz, doit être améliorée en utilisant les propriétés statistiques des caractéristiques de distribution en taille des gouttes des données expérimentales à long terme.

Cartographie mondiale et aspects statistiques

- Des cartes des paramètres atmosphériques provenant de produits numériques à haute résolution récents ont été établies. Il faut procéder à une harmonisation pour les cartes des paramètres qui n'ont pas encore été générés (altitude de pluie, réfractivité, teneur en glace, etc.).
- Il convient d'étudier les variabilités d'un mois à l'autre et d'une saison à l'autre (d'un mois ou d'une saison donné(e) d'une année au même mois ou à la même saison d'une autre année) de l'affaiblissement dû à la pluie et de l'intensité de pluie, ainsi que la variabilité d'une année à l'autre de l'affaiblissement dû à la vapeur d'eau et aux nuages.
- Il convient de poursuivre la synthèse des séries temporelles, en particulier pour les systèmes non OSG.

Effets des obstacles et de la végétation

- En raison de la grande variété de la végétation et de la difficulté de la classer, il faut obtenir des résultats expérimentaux et disposer de méthodes de calcul pratiques pour estimer les pertes associées dues à la végétation.
- Le modèle de propagation au-dessus du terrain doit être amélioré, notamment en tenant compte des trajets hors du grand cercle via la réflexion et la diffusion, y compris la modélisation de l'effet de la variation de la hauteur du terrain transversalement à la direction de la propagation. Il est également de plus en plus nécessaire d'estimer les statistiques relatives à l'affaiblissement résultant de la modélisation urbaine et topographique, ce qui nécessite d'adopter une approche tridimensionnelle et d'identifier le type d'information qui caractérise le mieux les environnements respectifs.
- Des données de mesure, telles que des mesures de couverture de radiodiffusion, sont nécessaires pour aider à déterminer comment tenir compte de l'affaiblissement dû à des groupes d'obstacles sur des trajets terrestres haut-bas.
- Il est nécessaire de disposer d'informations détaillées sur les caractéristiques de la diffusion diffuse provenant de la surface des bâtiments.
- Des données de mesure sont nécessaires pour élaborer des modèles du coefficient de réflexion des divers types de surface de la Terre pour la gamme de fréquences utilisée par les capteurs du service d'exploration de la Terre par satellite (passive et active).
- Il faut encore améliorer la modélisation de la propagation des ondes radioélectriques dans des environnements lunaires.

2 Groupe de travail 3K – Prédiction de la propagation des ondes radioélectriques pour les trajets de propagation point à zone

- Il est nécessaire de développer davantage les modèles de propagation susceptibles de fournir des prévisions fiables de l'affaiblissement de transmission de référence pour les trajets de Terre et les trajets air-sol, y compris dans des environnements urbains denses, urbains, suburbains et ruraux, en tenant compte de la nature irrégulière du terrain sur le trajet, du comportement en «champ stabilisé» caractéristique de la propagation au-dessus des toits par diffraction dans des environnements quasi lisses plus densément construits, ainsi que de la présence d'obstacles terrestres et d'effets de renflement du sol dans des environnements moins densément construits ou végétalisés et sur des trajets plus longs.
 - Ces modèles devraient également tenir compte de la variabilité dans le temps et dans l'espace de l'intensité du champ/l'affaiblissement de transmission de référence sur le trajet, d'une manière cohérente avec la hauteur des terminaux, leur environnement respectif, la longueur du trajet et les mécanismes de propagation tels que la propagation anormale, le phénomène de conduit et la diffusion troposphérique.
 - Les informations relatives à l'emplacement, à l'empreinte et à la hauteur des bâtiments et de la végétation en trois dimensions devraient être disponibles partout dans des bases de données numériques dans des formats adaptés à l'extraction pour les applications de propagation des ondes radioélectriques, en vue de leur utilisation dans de tels modèles.
 - Il s'agit d'élaborer une ou plusieurs méthodes pour extraire des profils de terrain et de groupes d'obstacles à partir de modèles numériques de terrain et de surface le long d'une ligne géodésique entre terminaux, y compris des données logicielles et de validation pour ce type d'analyse.
- Il est nécessaire d'étendre les gammes de fréquences applicables aux modèles pour tenir compte de l'importance croissante des processus de réflexion et de diffusion multiples, la diffusion par les hydrométéores, ainsi que de l'absorption par les gaz aux fréquences supérieures à environ 20 GHz.
- Des modèles améliorés d'affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments sont nécessaires pour les modèles de propagation utilisés dans la planification des systèmes et les études de compatibilité électromagnétique entre systèmes, en particulier la manière de combiner les affaiblissements dus à la pénétration dans les bâtiments et les affaiblissements dus aux obstacles.
- Des données de mesure et des résultats de modélisation supplémentaires sont nécessaires pour continuer à élaborer des méthodes utilisées pour la planification des systèmes de radiocommunication intérieurs et à courte portée en extérieur, des réseaux locaux hertziens et des systèmes d'accès radioélectrique de Terre à large bande.
- La modélisation de la propagation des ondes radioélectriques doit tenir compte de l'ensemble des fonctions de distribution cumulative, c'est-à-dire à la fois les aspects d'amplification et d'atténuation de la variabilité temporelle médiane.
- Des méthodes sont nécessaires pour simuler des sources de brouillage cumulées avec et sans corrélation.
- La prévision du profil de retard pour les services mobiles terrestres à large bande utilisant les bandes d'ondes décimétriques et centimétriques nécessite d'être davantage développée, ce qui permettra d'étendre la gamme d'applications à de plus grandes distances.
- Il est nécessaire d'améliorer encore les méthodes de prévision de la propagation pour l'évaluation de l'incidence des dispositifs à bande ultralarge.

- Les techniques de diversité (espace, polarisation, secteur d'antenne et fréquence) devraient être prises en considération dans les scénarios à courte portée. Les techniques de diversité et les informations sur l'angle d'arrivée sont utiles pour la mise au point de systèmes tels que les systèmes à entrées multiples/sorties multiples (MIMO).

3 Groupe de travail 3L – Prévision de la propagation ionosphérique et de l'onde de sol et bruit radioélectrique

- Il est nécessaire d'apporter des améliorations au modèle de prévision du champ aux fréquences inférieures à 150 kHz environ.
- D'autres mesures sont nécessaires pour vérifier et améliorer la méthode de prévision de la qualité de fonctionnement des circuits en ondes décamétriques.
- Il faut perfectionner encore les techniques de radionavigation pour obtenir des paramètres ionosphériques.
- Des données sont nécessaires pour développer encore les modèles décrivant la scintillation de l'ionosphère et les valider.
- Une collaboration est nécessaire pour mettre au point un système de mesure peu coûteux permettant de mesurer le bruit radioélectrique à l'échelle mondiale et pour partager et harmoniser les techniques de mesure de réduction du bruit radioélectrique.

4 Groupe de travail 3M – Prévision de la propagation des ondes radioélectriques sur les trajets point à point et les trajets entre la Terre et l'espace

Trajets de Terre point à point

- Il faut élaborer et tester des modèles de prévision de l'affaiblissement dû à la pluie sur des trajets courts pour les liaisons de raccordement vers l'avant et vers l'arrière des stations de base en ondes millimétriques.
- Il est nécessaire de mesurer l'affaiblissement dû à la pluie sur des trajets terrestres très courts en visibilité directe. Ces mesures devraient utiliser un temps d'intégration d'une minute pour mesurer la coïncidence de l'affaiblissement et de l'intensité de pluie et devraient être corrigées pour éliminer les effets de l'humidité sur les antennes.
- Des données de mesure à long terme sont nécessaires pour élaborer des modèles de prévision pour les liaisons MIMO en visibilité directe.
- Des mesures de l'affaiblissement dû à la réflexion spéculaire et à la diffraction sont nécessaires pour élaborer des méthodes de prévision pour les trajets à courte portée en visibilité directe et sans visibilité directe pour les systèmes fonctionnant aux fréquences millimétriques et offrant des capacités de l'ordre du gigabit aux sites de stations de base dans les villes.
- Des mesures à long terme sont nécessaires pour effectuer des comparaisons avec les statistiques historiques, afin de pouvoir évaluer les effets potentiels des changements climatiques systématiques sur la précision des méthodes de prévision actuelles.
- Il faut procéder à des mesures et élaborer une méthode de prévision pour déterminer l'intensité des interruptions causées par les précipitations et les évanouissements par temps clair qui influent sur l'indisponibilité et les caractéristiques d'erreur des liaisons de Terre.

- Il est nécessaire de mesurer la scintillation sur les trajets terrestres et il convient de les utiliser pour distinguer les effets de la scintillation par temps clair et de la scintillation associée aux épisodes de pluie.
- Il est nécessaire d'effectuer des mesures et de les analyser pour élaborer des modèles physiques globaux de prévision de la dynamique des évanouissements, y compris la durée, les variations diurnes, les évanouissements par trajets multiples à court terme et l'affaiblissement dû à la pluie. Les caractéristiques dynamiques comprennent le nombre d'évanouissements en présence de précipitations et en conditions de trajets multiples, la durée des périodes d'évanouissements et des périodes entre évanouissements, avec une étude plus approfondie de la variation diurne due à la propagation par trajets multiples sur des périodes de quelques jours.
- Des données de mesure détaillées sur la visibilité et la scintillation, ainsi que sur les précipitations classées selon les catégories de pluie, de neige mouillée et de neige sèche, sont nécessaires pour améliorer les modèles de prévision pour la conception des liaisons dans la gamme de fréquences 275-1 000 GHz et des liaisons optiques en espace libre.
- Des données de mesure sont nécessaires pour les systèmes à double polarisation afin de modéliser la prévision des interruptions pour les systèmes utilisant la protection par diversité d'espace et de fréquence, pour étudier les interruptions et affiner la méthode de prévision afin de tenir compte de la protection par diversité.
- Il faut élaborer une méthode permettant d'inclure une conversion annuelle du mois le plus défavorable pour la modélisation de la diffusion troposphérique dans des systèmes de faisceaux hertziens transhorizon.

Trajets Terre-espace

- Des études complémentaires et des données expérimentales sont nécessaires pour proposer une procédure permettant de calculer la fonction de densité de probabilité de l'affaiblissement dû à la pluie et de l'affaiblissement total pour les trajets Terre-espace et pour étendre et tester des modèles de dégradations de la propagation des ondes radioélectriques à des fréquences allant jusqu'à au moins 100 GHz pendant des pourcentages de temps plus élevés résultant de dégradations de propagation simultanées multiples, telles que l'affaiblissement dû à la pluie, l'affaiblissement dû aux nuages, l'absorption par les gaz, l'affaiblissement dû à la couche de fusion et la scintillation troposphérique. Il faut réexaminer les méthodes de prévision de la fréquence, de l'angle d'élévation et de la polarisation, en particulier les effets de l'affaiblissement dû à la pluie et de la polarisation croisée, et il convient d'évaluer l'utilisation des méthodes de prévision de la dégradation totale pour les prévisions mensuelles, en particulier aux latitudes basses et élevées.
- Les méthodes de prévision des dégradations de propagation dues aux effets troposphériques (scintillation et évanouissement par trajets multiples, pluie, nuages, vapeur d'eau, etc.) sur les trajets Terre-espace à de faibles angles d'élévation ($<5^\circ$) doivent être améliorées pour les systèmes de communication par satellite à des latitudes élevées et les systèmes non OSG tels que les liaisons descendantes de données d'observation de la Terre, les communications avec les aéronefs et les méga-constellations.

- Des données de mesure sont nécessaires pour permettre l'élaboration et la mise à l'essai de méthodes de prévision de diversité dans le temps. Il faut encore améliorer la modélisation de la dépendance de la dynamique des évanouissements vis-à-vis du climat et de l'angle d'élévation pour la prévision de la pente d'évanouissement. Il faut aussi améliorer la modélisation de la durée entre évanouissements compte tenu de son importance non seulement pour les systèmes OSG, mais aussi pour les systèmes non OSG du service fixe par satellite (SFS), où le mouvement du satellite a des incidences sur les caractéristiques dynamiques.
- La méthode de prévision de la diversité d'emplacement doit être perfectionnée pour prévoir les statistiques de l'affaiblissement conjoint sur plusieurs sites sur une large gamme de distances. Le modèle de prévision de l'affaiblissement différentiel dû à la pluie doit également être amélioré et une nouvelle méthode est nécessaire pour prévoir les corrélations spatiales pour la diversité de satellite, en particulier pour les liaisons Terre-espace avec plusieurs satellites. Des campagnes de propagation avec des satellites non OSG sont nécessaires pour valider et améliorer ces modèles. La fonction de corrélation spatiale globale et le développement potentiel de fonctions de corrélation spatiale régionale ou locale à petite, moyenne et grande échelle doivent également être validés.
- Des données expérimentales sont nécessaires pour réviser les méthodes de prévision des systèmes de communication optiques Terre-espace en espace libre et un modèle de prévision de l'affaiblissement dû aux aérosols doit être développé. Des études complémentaires sont nécessaires sur la prévision de l'affaiblissement dû à la pluie, étant donné que les effets de diffusion multiples seront vraisemblablement pris en compte pour les fréquences supérieures à 300 GHz, en particulier dans le domaine optique.
- Il est nécessaire d'élargir l'applicabilité des modèles de prévision de la propagation existants pour les systèmes du service mobile par satellite (SMS) et du SFS, en particulier pour la modélisation de la diversité de satellite et le modèle statistique pour des conditions de propagation mixtes, ainsi que pour les besoins des systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS).
- Des mesures de propagation sont nécessaires pour améliorer les méthodes de prévision de l'affaiblissement dû aux nuages et à la scintillation troposphérique sur les trajets entre une plate-forme aéroportée et la surface de la Terre ou l'espace.

Trajets de brouillage

- Des mesures de propagation à long terme sont nécessaires pour étendre le modèle de calcul des brouillages sur les trajets de Terre de façon à couvrir la gamme de fréquences jusqu'à 105 GHz.
- Il faut étudier la sensibilité des résultats de prédiction à la résolution de l'échelon du profil du trajet (résolution de prédiction), afin d'élaborer des propositions pour une meilleure homogénéité des performances entre toutes les résolutions de prévision.
- Il est nécessaire d'établir une classification plus quantitative des groupes d'obstacles et d'évaluer en permanence les avantages potentiels de l'utilisation directe des données relatives à la hauteur de surface dans les modèles de propagation actuels. Il faut étudier les méthodes optimales de choix des profils de terrain et d'obstacles pour des bases de données d'élévation du terrain et de groupes d'obstacles (y compris les méthodes d'interpolation/de combinaison de profils de terrain et de groupes d'obstacles) qui sont données.

- La méthode de prévision de l'affaiblissement de transmission de référence par diffusion troposphérique doit être améliorée et testée afin d'inclure l'ensemble des paramètres et tous les scénarios pour couvrir toute la gamme de validité des méthodes de prévision de la propagation où elle est utilisée.
- Une méthode appropriée doit être mise au point et testée pour tenir compte de la corrélation partielle entre l'affaiblissement dû à l'absorption par les gaz et la scintillation troposphérique pour des affaiblissements de transmission de référence qui ne sont pas dépassés pendant de faibles pourcentages de temps, inférieurs à 20% et généralement égaux ou inférieurs à 1%.
- Des données de mesure à long terme relatives à la diffusion bistatique par la pluie à des fréquences allant jusqu'à 105 GHz sont nécessaires pour valider les modèles de trajets de brouillage de Terre.

Application de l'apprentissage automatique

- Dans l'application de l'apprentissage automatique à la prévision de la propagation des ondes radioélectriques, les éléments suivants doivent être traités:
 - Comprendre comment utiliser les techniques d'apprentissage automatique comme algorithme pour élaborer des méthodes de prévision de la propagation des ondes radioélectriques.
 - Établir les procédures qui permettent de s'assurer qu'un modèle de propagation élaboré à l'aide d'algorithmes d'apprentissage automatique peut être généralisé et représentatif de toutes les conditions possibles, en particulier celles qui n'ont pas été prises en compte dans l'ensemble de données utilisé pour élaborer le modèle.
 - Utiliser l'apprentissage automatique conjointement avec des modèles de propagation physiques et statistiques pour tester et valider la représentativité des modèles d'apprentissage automatique dans les limites des connaissances physiques actuelles.
- Il est nécessaire d'examiner et d'élaborer des algorithmes et des cadres d'apprentissage automatique afin qu'ils puissent être utilisés pour:
 - la mise au point et l'amélioration de modèles de propagation des ondes radioélectriques capables de faire face à des scénarios et à des environnements complexes;
 - l'analyse et le traitement des données de propagation pour mieux comprendre les études en cours et y contribuer;
 - l'analyse des données empiriques afin d'améliorer les paramètres des modèles de propagation actuels.

Annexe 3

**Groupes de travail par correspondance actifs des groupes de travail
de la Commission d'études 3 de l'UIT-R**

Groupes de travail par correspondance du Groupe de travail 3J			
Groupe	Intitulé	Président/Coprésidents	
Groupe de travail par correspondance 3J-1	Affaiblissement dû aux gaz dans la Recommandation UIT-R P.676	Erik Hill (États-Unis d'Amérique)	Antonio Martellucci (ESA)
Groupe de travail par correspondance 3J-2	Modélisation de la variabilité spatiale et temporelle des précipitations	Arsim Kelmendi (France)	Antonio Martellucci (ESA)
Groupe de travail par correspondance 3J-3	Synthèse de série temporelle	Laurent Castanet (France)	Carlo Riva (Italie)
Groupe de travail par correspondance 3J-4	Questions statistiques pour les tests et définition des métriques de test	Laurent Castanet (France)	Antonio Martellucci (ESA)
Groupe de travail par correspondance 3J-3M-5	Effet des nuages et des précipitations sur l'affaiblissement et la dépolarisation sur les trajets obliques	Antonio Martellucci (ESA)	Leke Lin (Chine)
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3M-8	Affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments	Richard Rudd (Royaume-Uni)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-10	Coordination du Groupe de travail 3J	Carlo Riva (Italie)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-11	Atmosphères de référence telles que spécifiées dans la Recommandation UIT-R P.835	Erik Hill (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3M-13	Exemples de validation	Luis Emiliani (Luxembourg)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3M-14	Étude des questions relatives au modèle de propagation des stations HAPS	Hajime SUZUKI (Australie)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3M-16	L'indice de réfraction radioélectrique de l'atmosphère et ses effets sur la propagation des ondes radioélectriques	Antonio Martellucci (ESA)	Leke Lin (Chine)
Groupe de travail par correspondance 3J-17	Modélisation de la diffusion bistatique à la surface de la Terre ou d'autres planètes	Paolo de Matthaeis (IEEE)	Ryan McDonough (États-Unis d'Amérique)
Groupe de travail par correspondance 3J-23	Modélisation générale de la diffraction sur le terrain le long des trajets obliques	Bolun Guo (Chine)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-26	Modélisation de la propagation des ondes radioélectriques lunaires	Erik Hill (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3L-3M-27	Apprentissage automatique pour les études de propagation	Zubeir Bocus (Royaume-Uni)	–

Groupes de travail par correspondance du Groupe de travail 3K			
Groupe	Intitulé	Président/Coprésidents	
Groupe de travail par correspondance 3K-1	Mise à l'essai de la Recommandation UIT-R P.1812	Alakananda Paul (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-2	Banque de données de la CE 3 de l'UIT-R sur les mesures pour le Tableau VI-1 (données relatives à la propagation point à zone pour les services de Terre)	Richard Rudd (Royaume-Uni)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-4	Questions relatives à la Recommandation UIT-R P.1546	Richard Rudd (Royaume-Uni)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-5	Questions relatives à la Recommandation UIT-R P.1411	Sana Salous (Royaume-Uni)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-6	Modèles de propagation et caractéristiques connexes aux fréquences supérieures	Juyul Lee (KOR)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3M-8	Affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments	Richard Rudd (Royaume-Uni)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-3M-9	Propagation des ondes radioélectriques le long des trajets aériens	William Kozma (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-3M-12	Prévision de l'affaiblissement dû à des groupes d'obstacles jusqu'à 105 GHz	Clare Allen (Royaume-Uni)	Reza Arefi (Apple)
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3M-14	Étude des questions relatives au modèle de propagation des stations HAPS	Hajime Suzuki (Australie)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3M-16	L'indice de réfraction radioélectrique de l'atmosphère et ses effets sur la propagation des ondes radioélectriques	Antonio Martellucci (ESA)	Leke Lin (Chine)
Groupe de travail par correspondance 3K-3M-18	Étude des questions spécifiques communes aux Recommandations UIT-R P.452 , UIT-R P.1812 et UIT-R P.2001	Ivica Stevanovic (Suisse)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-21	Modèle de prévision de l'effet d'écran dû au corps humain	Sana Salous (Royaume-Uni)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-24	Modèle d'estimation de la probabilité en visibilité directe	Jelena Senic (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3L-3M-27	Apprentissage automatique pour les études de propagation	Zubeir Bocus (Royaume-Uni)	–

Groupes de travail par correspondance du Groupe de travail 3L			
Groupe	Intitulé	Président/Coprésidents	
Groupe de travail par correspondance 3L-2	Manuel N° 32 sur l'ionosphère et ses effets sur la propagation des ondes radioélectriques	Adam Hicks (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3L-5	Techniques de radionavigation pour obtenir des paramètres ionosphériques	Raül Orús-Pérez (ESA)	Mamoru Ishii (J)
Groupe de travail par correspondance 3L-6	Modèle de scintillation ionosphérique	Raül Orús-Pérez (ESA)	–
Groupe de travail par correspondance 3L-7	Bruit radioélectrique	Erik Hill (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3L-20	Recommandation UIT-R P.684-8 – Prévission du champ aux fréquences inférieures à 150 kHz environ	Adam Hicks (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3L-3M-27	Apprentissage automatique pour les études de propagation	Zubeir Bocus (Royaume-Uni)	–

Groupes de travail par correspondance du Groupe de travail 3M			
Groupe	Intitulé	Président/Coprésidents	
Groupe de travail par correspondance 3M-2	Point sur les banques de données de la CE 3 (DBSG3)	Antonio Martellucci (ESA)	–
Groupe de travail par correspondance 3M-4	Activités relatives aux produits logiciels, aux cartes numériques et aux données numériques de référence	Thomas Precht (Autriche)	Raül Orús-Pérez (ESA)
Groupe de travail par correspondance 3J-3M-5	Effet des nuages et des précipitations sur l'affaiblissement et la dépolarisation sur les trajets obliques	Antonio Martellucci (ESA)	Leke Lin (Chine)
Groupe de travail par correspondance 3M-8	Manuel sur les communications sur les trajets Terre vers espace	Luis Emiliani (Luxembourg)	Richard Rudd (Royaume-Uni)
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3M-8	Affaiblissement dû à la pénétration dans les bâtiments	Richard Rudd (Royaume-Uni)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-3M-9	Propagation des ondes radioélectriques le long des trajets aéronautiques	William Kozma (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3M-10	Élaboration du modèle de diffusion par les hydrométéores dans la Recommandation UIT-R P.452	Ryan McDonough (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3K-3M-12	Prévission de l'affaiblissement dû à des groupes d'obstacles jusqu'à 105 GHz	Clare Allen (Royaume-Uni)	Reza Arefi (Apple)
Groupe de travail par correspondance 3J-3M-13	Exemples de validation	Luis Emiliani (Luxembourg)	–

Groupes de travail par correspondance du Groupe de travail 3M			
Groupe	Intitulé	Président/Coprésidents	
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3M-14	Étude des questions relatives au modèle de propagation des stations HAPS	Hajime Suzuki (Australie)	–
Groupe de travail par correspondance 3M-15	Amélioration des modèles d'affaiblissement dû à la pluie et d'affaiblissement total dans la Recommandation UIT-R P.618	Laurent Castanet (France)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3M-16	L'indice de réfraction radioélectrique de l'atmosphère et ses effets sur la propagation des ondes radioélectriques	Antonio Martellucci (ESA)	Leke Lin (Chine)
Groupe de travail par correspondance 3K-3M-18	Étude des questions spécifiques communes aux Recommandations UIT-R P.452 , UIT-R P.1812 ou UIT-R P.2001	Ivica Stevanovic (Suisse)	–
Groupe de travail par correspondance 3M-22	Étude des mesures d'affaiblissement dû à la pluie indiquant des facteurs de réduction de trajet dépassant l'unité sur des trajets courts	Lorenzo Luini (Italie)	–
Groupe de travail par correspondance 3M-25	Mise à jour du Manuel N° 58 sur les méthodes de prévision de la propagation de l'UIT-R pour les évaluations des brouillages et les études de partage	Ryan McDonough (États-Unis d'Amérique)	–
Groupe de travail par correspondance 3J-3K-3L-3M-27	Apprentissage automatique pour les études de propagation	Zubeir Bocus (Royaume-Uni)	–