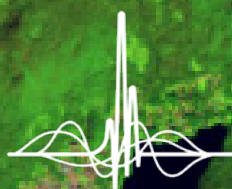


Services scientifiques

Observation de la Terre à la
Conférence mondiale des radiocommunications



ITUWRC
DUBAI2023



**Restez au cœur
de l'actualité //
// Restez informé**

The background features a dark blue, futuristic digital interface. It is populated with various colorful icons representing different digital concepts: a green Wi-Fi symbol, a red globe, a blue location pin, a green document, a yellow lightbulb, an orange target, a blue tablet, a green book, a red magnifying glass, a purple envelope, and a blue location pin. These icons are interconnected by a network of glowing, multi-colored lines (red, blue, green, yellow, purple) that create a sense of connectivity and data flow. The overall aesthetic is clean, modern, and tech-oriented.

Nouvelles de l'UIT

Découvrez l'actualité et les perspectives du numérique

Abonnez-vous aujourd'hui

Renforcer les services scientifiques pour protéger notre planète

Doreen Bogdan-Martin, Secrétaire générale, UIT

Près de la moitié des Objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies reposent sur l'observation de la Terre rendue possible par des réseaux de radiocommunication fiables. Plus largement, nous pourrions atteindre plus des deux tiers des cibles des ODD plus rapidement grâce aux technologies numériques et à la connectivité.

La [Conférence mondiale des radiocommunications \(CMR-23\)](#) est donc essentielle pour relever certains des défis les plus pressants de l'humanité, de l'éducation aux soins de santé en passant par le climat. Organisée par l'[Union internationale des télécommunications \(UIT\)](#), la conférence mettra à jour le Règlement des radiocommunications, traité mondial régissant le spectre des fréquences radioélectriques et les orbites de satellites.

La CMR-23, qui se tiendra du 20 novembre au 15 décembre à Dubaï (Émirats arabes unis), verra une participation mondiale, les pays s'efforçant ensemble de parvenir à des accords sur l'utilisation du spectre radioélectrique pour des technologies qui nous intéressent tous. C'est remarquable et de plus en plus rare.

Les réseaux radioélectriques sont essentiels pour rendre notre monde plus durable et la CMR-23 peut nous aider à avancer ensemble sur tous les fronts.

L'un de ces fronts est la surveillance du climat, l'atténuation et l'adaptation. L'UIT est un partenaire essentiel de l'initiative phare du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies visant à assurer la protection de tous les habitants de la planète contre les risques et les catastrophes climatiques grâce à des alertes vitales d'ici à la fin de 2027.

À ce stade critique pour l'action, les *Nouvelles de l'UIT* explorent les services scientifiques spatiaux. Grâce à une observation attentive et aux données, nous pouvons construire un monde plus résilient, inclusif, équitable et durable.



“ Les réseaux radioélectriques sont essentiels pour rendre notre monde plus durable et la CMR-23 peut nous aider à avancer ensemble sur tous les fronts. ”

Doreen Bogdan-Martin

CONFÉRENCE MONDIALE DES RADIOCOMMUNICATIONS

20 novembre - 15 décembre 2023
Dubai, Émirats arabes unis

www.itu.int/wrc-23/
#ITUWRC



Services scientifiques

Observation de la Terre à la Conférence mondiale des radiocommunications

Editorial

3 Renforcer les services scientifiques pour protéger notre planète

Doreen Bogdan-Martin, Secrétaire générale, UIT

Introduction

7 Services scientifiques: observer notre planète et comprendre les changements climatiques

Mario Maniewicz, Directeur du Bureau des radiocommunications de l'UIT

11 Protection des systèmes d'observation de la Terre à la CMR-23

Petteri Taalas, Secrétaire général, Organisation météorologique mondiale

Perspectives du secteur

16 Services scientifiques et questions relatives à l'observation de la Terre à la CMR-23

John Zuzek, Président de la Commission d'études 7 de l'UIT-R et Directeur du Programme national du spectre, NASA

20 Groupe de coordination des fréquences spatiales: Objectifs pour la CMR-23

Maite Arza, Chef du Bureau de la gestion des fréquences et Bruno Espinosa, Spécialiste de la gestion des fréquences, Agence spatiale européenne (ESA) - Secrétariat exécutif du Groupe de coordination des fréquences spatiales (SFCG)

24 Mesure de la température de la mer en surface à l'aide de détecteurs hyperfréquences passifs

Yasunori Iwana, membre du personnel, Bureau de gestion du spectre, et Misako Kachi, responsable de GCOM-W et AMSR3, Centre de recherche sur l'observation de la Terre, Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA)

28 Détection active et utilisation potentielle des fréquences autour de 45 MHz

Andre Tkacenko, ingénieur en analyse du signal, Spectrum Engineering Group (332G), Jet Propulsion Laboratory (JPL), National Aeronautics and Space Administration (NASA)

ITU News
MAGAZINE

No. 5
2023



Photo de couverture: NASA

ISSN 1020-4148
itunews.itu.int
6 numéros par an
Copyright: © ITU 2023

Conseiller, Commission d'études 7 de l'UIT-R (Services scientifiques): Vadim Nozdrin

Rédacteur en chef: Neil MacDonald
Concepteur artistique: Christine Vanoli
Assistante d'édition: Angela Smith

Traduction et mise en page: Département des conférences et des publications

Rédaction/Publicité:
Tél.: +41 22 730 5723/5683
E-mail: itunews@itu.int

Adresse postale:
Union internationale des télécommunications
Place des Nations
CH-1211 Genève 20 (Suisse)

Déni de responsabilité: les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs des articles et n'engagent pas l'UIT. Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données, cartes comprises, qui y figurent n'impliquent de la part de l'UIT aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les références faites à des sociétés ou à des produits spécifiques n'impliquent pas que l'UIT approuve ou recommande ces sociétés ou ces produits, de préférence à d'autres, de nature similaire, mais dont il n'est pas fait mention.

Sauf indication contraire, toutes les photos sont des photos UIT.

32 Détection hyperfréquences passive des nuages de glace: clé pour la prévision immédiate et la modélisation climatique

Markus Dreis, Président du Groupe de travail 7C de l'UIT-R (Systèmes de télédétection) et Responsable des fréquences, Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT)

36 Coordination des fréquences pour les services de radiocommunication par satellite dans les bandes S, X et Ka

Jean Pla, Expert en gestion des fréquences, Centre National d'Études Spatiales (CNES), France

40 Brouillages radioélectriques dans les mesures d'observation de la Terre

Yan Soldo, Ingénieur en gestion des fréquences et technologie, Agence spatiale européenne

45 Télédétection en hyperfréquences passive pour la prévision numérique du temps

Stephen English, Directeur adjoint de la recherche, Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme

50 Nouvelles perspectives pour l'observation de la Terre dans la réalisation des objectifs de développement durable

Flávio Jorge, Président national et représentant international en début de carrière, Commission E (Environnement électromagnétique et interférence), Union radio-scientifique internationale; Luis Pedro, Directeur d'ANACOM (Portugal); et Sandro Mendonça, Professeur, Iscte Business School/ Institut universitaire de Lisbonne (Portugal) et Conseiller, Anatel, Brésil

55 Services d'exploration de la Terre par satellite en Amérique latine et dans les Caraïbes

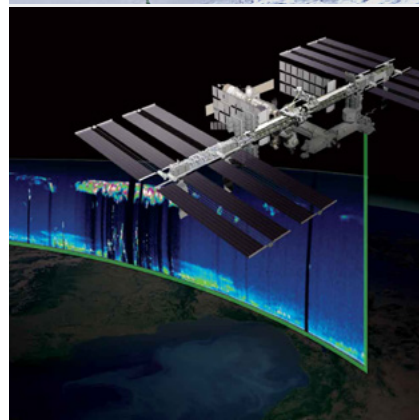
Tarcísio Bakaus, Vice-Président du Groupe de travail 7C de l'UIT-R (Systèmes de télédétection) et Coordonnateur de la gestion internationale du spectre et des orbites (Division du spectre, de l'orbite et de la radiodiffusion), Agence nationale brésilienne des télécommunications (Anatel)

59 Une vue satellite pour améliorer la vie sur Terre

Amy Parker, Directrice, Centre for Earth Observation (CSIRO), Australie

63 Services d'exploration de la Terre par satellite pour la gestion d'intervention en cas de catastrophe

Joanne Frolek, ingénieure, Utilisation de l'espace, Agence spatiale canadienne



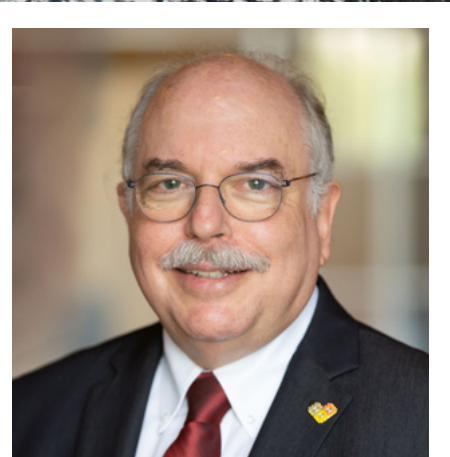


Services scientifiques: observer notre planète et comprendre les changements climatiques

Mario Maniewicz, Directeur du
Bureau des radiocommunications de l'UIT

Les systèmes d'observation de la Terre ont fait des progrès remarquables ces dernières années, devenant essentiels pour comprendre notre planète et relever certains des défis les plus urgents auxquels l'humanité est confrontée.

Les services scientifiques associés utilisent la technologie radioélectrique pour recueillir des informations sur l'atmosphère, les continents et les océans de la Terre, qui sont ensuite analysées et interprétées pour fournir des informations précieuses sur divers phénomènes naturels ou anthropiques.



“ Les systèmes d'observation de la Terre ont fait des progrès remarquables ces dernières années, devenant essentiels pour comprendre notre planète et relever certains des défis les plus urgents auxquels l'humanité est confrontée. ”

Mario Maniewicz

Avec les progrès rapides des systèmes à satellites et la disponibilité de l'Internet à haut débit, la quantité et la qualité des données recueillies grâce à l'observation de la Terre et à la télédétection ont considérablement augmenté. Les scientifiques, les chercheurs et les décideurs peuvent désormais obtenir des données en temps quasi réel sur les régimes climatiques, les catastrophes, les changements d'affectation des terres, la dégradation de l'environnement et d'autres indicateurs.

Ces informations se sont avérées cruciales pour prévoir et atténuer les impacts des ouragans, des inondations, des incendies de forêt et d'autres catastrophes, ainsi que pour surveiller la santé des écosystèmes et éclairer les politiques d'utilisation des terres. Les données d'observation de la Terre sont essentielles pour évaluer l'état général de notre planète, y compris les progrès vers la réalisation des objectifs de développement durable (ODD) fixés par les Nations Unies.

Parallèlement, les services météorologiques peuvent prévoir les conditions météorologiques et alerter sur les phénomènes météorologiques extrêmes. Compte tenu des changements climatiques, il est plus important que jamais de disposer d'informations météorologiques précises et opportunes pour protéger les vies humaines et les biens.

Les services météorologiques fournissent également des informations sur l'aviation, la marine et l'agriculture, permettant aux gouvernements et aux entreprises de prendre des décisions éclairées dans ces secteurs.

Les progrès constants de l'observation de la Terre, de la télédétection et des services météorologiques ont révolutionné notre compréhension de la Terre. Ces champs peuvent nous aider à mieux gérer les ressources de la planète et notre environnement dans les années à venir.

Éclairer les défis du climat et du développement

L'intégration des données d'observation de la Terre dans les processus d'élaboration des politiques peut renforcer le développement durable et contribuer à créer un monde plus équitable et plus résilient. Par exemple, les données des images satellites peuvent mettre en lumière l'utilisation des terres agricoles, la santé des cultures et la disponibilité de l'eau, en éclairant les politiques fondées sur des données probantes visant à promouvoir une agriculture durable et à atteindre la sécurité alimentaire.

De même, la télédétection révèle les ressources en eau et aide à surveiller la qualité de l'eau. D'autres données satellitaires peuvent être utilisées pour déterminer la santé des forêts et d'autres écosystèmes.

Les systèmes d'observation de la Terre sont essentiels pour suivre les changements climatiques et leurs impacts. Les données sur la température, l'élévation du niveau de la mer et les émissions de gaz à effet de serre peuvent éclairer les tendances à long terme et orienter les politiques de réduction des émissions et d'atténuation du changement climatique.



Les scientifiques, les chercheurs et les décideurs peuvent désormais obtenir des données en temps quasi réel sur les régimes climatiques, les catastrophes, les changements d'affectation des terres, la dégradation de l'environnement et d'autres indicateurs. ”



Pourtant, tout dépend de la protection du spectre radioélectrique nécessaire à l'observation de la Terre. La collecte, la transmission et la distribution de données à partir de satellites et d'autres plates-formes de télédétection nécessitent la disponibilité ininterrompue des principales fréquences radioélectriques.

Ainsi, la prochaine [Conférence mondiale des radiocommunications](#), la CMR-23, constitue une étape décisive pour faire en sorte que les services d'observation de la Terre, de télédétection et de météorologie continuent de s'améliorer.

À mesure que les systèmes se développent, les brouillages causés par d'autres sources radioélectriques peuvent affecter la qualité des données, compromettant la précision de l'analyse et pouvant avoir des incidences sur la sécurité économique, la défense nationale et la sécurité de la vie humaine partout dans le monde.

Préserver le spectre pour les services scientifiques

Les précédentes Conférences mondiales des radiocommunications ont renforcé le mandat de l'[Union internationale des télécommunications](#) (UIT) visant à promouvoir la durabilité, à lutter contre les changements climatiques et à renforcer les communications d'urgence. Les décisions prises n'ont cessé de garantir la disponibilité de fréquences et d'orbites de satellites pour la surveillance de l'environnement et la modélisation des changements climatiques.

Les États Membres de l'UIT examineront à nouveau, lors de la CMR-23, des attributions de fréquences pour préserver et améliorer les services scientifiques, que ce soit pour l'observation de la Terre, l'exploration de notre système solaire ou l'étude de l'univers.

Il est primordial de protéger les services scientifiques sensibles dans les bandes adjacentes, en particulier pour la bande passive du service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) utilisée par les modèles de prévision météorologique. Des brouillages préjudiciables dans cette bande pourraient compromettre la précision des prévisions météorologiques à un moment où celles-ci doivent être de plus en plus précises.

La CMR-23 examinera donc de nouvelles fréquences pour faciliter l'utilisation des services d'exploration de la Terre par satellite pour la surveillance du climat, les prévisions météorologiques et d'autres missions scientifiques.



Les précédentes Conférences mondiales des radiocommunications ont renforcé le mandat de l'UIT visant à promouvoir la durabilité, à lutter contre les changements climatiques et à renforcer les communications d'urgence. ”



Les principaux points à l'ordre du jour des services scientifiques sont les suivants:

- 1.12 – Service d'exploration de la Terre par satellite (active) pour les sondeurs radar spatioportés: envisager une éventuelle nouvelle attribution à titre secondaire.
- 1.14 – Service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (passive): envisager la possibilité d'apporter des ajustements aux attributions pour s'assurer qu'elles correspondent aux besoins récents en matière d'observation des systèmes de télédétection.
- 9.1 (question a) – Examiner les résultats des études relatives aux caractéristiques techniques et opérationnelles, aux exigences en matière de spectre et aux désignations appropriées des services radio pour les capteurs de météorologie spatiale, en vue de décrire la reconnaissance et la protection appropriées dans le Règlement des radiocommunications sans imposer de contraintes supplémentaires aux services en place.

En avril, les États Membres de l'UIT ont approuvé le [Rapport de la Réunion de préparation à la Conférence à la CMR-23](#), qui résume et analyse les résultats des études techniques menées par le [Secteur des radiocommunications de l'UIT](#) (UIT-R) et présente des solutions possibles aux questions inscrites à l'ordre du jour de la CMR-23. Le rapport est maintenant disponible dans les six langues officielles de l'UIT.

Le troisième et dernier Atelier interrégional sur les travaux préparatoires à la CMR-23, qui s'est tenu du 27 au 29 septembre, a donné aux participants une nouvelle occasion d'examiner les solutions proposées pour résoudre les problèmes identifiés.

Avis de spécialistes pour la CMR-23

Ce dernier numéro des *Nouvelles de l'UIT* présente les points de vue du secteur privé et des organisations internationales et régionales spécialisées sur des questions essentielles liées aux services d'observation de la Terre, dans la perspective de la CMR-23.

Je tiens à remercier de tout cœur tous les experts qui ont contribué à faire valoir leurs points de vue. Je suis convaincu que cette édition offre une vue d'ensemble bien informée.

Les résultats de la CMR-23 seront essentiels pour définir le futur cadre des services de radiocommunication dans tous les pays. Je me réjouis d'accueillir nos délégués du monde entier.



Les résultats de la CMR-23 seront essentiels pour définir le futur cadre des services de radiocommunication dans tous les pays.



WMO/Edward Michiel



Protection des systèmes d'observation de la Terre à la CMR-23

Petteri Taalas, Secrétaire général,
Organisation météorologique mondiale

Il est essentiel que tous les systèmes d'observation de la Terre disposent de bandes de fréquences exemptes de brouillages préjudiciables. En fait, l'accès au spectre des fréquences radioélectriques est essentiel pour l'infrastructure météorologique et hydrologique qui sous-tend les services météorologiques et environnementaux connexes dans le monde entier. Les satellites, les radars météorologiques, les radiosondes, les systèmes d'observation hydrologique et les bouées dérivantes fonctionnent tous par radio ou par micro-ondes.

La sécurité des personnes et des biens dépend des prévisions météorologiques et environnementales. Des délais d'alerte prolongés en cas d'événements graves permettent aux citoyens, aux autorités civiles et aux premiers intervenants d'agir.

La collaboration de longue date entre l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le [Secteur des radiocommunications de l'UIT](#) (UIT-R, l'un des trois Secteurs de l'Union internationale des télécommunications) a renforcé les synergies croissantes entre la météorologie, les systèmes d'alerte rapide, les données et les technologies numériques.

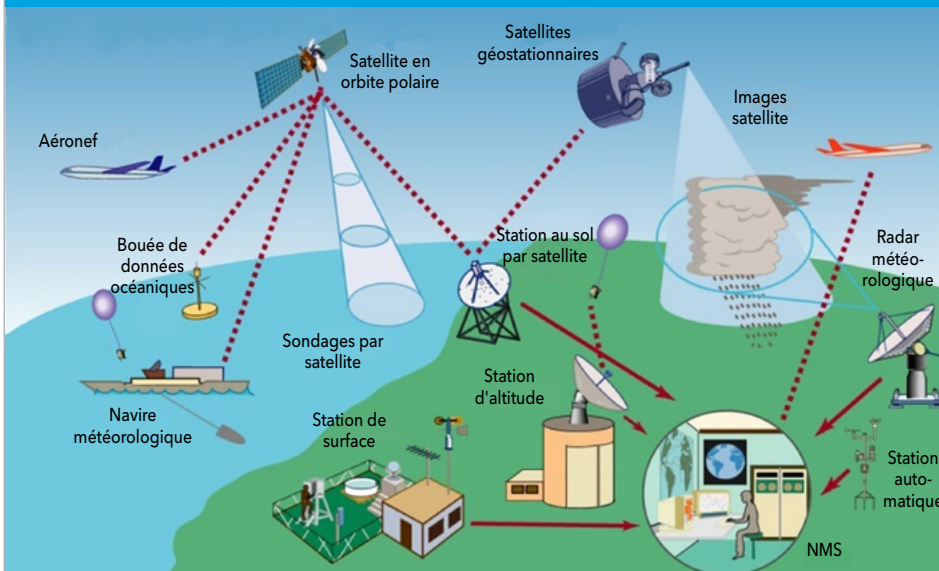
“

La sécurité des personnes et des biens dépend des prévisions météorologiques et environnementales.”

Petteri Taalas



Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM (WIGOS)



Source: World Meteorological Organization

L'OMM, par l'intermédiaire de son Équipe d'experts sur la coordination des fréquences radioélectriques (ET-RFC), a adopté une [prise de position](#) concernant l'ordre du jour de la prochaine Conférence mondiale des radiocommunications de l'UIT (CMR-23).

Du point de vue de la météorologie et de la surveillance du climat, les questions les plus critiques qui nécessitent l'appui des administrations nationales concernent la mesure de la température de surface de la mer et les observations de la météorologie spatiale.

Continuité des mesures SST découlant du point 1.2 de l'ordre du jour

La température de la mer en surface (SST) est une composante essentielle du système climatique, avec une influence majeure sur les échanges d'énergie, de quantité de mouvement et de gaz entre les océans et l'atmosphère. La SST, qui est l'un des principaux moteurs de la circulation océanique, est essentielle pour les modèles numériques de prévision météorologique et océanique.

La gamme de fréquences 6/7 gigahertz (GHz) - correspondant à la sensibilité de crête de la SST - est actuellement utilisée pour la télédétection passive océanique. Ce sont les seules mesures SST qui peuvent "voir" à travers les nuages.

Position de l'OMM

Les Membres de l'OMM, lors du 19^{ème} Congrès météorologique mondial, ont adopté des positions sur 21 points de l'ordre du jour de la CMR-23 à venir.

[Lire la déclaration.](#)

“ La température de surface de la mer (SST) est une composante essentielle du système climatique... ”

Le [Règlement des radiocommunications](#) reconnaît l'utilisation des bandes de fréquences 6 425-7 075 mégahertz (MHz) et 7 075-7 250 MHz par le service d'exploration de la Terre par satellite (SETS). Le renvoi 5.458 souligne que les administrations devraient tenir compte des besoins en spectre des capteurs du SETS (passive) lors de la planification future pour cette gamme de fréquences. Mais cela ne constitue pas une attribution de spectre et n'offre aucune protection aux opérations de mesure SST.

Au titre du **point 1.2 de l'ordre du jour de la CMR-23**, il est proposé d'identifier des bandes de fréquences pour les Télécommunications mobiles internationales (IMT) dans la gamme 6/7 GHz, même si les études de l'UIT-R montrent que les mesures de la SST pourraient être gravement entravées par ce déploiement. Pour atténuer ce risque, l'OMM a identifié d'autres bandes potentielles pour la mesure de la SST qui pourraient être utilisées en combinaison avec la gamme 6/7 GHz.

Pour assurer la continuité à long terme, l'OMM exhorte les administrations à envisager de nouvelles attributions à titre primaire au SETS (passive) dans les bandes 4,2-4,4 GHz et 8,4-8,5 GHz pour les mesures de la SST. En particulier, ces nouvelles attributions possibles à titre primaire au SETS (passive) ne demanderaient pas à être protégées vis-à-vis des services existants dans ces bandes.

Reconnaissance de la météorologie spatiale: point 9.1a de l'ordre du jour

Les observations de météorologie spatiale à partir de systèmes au sol et spatiaux sont essentielles pour la détection de l'activité solaire. Les phénomènes solaires peuvent causer de graves perturbations aux infrastructures essentielles tant sur Terre que dans l'espace, entraînant des pannes d'électricité, des dommages aux satellites, des perturbations des réseaux électriques et une exposition accrue aux rayonnements sur les routes aériennes transpolaires.

Bien qu'il soit nécessaire de prévoir des phénomènes météorologiques spatiaux dangereux, le Règlement des radiocommunications actuel ne contient aucune reconnaissance ni aucune disposition relative aux observations de météorologie spatiale. Le **point 9.1a de l'ordre du jour de la CMR-23** porte sur la nécessité de reconnaître les capteurs de météorologie spatiale dans le Règlement des radiocommunications. Au titre du point 10 de l'ordre du jour de la CMR-23, un nouveau point de l'ordre du jour de la CMR-27 sera examiné, afin d'assurer la protection des capteurs de météorologie spatiale dans certaines bandes de fréquences, sans imposer de contraintes aux services existants.



Bien qu'il soit nécessaire de prévoir des phénomènes météorologiques spatiaux dangereux, le Règlement des radiocommunications actuel ne contient aucune reconnaissance ni aucune disposition relative aux observations de météorologie spatiale. ”

Afin de protéger les détecteurs de météorologie spatiale, l'OMM préconise une approche en deux étapes à la CMR-23:

Étape 1:

Définir la météorologie spatiale dans le contexte du Règlement des radiocommunications et associer la météorologie spatiale au "service de radiocommunication" approprié dans le cadre duquel les systèmes de météorologie spatiale peuvent fonctionner, à savoir le service des auxiliaires de la météorologie (*météorologie spatiale*) ou, en abrégé, le MetAids (*météorologie spatiale*).

Étape 2:

Élaborer un nouveau point de l'ordre du jour de la CMR-27 proposant de nouvelles attributions au service des auxiliaires de la météorologie spatiale dans les bandes de fréquences utilisées par les capteurs de météorologie spatiale qui ont besoin d'être protégés.

Protection du spectre critique

Le spectre des fréquences radioélectriques est une ressource limitée, les technologies émergentes augmentant continuellement la demande. Au début de l'année, le 19ème Congrès météorologique mondial (Cg-19) s'est déclaré gravement préoccupé par la menace qui pèse sur des bandes de fréquences radioélectriques cruciales, la Résolution 31 de la conférence appelant à l'adoption de protections.

La communauté météorologique lance un appel aux membres de l'UIT pour qu'ils tiennent dûment compte des besoins de l'OMM en matière d'attribution de fréquences radioélectriques et des dispositions réglementaires à la CMR-23.

Le point 5.340 du Règlement des radiocommunications de l'UIT interdit toutes les émissions radioélectriques dans des bandes de fréquences spécifiées comprises entre 1 400 MHz et 252 GHz. La recherche et l'exploitation concernant le climat, l'eau et la météorologie dépendent toutes de la préservation de ces bandes exemptes d'émissions.

L'enjeu est la disponibilité de spectre pour la télédétection passive de l'atmosphère terrestre et d'autres variables environnementales. Ce n'est qu'en travaillant ensemble que nous pourrons, les communautés mondiales de la météorologie et des radiocommunications, maintenir et améliorer nos capacités futures d'observation de la Terre et des services vitaux qui en dépendent.



La communauté météorologique lance un appel aux membres de l'UIT pour qu'ils tiennent dûment compte des besoins de l'OMM en matière d'attribution de fréquences radioélectriques et des dispositions réglementaires à la CMR-23. ”

À propos de la Conférence mondiale des radiocommunications.

Les conférences mondiales des radiocommunications se tiennent tous les trois ou quatre ans pour examiner et, si nécessaire, réviser le Règlement des radiocommunications, le traité international régissant l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques et des orbites des satellites géostationnaires et non géostationnaires.

**Explorez les thèmes de la CMR-23 dans la
revue Nouvelles de l'UIT**

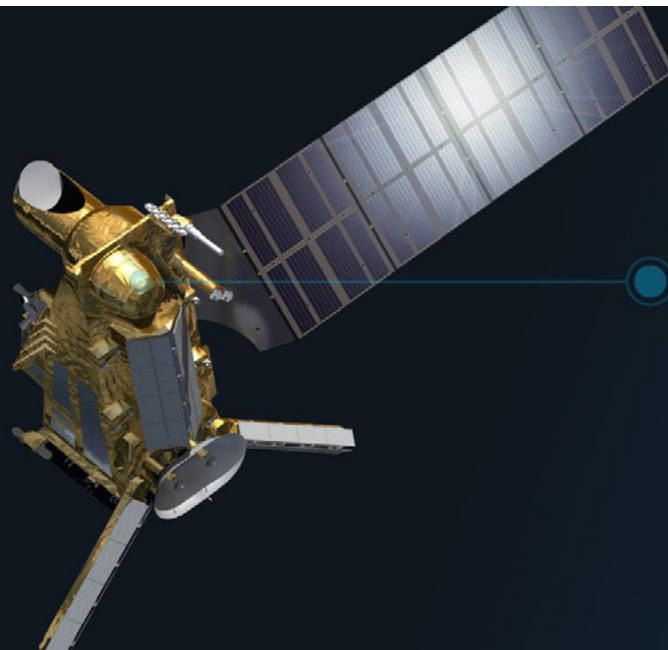
[Compte à rebours
avant la CMR-23](#)

[L'avenir du
temps universel
coordonné](#)

[Terre, mer et
ondes](#)

[Connectivité
par satellite](#)

Site web de la Conférence: [CMR-23](#)



Ice Cloud Imager

Services scientifiques et questions relatives à l'observation de la Terre à la CMR-23

John Zuzek, Président de la Commission d'études 7 de l'UIT-R et Directeur du Programme national du spectre, NASA

La recherche et l'exploration spatiales, y compris l'observation de la Terre et la surveillance du climat, dépendent de l'Union internationale des télécommunications (UIT) et des travaux hautement spécialisés de son Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R).

La Commission d'études 7 de l'UIT-R, par exemple, s'occupe des services radioélectriques à l'appui des activités scientifiques. Il s'agit notamment des émissions de signaux horaires et de fréquences étalon, des applications des radiocommunications spatiales, des systèmes de télédétection et de la radioastronomie.

Les Groupes de travail de la [Commission d'études 7](#) achèvent actuellement la documentation ressource qui facilitera le processus décisionnel sur ces questions lors de la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR-23) qui débutera mi-novembre.



Parmi les sujets à l'ordre du jour de la CMR-23 figurent des mises à jour réglementaires vitales pour maintenir et améliorer les capacités humaines d'observation de la Terre.

John Zuzek



Observation de la Terre et télédétection

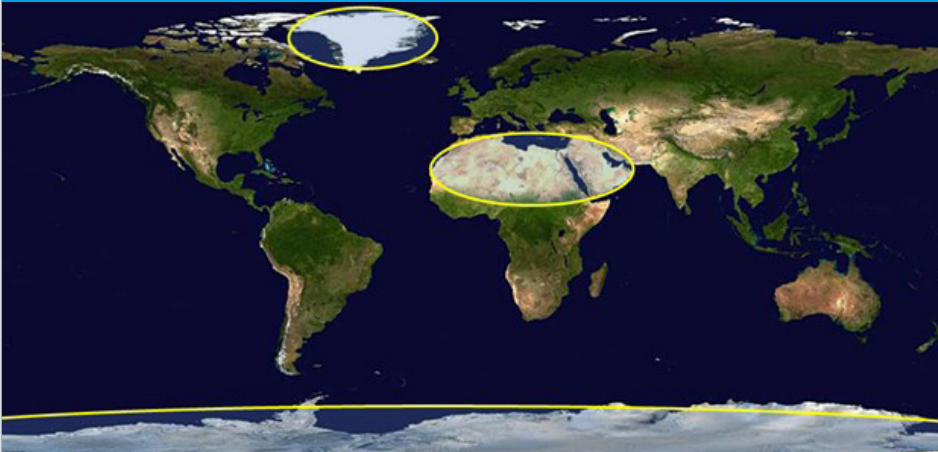
Parmi les sujets à l'ordre du jour de la CMR-23 figurent des mises à jour réglementaires vitales pour maintenir et améliorer les capacités humaines d'observation de la Terre.

Le **point 1.12 de l'ordre du jour** porte sur la possibilité de faire une attribution à titre secondaire au SETS (active), c'est-à-dire au service d'exploration de la Terre par satellite (active), ou une attribution qui serait utilisée par les sondeurs radar dans la gamme de fréquences au voisinage de 45 MHz.

Ces sondeurs radar permettent à la télédétection active spatiale de la surface de la Terre de détecter les dépôts d'eau souterraine dans des environnements désertiques tels que l'Afrique du Nord et la péninsule arabique. Ils mesurent également l'épaisseur de la glace dans les régions polaires.

Une attribution au SETS (active) est nécessaire autour de 45 MHz pour permettre à de nouveaux satellites de collecter ces données importantes sur l'orbite terrestre.

Zones de couverture possibles pour les sondeurs radar



Source: Recommandation UIT-R RS 2042-1.

Au titre du **point 1.14 de l'ordre du jour**, il est demandé de revoir et d'adapter les attributions existantes et, éventuellement, d'ajouter de nouvelles attributions de fréquences primaires au SETS (passive) dans la gamme de fréquences 231,5-252 gigahertz (GHz). À l'heure actuelle, l'utilisation de cette gamme de fréquences est limitée aux instruments hyperfréquences de sondage au limbe, qui pointent en direction du limbe terrestre pour mesurer divers gaz atmosphériques.

Ces dernières années, de nouveaux besoins d'observation ont été identifiés pour l'étude des nuages de glace. Couvrant plus de 33% de la surface de la Terre, les nuages de glace affectent les précipitations, la structure atmosphérique et le processus nuageux, avec des effets importants sur le climat de la Terre.



Des mesures mondiales des propriétés des nuages de glace sont absolument nécessaires.”



Permettre la mesure des nuages de glace

Des mesures mondiales des propriétés des nuages de glace sont absolument nécessaires. Une solution consisterait à réorganiser les attributions dans la gamme de fréquences 231,5-252 GHz. Cela protégerait l'utilisation actuelle du limbo-sondage hyperfréquences et permettrait aux futurs satellites de météorologie de mesurer les nuages de glace. Cela permettrait également l'utilisation future sans contraintes des services de Terre dans la même gamme.

Le **point 9.1 de l'ordre du jour**, sujet d), traite de la protection des systèmes de télédétection passive fonctionnant dans le SETS (passive) dans la bande de fréquences 36-37 GHz contre les émissions des systèmes à satellites non géostationnaires (OSG) du service fixe par satellite (SFS). Cette démarche s'inscrit dans la continuité des études antérieures entreprises au titre du point 1.6 de l'ordre du jour de la CMR-19, mais qui n'ont pas été entièrement terminées. Maintenant que ces études sont achevées, la CMR-23 pourrait décider d'agir sur cette question.

Le **point 1.2 de l'ordre du jour** traite de l'identification des bandes 6 425-7 025 MHz, 7 025-7 125 MHz et 10,0-10,5 GHz ainsi que d'autres bandes pour les Télécommunications mobiles internationales (IMT). Bien qu'il ne s'agisse pas d'une question scientifique en soi, le déploiement des IMT dans la bande 6 425-7 125 MHz pourrait avoir une incidence négative sur les mesures de la température de surface de la mer (SST) effectuées dans la bande 6 425-7 250 MHz avec chevauchement.

De même, le déploiement des IMT dans la bande 10,0-10,5 GHz pourrait avoir une incidence négative sur les mesures de détection active dans la bande 10,0-10,4 GHz. Les émissions hors bande des systèmes IMT pourraient également avoir une incidence négative sur les mesures passives dans la bande voisine 10,6-10,7 GHz. Les solutions à ce point de l'ordre du jour devraient tenir compte de ces facteurs.

Autres questions relatives aux services scientifiques

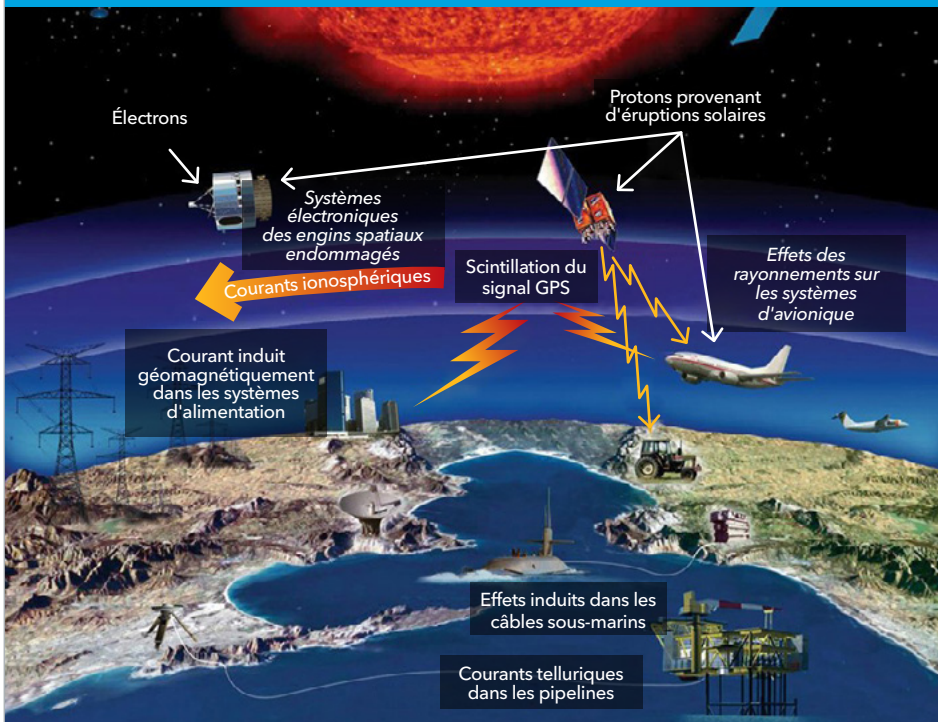
Le **point 1.13 de l'ordre du jour** concerne l'examen de la possibilité de relever le statut de l'attribution de la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz au service de recherche spatiale, qui est actuellement une attribution secondaire faite à l'échelle mondiale. Un tel spectre peut être utilisé pour les liaisons descendantes directes de données des engins spatiaux à destination de stations terriennes, les liaisons Terre vers espace à destination de satellites relais de données et les liaisons espace-espace des engins spatiaux à destination de satellites relais de données. Cela appuierait des projets tels que les missions d'exploration lunaire.

Le **point 9.1, sujet a)**, de l'ordre du jour porte sur la protection et la reconnaissance éventuelle des capteurs de météorologie spatiale dépendant du spectre radioélectrique et utilisés pour les prévisions et les alertes à l'échelle mondiale. Les systèmes de météorologie spatiale nous permettent d'observer divers phénomènes dans l'espace qui affectent nos activités autour de la Terre. Il s'agit notamment de l'activité solaire, telle que les éjections de masse coronale (EMC), les tempêtes géomagnétiques, le rayonnement solaire et les vents solaires.

L'ordre du jour préliminaire de la prochaine Conférence mondiale des radiocommunications (CMR 27) comprend un point éventuel à inscrire à l'ordre du jour pour aborder ce sujet.



Effets possibles de la météorologie spatiale



Source: NASA.

Éléments à prendre en considération à l'avenir

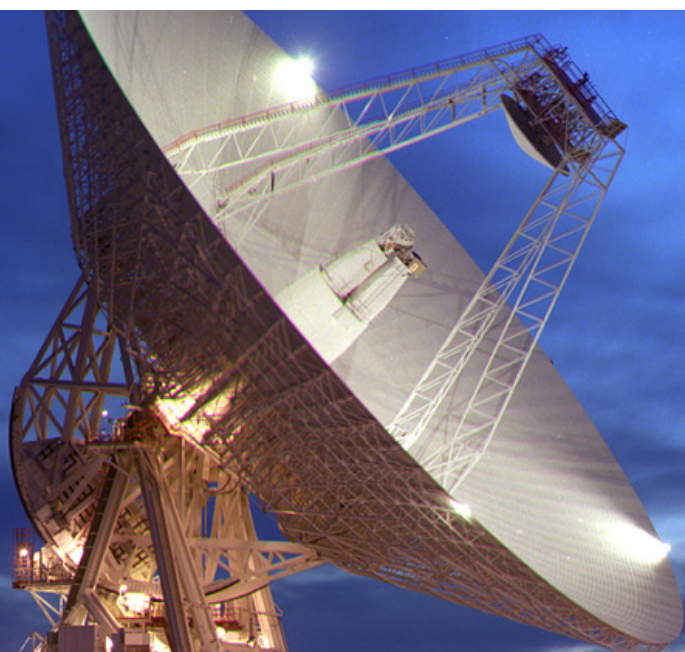
Plusieurs questions concernant les services scientifiques figurent déjà à l'ordre du jour préliminaire de la CMR-27. Plusieurs d'entre elles traitent d'attributions autour de la bande 86-92 GHz, dans lesquelles aucune émission n'est autorisée. C'est une bande critique pour les systèmes d'observation de la Terre et doit être protégée.

Un autre point potentiel de l'ordre du jour porte sur une attribution possible dans la bande 22,55-23,15 GHz pour les futurs systèmes d'observation de la Terre.

Un autre point possible de l'ordre du jour concerne la protection des capteurs de météorologie spatiale pour les prévisions et les alertes mondiales.

Une partie des tâches de la CMR-23 en novembre et décembre consiste à décider des derniers sujets de la CMR-27. Cette conférence de 2027 sera la prochaine occasion de mettre à jour le Règlement des radiocommunications et de garantir un accès ininterrompu, équitable et mondial au spectre des fréquences radioélectriques et aux ressources orbitales.

“ Les systèmes de météorologie spatiale nous permettent d'observer divers phénomènes dans l'espace qui affectent nos activités autour de la Terre. ”



Maite Arza



Bruno Espinosa

Groupe de coordination des fréquences spatiales: Objectifs pour la CMR-23

Maite Arza, Chef du Bureau de la gestion des fréquences et Bruno Espinosa, Spécialiste de la gestion des fréquences, Agence spatiale européenne (ESA) – Secrétariat exécutif du Groupe de coordination des fréquences spatiales (SFCG)

Depuis quelques décennies, les agences spatiales membres du [Groupe de coordination des fréquences spatiales](#) (SFCG) définissent des objectifs communs pour chaque Conférence mondiale des radiocommunications, reconnaissant l'importance cruciale de cette réunion quadriennale mondiale du secteur organisée par l'Union internationale des télécommunications (UIT).

Le Groupe encourage l'efficacité d'utilisation du spectre et le partage des bandes de fréquences entre plusieurs services de radiocommunication sur la base de critères de partage et de protection mutuellement convenus, établis conformément aux résultats des études du [Secteur des radiocommunications de l'UIT](#) (UIT-R).

À l'approche de la prochaine de ces conférences, le SFCG a défini des [objectifs pour la CMR-23](#) en se référant à des points spécifiques de l'ordre du jour et à des sujets d'intérêt.



Possibilités offertes par les services scientifiques et d'observation de la Terre

Au titre du point 1.12 de l'ordre du jour de la CMR-23, le SFCG est favorable à une nouvelle attribution à titre secondaire au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (active) dans la bande de fréquences radioélectrique 40-50 MHz, assortie de dispositions connexes visant à équilibrer la protection des services existants avec la possibilité d'exploiter des sondeurs radar spatioportés dans cette gamme. Des mesures de sondeur dans la gamme 40-50 MHz fourniraient une vue sans précédent du sous-sol de la planète, ainsi qu'une meilleure compréhension des nappes glaciaires dans les régions polaires et des aquifères dans les régions arides.

Si nécessaire, le SFCG pourrait jouer le rôle d'organisation de coordination pour toute consultation et mesure de suivi, par exemple l'élaboration de lignes directrices pour la mise en œuvre des décisions de la CMR-23.

Une autre possibilité d'observation de la Terre sera examinée à la CMR-23 au titre du point 1.14 de l'ordre du jour, qui traite des besoins du SETS (passive) dans la gamme de fréquences 231,5-252 gigahertz (GHz). Sur la base des résultats des études de l'UIT-R et des besoins opérationnels du SETS (passive), le SFCG appuie une nouvelle attribution à titre primaire au SETS (passive) dans les bandes de fréquences 239,2-242,2 GHz et 244,2-247,2 GHz. Cela permettrait de prendre en compte les mesures des nuages de glace et de réorganiser les attributions aux services fixe et mobile.

Le SFCG se félicite également de l'élaboration de dispositions techniques et réglementaires pour l'exploitation de satellite à satellite dans les bandes de fréquences 18,1-18,6 GHz, 18,8-20,2 GHz et 27,5-30 GHz (point 1.17 de l'ordre du jour). Étant donné que les missions d'observation de la Terre et les missions scientifiques génèrent des volumes croissants de données, les futures missions scientifiques spatiales bénéficieraient de services de communication par satellite fonctionnant comme relais de données.

Deux éléments répondraient aux exigences scientifiques générales:

- Relever le statut secondaire à primaire de l'attribution au service de recherche spatiale dans la bande 14,8-15,35 GHz pour prendre en charge les applications existantes et futures et accroître le transport de données pour les missions scientifiques (point 1.13 de l'ordre du jour), pour lesquelles le SFCG reconnaît la nécessité de dispositions pour garantir la compatibilité entre le service de recherche spatiale et les services primaires existants.
- Envisager d'inclure dans le Règlement des radiocommunications des dispositions relatives à la reconnaissance appropriée des capteurs de météorologie spatiale (point 9.1 de l'ordre du jour, sujet a) dans le service des auxiliaires de la météorologie.



Au titre du point 1.12 de l'ordre du jour de la CMR-23, le SFCG est favorable à une nouvelle attribution secondaire au service d'exploration de la Terre par satellite ... ”

Maite Arza and
Bruno Espinosa



Objectifs du SFCG pour la CMR-23

Le SFCG a défini des objectifs pour la CMR-23 en se référant à des points spécifiques de l'ordre du jour et à des sujets d'intérêt.

[Télécharger les objectifs du SFCG](#)

Protection des télé-détecteurs spatiaux

Le SFCG attache une importance particulière à la protection des bandes de fréquences utilisées par les télé-détecteurs spatioportés pour recueillir des données climatologiques et météorologiques, bandes qui sont souvent inaccessibles par d'autres moyens. Le bon fonctionnement de ces capteurs dépend de l'utilisation de bandes de fréquences spécifiques définies par des lois physiques.

Le SFCG n'est pas favorable à une identification pour les Télécommunications mobiles internationales (IMT) dans la bande 10-10,5 GHz dans la Région 2 (Amériques) au titre du point 1.2 de l'ordre du jour, étant donné que la faisabilité du partage du spectre entre les IMT et le SETS (active) dans la bande 10-10,4 GHz n'a pas été démontrée.

Le SFCG est également préoccupé par les brouillages que les services actifs pourraient causer aux détecteurs du SETS (passifs) dans les bandes de fréquences adjacentes. Par conséquent, le SFCG est favorable à l'inclusion dans le Règlement des radiocommunications de limites imposées aux services actifs, comme indiqué dans le tableau ci-dessous, afin de protéger le fonctionnement des détecteurs du SETS (passifs).

En outre, en ce qui concerne les discussions sur la gamme 6-7 GHz au titre du point 1.2 de l'ordre du jour, le SFCG accueillerait favorablement des options permettant d'assurer la continuité des mesures de la température de surface de la mer (SST) dans d'autres gammes de fréquences, par exemple par le biais de nouvelles attributions à titre primaire au SETS (passif) dans les bandes 4 200-4 400 MHz et 8 400-8 500 MHz.

Dans l'attente de la CMR-27

L'ordre du jour de la future conférence, à savoir la CMR-27, sera un autre thème clé de la CMR-23.

Le SFCG est d'avis que l'adoption d'un nouveau point de l'ordre du jour de la CMR devrait respecter certaines conditions, notamment une justification claire des besoins de spectre, un champ d'étude bien défini et des bandes de fréquences spécifiques à examiner.

Le SFCG a recensé plusieurs thèmes liés aux services scientifiques spatiaux qui pourraient être inscrits à l'ordre du jour de la CMR-27 et a invité ses agences membres à les promouvoir dans leurs activités préparatoires nationales et régionales en vue de la CMR-23. Les sujets proposés comprennent une éventuelle nouvelle attribution aux liaisons de communication du SETS, la protection des détecteurs du SETS (passifs) dans certaines bandes au-dessus de 86 GHz, la protection des observations de météorologie spatiale dans certaines bandes et les possibilités de développer les communications hertziennes sur la Lune.



Le SFCG attache une importance particulière à la protection des bandes de fréquences utilisées par les télé-détecteurs spatioportés pour recueillir des données climatologiques et météorologiques.



Le SFCG a recensé plusieurs sujets liés aux services scientifiques spatiaux qui pourraient être inscrits à l'ordre du jour de la CMR-27.

Limites soutenues par le SFCG pour assurer la protection des détecteurs du SETS (passifs) à la CMR-23

Ordre du jour de la CMR-23	Bande attribuée au SETS (passive)	Exploitation des services actifs	Limite proposée
1,2	10,6-10,7 GHz	IMT dans la bande 10-10,5 GHz	Limites pour les rayonnements non désirés
1,10	22,21-22,5 GHz	Service mobile aéronautique pour les applications autres que de sécurité dans la bande 22-22,21 GHz	Limite pour les rayonnements non désirés
1,16	18,6-18,8 GHz	Station spatiale non OSG du SFS communiquant avec des stations terriennes en mouvement (ESIM) dans les bandes 18,3-18,6 GHz et 18,8-19,1 GHz	Ensemble de limites de la puissance surfacique
1,17		Station spatiale non OSG du SFS communiquant avec une station spatiale non OSG de basse altitude dans les bandes 18,3-18,6 GHz et 18,8-19,1 GHz	
9,1, topic D	36-37 GHz	Stations spatiales non OSG du SFS fonctionnant à une altitude de l'apogée supérieure à 407 km et inférieure à 2 000 km dans la bande de fréquences 37,5-38 GHz	Limite pour les rayonnements non désirés

La réunion annuelle du SFCG à Toulouse, France, en juin 2023.





Mesure de la température de la mer en surface à l'aide de détecteurs hyperfréquences passifs

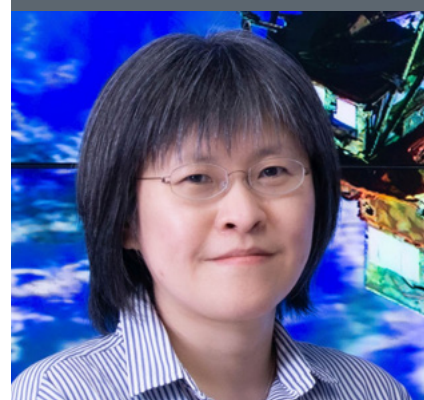
Yasunori Iwana, membre du personnel, Bureau de gestion du spectre, et Misako Kachi, responsable de GCOM-W et AMSR3, Centre de recherche sur l'observation de la Terre, Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA)

L'océan couvre plus de 70% de la surface de la Terre et joue un rôle important dans l'approvisionnement en vapeur d'eau de l'atmosphère. Compte tenu de leurs capacités d'observation mondiales, les satellites sont utiles pour observer l'océan, ce qui comprend la mesure de la température de la mer en surface (SST).

Ce paramètre clé pour les interactions air-mer est largement utilisé dans les prévisions météorologiques et climatiques, la prévention des catastrophes côtières, la gestion des pêches et la conservation des écosystèmes.



Yasunori Iwana



Misako Kachi

Les cartes hebdomadaires SST sont réalisées par spectroscopie infrarouge (IR) ou hyperfréquences traditionnels. Ces derniers, qui peuvent observer jour et nuit quelles que soient les conditions météorologiques, sont devenus essentiels dans la production de cartes SST "quotidiennes". À ce jour, toutefois, seuls quelques types d'imageurs hyperfréquences sont conçus pour l'observation de la température de la mer en surface.

Possibilités de mesure à l'aide de détecteurs passifs

La série AMSR (radiomètre perfectionné hyperfréquence à balayage) développée par l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA) utilise des détecteurs passifs pour mesurer les micro ondes faibles. Ces micro-ondes sont rayonnées à des fréquences variables à partir de particules d'eau dans différents états sur terre, à la surface de la mer et dans l'atmosphère.

Les systèmes AMSR peuvent observer divers paramètres liés à l'eau, notamment la température de la mer en surface, pour des applications pratiques telles que les prévisions météorologiques numériques, les rapports sur l'état de la mer pour les équipages de pêche et la sécurité de la navigation, ainsi que les variations du cycle de l'eau et les indicateurs des changements climatiques.

Radiomètres à balayage en hyperfréquences évolués de première et deuxième génération

Les premiers satellites, AMSRE et AMSR, ont été installés, respectivement, sur le satellite Aqua lancé par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis en mai 2002 et sur le satellite avancé d'observation de la Terre II (ADEOS-II) lancé ultérieurement la même année par l'Agence nationale de développement spatial du Japon (NASDA).

L'AMSR2 de deuxième génération, lancé en mai 2012, reste en service avec la mission japonaise d'observation du changement planétaire - eau (GCOM-W).

Avec une antenne tournant toutes les 1,5 seconde, AMSR2 obtient des données sur une bande de 1 450 kilomètres (nominale) et de 1 620 kilomètres (réelle). Un mécanisme de balayage conique lui permet d'acquérir tous les deux jours de nouvelles séries de données diurnes et nocturnes couvrant plus de 99% de la Terre.

Les technologies avancées d'imagerie satellitaire représentent un atout considérable pour les prévisions météorologiques et la surveillance du climat. Les percées réalisées avec les deux premières générations de la série AMSR ont été possibles grâce à une coordination internationale étroite, à une gestion efficace du spectre radioélectrique.



Compte tenu de leurs capacités d'observation mondiales, les satellites sont utiles pour observer l'océan, ce qui comprend la mesure de la température de la mer en surface (SST).

Yasunori Iwana and
Misako Kachi

Les mises à jour entreprises par le Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R, l'un des trois Secteurs de l'Union internationale des télécommunications) avant 2012 ont permis de faire en sorte que le Traité sur le Règlement des radiocommunications maintenu par l'UIT prenne en charge des services par satellite en évolution rapide pour répondre à l'évolution des besoins du monde.

Sensibilité croissante non affectée par l'atmosphère

Par rapport à d'autres détecteurs passifs à micro-ondes, la série AMSR dispose d'une antenne exceptionnellement grande, d'environ 2 mètres de diamètre, et peut accueillir des canaux dans la fréquence 6-10 gigahertz (GHz). Étant donné que la résolution spatiale augmente lorsque la fréquence centrale diminue, il faut une grande antenne pour obtenir la meilleure résolution spatiale dans des canaux de 6 à 10 GHz (voir tableau).

Ces bandes de fréquences 6-10 GHz constituent une "fenêtre atmosphérique" dans laquelle les hyperfréquences émises depuis la surface de la mer ou de la terre peuvent pénétrer des nuages épais. Dans ces bandes, les canaux sont moins affectés par les conditions atmosphériques, ce qui permet une sensibilité aux variations subtiles des températures de surface en mer et même à l'humidité souterraine sur terre.

Les canaux 6-7 GHz offrent une bonne sensibilité SST dans presque toutes les gammes de températures, tandis que la sensibilité dans la bande des 10 GHz se dégrade à des températures inférieures à environ 12 degrés Celsius.

Comme le montre le tableau, les canaux 6,925 GHz, 7,3 GHz et 10,65 GHz du récepteur multicanal AMSR2 sont principalement utilisés pour mesurer la SST et la teneur en humidité du sol.

Les canaux à haute fréquence sont également couramment disponibles dans les détecteurs hyperfréquences passifs plus anciens, tels que le sondeur-imageur en hyperfréquence spécialisé (SSM/I) du Département de la Défense des États-Unis, utilisé pour récupérer la vapeur d'eau, les précipitations, l'épaisseur de neige, la vitesse du vent à la surface de la mer et la concentration de glace de mer.



Les systèmes AMSR peuvent observer divers paramètres liés à l'eau. ”



Ensemble de canaux de réception AMSR2					
Fréquence centrale (GHz)	Largeur de bande (MHz)	Polarisation	Ouverture de faisceau (degrés)	Résolution spatiale: transversale x le long du trajet (km)	Intervalle d'échantillonnage (km)
6,925/7,3	350	Verticale et horizontale	1,8	35 x 62	10
10,65	100		1,2	24 x 42	
18,7	200		0,65	14 x 22	
23,8	400		0,75	15 x 26	
36,5	1000		0,35	7 x 12	
89,0	3000		0,15	3 x 5	5

Le canal à 7,3 GHz est réservé à la réduction des brouillages radioélectriques dans la bande C.

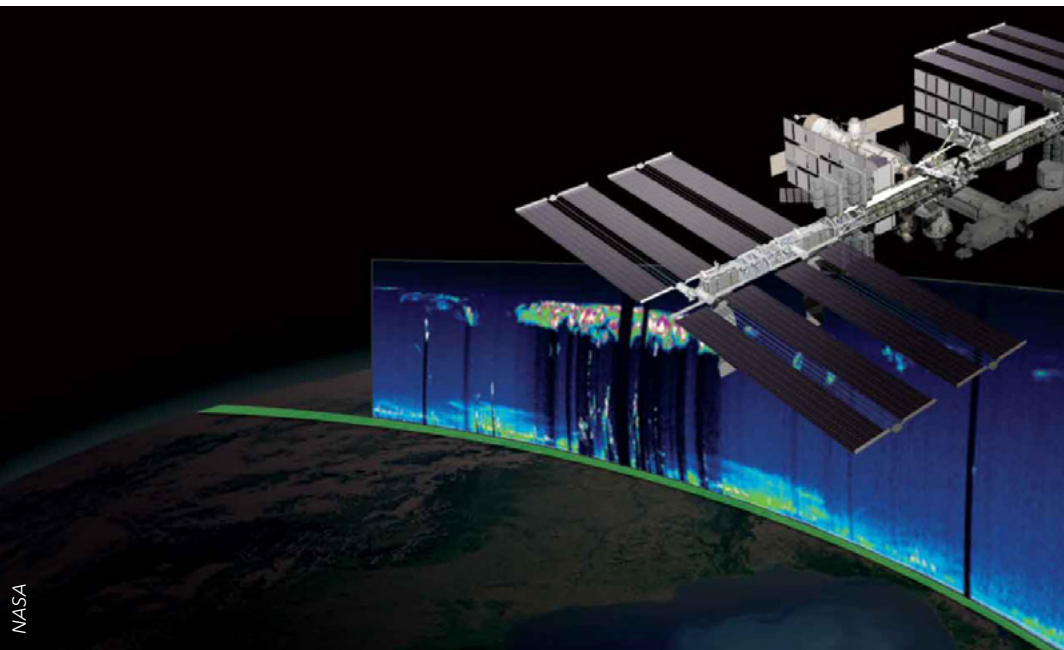
Balayage hyperfréquences de nouvelle génération

L'instrument AMSR de nouvelle génération de la JAXA, le radiomètre à balayage en hyperfréquences 3 (AMSR3), devrait être lancé en tant que charge utile hébergée sur la prochaine mission japonaise Global Observing Satellite for Greenhouse-gas-gas and Water-cycle (GOSAT-GW) au cours de l'exercice 2024 au Japon (avril 2024-mars 2025).

AMSR3 - en tant que mise à niveau délibérée d'AMSR2 - inclura plusieurs nouveaux canaux, contribuant à la récupération de données sur les précipitations solides, à l'analyse de la vapeur d'eau pour les prévisions numériques du temps et à des récupérations SST solides en plus haute résolution.



Les technologies avancées d'imagerie satellitaire représentent un atout considérable pour les prévisions météorologiques et la surveillance du climat.



Détection active et utilisation potentielle des fréquences autour de 45 MHz

Andre Tkacenko, ingénieur en analyse du signal, Spectrum Engineering Group (332G), Jet Propulsion Laboratory (JPL), National Aeronautics and Space Administration (NASA)

La détection active spatioportée pour le service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) comprend les types suivants (voir la [Recommandation UIT-R RS.1166-4](#)):

- **Diffusiomètres** - pour mesurer la vitesse et la direction du vent: 5,25-5,57 gigahertz (GHz), 8,55-8,65 GHz, 9,5-9,8 GHz, 13,25-13,75 GHz, 17,2-17,3 GHz et 35,5-36,0 GHz.
- **Altimètres** - pour estimer l'altitude au-dessus des terres et à la surface des océans: 3,1 3,3 GHz, 5,25-5,57 GHz, 8,55-8,65 GHz, 9,5-9,8 GHz, 13,25-13,75 GHz et 35,5-35,6 GHz.
- **Imageurs radar à synthèse d'ouverture (SAR)** - pour la production d'images radar ou de cartes topographiques: 432-438 mégahertz (MHz), 1 215-1 300 MHz, 3 100-3 300 MHz, 5 250-5 570 MHz, 8 550-8 650 MHz et 9 200-10 400 MHz.



“L'avènement des systèmes radar à pénétration de sol a suscité un intérêt pour l'utilisation de tels instruments, appelés sondeurs, pour la détection active spatiale.”

Andre Tkacenko

- **Radars de précipitations** – pour déterminer l'intensité des pluies: 13,25-13,75 GHz, 24,05-24,25 GHz et 35,5-36,0 GHz.
- **Radars profileurs de nuages** – pour déterminer le profil de réflectivité des nuages: 94,0-94,1 GHz, 133,5-134,0 GHz et 237,9-238 GHz.

"L'avènement des systèmes radar à pénétration de sol (**GPR**) a suscité un intérêt pour l'utilisation de tels instruments, appelés sondeurs, pour la détection active spatiale". Les agences spatiales, y compris la National Aeronautics and Space Administration (**NASA**) des États-Unis et l'Agence spatiale européenne (**ESA**), s'intéressent à l'utilisation de sondes pour explorer les signatures du changement climatique sur Terre.

Le concept de mission pour le sondeur en orbite aride de la subsurface et de la nappe glaciaire (**OASIS**), une coentreprise entre le Jet Propulsion Laboratory (**JPL**) de la NASA et l'Institut de recherche sur l'environnement et l'énergie du Qatar (**QEERI**), consiste à étudier le changement climatique souterrain dans des zones telles que les nappes glaciaires polaires et les déserts hyper arides. Une telle exploration nécessite des fréquences plus basses que celles précitées, généralement dans les bandes des hautes fréquences (**HF**) ou des très hautes fréquences (**VHF**). Des fréquences centrales d'environ 50 MHz sont nécessaires pour atteindre les objectifs scientifiques de la mission.

Explorer les signatures souterraines du changement climatique

Des concepts comme OASIS impliquent plusieurs **objectifs scientifiques** clés.

Nappes glaciaires:

- Mesurer l'épaisseur pour déduire la topographie, la rugosité et l'échelle de temps géologique des strates.
- Identifier et caractériser les régions de réorganisation passée de l'écoulement des glaces.
- Réévaluer l'état actuel et les taux de rejet de la glace.
- Intégrer les observations scientifiques aux modèles d'écoulement des glaces pour déterminer l'impact sur l'élévation du niveau de la mer.

Déserts

- Mesurer la profondeur et la distribution spatiale des nappes phréatiques dans les aquifères peu profonds à grande échelle à haute résolution.
- Caractériser les structures géologiques en fonction de la charge, du débit et du rejet des eaux souterraine.
- Combiner les observations avec les données disponibles pour fournir des informations sur l'évolution des aquifères.

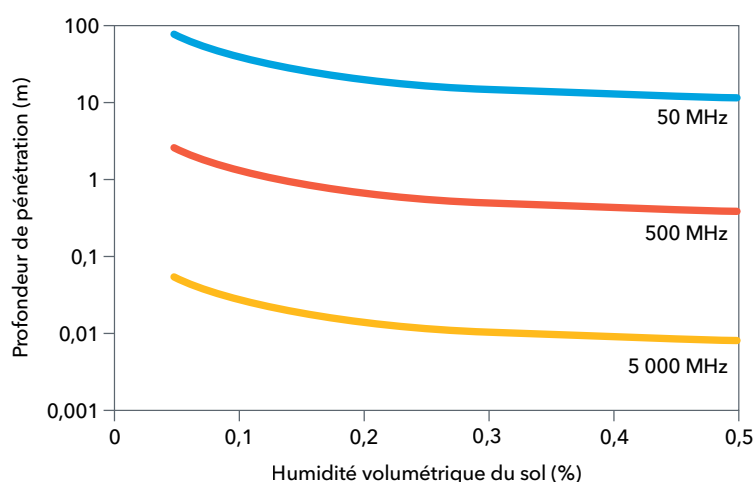


Pour assurer une couverture adéquate, on peut généralement s'attendre à ce que les sondeurs spatioportés fonctionnent sur des satellites en orbite héliosynchrone.

Gamme de fréquences nécessaires pour la pénétration du sol

Le graphique représente la profondeur de pénétration en surface en fonction de l'humidité volumétrique du sol. L'exploration des calottes glaciaires souterraines et des aquifères peu profonds - à moins de 100 mètres de profondeur - nécessite une fréquence centrale d'environ 50 MHz.

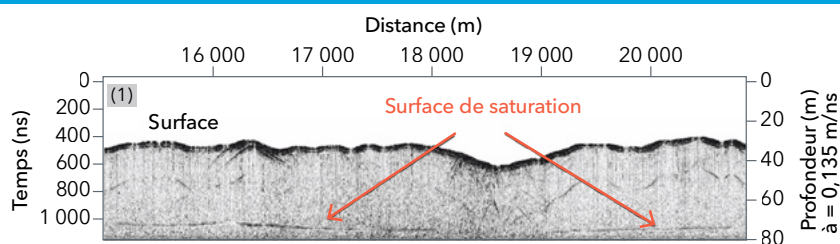
Profondeur de pénétration en surface d'une onde radar incidente en fonction de l'humidité volumétrique du sol, paramétrée par la fréquence centrale



Source: Figure 1 de la [Recommandation UIT-R RS.2042-1](#).

Des sondeurs aéroportés ont effectué des mesures au voisinage de 50 MHz dans des zones désertiques de la péninsule arabique. La figure montre un exemple de radargramme d'une telle campagne.

Radargramme du radar aéroporté en ondes métriques au-dessus du Koweït en 2011



Source: Figure 2 de la [Recommandation UIT-R RS.2042-1](#).

“ Des sondeurs aéroportés ont effectué des mesures au voisinage de 50 MHz dans des zones désertiques de la péninsule arabique. ”

Pour OASIS, les concepteurs ont tenu compte d'une fréquence centrale de 45 MHz et d'une largeur de bande de 10 MHz (voir la Recommandation UIT-R RS.2042-1).

Plusieurs facteurs sont entrés en ligne de compte dans la conception de cette forme d'onde radar, notamment:

- **Fréquence centrale:** 45 MHz – aussi faible que possible pour la pénétration souterraine sans subir de retard, dispersion et affaiblissement ionosphériques excessifs.
- **Résolution spatiale:** bande passante de 10 MHz – pour atteindre une résolution verticale de 10 mètres dans la glace et le sable sec.

Utilisation opérationnelle prévue

Pour atteindre les objectifs scientifiques, les opérations sont destinées à être menées au-dessus de zones inhabitées ou peu peuplées, notamment les nappes glaciaires de l'Antarctique et du Groenland, ainsi que les zones désertiques du Sahara nord-africain et de la péninsule arabique.

"Pour assurer une couverture adéquate, on peut généralement s'attendre à ce que les sondeurs spatioportés fonctionnent sur des satellites en orbite héliosynchrone (SSO)". Pour l'OASIS, plus précisément, on a tenu compte d'une orbite répétitive exacte de 548 jours à une altitude de 400 kilomètres. Afin de minimiser les incidences sur les services existants, les opérations se dérouleraient tôt le matin via un SSO avec une heure locale du nœud ascendant (LTAN) de 4 heures du matin, dans une fenêtre de 10 minutes sur une orbite de 92,7 minutes.

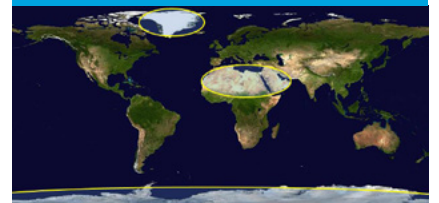
Accroître les possibilités

Si la prochaine Conférence mondiale des radiocommunications de l'UIT (CMR-23) devait accorder une attribution de fréquences au SETS (active) à 45 MHz ou autour de cette fréquence, les chances de certains concepts comme OASIS de voir le jour augmenteraient considérablement.



Si la CMR-23 accordait une attribution de fréquences au SETS (active) à 45 MHz ou aux alentours de cette fréquence, cela augmenterait considérablement les chances que des concepts comme OASIS se concrétisent. ”

Zones de couverture prévues pour les sondeurs radar spatioportés à 45 MHz



Source: Figure 4 de la Recommandation UIT-R RS.2042-1.



Adobe Stock

Détection hyperfréquences passive des nuages de glace: clé pour la prévision immédiate et la modélisation climatique

Markus Dreis, Président du Groupe de travail 7C de l'UIT-R (Systèmes de télédétection) et Responsable des fréquences, Organisation européenne pour l'exploitation desatellites météorologiques (EUMETSAT)

Les nuages de glace couvrent plus d'un tiers de la surface de la Terre. Ils affectent les précipitations, la structure atmosphérique et les processus nuageux, avec un impact important sur le climat et les cycles hydrologiques de la planète.

Les mesures globales de leurs propriétés - notamment le trajet glace-eau et la distribution de la taille des particules de glace - sont essentielles pour comprendre les effets globaux des nuages de glace.

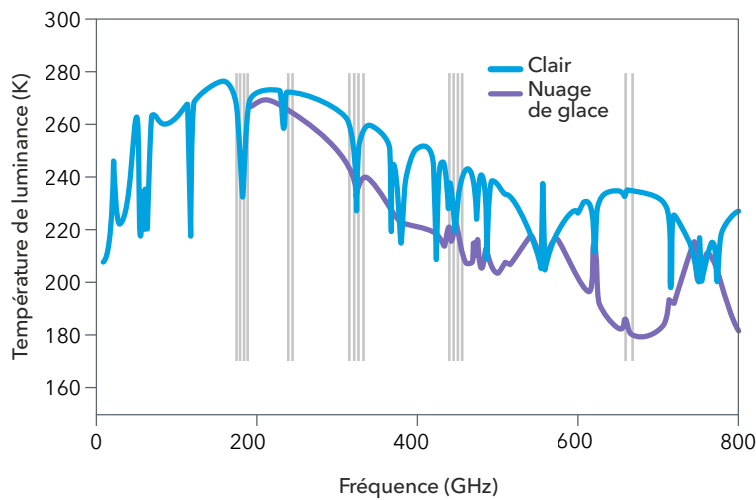


“ Les mesures mondiales des propriétés des nuages de glace – notamment le trajet glace-eau et la distribution de la taille des particules de glace – sont essentielles pour comprendre les effets globaux des nuages de glace. ”

Markus Dreis

Pour obtenir des mesures de nuages de glace, des instruments passifs de télédétection hyperfréquences observent l'atmosphère à des hyperfréquences soigneusement sélectionnées pour extraire les composantes atmosphériques. Ces mesures peuvent être observées au mieux dans des "canaux" spécifiques aux fréquences voisines de 183 gigahertz (GHz), 243 GHz, 325 GHz, 448 GHz et 664 GHz (voir la figure).

Sensibilité de la température de luminance au ciel clair et aux nuages de glace



Source: Document UIT-R 7/91.

La figure compare les températures de luminance par rapport à un ciel clair et à un nuage de glace. Les barres indiquent la position des canaux de nuages de glace.

Ces canaux doivent être observés comme un ensemble, car des observations à partir de plusieurs hyperfréquences sont nécessaires pour extraire des paramètres physiques spécifiques. Les données résultantes alimentent les modèles météorologiques et climatiques régionaux et mondiaux afin de représenter correctement les effets radiatifs et thermodynamiques des nuages de glace.

“ Pour obtenir des mesures de nuages de glace, des instruments passifs de télédétection hyperfréquences observent l'atmosphère à des hyperfréquences soigneusement sélectionnées pour extraire les composantes atmosphériques. ”



Nouveaux capteurs optimisés pour les nuages de glace

Les détecteurs hyperfréquences passifs actuellement opérationnels observent généralement l'atmosphère à des fréquences inférieures à 200 GHz ou utilisent le limbosondeur pour mesurer les processus chimiques et la composition atmosphérique. Malheureusement, ces méthodes ne permettent pas une observation optimale des nuages de glace.

Des détecteurs hyperfréquences passifs, spécialement optimisés pour mesurer les nuages de glace, sont en cours de développement et devraient être opérationnels d'ici 2026. Un bon exemple est l'imageur de nuages de glace (ICI) sur les satellites du Système polaire de deuxième génération (EPS-SG) exploités par EUMETSAT - l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques.

Ces nouveaux détecteurs effectueront des observations aux hyperfréquences indiquées sur la figure, en utilisant 11 canaux compris entre 183 GHz et 664 GHz. Un mécanisme de balayage conique offrira une bonne capacité de pénétration des nuages à différentes hauteurs de nuages et une sensibilité aux particules de glace pour une large gamme de tailles.

Les nouveaux instruments ICI fourniront les informations manquantes sur les nuages de glace - en particulier sur les cirrus, le trajet de l'eau et le rayon effectif de la glace de nuages, et l'altitude des nuages - pour les modèles météorologiques et climatiques. Ils fourniront également des profils verticaux pour l'humidité et les hydrométéores (glace de nuage, distribution de la neige roulée et des chutes de neige), ainsi que pour la vapeur d'eau, le tout à l'appui de la prévision numérique du temps, de la prévision immédiate et de la surveillance du climat.

La réglementation accuse un retard

Les canaux spécifiques utilisés par les détecteurs passifs hyperfréquences pour mesurer les composantes atmosphériques liées aux nuages de glace sont centrés autour de 183 GHz, 243 GHz, 325 GHz, 448 GHz et 664 GHz.

L'un de ces canaux, au voisinage de 243 GHz, comprend une paire de bandes spectrales symétriques à 239,2-242,2 GHz et 244,2-247,2 GHz. Toutefois, ces fréquences ne sont pas actuellement attribuées au service d'exploration de la Terre par satellite (passive) dans le Règlement des radiocommunications tenu à jour par l'Union internationale des télécommunications (UIT).



Des détecteurs hyperfréquences passifs, spécialement optimisés pour mesurer les nuages de glace, sont en cours de développement et devraient être opérationnels d'ici 2026. ”



Règlement des radiocommunications de l'UIT

Le Règlement des radiocommunications facilite l'accès équitable aux ressources naturelles du spectre des fréquences radioélectriques et de l'orbite des satellites géostationnaires et l'utilisation rationnelle de ces ressources. Ils seront mis à jour cette année à la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR-23).

Voir l'actuel [Règlement des radiocommunications](#).

Ce canal autour de 243 GHz - placé au centre entre les transitions vapeur-eau à 183 GHz et 325 GHz - offre une sensibilité élevée aux particules de glace d'environ 700 micromètres. Cela le rend optimal pour estimer le contenu de la glace de nuage, pour mesurer les propriétés des hydrométéores des cirrus, la chaleur convective à des altitudes plus élevées et les nuages en enclume.

Il s'agit d'un canal très spécifique, dit canal (semi) fenêtre, à haute fréquence, qui permet de mesurer à travers toute l'atmosphère, avec une absorption atmosphérique minimale par rapport aux canaux voisins.

Mais le besoin de ces bandes pour les détecteurs passifs hyperfréquences n'était pas connu ou prévu en 2000, lorsque le tableau d'attribution des fréquences pour cette gamme de fréquences dans le Règlement des radiocommunications a été révisé et mis à jour pour la dernière fois. En conséquence, le service d'exploration de la Terre par satellite (passive) n'avait reçu aucune attribution dans les bandes 239,2-242,2 GHz et 244,2-247,2 GHz à l'époque.

Mise à jour nécessaire à la CMR-23

Le point 1.14 de l'ordre du jour de la CMR-23 invite à revoir et à modifier les attributions de fréquences dans la gamme 231,5-252 GHz. C'est une occasion en or d'attribuer des fréquences dans les bandes 239,2-242,2 GHz et 244,2-247,2 GHz au service d'exploration de la Terre par satellite (passive).

Cela permettrait d'aligner le Règlement des radiocommunications sur les besoins actuels, de permettre une observation approfondie des nuages de glace et d'apporter des avantages à la société mondiale.



Le point 1.14 de l'ordre du jour de la CMR-23 invite à revoir et à modifier les attributions de fréquences dans la gamme 231,5-252 GHz. ”



CNES

Coordination des fréquences pour les services de radiocommunication par satellite dans les bandes S, X et Ka

Jean Pla, Expert en gestion des fréquences, Centre National d'Études Spatiales (CNES), France

La coordination des satellites est un élément essentiel de la gestion des fréquences que tous les opérateurs de satellites, sous les auspices de leurs administrations respectives, doivent assurer pour garantir une exploitation exempte de brouillage.

Les organismes scientifiques tels que les agences spatiales et météorologiques, ainsi que les opérateurs de télécommunication et maintenant les nouveaux opérateurs spatiaux, utilisent les bandes scientifiques attribuées aux satellites dans les gammes de fréquences S, X et Ka. Ils sont utilisés essentiellement à des fins de télémétrie et de télécommande.

La coordination des fréquences des satellites, en particulier dans ces bandes de fréquences, repose sur un cadre réglementaire et technique mondial maintenu par l'[Union internationale des télécommunications](#) (UIT), l'institution des Nations Unies pour les technologies de l'information et de la communication.



“ La coordination des satellites est un élément essentiel de la gestion des fréquences que tous les opérateurs de satellites, sous les auspices de leurs administrations respectives, doivent assurer pour garantir une exploitation exempte de brouillage. ”

Jean Pla

Qu'est-ce que la coordination des satellites et quand est-elle nécessaire?

La coordination des satellites est un processus bilatéral et multilatéral visant à assurer une exploitation exempte de brouillages des systèmes à satellites existants ou en projet des administrations des États Membres de l'UIT. En outre, des processus de coordination obligatoires ou non obligatoires permettent la reconnaissance future de nouvelles stations ou de nouveaux systèmes.

La coordination obligatoire s'applique aux réseaux à satellite utilisant l'orbite des satellites géostationnaires, aux systèmes à satellites du service fixe par satellite et du service de radiodiffusion par satellite, ainsi qu'aux stations pour lesquelles la nécessité d'une coordination est prévue dans un renvoi du tableau d'attribution des bandes de fréquences (Article 5 du Règlement des radiocommunications).

D'autres réseaux à satellite non géostationnaire - y compris tous les services concernés et certaines bandes de fréquences - sont assujettis à une coordination non obligatoire et ne nécessitent qu'une publication anticipée avant la notification et l'inscription des assignations de fréquence.

Comment est menée la coordination

La coordination des satellites devrait être considérée comme un processus visant à éviter les brouillages préjudiciables potentiels entre les systèmes, stations ou applications sans fil nouveaux et existants.

Elle comprend les étapes suivantes:

- 1** Échange de données techniques et opérationnelles sur les assignations de fréquence existantes, soumises précédemment ou nouvelles pour des stations ou systèmes radioélectriques.
- 2** Études des effets potentiels des brouillages entre les assignations de fréquence existantes et les nouvelles assignations.
- 3** Correspondance entre les autorités nationales ou internationales de gestion du spectre et les utilisateurs du spectre.
- 4** Examen, lors des travaux techniques, des normes de radiocommunication appropriées de l'UIT - dites Recommandations UIT-R - définissant les critères de protection.



La coordination des satellites devrait être considérée comme un processus visant à éviter les brouillages préjudiciables potentiels entre les systèmes, stations ou applications sans fil nouveaux et existants.

Point 9.2 de l'ordre du jour de la CMR-23

Le Rapport de la Réunion de préparation à la Conférence en vue de la CMR-23 donne des instructions importantes aux administrations lorsqu'elles rédigent des renseignements pour la publication anticipée dans la bande S (en fait 2 025-2 110 MHz et 2 200-2 290 MHz). Cette question sera examinée à la prochaine conférence des radiocommunications.

Un nombre croissant de soumissions de renseignements pour publication anticipée dans la *Circulaire internationale des fréquences* (BR IFIC), conformément au numéro 9.1 de l'Article 9 du Règlement des radiocommunications, contiennent des informations génériques. En particulier, une tendance malsaine est apparue pour les soumissions de réserver l'ensemble des bandes d'exploitation spatiale couvrant 2 025-2110 mégahertz (MHz) et 2 200-2 290 MHz, ou des parties importantes de la bande S. Dans certaines communications, il a même été déclaré que l'ensemble de la surface de la Terre était une zone de service et il n'a été fait mention d'aucune station terrienne spécifique, seulement de stations "types".

Ce manque de renseignements précis rend le processus de coopération au titre de l'Article 9 (numéros 9.3 et 9.4) plus long et plus compliqué. Face à ces informations génériques, les administrations peuvent soit formuler des commentaires tout aussi généraux, soit demander des informations plus détaillées à l'administration notificatrice. Le Bureau des radiocommunications de l'UIT ne peut pas rejeter des fiches de notification comportant de grandes gammes de fréquences, pour autant qu'elles soient conformes au Règlement des radiocommunications.

Méthode pratique dans la bande S

Un attention particulière doit être portée à la bande S car elle est largement utilisée par de nombreux opérateurs. Le Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R) et le Groupe de coordination des fréquences spatiales (SFCCG), moins officiel, ont approuvé des Recommandations et des Résolutions visant à aider les opérateurs et les administrations à procéder à la publication anticipée, en plus des Recommandations UIT-R pour la réalisation des calculs.



Un attention particulière doit être portée à la bande S car elle est largement utilisée par de nombreux opérateurs. ”

Constitution de l'UIT et Règlement des radiocommunications

Selon l'article 1 de la Constitution de l'UIT, l'une des responsabilités de l'organisation est de "coordonner les efforts en vue d'éliminer les brouillages préjudiciables entre les stations de radiocommunication des différents pays et d'améliorer l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques pour les services de radiocommunication ainsi que de l'orbite des satellites géostationnaires et d'autres orbites".

L'article 44 de la Constitution ajoute: "Lors de l'utilisation de bandes de fréquences pour les services de radiocommunication, les États Membres tiennent compte du fait que les fréquences radioélectriques et les orbites associées, y compris l'orbite des satellites géostationnaires, sont des ressources naturelles limitées et ... doivent être utilisées de manière rationnelle, efficace et économique, conformément aux dispositions du Règlement des radiocommunications".

Les administrations des États Membres de l'UIT et les opérateurs de satellites sont liés par le [Règlement des radiocommunications de l'UIT](#), seul traité contraignant à l'échelle mondiale régissant l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques et des orbites de satellites. L'Article 9 du traité énonce les conditions et procédures à suivre pour obtenir un accord, par le biais de la coordination des satellites entre opérateurs, avant la procédure de notification d'un réseau à satellite, tandis que l'Article 11 énonce les conditions pour lesquelles une telle notification est requise.

Les résultats d'une réunion de coordination des satellites sont soumis à l'approbation des administrations des États Membres de l'UIT et toute coordination de satellite est régie par les principes réglementaires et techniques décrits précédemment.

En raison de l'utilisation intensive en permanence, la réglementation porte de plus en plus sur la préservation de la bande S.

Le cas de la bande X, qui est utilisée pour les transmissions à haut débit, est spécifique car il nécessite généralement des calculs techniques pour faciliter la coexistence entre réseaux à satellite utilisant les mêmes bandes de fréquences.

Dans l'avenir, la bande Ka sera largement utilisée pour des satellites d'observation de la Terre à très haut débit.



En raison de l'utilisation intensive en permanence, la réglementation porte de plus en plus sur la préservation de la bande S. ”

Brouillages radioélectriques dans les mesures d'observation de la Terre

Yan Soldo, Ingénieur en gestion des fréquences et technologie, Agence spatiale européenne

Les brouillages radioélectriques (RFI) posent plusieurs problèmes au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS), qui utilise des capteurs précis affectés par les ondes radioélectriques. Généralement, la présence de brouillage radioélectrique empêche complètement les mesures, entraîne des incertitudes plus grandes (si le brouillage radioélectrique est correctement identifié), ou introduit des erreurs de mesure. Les erreurs de mesure ont tendance à se produire à des niveaux de brouillage radioélectrique plus faibles, qui sont plus difficiles à identifier [Oliva et al., 2016].

De forts brouillages radioélectriques peuvent également endommager les récepteurs des satellites, entraînant des pertes permanentes de données scientifiques. En outre, la nécessité de tenir compte des brouillages radioélectriques augmente les coûts de conception et d'exploitation des capteurs du SETS.



“ Les brouillages radioélectriques posent plusieurs problèmes au service d'exploration de la Terre par satellite. ”

Yan Soldo

Nécessité de protéger la réglementation et de prendre des mesures réglementaires

Les améliorations logicielles ou matérielles peuvent réduire, mais pas éliminer, l'incidence des brouillages radioélectriques sur les données scientifiques. Même avec un algorithme parfait de détection des brouillages radioélectriques, les réseaux à satellite d'observation de la Terre sont exposés à certaines incertitudes quant à la perte de données et de mesure. Par conséquent, une protection réglementaire et des mesures réglementaires, intégrant la déclaration de brouillages radioélectriques [Pedro et al., 2022], sont nécessaires pour protéger les mesures scientifiques qui sont vitales pour les études environnementales et climatiques, ainsi que pour la météorologie.

“ Software or hardware improvements can reduce, but not eliminate, the impact of RFI on science data. ”

Perte scientifique et augmentation des coûts: impact des brouillages radioélectriques sur les capteurs du SETS

- Moins de données
- Plus d'incertitudes
- Extractions incorrectes
- Dommages permanents potentiels



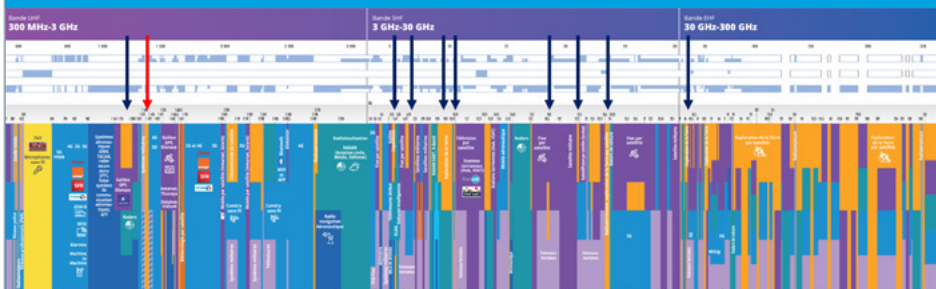
- Conception pour un risque minimal d'endommagement
- Élaborer une stratégie de détection des brouillages radioélectriques
- Processus pour les données sur les brouillages radioélectriques
- Signaler les brouillages radioélectriques aux autorités nationales

Contamination des capteurs du SETS par les brouillages radioélectriques

Aujourd'hui, de nombreux capteurs du SETS sont affectés par les brouillages radioélectriques. Des exemples sont fournis dans [Draper, 2018](#), et sur la [page web spéciale](#) du Groupe de coordination des fréquences spatiales (SFCG). Toutefois, peu d'opérateurs sont en mesure de détecter et de localiser systématiquement les sources de brouillage, et encore moins ont pris des mesures pour signaler les brouillages radioélectriques aux autorités de réglementation nationales compétentes.

La figure suivante présente une partie du tableau national d'attribution des bandes de fréquences de la France. Les flèches indiquent les bandes de fréquences dans lesquelles des cas de capteurs du SETS sont affectés par des brouillages radioélectriques (bien que des brouillages radioélectriques puissent être présents dans encore plus de bandes), tandis que les flèches rouges indiquent la bande 1 400-1 427 MHz, seule bande pour laquelle des brouillages radioélectriques ont été systématiquement signalés.

Partie du tableau national français d'attribution des bandes de fréquences
 Les flèches indiquent les bandes de fréquences pour lesquelles les cas de brouillages radioélectriques sont connus.
 Le rouge indique une bande de fréquences dans laquelle les brouillages radioélectriques sont systématiquement signalés.



Brouillages radioélectriques causés aux satellites du SETS signalés

Brouillages radioélectriques causés aux satellites du SETS non signalés

MHz = mégahertz
 GHz = gigahertz

Source: anfr.fr

Comme le montre cette figure, les brouillages radioélectriques affectant les capteurs du SETS sont largement sous-déclarés. Cela est dû en partie à la complexité de la détection des brouillages radioélectriques, mais surtout au fait que l'empreinte des capteurs du SETS - c'est-à-dire la zone qu'ils observent à chaque instant - est large de plusieurs dizaines de kilomètres, ce qui est trop grand pour une action pratique au sol.

Toutefois, les algorithmes mis au point ces dernières années permettent de localiser les sources de brouillage radioélectrique avec une précision plus fine que la taille de l'empreinte, généralement dans un rayon de quelques kilomètres, ce qui suffit aux autorités nationales de régulation pour identifier la source des brouillages radioélectriques signalés par les capteurs du SETS.

Tendances attendues

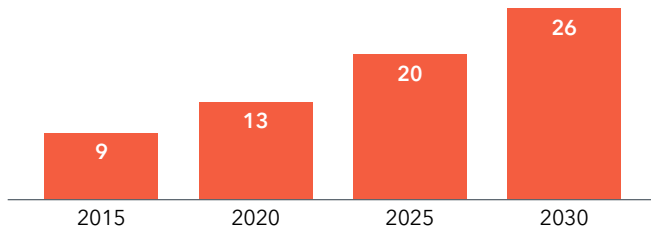
À l'avenir, le problème posé par les brouillages radioélectriques va sans doute prendre de l'ampleur. Selon les plans actuels, les satellites d'observation de la Terre deviendront plus présents dans le spectre, à la fois en termes de nombre de satellites et de bandes de fréquences observées.

Parallèlement, de nombreux autres services envisagent d'étendre leur présence dans le spectre. Par exemple, selon l'American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), le secteur privé des satellites prévoit de déployer des **dizaines de milliers de satellites**; et un [rapport de l'association mondiale de l'industrie des télécommunications mobiles GSMA](#) prévoit 37,4 milliards de connexions Internet des objets d'ici 2030.

“ Les agences spatiales, reconnaissant qu'il s'agit d'un outil puissant pour protéger et maintenir les mesures scientifiques, s'efforcent d'améliorer leur capacité de signalisation sur les brouillages radioélectriques. ”



Nombre de bandes de fréquences ciblées par les satellites de l'ESA



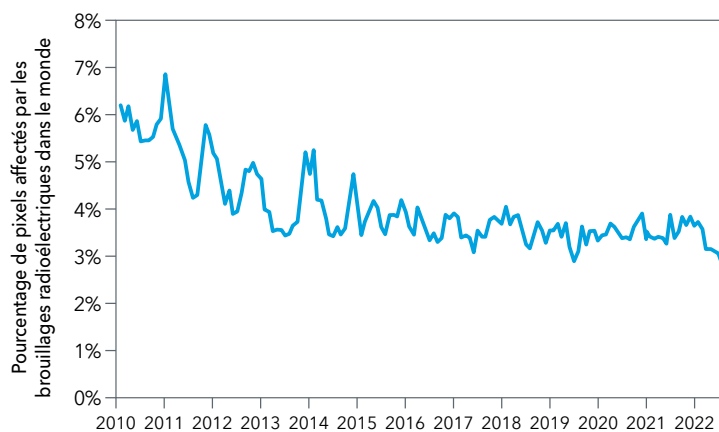
Les capteurs du SETS doivent donc être préparés à la présence de brouillages radioélectriques.

Incidence de la notification des brouillages radioélectriques

La bande 1 400-1 427 MHz est l'un des cas où l'environnement des brouillages radioélectriques s'est légèrement amélioré au lieu de se détériorer ces dernières années. Les brouillages radioélectriques ont été détectés pour la première fois dans cette bande en 2010 par la mission SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) de l'Agence spatiale européenne (ESA). Cela a déclenché des efforts concertés pour détecter, localiser et signaler les sources de brouillage.

La poursuite de ces efforts au fil des ans a permis de réduire graduellement la contamination par les brouillages radioélectriques (voir la figure ci-dessous), ce qui démontre l'efficacité de la déclaration des brouillages.

Pourcentage de pixels terrestres de la Terre affectés par les brouillages radioélectriques dans les produits SMOS



Source: Uranga et al., 2022.

Avenir de la notification des brouillages radioélectriques

Les agences spatiales, reconnaissant qu'il s'agit d'un outil puissant pour protéger et maintenir les mesures scientifiques, s'efforcent d'améliorer leur capacité de signalisation sur les brouillages radioélectriques.

Les futures missions de l'ESA, telles que [Metop-SG](#) et le [radiomètre hyperfréquences imageur Copernicus](#) (CIMR), transporteront du matériel dédié au traitement des brouillages radioélectriques, et des travaux sont actuellement en cours pour améliorer les capacités de détection et de surveillance des brouillages radioélectriques. Cela devrait conduire, dans les années à venir, à une notification plus systématique des sources de brouillage radioélectrique affectant les capteurs du SETS.

Conclusions

Des cas de brouillages radioélectriques ont été signalés dans plusieurs bandes et l'on estime que les brouillages radioélectriques sont de plus en plus préoccupants étant donné que de nombreux services de Terre et spatioportés prévoient d'être davantage tributaires du spectre.

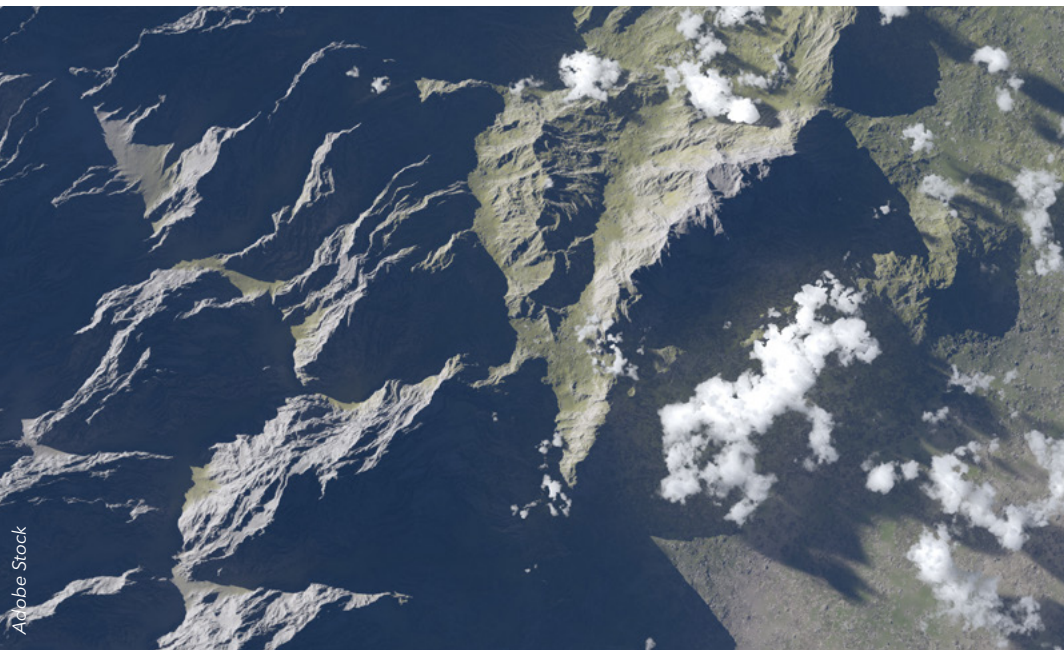
Les capteurs du SETS doivent donc être préparés à la présence de brouillages radioélectriques. Un élément essentiel de cette préparation consiste à mettre en place une stratégie permettant le signalement et l'identification systématiques des brouillages radioélectriques et la communication de ces brouillages aux autorités nationales de régulation. Cette mesure a été mise en œuvre dans une bande - avec des résultats positifs - et d'autres travaux sont actuellement en cours pour améliorer la notification des brouillages radioélectriques, y compris dans d'autres bandes.



Metop-SG

Metop - Second Generation assurera la poursuite des observations météorologiques depuis l'orbite polaire.

[Regarder la vidéo de présentation](#)



Téledétection en hyperfréquences passive pour la prévision numérique du temps

Stephen English, Directeur adjoint de la recherche, Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme

Les observations d'hyperfréquences passives sont cruciales pour la prévision numérique du temps, la modélisation climatique et la préparation aux catastrophes. À l'approche de la [Conférence mondiale des radiocommunications](#), la CMR-23, ces services et d'autres services essentiels ont besoin d'une protection réglementaire.

La prévision numérique du temps sous-tend les principaux objectifs du [Programme de développement durable à l'horizon 2030](#) des Nations Unies et du [Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe](#). Sa "révolution tranquille" en météorologie a atténué les risques de catastrophe liés au temps, réduisant les pertes en vies humaines et en moyens de subsistance ([Nature](#), vol. 525, 2015).

La combinaison des observations et des modèles numériques nous permet de prédire l'état futur du système terrestre, y compris le temps, l'océan, la surface terrestre, la neige, la glace de mer et les conditions atmosphériques.



Les observations d'hyperfréquences passives sont cruciales pour la prévision numérique du temps, la modélisation climatique et la préparation aux catastrophes. ”

Stephen English



Pourquoi les modèles NWP ont besoin de bandes de fréquences protégées

Les instruments à satellites observent la Terre dans de nombreuses bandes de fréquences spectrales. Les seules observations du spectre radioélectrique peuvent pénétrer dans les nuages, souvent là où l'on a le plus besoin d'informations.

Des bandes spécifiques – dont certaines figurent dans le renvoi 5.340 du [Règlement des radiocommunications](#) – fournissent différents types d'informations météorologiques.

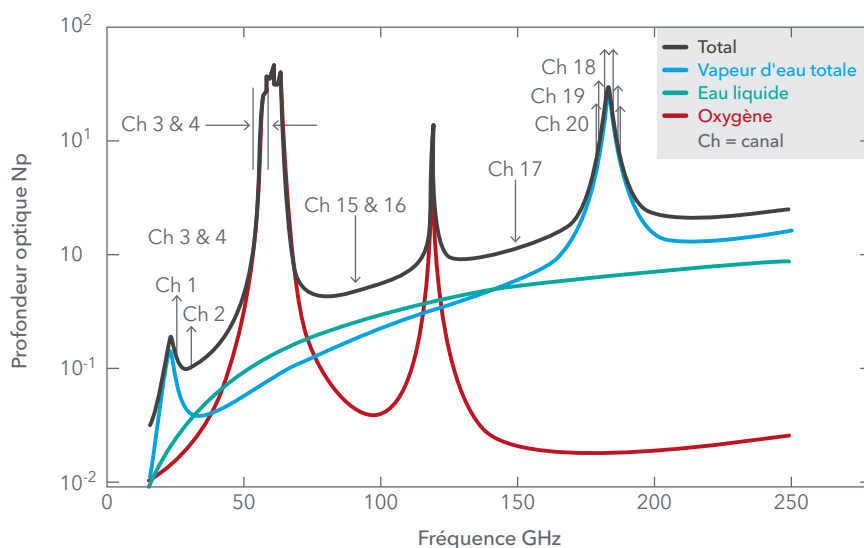
Par exemple:

- 1,400-1,427; 6,9-7,0; 10,6-10,7; 18,6-18,8; 23,6-24; 31,3-31,5 et 36-37 gigahertz (GHz) – surface de la Terre et atmosphère proche de la surface;
- 50,2-57,3 GHz; 87-91; 115-122; 165-166; 176-191; 228-230 GHz – température atmosphérique, vapeur d'eau et nuages en phase liquide en 3D;
- 241-245, 314-336, 439-457 et 657-671 GHz – nuages en phase de glace; et
- 486-504 et 540-580 GHz – gaz traces dans l'atmosphère.

Les caractéristiques spectrales entre 1 GHz et 250 GHz (voir la Figure 1) montrent:

- deux raies spectrales d'absorption de la vapeur d'eau au voisinage de 22 GHz et 183 GHz;
- raies de l'oxygène au voisinage de 118 GHz;
- et un groupe de raies de l'oxygène entre 50,2 et 57,3 GHz.

Figure 1 – Spectre des hyperfréquences indiquant l'affaiblissement dû à l'eau liquide (vert), à la vapeur d'eau (en bleu), à l'oxygène (en rouge) et au total (en noir) pour 200 gm-2 d'eau liquide de nuage et une atmosphère standard américaine



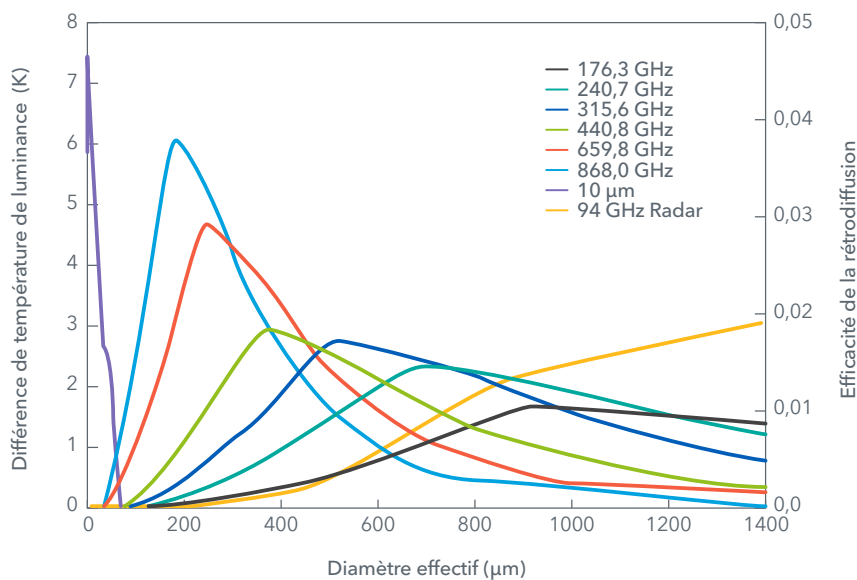
Source: Met Office, Royaume-Uni.

“ La combinaison des observations et des modèles numériques nous permet de prédire l'état futur du système terrestre, y compris le temps, l'océan, la surface terrestre, la neige, la glace de mer et les conditions atmosphériques. ”

Toutefois, les détecteurs passifs qui observent ces émissions naturelles sont sensibles même à de très faibles niveaux de brouillage radioélectrique.

Des informations sur les nuages de glace provenant des bandes au-dessus de 200 GHz seront bientôt disponibles via l'[imageur de nuages de glace](#) et le [satellite météorologique arctique](#). Plusieurs bandes sont nécessaires dans la gamme 176-868 GHz pour capter diverses tailles d'hydrométéores de glace (voir la Figure 2).

Figure 2 – Sensibilité des bandes aux hydrométéores de glace: 176-868 GHz



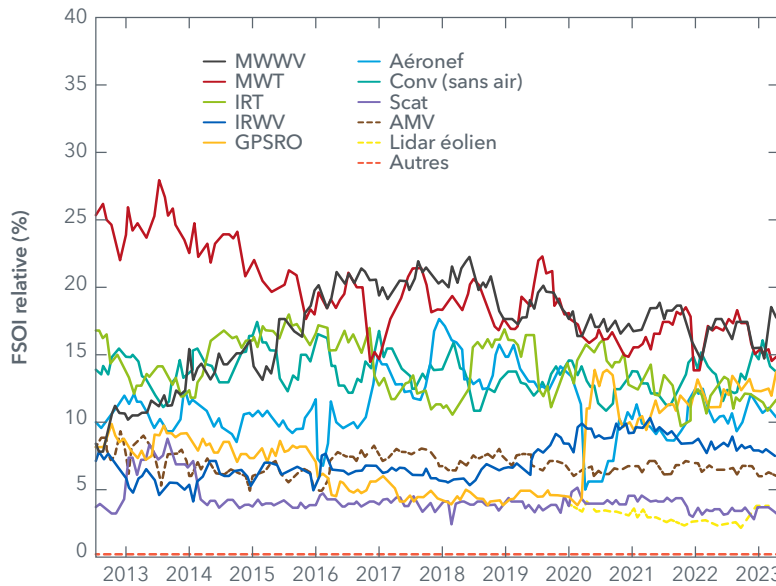
Source: Buelher et al. (2007) Copyright © 2007 Royal Meteorological Society.

L'importance de l'observation de radiofréquence dans les prévisions

Les observations de radiofréquences effectuées par le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET) offrent la réduction d'erreur la plus importante de tous les types d'observations météorologiques (voir la Figure 3).

La valeur des satellites d'exploration de la Terre pour les prévisions météorologiques a été largement rapportée, notamment lors du CEPMET en 2018 et des [ateliers sur les brouillages radioélectriques en 2019](#) et [2022](#), ainsi que dans des publications, telles que Bormann et al. (2019) et Randriamampianina et al. (2021).

Figure 3 – Prédiction de l'incidence des observations fondées sur la sensibilité (FSOI) pour 2012-2023



MWWW = Sondeurs d'humidité hyperfréquences à 174-192 GHz
 MWT= Sondeurs de température hyperfréquences 50-58 GHz
 IRT = Sondeurs de température infrarouge
 IRWV = Sondeurs d'humidité infrarouge
 GPSRO = Occultation radio
 GNSS Aéronef = Observations *in situ* sur les aéronefs
 Conv (pas d'air) = Autres observations *in situ*
 Scat = Diffusiomètres (actuellement tous en bande C)
 AMV = Vecteurs de mouvement atmosphériques (à partir de séquences d'images satellites)
 Lidar éolien = Lidar éolien Doppler UV (uniquement Aeolus dans cette période)
 Autre = Toutes les autres types d'observations

Source: Alan Geer

Les enregistrements de données satellitaires pour les variables climatiques essentielles, remontant à plus de quatre décennies, permettent de surveiller le climat à la fois grâce à des données conventionnelles et à une "réanalyse" dans un système de PNT modifié.

Les bases de données européennes, telles que les [installations d'application par satellite](#) d'EUMETSAT et l'[initiative de l'ESA sur le changement climatique](#), ont encore enrichi les connaissances mondiales sur le climat.

Les "cartes sans lacunes" qui en résultent - comme ERA-5, produites par le [service Copernicus sur le changement climatique](#), géré par le CEPMMT pour le compte de la Commission européenne - informent de plus en plus sur l'atténuation du changement climatique et l'adaptation à celui-ci. L'observation spatiale à long terme est nécessaire pour suivre les changements futurs.

Protection des bandes du SETS contre les brouillages

Plusieurs sujets de discussion de la CMR-23 ont trait aux services météorologiques et climatologiques, et l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a publié une [déclaration de position](#) à ce sujet. Les observations de la Terre au voisinage de 7 GHz, utilisées pour surveiller la température des océans (point 1.2 de l'ordre du jour), sont particulièrement préoccupantes.

La disposition du Règlement des radiocommunications relative aux mesures des capteurs passifs hyperfréquences (renvoi 5.458) ne va pas jusqu'à attribuer du spectre au service d'observation de la Terre par satellite (SETS), qui pourrait donc être affecté par les Télécommunications mobiles internationales (IMT-2020/5G) utilisant la même fréquence.

L'ordre du jour de la CMR-23 concerne également les bandes des 10,65 GHz (point 1.2 de l'ordre du jour), 18,7 GHz (1.16 et 1.17) et 36,5 GHz (9.1d) - concernant les nuages liquides et les surfaces terrestres - et plusieurs autres bandes du SETS (9.1c).

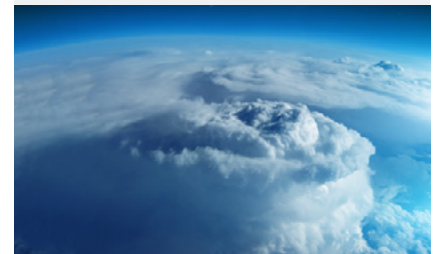
Des décisions doivent être prises pour préserver les mesures globales dans ces bandes uniques de télédétection passive.

L'initiative ESSEO (European Scientists on Spectrum for Earth Observation) - initiative menée par l'Agence spatiale européenne - apportera un soutien scientifique supplémentaire aux positions de l'OMM, à la CMR-23 et dans quatre ans à la CMR-27.

Les prévisions météorologiques revêtent une importance socio-économique considérable. Une protection appropriée doit donc être maintenue dans le Règlement des radiocommunications.



Les prévisions météorologiques revêtent une importance socio-économique considérable. ”



Surveiller l'évolution de notre planète - Nouvelles de l'UIT

Un article paru en 2019 dans le magazine Nouvelles de l'UIT expliquait le rôle que jouent les observations passives hyperfréquences dans les prévisions numériques du temps.

[Lire l'article à la page 54.](#)



Adobe Stock



Flávio Jorge



Luis Pedro



Sandro Mendonça

Nouvelles perspectives pour l'observation de la Terre dans la réalisation des objectifs de développement durable

Flávio Jorge, Président national et représentant international en début de carrière, Commission E (Environnement électromagnétique et interférence), Union radio-scientifique internationale; Luis Pedro, Directeur d'ANACOM (Portugal); et Sandro Mendonça, Professeur, Iscte Business School/Institut universitaire de Lisbonne (Portugal) et Conseiller, Anatel, Brésil

Le changement climatique, observé sous forme de vagues de chaleur, de feux de forêt, de sécheresses et d'inondations, souvent sur le même territoire au cours de la même année, a des [impacts sociaux et économiques dramatiques](#). Il menace la sécurité publique et sape la sécurité alimentaire et hydrique, ainsi que le changement des schémas de maladie et les déplacements massifs de population.

*ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações) Portugal
Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) Brasil*

Les 17 objectifs de développement durable (ODD) fixés par les Nations Unies (ONU) en 2015 constituent la voie essentielle pour résoudre les grands défis sociétaux de notre époque. Alors que la prochaine Conférence des Nations Unies sur le climat, la COP28, se tiendra à Dubaï fin novembre, parallèlement à la prochaine Conférence mondiale des radiocommunications (CMR 23), le moment est venu de reconnaître le croisement des agendas du climat et des radiocommunications.

Comment les satellites d'observation de la Terre participent au développement durable

Les satellites d'observation de la Terre sont une infrastructure indispensable, qui prend le pouls de notre planète et peut contribuer à la plupart, sinon à la totalité, des ODD. Les données qui en résultent sur le climat, l'utilisation des terres et d'autres facteurs constituent une source de renseignements stratégiques pour la conception et l'évaluation de politiques anticipatives et correctives.

Le service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) – assuré par les missions d'observation de la Terre dans le cadre du Règlement des radiocommunications tenu à jour par l'Union internationale des télécommunications (UIT) – constitue un bien public mondial qui garantit des avantages uniques. Mais sa fourniture continue dépend de la disponibilité de plus en plus rare des orbites de satellite, ainsi que des ressources spectrales nécessaires pour la télédétection en hyperfréquences, ainsi que pour les communications.

La gouvernance est essentielle pour assurer la résilience et l'adaptabilité.

Croissance rapide de l'utilisation de l'orbite et du spectre

Le spectre radioélectrique est essentiel pour les capteurs d'observation de la Terre.

OSCAR - l'[outil d'analyse et d'examen des capacités des systèmes d'observation](#) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) – met à disposition une base de données des fréquences satellitaires utilisées pour l'observation de la Terre, y compris pour la télédétection en hyperfréquences. La répartition des utilisations du spectre (voir la Figure 1) montre l'importance du spectre radioélectrique pour les détecteurs d'observation de la Terre: toutes les gammes de fréquences sont utilisées, en cours d'utilisation, ou prévues pour une utilisation future.

En outre, le nombre de satellites d'observation de la Terre a quadratiquement augmenté, de même que le nombre de spectres utilisés par les capteurs d'observation de la Terre (voir la Figure 2).



Les satellites d'observation de la Terre sont une infrastructure indispensable, qui prend le pouls de notre planète et peut contribuer à la plupart, sinon à la totalité, des ODD.

Flávio Jorge, Luis Pedro, et Sandro Mendonça

Figure 1 – Répartition des utilisations du spectre radioélectrique par les détecteurs d'observation de la Terre

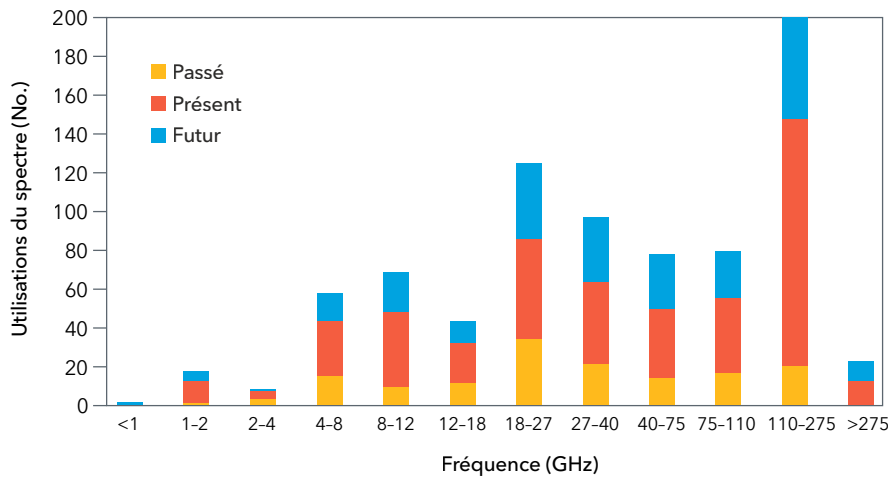
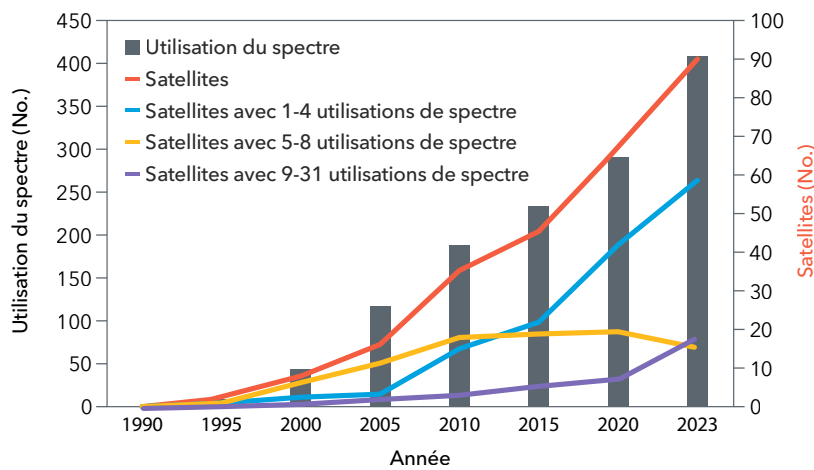


Figure 2 – Évolution des utilisations du spectre par les détecteurs d'observation de la Terre et par les satellites opérationnels d'observation de la Terre (y compris par catégorie d'utilisation du spectre)



Surveillance de la Terre de plus en plus opportune

Le nombre moyen et les nombres médians d'utilisation du spectre, par satellite, par les capteurs d'observation de la Terre ont diminué ces dernières années, après avoir culminé vers 2005 (voir tableau).

Valeurs moyennes et médianes pour l'utilisation du spectre par les capteurs d'observation de la Terre par satellite

	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Moyenne	3,7	5,4	7,4	5,3	5,2	4,3	4,5
Médian	5,0	5,5	6,5	5,0	5,0	1,0	1,0

Ces résultats concordent avec la tendance à déployer des satellites plus petits, plus simples et moins chers dans des constellations de plus grand nombre. Cette approche par petits satellites, grande constellation, permet de réduire le temps d'itération et d'assurer une surveillance de la Terre en temps quasi réel.

Des missions plus légères en hausse

Du point de vue de l'intensité d'utilisation du spectre (voir la Figure 2), le nombre de missions "allégées" - avec moins de cinq utilisations distinctes du spectre radioélectrique, par satellite, par les capteurs d'observation de la Terre - est en augmentation. Les missions "lourdes", avec plus de huit utilisations de ce type par satellite, continuent d'être déployées, mais à un rythme plus lent, impliquant peut-être des applications plus importantes, plus complexes et plus coûteuses.

Les missions "intermédiaires", cependant, qui dominaient le secteur d'observation de la Terre à ses débuts, ont atteint un plateau il y a une dizaine d'années et ont maintenant commencé à diminuer, conformément aux durées de vie modales des missions déclassées disponibles à l'heure actuelle.



Le spectre radioélectrique est essentiel pour les capteurs d'observation de la Terre. ”

Utilisation soutenue, efficace et efficiente des moyens d'observation de la Terre

Compte tenu de la demande toujours croissante d'orbites de satellites et de spectre des fréquences radioélectriques, l'utilisation rationnelle des moyens d'observation de la Terre n'a jamais été aussi importante. Pourtant, la chaîne de valeur complexe de l'économie spatiale nécessite une orchestration continue.

Les rôles et responsabilités distincts sont les suivants:

- **Chercheurs** – accroître la faisabilité de la technologie et l'efficacité d'utilisation des ressources.
- **Régulateurs** – élaboration de règles pratiques et exécutoires, y compris des exigences réalistes en matière de protection.
- **Fabricants** – concevoir des technologies robustes et abordables, suivre les principes d'économie circulaire et respecter dûment les réglementations et recommandations en vigueur et à venir.
- **Opérateurs** – opérant dans des cadres établis et réclamant une protection radioélectrique chaque fois que nécessaire (les méthodes et procédures en la matière sont abordées [ici](#)).
- **Autorités de contrôle et de coercition** – garantir un environnement électromagnétique sûr pour les opérations, protéger le spectre radioélectrique contre les brouillages préjudiciables, assurer une protection efficace des radiocommunications là où c'est nécessaire et favoriser un partage efficace du spectre.

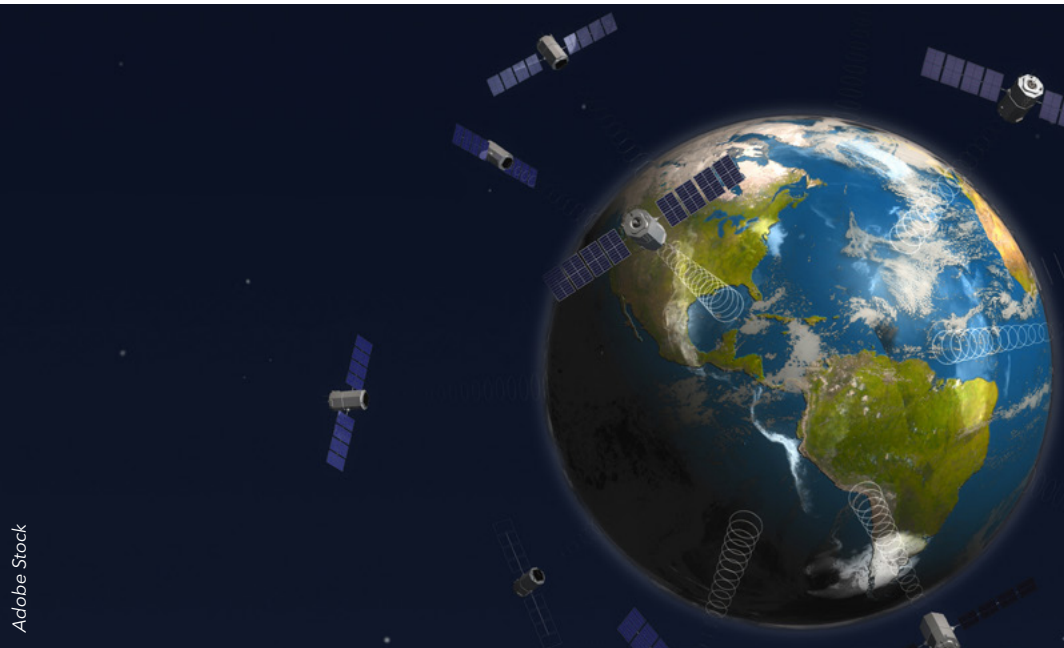
L'UIT joue un rôle crucial dans la coordination de toutes ces fonctions. En tant qu'agence des Nations Unies pour les technologies de connectivité numérique, elle favorise le consensus tout en respectant la souveraineté et la diversité, établit des ponts entre les communautés et maximise les avantages pour les sociétés du monde entier.

L'observation de la Terre fait partie intégrante de l'écosystème des technologies de l'information et de la communication (TIC), élément clé de la transformation numérique en cours dans le monde. C'est essentiel pour faire face à notre crise planétaire actuelle.

Le moment est donc venu de se mobiliser autour des ODD, d'agir ensemble pour notre avenir commun et de tirer le meilleur parti de la CMR-23 pour garantir la disponibilité continue des ressources spectrales et spatiales pour tous.



Le moment est venu de se mobiliser autour des ODD, d'agir ensemble pour notre avenir commun et de tirer le meilleur parti de la CMR-23 pour garantir la disponibilité continue des ressources spectrales et spatiales pour tous. ”



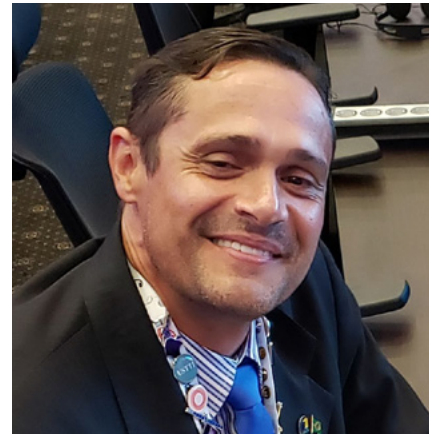
Services d'exploration de la Terre par satellite en Amérique latine et dans les Caraïbes

Tarcísio Bakaus, Vice-Président du Groupe de travail 7C de l'UIT-R (Systèmes de télédétection) et Coordonnateur de la gestion internationale du spectre et des orbites (Division du spectre, de l'orbite et de la radiodiffusion), Agence nationale brésilienne des télécommunications (Anatel)

Le service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) est un service de radiocommunication entre stations au sol et stations spatiales qui obtient des données de capteurs à bord de satellites d'observation de la Terre et d'autres plates-formes.

Ce service permet de fournir des informations sur les caractéristiques, l'environnement et les phénomènes naturels de la Terre. Il soutient également la surveillance de l'environnement et du climat, la gestion des catastrophes, l'agriculture, la gestion de l'eau, l'exploration des ressources naturelles et à diverses autres fins.

Les pays d'Amérique latine et des Caraïbes ont réalisé des progrès significatifs dans le domaine de l'observation de la Terre grâce au SETS, en partie grâce à des partenariats internationaux et à des programmes spécifiques adaptés aux besoins des pays en développement.



“ Les pays d'Amérique latine et des Caraïbes ont fait des progrès significatifs dans l'observation de la Terre à l'aide du SETS. ”

Tarcísio Bakaus

Argentine

Le satellite pour des applications scientifiques D (SAC-D) a été lancé en 2011 en coopération avec la National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis. La série SAOCOM (Argentine Microwave On Observation Satellite) a été lancée en 2018 et 2020. Les deux programmes ont fourni des informations détaillées sur les processus océaniques, en plus de la surveillance de l'agriculture, de l'humidité du sol et des inondations.

Un projet conjoint d'observation de la Terre à deux satellites entre l'Argentine et le Brésil, connu sous le nom de SABIA-Mar (Satellites argentino-brésiliens pour l'information environnementale de la mer) vise à combiner les données océaniques pour mieux comprendre les mers régionales.

Brésil

Le plus grand pays de la région exploite actuellement plusieurs satellites d'observation de la Terre. La série de satellite sino-brésilien d'exploration des ressources terrestres (CBERS) et la constellation SCD (satellite de collecte de données), dont les lancements ont débuté en 1999, et le satellite Amazonia-1 lancé en 2021 en vertu de la Charte internationale des catastrophes, collectent des données sur la déforestation, l'urbanisation et les activités agricoles. Ces satellites jouent un rôle crucial dans la compréhension et la préservation des ressources naturelles du Brésil, ainsi que dans le suivi des catastrophes naturelles et le soutien aux activités régionales de surveillance.

Mexique

Le satellite mexicain de l'Observatoire du climat et de la composition atmosphérique (OMECCA) lancé en 2022 et AzTechSat-1, lancé en 2019 en coopération avec la NASA, ont créé de nouvelles possibilités dans le domaine de l'observation de la Terre pour le pays. Ces projets offrent un immense potentiel pour améliorer l'agriculture, la gestion des catastrophes, la sécurité et la surveillance, tout en soutenant les études sur les changements climatiques, l'intelligence urbaine et la cartographie.

Autres initiatives latino-américaines

D'importantes initiatives du Chili (satellite FASat-Charlie, 2011), de la Bolivie (Túpac Katari-1 ou TKSat-1, conjointement avec la Chine, 2013), de l'Uruguay (AntelSat, 2014), du Pérou (PerúSAT 1, 2016) et de la Colombie (FACSAT-1, 2018), entre autres, offrent des capacités d'acquisition de données incomparables qui renforcent la surveillance et la gestion de l'environnement.



Le plus grand pays de la région exploite actuellement plusieurs satellites d'observation de la Terre. ”



Projets dans les Caraïbes

Le volet régional Caraïbes du Programme pilote pour la résistance aux chocs climatiques (PPCR), l'Agence caraïbe pour les secours d'urgence en cas de catastrophe naturelle (CDEMA) et l'Institut de météorologie et d'hydrologie des Caraïbes (CIMH) contribuent tous activement à la recherche et au développement des systèmes d'observation de la Terre.

En outre, les collaborations avec la NASA, l'Agence spatiale européenne (ESA), l'Administration spatiale nationale chinoise (CNSA) et d'autres organisations spatiales internationales ont abouti à des projets notables dans la région insulaire et continuent de jouer un rôle déterminant dans le progrès et l'innovation en Amérique latine et dans les Caraïbes.

La CMR-23 et les prochaines étapes

Les solutions collaboratives, l'engagement proactif et les progrès techniques sont essentiels pour l'observation future de la Terre. Il est donc crucial de soutenir les programmes de développement spatial et du SETS pour l'Amérique latine et les Caraïbes.

La Conférence mondiale des radiocommunications (CMR-23) qui se tiendra en novembre et décembre sera l'occasion de définir l'avenir du SETS et de faire progresser divers aspects de l'observation de la Terre susceptibles de contribuer aux objectifs de développement régionaux.

À quoi s'attendre pour le SETS

L'approbation par la CMR-23 d'une nouvelle attribution à titre secondaire au SETS dans la bande de fréquences 40-50 mégahertz (MHz) permettrait de réaliser des progrès notables dans la mesure du sous-sol à l'aide de radars sonores, facilitant ainsi la détection de l'eau et des glaces dans les régions reculées et peu peuplées.

Un autre objectif est d'adapter les attributions de fréquences primaires existantes ou potentielles au SETS (passive) dans la gamme 231,5-252 gigahertz (GHz), ce qui permettra de progresser dans les modèles climatiques qui permettent de saisir avec précision l'impact des nuages de glace sur le climat et le cycle hydrologique de la Terre.

La prochaine conférence abordera également la question cruciale de la protection des capteurs de météorologie spatiale, essentielle pour prévenir les effets préjudiciables sur les systèmes de radiocommunication, y compris les services de radionavigation et aéronautiques. Les études sur ce sujet pourront se poursuivre, l'objectif étant de les achever d'ici à la CMR-27 dans quatre ans.



Il est crucial de soutenir les programmes de développement spatial et du SETS pour l'Amérique latine et les Caraïbes. ”



En outre, la CMR-23 se concentrera sur la protection des systèmes passifs dans la gamme 36-37 GHz pour les mesures de surface, les prévisions météorologiques et la recherche.

Enfin, des mesures doivent être prises pour l'étude et la mise à jour des dispositions techniques et réglementaires afin d'assurer la pérennité de l'exploitation spatiale.

Coopération en vue de renforcer les services spatiaux

La participation d'organismes internationaux est essentielle pour garantir la continuité des services par satellite et des capacités du SETS et pour faciliter leur développement ultérieur. En outre, l'Union internationale des télécommunications (UIT) et son Secteur des radiocommunications (UIT-R) doivent être renforcés afin d'assurer la continuité de la fourniture de nouvelles attributions et la protection des exploitations existantes, ainsi que pour améliorer le cadre de la durabilité spatiale.

Ces mesures doivent être mises en œuvre avec la pleine participation des administrations des États Membres de l'UIT, des sociétés et organisations Membres de Secteur de l'UIT et de tous les organismes internationaux et régionaux concernés. Cela doit se faire à la fois au niveau régional et au niveau mondial.

Le développement et le maintien d'un environnement satellitaire sûr et sécurisé exigent une coopération vigoureuse, que ce soit dans la région Amérique latine et Caraïbes ou à l'échelle mondiale. Le service d'exploration de la Terre par satellite et, en fait, l'ensemble du secteur des télécommunications en bénéficieront.



La participation d'organismes internationaux est essentielle pour garantir la continuité des services par satellite et des capacités du SETS et pour faciliter leur développement ultérieur. ”



Le développement et le maintien d'un environnement satellitaire sûr et sécurisé exigent une coopération énergique, que ce soit dans la région Amérique latine et Caraïbes ou à l'échelle mondiale. ”



Image satellite de l'écoulement de sédiments de la rivière Fitzroy à la Grande Barrière de Corail.



Une vue satellite pour améliorer la vie sur Terre

Amy Parker, Directrice, Centre for Earth Observation (CSIRO), Australie

Saviez-vous que les satellites peuvent détecter un volcan qui se gonfle avant son éruption? Ou que l'imagerie satellite est utilisée pour comprendre l'impact de la guerre en Ukraine sur les disponibilités alimentaires mondiales?

Au CSIRO, l'agence scientifique nationale australienne, nous utilisons l'observation de la Terre pour relever les plus grands défis auxquels sont confrontées la société et notre planète. Par exemple, nous avons analysé l'imagerie satellite des terres cultivées et de l'activité maritime ukrainiennes depuis février 2022 pour aider à [mesurer l'impact de la guerre sur les disponibilités alimentaires mondiales](#).

Plus près de chez nous, nous utilisons l'observation de la Terre pour générer des cartes minérales à l'échelle nationale, mesurer la récupération de l'environnement après les feux de brousse et suivre l'impact des sédiments inondables sur la Grande Barrière de Corail.

“ Au CSIRO, l'agence scientifique nationale australienne, nous utilisons l'observation de la Terre pour relever les plus grands défis auxquels sont confrontées la société et notre planète. ”

Amy Parker

Le défi des données

La prolifération récente de l'imagerie d'observation de la Terre en libre accès offre des opportunités et une valeur sans précédent. Les avantages économiques attribuables aux données d'observation de la Terre en 2020 étaient de l'ordre de **2,5 milliards de dollars australiens (environ 1,6 milliard de dollars) rien qu'en Australie**, selon Deloitte. Cependant, l'augmentation exponentielle du volume et de la variété des données pose de plus en plus de défis aux utilisateurs, ce qui nous oblige à changer la façon dont nous abordons la gestion et l'analyse des données.

Pour faire face à ce problème, le CSIRO utilise l'informatique en nuage pour fournir des capacités de traitement de l'observation de la Terre de nouvelle génération à nos chercheurs et partenaires. Avec Geoscience Australia, l'Infrastructure nationale de calcul de l'Australie, et le Comité sur les satellites d'observation de la Terre, nous avons créé le "Open Data Cube" - un logiciel libre pour la gestion et l'analyse des données géospatiales.

En combinant l'Open Data Cube avec les avantages et les innovations de l'informatique en nuage grand public, nous avons développé notre **plateforme Earth Analytics Science and Innovation (EASI)**. Cette plate-forme d'analyse de données performante et évolutive bénéficie de la communauté Open Data Cube et y contribue, tout en donnant accès à l'expertise scientifique

diversifiée du CSIRO. La technologie améliore considérablement l'échelle et la vitesse des calculs par des ordres de grandeur importants, favorisant une approche d'échec rapide (et d'apprentissage rapide) et permettant une science innovante.

Partager les avantages de l'observation de la Terre

Avec EASI, nous nous efforçons non seulement de repousser les limites de la science, mais aussi d'assurer un accès plus équitable aux avantages de l'observation de la Terre dans les différentes régions, en nous attaquant aux problèmes qui dépassent les frontières géographiques. Notre proximité avec l'Asie du Sud-Est signifie que nous sommes bien placés pour travailler avec nos voisins là-bas, en utilisant la science pour résoudre des problèmes et en partageant l'infrastructure informatique, les données, les connaissances, l'expertise et les idées pour relever nos défis communs.



La prolifération récente de l'imagerie d'observation de la Terre en libre accès offre des opportunités et une valeur sans précédent. ”

Par exemple, nous avons déployé EASI sur une infrastructure d'informatique en nuage en Asie du Sud-Est en 2021 et avons depuis travaillé avec des universitaires, des innovateurs et des scientifiques de toute la région pour fournir une formation technique et [développer des cas d'utilisation basés sur l'adaptation et la résilience climatique](#). Les premiers utilisateurs de l'Université Hasanuddin en Indonésie se sont servis de la technologie pour étudier les impacts du changement climatique sur la qualité de l'eau du lac Tempe, dans le sud de Sulawesi.

Au cours d'un hackathon d'une semaine, plus de 80 participants d'Australie et d'Asie du Sud-Est ont abordé les applications liées à la comptabilisation du carbone, à la conservation, à la sécurité de l'approvisionnement en eau et aux infrastructures durables.

Surveillance de la qualité de l'eau depuis l'espace

De retour en Australie, nous développons actuellement une solution EASI pour nous informer sur notre ressource la plus vitale: l'eau. Nous travaillons avec des collaborateurs pour co-concevoir et mettre en œuvre la [mission AquaWatch Australia](#) - "un service météorologique pour la qualité de l'eau" - pour aider à sauvegarder les ressources en eau douce et côtières en Australie et dans le monde.

La santé et la qualité des voies navigables intérieures et côtières sont menacées par l'augmentation de l'activité humaine et les effets du changement climatique. Cela est évident dans les impacts croissants de la sécheresse, des sédiments des feux de brousse, des tempêtes, des proliférations d'algues toxiques et de la contamination.



De retour en Australie, nous développons actuellement une solution EASI pour nous informer sur notre ressource la plus vitale: l'eau. ”

Un capteur de qualité de l'eau AquaWatch au lac Tuggeranong, dans le Territoire de la capitale australienne.



EASI intègre des données d'observation de la Terre provenant de satellites avec des capteurs *in situ* et de l'intelligence artificielle (IA), créant ainsi un système intégré capable de fournir une surveillance et des prévisions précises en Australie et au-delà.

Le développement, la conception, la construction et le déploiement de l'infrastructure du système AquaWatch profiteront à divers utilisateurs finaux et stimuleront directement la croissance de la capacité spatiale intérieure de l'Australie. Il renforcera également l'expertise en télédétection, en fabrication de pointe et en ingénierie.

Préservation de l'accès ultérieur

L'espace offre d'importantes possibilités d'améliorer la vie sur Terre. Une vue satellite de notre planète nous permet de gérer les ressources naturelles, de relever les défis de la sécurité alimentaire, de réagir efficacement aux catastrophes, de nous adapter au changement climatique et de l'atténuer, et d'optimiser les transports et le développement urbain.

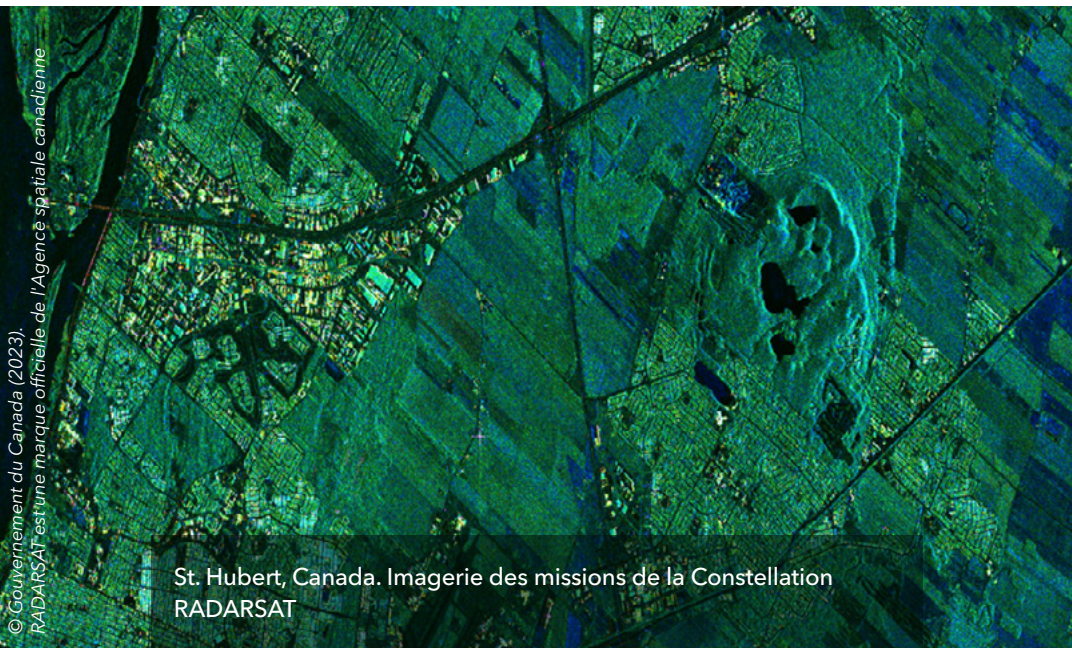
Il est donc essentiel de protéger les fréquences radioélectriques utilisées par les détecteurs et les satellites d'observation de la Terre. Nous devons maintenir notre vue satellite, grâce à un accès sans entrave à ces données précieuses, maintenant et à l'avenir.



Il est donc essentiel de protéger les fréquences radioélectriques utilisées par les détecteurs et les satellites d'observation de la Terre.

Le CSIRO accède aux images de NovaSAR-1 illustrées ici dans une image générée par ordinateur.





St. Hubert, Canada. Imagerie des missions de la Constellation RADARSAT

© Gouvernement du Canada (2023). RADARSAT est une marque officielle de l'Agence spatiale canadienne.



Services d'exploration de la Terre par satellite pour la gestion d'intervention en cas de catastrophe

Joanne Frolek, ingénieure, Utilisation de l'espace, Agence spatiale canadienne

Il ne se passe pas un jour sans qu'une catastrophe n'affecte les personnes ou les écosystèmes. Les tornades, les inondations, les abords des terres, les incendies de forêt et même les marées noires sont des catastrophes qui causent souvent des dommages importants.

Les satellites du service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) fournissent une aide inestimable et incommensurable aux organisations d'intervention en cas de catastrophe, les aidant à réagir efficacement pour sauver des vies, contribuer à la restauration et protéger les infrastructures, les écosystèmes et les biens essentiels.

“ Les satellites du service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) apportent une aide inestimable et incommensurable aux organismes d'intervention en cas de catastrophe. ”

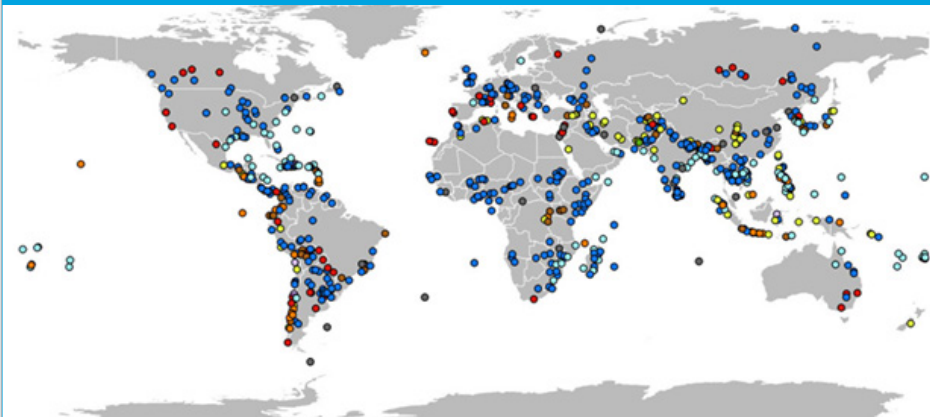
Joanne Frolek



La Charte internationale "Espace et catastrophes majeures"

Il y a plus de 20 ans, les agences spatiales du monde entier ont créé la [Charte internationale "Espace et catastrophes majeures"](#). Il s'agit d'une collaboration entre diverses agences spatiales et opérateurs commerciaux de satellites. La Charte permet aux autorités nationales de gestion des catastrophes dans n'importe quel pays de demander des images satellitaires gratuites pour aider à l'intervention en cas de catastrophes.

Activation de la Charte (par distribution)



Source: La Charte internationale "Espace et catastrophes majeures", 2023.

Capteurs de satellite – des images différentes pour des usages différents

Les opérateurs de la Charte déterminent les meilleures solutions satellitaires et de détecteurs pour fournir les données les plus utiles sur la base d'une catastrophe donnée. Les détecteurs fonctionnant à des fréquences plus basses permettent une meilleure pénétration dans la végétation et sont utiles lorsqu'une catastrophe survient dans des zones de végétation. Les détecteurs fonctionnant à des fréquences plus élevées bénéficient d'une plus grande bande passante disponible et peuvent fournir des images de meilleure résolution, comme l'identification des dommages causés à l'infrastructure.

Contrairement aux capteurs optiques, les capteurs radar à synthèse d'ouverture (SAR), avec une latence réduite, ne sont pas affectés par la nuit ou les nuages. Cela les rend très efficaces pour faire face aux principaux dangers tels que les inondations, les déversements d'hydrocarbures et les glissements de terrain.

Ouragan Fiona

L'an dernier, l'ouragan Fiona est passé au-dessus des Caraïbes avant de toucher la côte Est du Canada. La tempête de catégorie 4 a été la plus coûteuse jamais connue pour le Canada. En réponse, les autorités canadiennes ont activé la [Charte internationale "Espace et catastrophes majeures"](#) pour obtenir des données satellitaires afin de faciliter l'évaluation rapide des dommages et la gestion rapide des crises.

Différentes attributions pour différents types d'applications du SETS

A l'heure actuelle, les capteurs optiques ne nécessitent pas d'attribution de fréquences radioélectriques pour fonctionner, et les détecteurs infrarouges ne sont pas attribués dans le tableau d'attribution des bandes de fréquences tenu à jour par l'Union internationale des télécommunications (UIT). Toutefois, les capteurs SAR nécessitent des attributions de spectre radioélectrique.

Le tableau énumère certaines applications SAR fonctionnant dans différentes bandes de fréquences ainsi que certains satellites de la Charte qui fonctionnent dans ces bandes.

Applications des satellites de radar à synthèse d'ouverture dans les attributions au SETS (actif)		
Bandes de fréquences attribuées au SETS au titre du Règlement des radiocommunications	Applications SAR	Satellites de la Charte opérationnels
1 215-1 300 MHz	Cartographie de la biomasse et de la végétation, surveillance des forêts, déformation de la Terre, humidité du sol et gestion des catastrophes (meilleure résolution: 3 m).	SAOCOM 1A, -1B ALOS-2
3 100-3 300 MHz	Agriculture (meilleure résolution: 1,5 m).	Aucune
5 250-5 570 MHz	Agriculture, cartographie de la couverture terrestre, applications maritimes (surface de la mer, glace, vents, pollution par les hydrocarbures, sécurité maritime) et gestion des catastrophes (Meilleure résolution: <1 m).	Envisat Gaofen-3 RCM-1, -2, -3 RADARSAT-2 Sentinelle 1A
9 200-10 400 MHz	Surveillance des infrastructures, détection d'objets/de changements, cartographie topographique, détection des navires et gestion des catastrophes (barrages, ponts, bâtiments urbains) (Meilleure résolution: < 0,25 m).	<i>COSMO-SkyMed-2</i> <i>ICEYE-X2, X3, X4, X5, X6, X7</i> <i>KOMPSAT-5</i> <i>TerraSAR-X</i> <i>TanDem-X</i>
13,25-13,75 GHz, 17,2-17,3 GHz	Surveillance équivalente en eau de la neige pour améliorer la prévision des inondations.	Aucune
35,5-36 GHz	Nouvelle application des altimètres de radar à synthèse d'ouverture à la topographie des océans et des eaux de surface.	Aucune

Les italiques indiquent que le RES du satellite fonctionne dans l'attribution au SETS dans la bande 10 10,4 GHz.



Contrairement aux capteurs optiques, les capteurs radar à synthèse d'ouverture, avec une latence réduite, ne sont pas affectés par la nuit ou les nuages. ”

St. Hubert, Canada



© Planet Labs Geomatics Corp., 2019

Garantir un spectre disponible

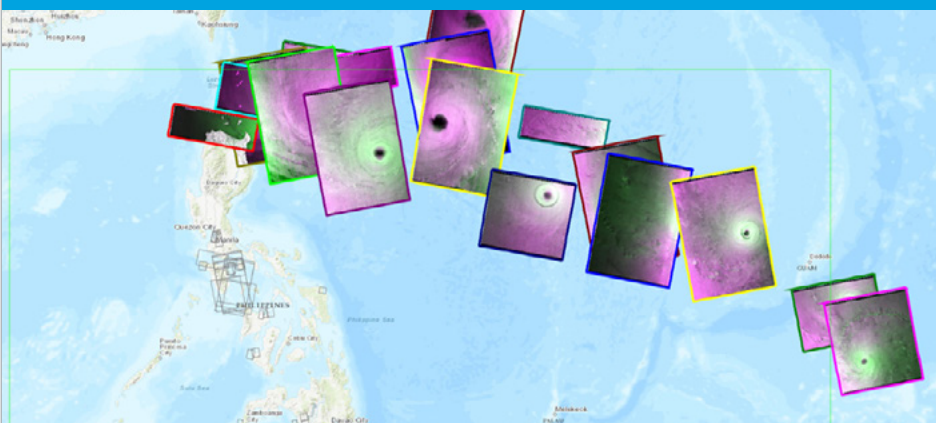
Nouvelle attribution potentielle au service mobile et aux Télécommunications mobiles internationales (IMT) - l'identification dans la bande 10-10,5 GHz dans la Région Amériques (Région2) est un point de l'ordre du jour de la prochaine Conférence mondiale des radiocommunications, la CMR-23. Cela revêt une grande importance pour la communauté de la gestion des catastrophes, étant donné que les systèmes du SETS qui fournissent des images importantes à la communauté mondiale risquent de causer des brouillages préjudiciables.

Une précédente CMR tenue en 2015 avait élargi l'attribution initiale au SETS (actif), reconnaissant que l'extension de la bande permettait de disposer de données à plus haute résolution. L'attribution est précieuse dans les situations où des données à haute résolution sont nécessaires dans une zone localisée et dans des conditions météorologiques localisées et où l'heure du jour empêche l'utilisation de capteurs optiques.

La haute résolution qu'offre la bande des 10 GHz est intéressante pour déterminer les dégâts causés aux infrastructures urbaines. Dans le même temps, les images et les données de ces zones urbaines seraient les plus exposées par les déploiements IMT. Un compromis sur l'utilisation actuelle de la bande des 10 GHz pourrait conduire à des données erronées et mal interprétées, ce qui entraînerait la perte d'informations cruciales nécessaires à une prise de décision rapide dans le cadre d'une intervention en cas de catastrophe.

Pour éviter des incidences majeures sur la communauté des utilisateurs du SETS, toutes les parties prenantes de l'observation de la Terre doivent veiller à ce que les capteurs de satellite puissent fonctionner dans cette bande de fréquences et dans d'autres bandes sans brouillage. Ne pas protéger les attributions du SETS entraînerait une baisse de la qualité des images satellitaires pour les interventions en cas de catastrophe, ce qui porterait atteinte à la Charte internationale et à la communauté des utilisateurs du SETS.

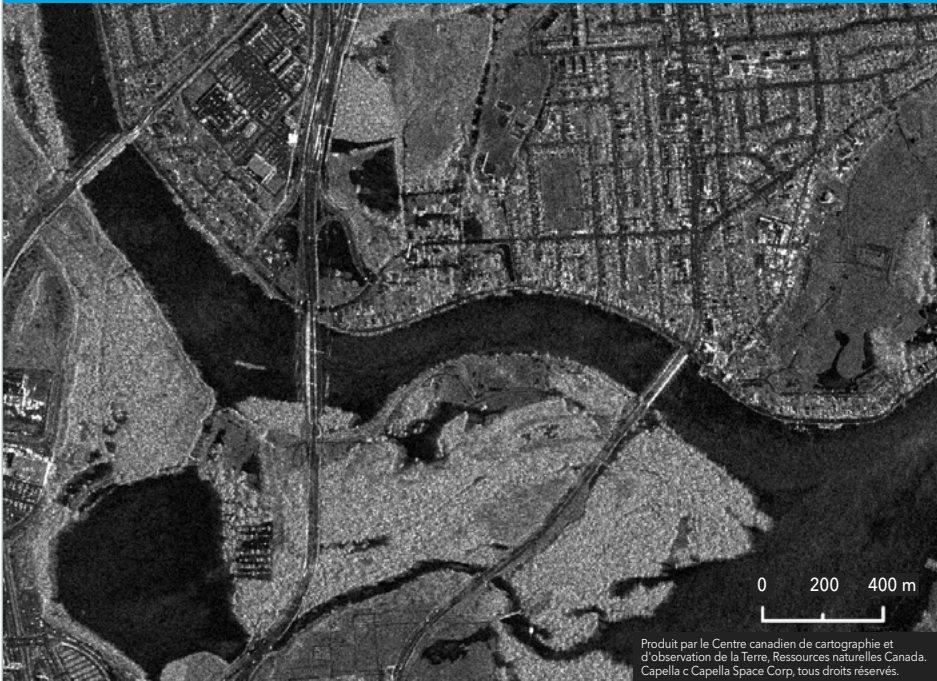
CSA Hurricane Watch, typhon Mawar, alias Super typhon Betty, du 22 mai au 10 juin 2023. Imagerie des missions de la Constellation RADARSAT.



Gouvernement du Canada (2023). RADARSAT est une marque officielle de l'Agence spatiale canadienne.

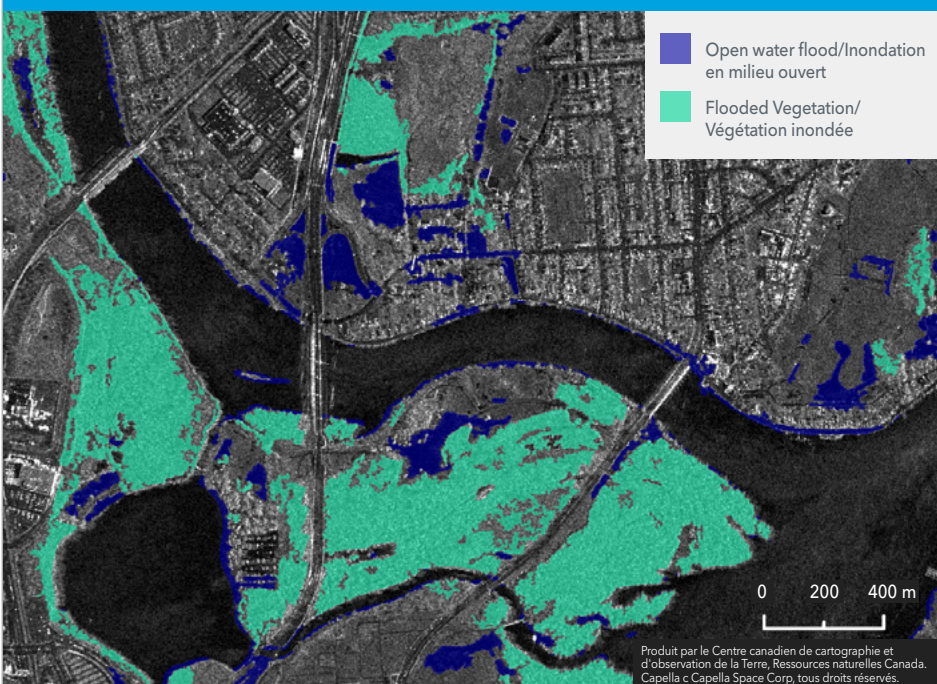
“ Un compromis sur l'utilisation actuelle de la bande des 10 GHz pourrait conduire à des données erronées et mal interprétées, ce qui entraînerait la perte d'informations cruciales nécessaires. ”

Gatineau, Canada; Image de radar de synthèse d'ouverture de Capella en bande X avant traitement



Source: Capella, CCCOT.

Image de radar à synthèse d'ouverture de Capella en bande X, avec chevauchement de la cartographie des crues



Source: Capella, CCCOT.

Restez au cœur de l'actualité // Restez informé

- // Tendances mondiales en matière de technologies //
- // Réflexions livrées par plusieurs dirigeants influents du numérique //
- // Dernières actualités relatives aux événements et initiatives de l'UIT //

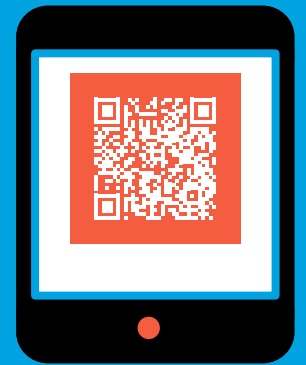
S'inscrire aux contenus :



Bihebdomadaire



Dernières informations



Six éditions par an



Entretiens d'actualité



Mises à jour régulières