

Surveiller l'évolution de notre planète

Des fréquences essentielles pour
l'observation de la Terre depuis
l'espace

Surveiller l'évolution de notre planète

Houlin Zhao

Secrétaire général de l'UIT



La Terre est une planète fragile aux ressources limitées pour assurer la subsistance d'une population mondiale en constante évolution. Alors que nous œuvrons ensemble à la création d'une économie mondiale durable, les capteurs spatioportés sont en passe de jouer un rôle de plus en plus important dans la réalisation des Objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies.

De fait, les [Etats Membres de l'UIT](#) et la communauté mondiale ont maintenant conscience du potentiel que représente l'utilisation des observations de la Terre et des informations géospaciales en tant que données fondamentales pour la réalisation des ODD. La télédétection fournit des informations essentielles dans des domaines très divers, notamment la qualité de l'air, la gestion des catastrophes, la santé publique, l'agriculture, la disponibilité en eau, la gestion des zones côtières et la santé des écosystèmes de la Terre.

Les données des capteurs spatioportés sont par exemple, utilisées pour évaluer l'impact des catastrophes naturelles et pour mieux se préparer aux phénomènes dangereux dans le monde. Elles sont également de plus en plus utilisées pour orienter l'action menée pour réduire autant que possible les répercussions de la croissance urbaine sur l'environnement.

Ce ne sont là que quelques exemples illustrant combien les mesures par télédétection – et les données scientifiques qui en découlent – sont très utiles à l'humanité. Dans ce numéro des Nouvelles de l'UIT, vous trouverez d'autres exemples de ce type ainsi qu'un large aperçu de la manière dont les travaux de l'UIT contribuent à tirer parti des avantages sociaux et économiques offerts par l'observation de la Terre depuis l'espace.

Par ailleurs, je suis heureux de souligner que les [Nouvelles de l'UIT](#) ont 150 ans. Dans ce numéro, vous découvrirez également les points de repère qui ont jalonné les 150 années de l'[histoire des Nouvelles de l'UIT](#).

Je saisis cette occasion pour vous souhaiter à tous une heureuse année et une excellente santé!



“Les mesures par télédétection — et les données scientifiques qui en découlent — sont très utiles à l'humanité.”

Houlin Zhao

Surveiller l'évolution de notre planète

Des fréquences essentielles pour l'observation de la Terre depuis l'espace

1 Surveiller l'évolution de notre planète

Houlin Zhao
Secrétaire général de l'UIT

Services scientifiques spatiaux — UIT et CMR-19

4 Pourquoi avons-nous actuellement besoin de l'observation par télédétection spatiale?

Mario Maniewicz
Directeur du Bureau des radiocommunications, UIT

8 Systèmes d'observation de la Terre – Commission d'études 7 de l'UIT-R et Conférences mondiales des radiocommunications

John Zuzek
Président de la Commission d'études 7 du Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R) et Responsable du programme sur le spectre national de la NASA

Avantages de l'observation de la Terre depuis l'espace

12 La composante spatiale du Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM

Petteri Taalas
Secrétaire général de l'Organisation météorologique mondiale (OMM)

16 Importance du spectre des fréquences radioélectriques pour l'observation de la Terre

Eric Allaix
Président du Groupe directeur pour la coordination des fréquences radioélectriques

19 Altimétrie spatiale

Jean Pla
Vice-Président de la Commission d'études 7 du Secteur des radiocommunications de l'UIT

Surveiller l'évolution de notre planète

Des fréquences essentielles pour l'observation de la Terre depuis l'espace

Photos de couverture: Shutterstock/NASA

IISSN 1020-4148
itunews.itu.int
6 numéros par an
Copyright: © UIT 2019

Rédacteur en Chef: Matthew Clark
Concepteur artistique: Christine Vanoli
Assistante d'édition: Angela Smith

Rédaction/Publicité:
Tél.: +41 22 730 5234/6303
Fax: +41 22 730 5935
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.

24 Détection atmosphérique et bandes passives retenues

Richard Kelley
National Oceanic and Atmospheric Administration
(NOAA), Département du Commerce des Etats-Unis

**30 Surveillance du temps et du climat depuis l'espace:
des activités indispensables pour la société mondiale
dans laquelle nous vivons**

Markus Dreis
Responsable de la gestion des fréquences, EUMETSAT

**36 Des capteurs actifs spatioportés pour étudier la Terre
et prévoir les catastrophes naturelles**

Bryan Huneycutt
Délégué pour la télédétection à l'UIT, Jet Propulsion
Laboratory, California Institute of Technology, NASA

**41 Comment les capteurs passifs sont utilisés pour établir
les prévisions météorologiques**

Yu Yang
Ingénieur, Centre national de météorologie par satellite,
China Meteorological Administration (CMA), Chine

**44 Protéger le spectre utilisé par les capteurs d'observation
de la Terre en faveur du bien social**

Gilberto Câmara
Directeur du Secrétariat du Groupe sur
l'observation de la Terre (GEO)

Faire face aux brouillages préjudiciables

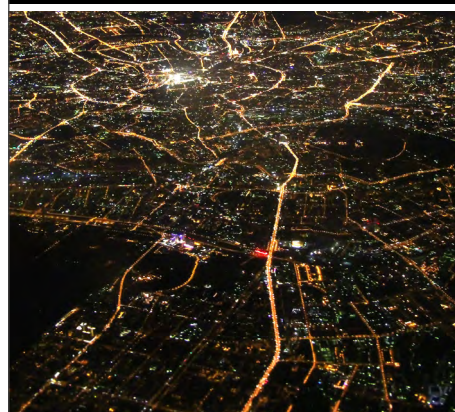
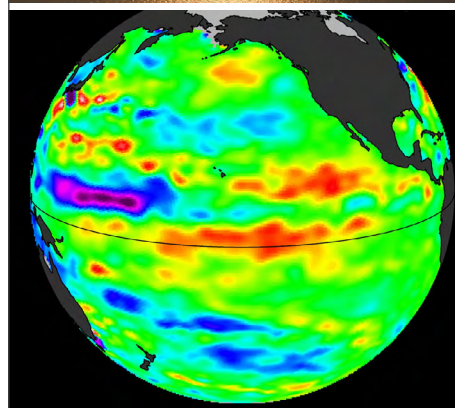
**47 Le problème des brouillages pour la détection passive
à l'échelle mondiale**

Josef Aschbacher
Directeur des programmes d'observation de la
Terre, Agence spatiale européenne (ESA)

**54 L'apport important de la télédétection passive à
hyperfréquences pour les prévisions numériques du
temps et la manière dont la CMR-19 peut résoudre le
problème des brouillages radioélectriques**

Stephen English
Stephen English, Chef de la Division de l'assimilation des
données pour le système Terre, Centre européen pour les
prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT)

**59 Les Nouvelles de l'UIT au cours des 150 années
d'existence de l'organisation – Points de repère**



Pourquoi avons-nous actuellement besoin de l'observation par télédétection spatiale?

Mario Maniewicz

Directeur du Bureau des
radiocommunications, UIT



Le changement climatique et l'exploitation grandissante des ressources naturelles de la Terre conduisent à toute une série de problèmes environnementaux qui nécessitent l'adoption de mesures au niveau international.

Si l'on veut que l'humanité réagisse efficacement, bon nombre des solutions seront fondées sur la surveillance de l'environnement à l'échelle mondiale, y compris au moyen de biens spatiaux.

De fait, l'observation par télédétection spatiale est essentielle pour aider les dirigeants et les citoyens à prendre de meilleures décisions à partir de données fiables.

A l'heure actuelle, plusieurs douzaines de satellites contribuent à l'accumulation de connaissances fondamentales au sujet du système Terre, permettant aux scientifiques de décrire certains liens qui existent entre une importante perturbation naturelle qui se produit dans la haute atmosphère et des changements météorologiques survenant à plusieurs milliers de kilomètres de là.

“A l'heure actuelle, plusieurs douzaines de satellites contribuent à l'accumulation de connaissances fondamentales au sujet du système Terre.”

Mario Maniewicz



Etant donné que des prévisions météorologiques précises doivent être fondées sur la meilleure estimation possible de l'état actuel de l'atmosphère, il est primordial que les météorologues aient accès à des données d'observation précises, en temps réel et à l'échelle mondiale, concernant les phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère terrestre au-dessus des terres et des océans, données obtenues par télédétection spatiale.

Les données provenant de satellites sont actuellement des paramètres d'entrée indispensables pour le fonctionnement des modèles de prévisions météorologiques et des systèmes de prévision utilisés pour la production d'avertissements de sécurité et d'autres informations intervenant dans les processus de prise de décision d'entités publiques et privées.

Le Système mondial d'observation du climat: un cadre des Nations Unies

La nécessité de disposer de données d'observation est prise en compte de manière formelle par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, qui a confié au [Système mondial d'observation du climat](#) la responsabilité de définir les exigences applicables aux observations pertinentes pour les changements climatiques. Toutes les institutions des Nations Unies concernées travaillent de concert pour garantir la production continue de données d'observation d'ordre physique, chimique et biologique fiables, afin de contribuer à atteindre chacun des 17 Objectifs de développement durable et les cibles qui y sont associées.

38TH WORLD RADIOCOMMUNICATION CONFERENCE



ITUWRC
SHARM EL-SHEIKH 2019

28 October - 22 November
Sharm El-Sheikh, Egypt

www.itu.int/wrc2019
#ITUWRC



La Conférence mondiale des radiocommunications de l'UIT de 2019 prendra des décisions concernant le spectre

Ce numéro des Nouvelles de l'UIT est publié dans un contexte de préparation de la [Conférence mondiale des radiocommunications de l'UIT de 2019](#), qui se tiendra du 28 octobre au 22 novembre 2019, à Charm el-Cheikh (Egypte).

Cette conférence prendra des décisions relatives à l'utilisation du spectre par les différents services de radiocommunication, y compris les services scientifiques spatiaux. Il est primordial que ces décisions confèrent la protection nécessaire aux services scientifiques spatiaux, afin qu'ils puissent continuer à apporter leur contribution au développement durable de l'humanité.

“ Il est primordial que les météorologues aient accès à des données d'observation précises, en temps réel et à l'échelle mondiale, concernant les phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère terrestre. ”

Mario Maniewicz

Le spectre: une ressource essentielle pour les systèmes météorologiques

Au vu de ce qui précède, il est important que les lecteurs de ce numéro des Nouvelles de l'UIT comprennent pourquoi la disponibilité et la protection de bandes de fréquences appropriées pour les systèmes météorologiques sont essentielles pour assurer leur qualité de fonctionnement, et pourquoi la valeur économique et sociétale potentielle de ces systèmes mérite que les membres de l'UIT accordent une attention particulière aux besoins des utilisateurs des services scientifiques spatiaux. Je suis très reconnaissant aux auteurs de nous faire partager leur expertise et leur point de vue.



Types de capteurs spatioportés pour l'observation de la Terre



Les **capteurs actifs** sont des systèmes radar sur des plates-formes spatioportées. Ils obtiennent des données grâce à la transmission et à la réception d'ondes radioélectriques. Il en existe 5 types:



Radars à ouverture synthétique:
ils permettent d'obtenir des données topographiques relatives à la surface de la Terre

Altimètres:
ils mesurent précisément le niveau de la surface des océans

Diffusiomètres:
ils déterminent la direction et la vitesse du vent à la surface des océans

Radars de précipitations:
ils déterminent le taux de précipitation et la structure tridimensionnelle des précipitations

Radars profileurs de nuages:
ils mesurent la couverture et la structure nuageuse au-dessus de la surface de la Terre

Les **capteurs passifs** sont des récepteurs très sensibles qui mesurent l'énergie électromagnétique émise et diffusée par la Terre et les constituants chimiques de son atmosphère. Ils doivent être protégés contre les brouillages radioélectriques.



Recommandations UIT-R de référence

Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R)
Commission d'études 7 (services scientifiques)

Recommandations UIT-R de référence qui décrivent les caractéristiques techniques et opérationnelles, les critères de protection, ainsi que les considérations de partage pour les systèmes de télédétection par satellite et les liaisons de commande et de transmission de données qui leur sont associées:



Série RS (télédétection)



Série SA (applications spatiales et météorologie)



Manuel «**Service d'exploration de la Terre par satellite**»



Manuel élaboré conjointement par l'UIT et l'OMM «**Utilisation du spectre radioélectrique pour la météorologie: surveillance et prévisions concernant le climat, le temps et l'eau**»



Systèmes d'observation de la Terre – Commission d'études 7 de l'UIT-R et Conférences mondiales des radiocommunications

John Zuzek

Président de la [Commission d'études 7 du Secteur des radiocommunications de l'UIT \(UIT-R\)](#) et Responsable du programme sur le spectre national de la [NASA](#)



La [Commission d'études 7](#) du Secteur des radiocommunications de l'UIT ([UIT-R](#)) s'occupe des services scientifiques. Ceux-ci incluent les services d'exploration de la Terre par satellite et de météorologie par satellite, avec des systèmes de télédétection spatioportée passive et active qui nous permettent de recueillir des données importantes sur la Terre et son atmosphère.

Les systèmes utilisés à ces fins produisent des effets à long terme pour chacun des habitants de la planète. Les données recueillies permettent d'étudier et de suivre l'évolution du climat, d'aider les météorologues à établir des prévisions, et de prévoir et de suivre différentes catastrophes naturelles.

Il est important de noter que même si seul un petit nombre de pays exploitent des satellites météorologiques et des satellites d'observation de la Terre, les données et les produits des données correspondants sont diffusés et utilisés dans le monde entier, en particulier par les services de météorologie nationaux des pays développés et des pays en développement, et par des organisations qui suivent et étudient le changement climatique.

“Les données issues des systèmes d'observation de la Terre et des systèmes de télédétection sont utilisées dans des applications permettant de prévoir et de suivre les catastrophes et d'atténuer leurs effets.”

John Zuzek

En outre, les données issues des systèmes d'observation de la Terre et des systèmes de télédétection sont utilisées dans des applications permettant de prévoir et de suivre les catastrophes et d'atténuer leurs effets. Selon [un rapport des Nations Unies](#), [environ 90% des catastrophes sont d'origine météorologique](#). Compte tenu du caractère mondial des systèmes d'observation de la Terre et des systèmes de télédétection, la question de la protection contre les brouillages préjudiciables doit être examinée à l'échelle mondiale.

Capteurs actifs spatioportés

Les capteurs actifs spatioportés sont des instruments qui recueillent des données grâce à la transmission et à la réception d'ondes radioélectriques. Il s'agit essentiellement de systèmes radar sur des plates-formes spatioportées. Il existe cinq types de capteurs actifs, et chacun répond à un besoin spécifique. Le radar à ouverture synthétique sert à obtenir des données topographiques relatives à la surface de la Terre. Les altimètres servent à mesurer précisément le niveau de la surface des océans. Les diffusiomètres sont principalement utilisés pour déterminer la direction et la vitesse du vent à la surface des océans. Les radars de précipitations permettent de déterminer le taux de précipitation et la structure tridimensionnelle des précipitations. Les radars profileurs de nuages servent à mesurer la couverture et la structure nuageuse au-dessus de la surface de la Terre.

Capteurs passifs spatioportés

Les capteurs passifs spatioportés sont des récepteurs très sensibles appelés radiomètres qui mesurent l'énergie électromagnétique émise et diffusée par la Terre et les éléments constitutifs chimiques de son atmosphère. Ils ont besoin d'une protection contre les brouillages radioélectriques pour pouvoir effectuer les mesures nécessaires.

➤ Environ 90% des catastrophes sont d'origine météorologique.



IRIN/Tung X. Ngo

Les instruments de télédétection passifs utilisés sur les satellites d'observation de la Terre sont tournés vers la surface et l'atmosphère de la Terre et sont sensibles aux brouillages causés par les émetteurs situés sur ou près de la surface de la Terre. Ces récepteurs sensibles ne peuvent fonctionner correctement que grâce à l'attribution de certaines bandes de fréquences aux services de radiocommunication correspondants et grâce aux protections réglementaires offertes conformément aux dispositions spéciales du [Règlement des radiocommunications](#).

En fait, de par leur essence, les capteurs passifs tentent de recevoir et de traiter des signaux radioélectriques naturels très faibles à des fréquences spécifiques définies par les lois de la physique moléculaire. Si ces signaux sont altérés par les brouillages, il n'est donc pas possible de recourir à une autre fréquence pour obtenir l'information. L'information n'est simplement pas disponible.

Une fois les données scientifiques récoltées par les systèmes de capteurs utilisés pour l'observation de la Terre, l'information doit être renvoyée sur Terre où elle sera traitée et utilisée par les scientifiques. Il convient donc de protéger également ces liaisons de transmission de données contre les brouillages radioélectriques préjudiciables, sans quoi ces données scientifiques pourraient être altérées, voire totalement perdues.



Consulter toutes les Recommandations de la Commission d'études 7 de l'UIT-R:

- Systèmes de télédétection: [série RS](#)
- Applications spatiales et météorologie: [série SA](#).

Commission d'études 7 de l'UIT-R

La Commission d'études 7 de l'UIT-R gère la [série RS](#) (télédétection) et la [série SA](#) (applications spatiales) des [Recommandations UIT-R](#) qui décrivent les caractéristiques techniques et opérationnelles, les critères de protection, ainsi que les considérations de partage pour les systèmes de télédétection par satellite et les liaisons de commande et de transmission de données qui leur sont associés. Elle s'occupe aussi du Manuel de l'UIT-R «[Service d'exploration de la Terre par satellite](#)» et du Manuel élaboré conjointement par l'UIT et l'OMM «[Utilisation du spectre radioélectrique pour la météorologie: surveillance et prévisions concernant le climat, le temps et l'eau](#)», ainsi que de nombreux rapports pertinents sur la télédétection et l'observation de la Terre. Cette documentation contribue aux efforts déployés par la communauté scientifique en général et les spécialistes de la télédétection en particulier pour aider à protéger l'utilisation du spectre radioélectrique pour les applications de télédétection.

Conférences mondiales des radiocommunications et télédétection

Les Conférences mondiales des radiocommunications ([CMR](#)) jouent aussi un rôle primordial en matière de télédétection.

Les premières attributions de bandes de fréquences au service d'exploration de la Terre par satellite ont eu lieu au cours de la [CAMR-79](#).

Lors de la [CMR-97](#), des améliorations ont été apportées concernant les attributions au service d'exploration de la Terre par satellite (active) pour ce qui est de la télédétection active de la Terre et concernant les attributions comprises entre 50 et 71 GHz pour pouvoir fournir des applications importantes de télédétection, et les bandes de fréquences pour la transmission de données en liaison descendante ont été mondialisées.

Pendant la [CMR-2000](#), de nouvelles améliorations ont été apportées concernant plusieurs bandes de fréquences pour la télédétection et les attributions comprises entre 71 et 275 GHz ont été réorganisées et mises à jour pour tenir compte de l'utilisation de certaines bandes de fréquences par des systèmes de télédétection.

Lors de la [CMR-07](#), la protection de certaines bandes utilisées pour la télédétection passive a été assurée, y compris la protection de bandes purement passives contre les émissions hors bande produites par des émetteurs adjacents de services actifs.

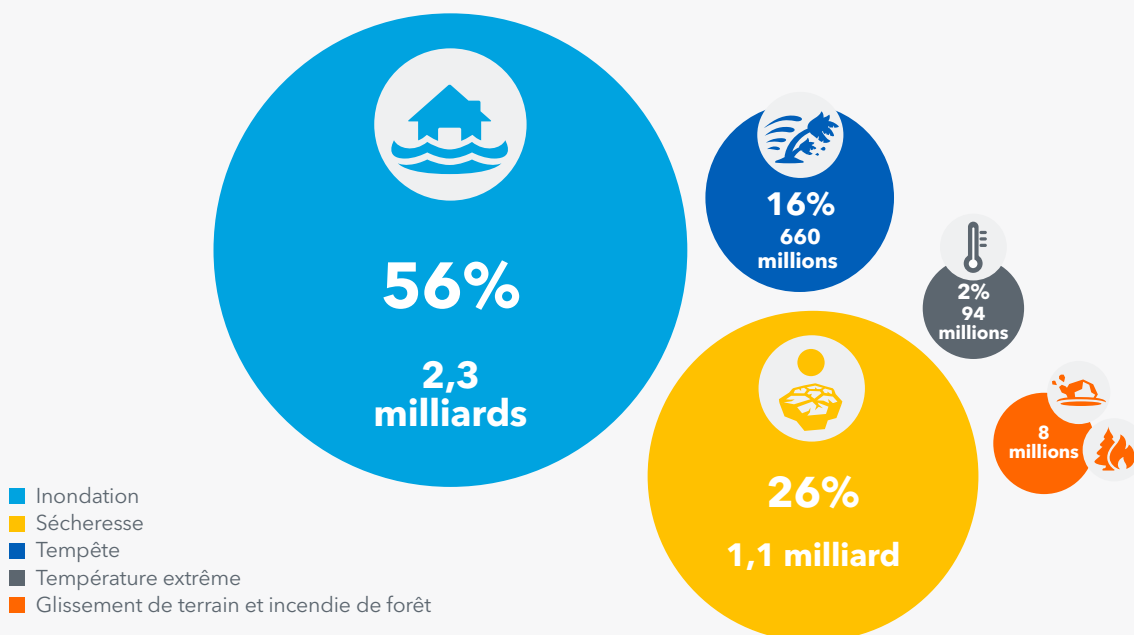
La [CMR-12](#) a formellement reconnu l'importance des applications de radiocommunication liées à l'observation de la Terre dans le [Règlement des radiocommunications](#). Toutes ces actions ont contribué à définir le cadre de l'utilisation actuelle des systèmes de télédétection avec les avantages économiques et sociétaux qui leur sont associés et à préfigurer l'utilisation de ces systèmes dans les décennies à venir.



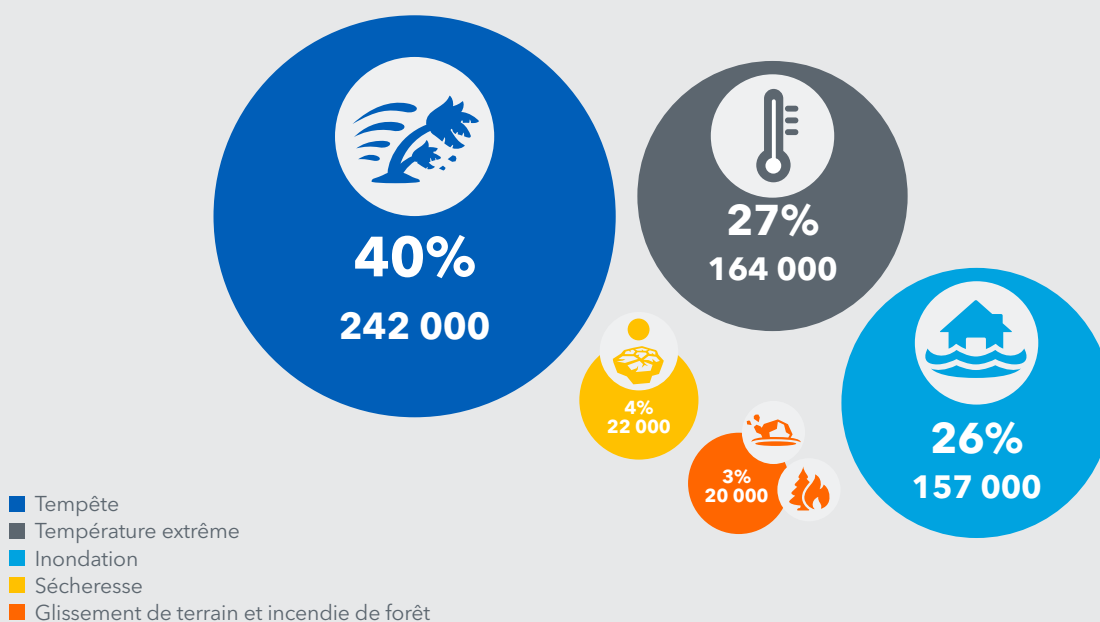
Le coût humain des catastrophes liées au climat 1995-2015

Nombre de personnes touchées selon le type de catastrophe (1995-2015)

(NB: les décès ne sont pas pris en compte dans le nombre total de personnes touchées)



Nombre de personnes tuées par type de catastrophe (1995-2015)



La composante spatiale du Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM

Petteri Taalas

Secrétaire général de l'Organisation
météorologique mondiale (OMM)



On sait depuis le début du XXe siècle que l'utilisation de satellites en orbite autour de la Terre pour l'observation de notre planète présente des avantages, dont on a enfin pu commencer à profiter lorsque Spoutnik, le premier satellite artificiel, a été lancé le 4 octobre 1957, marquant le début de l'ère spatiale.

En 1961, en réponse à une demande du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (COPUOS) qui venait d'être créé par l'Assemblée générale des Nations Unies, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a élaboré un rapport dans lequel elle faisait la proposition révolutionnaire de créer un programme mondial visant à faire progresser la recherche dans le domaine des sciences de l'atmosphère et à mettre au point des capacités améliorées de prévisions météorologiques en utilisant la technologie spatiale (voir [Histoire d'un succès: le Système mondial d'observation par satellite de l'OMM](#)).

*“La Veille
météorologique
mondiale est l'un des
meilleurs exemples
de programmes
permettant de faire
en sorte que tous les
pays profitent des
retombées positives
des activités spatiales.”*

Petteri Taalas

«Veille météorologique mondiale» – Protéger les personnes et les biens

Baptisé «Veille météorologique mondiale», ce programme associait des systèmes d'observation, des installations de télécommunication, ainsi que des centres de traitement des données et de prévision exploités par les Membres de l'OMM, pour communiquer les informations météorologiques et environnementales connexes nécessaires pour fournir des services efficaces et protéger les personnes et les biens dans tous les pays.

La composante regroupant les systèmes d'observation de la Veille météorologique mondiale, le Système mondial d'observation (SMO), s'est développée pour devenir un système bien planifié de satellites météorologiques et environnementaux, intégré à des réseaux d'observations in situ et appuyant un large éventail de programmes d'application de l'OMM. Il est composé de nombreux satellites situés en orbite géostationnaire, en orbite terrestre basse ainsi qu'à divers autres positions dans le système solaire.

Les données transmises par ces satellites offrent des informations essentielles pour un large éventail de programmes d'application. Par exemple, elles ont permis d'améliorer l'exactitude des prévisions météorologiques grâce à la prévision numérique du temps et d'émettre de plus en plus tôt et de manière de plus en plus fiable des avis de phénomènes météorologiques extrêmes. Les produits et services utilisant les données spatiales contribuent à la mise en œuvre des programmes mondiaux en faveur du développement, au nombre desquels le [Programme de développement durable à l'horizon 2030](#), le [Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe](#) et l'[Accord de Paris](#) pour lutter contre les changements climatiques.

La Veille météorologique mondiale est l'un des meilleurs exemples de programmes permettant de faire en sorte que tous les pays profitent des retombées positives des activités spatiales. Les données et informations obtenues grâce au programme sont mises à la disposition de tous les pays, quel que soit leur niveau de développement social et économique. La Veille météorologique mondiale prévoit également la fourniture d'équipement de réception et d'analyse ainsi que des activités de renforcement des capacités, sous la forme de formations, de programmes de bourse et d'autres mesures d'appui.



Un nouveau cadre d'observation de la variabilité du climat à l'échelle mondiale

Compte tenu des missions de plus en plus nombreuses confiées aux Services météorologiques et hydrologiques nationaux, des avancées techniques et scientifiques et des réalités économiques, le Système mondial d'observation est devenu un élément central d'un cadre permettant d'intégrer le système mondial d'observation existante au Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM (WIGOS). Dans ce nouveau cadre, le SMO sera regroupé avec les éléments du système d'observation se rapportant à des domaines d'application, qui avaient été mis au point auparavant de manière indépendante. Alors que nous assistons à un tournant en matière de climat sur Terre, sous l'effet des activités humaines ainsi que de processus naturels, il importe au plus haut point de disposer d'un système d'observation capable de détecter et d'étayer avec des éléments la variabilité et les changements climatiques au niveau mondial sur de longues périodes.

Les chercheurs, les décideurs et le grand public ont besoin d'observations climatiques de grande qualité afin d'évaluer l'état actuel des océans, de la cryosphère, de l'atmosphère et des terres et de les mettre en perspective avec la situation dans le passé. L'OMM et le Système mondial d'observation du climat (SMOC), avec le Groupe de coordination pour les satellites météorologiques (CGMS) et le Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CEOS), continuent de collaborer activement afin de veiller à ce que la composante spatiale du système de surveillance du climat soit efficace et optimisée.

“Il importe au plus haut point de disposer d'un système d'observation capable de détecter et d'étayer avec des éléments la variabilité et les changements climatiques au niveau mondial sur de longues périodes.”

Petteri Taalas

Le système WIGOS offre un cadre d'intégration couvrant différents domaines nationaux, organisationnels et technologiques, mais aussi différents niveaux de performance, en faisant appel à des réseaux de référence et des réseaux types, ainsi qu'à des données collaboratives. Dans le cadre d'un processus appelé étude continue des besoins, les capacités d'observation sont évaluées régulièrement afin de veiller à ce que les systèmes d'observation mis en œuvre par les membres de l'OMM répondent aux besoins des utilisateurs. Le CGMS et le CEOS donnent suite aux recommandations de l'OMM afin de combler les lacunes du système d'observation spatial. Le système WIGOS sera opérationnel à compter de 2020.

La majeure partie des données est généralement échangée gratuitement entre membres de l'OMM et diffusée via différents canaux de communication, qui sont coordonnés dans le cadre du Système d'information de l'OMM (SIO).

Créé en 2003, le Programme spatial de l'OMM coordonne et appuie le développement de la composante spatiale du système WIGOS, compte tenu du rôle de plus en plus important que les satellites jouent dans les programmes d'application de l'OMM.

La Vision pour le système WIGOS à l'horizon 2040 décrit l'évolution qui devra être celle du système d'observation spatial au cours des vingt prochaines années pour pouvoir répondre aux besoins de plus en plus nombreux des utilisateurs.

L'apparition de nouveaux types de capteurs, le nombre croissant de satellites, notamment ceux déployés dans les constellations et dans les formations, ainsi que les nouveaux champs d'application et l'augmentation des besoins de largeur de bande pour transmettre les données sont au nombre des facteurs entraînant une hausse de la demande concernant l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques pour la détection spatiale.

L'importance des systèmes spatiaux pour produire des avantages directs pour les habitants du monde entier et fournir des données et des informations à l'appui de l'adoption de stratégies et de décisions dans l'intérêt du développement durable met en avant le rôle vital de l'UIT en ce qui concerne la gestion mondiale du spectre des fréquences radioélectriques et des orbites de satellites.

Une coopération étroite entre l'OMM et l'UIT reste par conséquent absolument essentielle pour garantir la disponibilité et l'intégrité du système WIGOS et veiller à ce que les observations de notre planète à l'échelle mondiale continuent de contribuer à son développement durable.



Karolin Eichler/Deutscher Wetterdienst/WMO

Veille météorologique mondiale (VMM)

Pour établir des prévisions sur le temps, la météorologie moderne s'appuie sur l'échange quasi-instantané d'informations météorologiques à l'échelle de la planète. Créée en 1963, la Veille météorologique mondiale – qui est l'élément central des programmes de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) – associe des systèmes d'observation, des installations de télécommunication, ainsi que des centres de traitement des données et de prévision exploités par les Membres de l'OMM, pour communiquer les informations météorologiques et environnementales connexes nécessaires pour fournir des services efficaces dans tous les pays.

Pour en savoir plus, cliquez [ici](#).

Importance du spectre des fréquences radioélectriques pour l'observation de la Terre

Eric Allaix

Président du [Groupe directeur pour la coordination des fréquences radioélectriques](#)



Le spectre des fréquences radioélectriques – ressource aussi essentielle que limitée – est à la base de toutes les activités liées à l'observation de la Terre, qu'il s'agisse de la collecte ou de la mesure des données d'observation, des analyses, des prévisions et des messages d'alerte. Ces ressources sont en effet vitales pour assurer la protection des personnes et des biens, et pour suivre et prévoir les changements climatiques et environnementaux.

Les principaux systèmes exploités pour l'observation de la Terre sont les radars météorologiques (mesure des précipitations et mesures effectuées par les radars profileurs de vent), les auxiliaires de la météorologie (radiosondes, catasondes et fusées-sondes) et les satellites.

Capteurs actifs et passifs

En ce qui concerne les satellites, on utilise en principe deux catégories de dispositifs de télédétection spatiale: les capteurs actifs et les capteurs passifs. Le capteur actif émet et reçoit à bord, illumine la cible et mesure les rayonnements réfléchis par cette dernière. L'émission d'un signal de grande puissance et la détection d'un signal de très faible intensité s'effectuent donc souvent dans le même satellite. Le capteur passif est un récepteur qui cible des rayonnements d'origine naturelle de très faible intensité provenant du système Terreatmosphère.

“ Il est indispensable que les systèmes spatiaux de surveillance de l'environnement assurent une couverture répétitive fiable à l'échelle mondiale. ”

Eric Allaix

Les capteurs passifs et actifs utilisent de nombreuses techniques d'observation qui couvrent une gamme étendue de longueurs d'onde du spectre électromagnétique, allant des rayons gamma aux ondes radioélectriques. Les bandes de fréquences nécessaires aux observations de la Terre sont déterminées par les lois fondamentales de la physique et du rayonnement. Ainsi, seules certaines parties du spectre des hyperfréquences peuvent être utilisées pour les observations de la Terre, étant donné qu'elles contiennent les bandes d'absorption de l'oxygène, de la vapeur d'eau ou d'autres constituants de l'atmosphère. Les rayonnements reçus par le satellite sont intégrés dans des analyses et des modèles de prévision numériques du temps pour obtenir des mesures telles que la température, l'humidité ou la teneur en eau liquide.

Les hyperfréquences sont capables de pénétrer et de traverser les nuages

Les hyperfréquences, à la différence de l'infrarouge, ont ceci de particulier qu'elles permettent de récupérer des informations à travers et par-delà les nuages. Cette possibilité présente un intérêt considérable pour l'observation de la Terre, étant donné qu'en général, les nuages recouvrent environ les deux tiers de la surface du globe. Outre cette possibilité d'observation de la Terre par tous les temps, les mesures par capteur passif à hyperfréquences peuvent aussi être effectuées à toute heure de la journée ou de la nuit, car elles ne mesurent pas la lumière réfléchie par le soleil ou la lune. Les niveaux de rayonnement des signaux hyperfréquences naturels sont plus faibles que ceux de l'infrarouge, ce qui signifie qu'il est beaucoup plus difficile sur le plan technique d'effectuer ces mesures depuis l'espace, de sorte que même si les satellites géostationnaires assurent une couverture plus étendue du fait qu'ils sont plus éloignés de la Terre, les satellites sur orbite terrestre plus basse sont eux aussi essentiels.

“Les observations de la Terre à l'échelle mondiale ne peuvent continuer de se développer que si les bandes de fréquences appropriées sont utilisées.”

Eric Allaix

Il convient également de noter que la technique de mesure de certaines caractéristiques de l'atmosphère et de la surface de la Terre nécessite l'utilisation d'une série de mesures effectuées par divers capteurs à différentes fréquences. De ce fait, tout brouillage subi par un capteur peut fausser les mesures effectuées par les autres capteurs

Les ensembles de données recueillies par les systèmes spatiaux d'observation de la Terre utilisant le spectre des fréquences radioélectriques jouent un rôle de plus en plus essentiel dans les activités d'exploitation et de recherche liées à l'environnement, en particulier pour atténuer les effets des catastrophes liées au temps et au climat et pour la compréhension scientifique ainsi que pour la surveillance et la prévision des changements climatiques et de leurs effets sur notre planète.

Garantir l'observation de la Terre à l'échelle mondiale

Il est indispensable que les systèmes spatiaux de surveillance de l'environnement assurent une couverture répétitive fiable à l'échelle mondiale. En outre, il importe au plus haut point de gérer avec efficacité et en toute connaissance de cause les bandes de fréquences attribuées aux différents services scientifiques et météorologiques, de manière à garantir et améliorer la qualité et la précision des produits et applications météorologiques issus de ces observations.

La quasi-totalité des informations recueillies par les systèmes d'observation de la Terre (aujourd'hui, les trois quarts de ces données sont fournies au moyen de systèmes à satellites) sont diffusées partout dans le monde. Qu'elle soit ou non propriétaire de réseaux à satellite ou de stations de réception sur son territoire, chaque Administration (Etat Membre de l'UIT) a accès aux données qui lui sont nécessaires pour procéder aux prévisions météorologiques et aux mesures à la surface des océans (hauteur des vagues, température de surface de la mer, salinité, épaisseur des glaces de mer, etc.) et à la surface de la Terre (vapeur d'eau, vitesse du vent, intensité des précipitations, densité des arbres dans les forêts, etc.) et pour mener tous les travaux de recherche liés aux effets des changements climatiques.

Les observations de la Terre à l'échelle mondiale ne peuvent continuer de se développer que si les bandes de fréquences appropriées sont utilisées. Or, ces bandes se caractérisent par des propriétés physiques précises et uniques, qui ne peuvent être ni modifiées, ni reproduites dans d'autres bandes de fréquences.

Le spectre des fréquences radioélectriques est de plus en plus sollicité, non seulement en raison de la nécessité de répondre à des besoins nouveaux et toujours plus nombreux, mais aussi sous l'effet de la forte densification des usages et de la sensibilité élevée des capteurs passifs, qui ne peuvent faire la différence entre le signal utile et un signal brouilleur reçu.

C'est la raison pour laquelle l'Organisation météorologique mondiale et l'Union internationale des télécommunications ont reconduit leur accord de coopération relatif à la protection et à l'utilisation optimale des fréquences qui sont d'une importance cruciale pour l'observation de la Terre et de l'atmosphère terrestre, notamment dans le cadre des travaux préparatoires en vue de la Conférence mondiale des radiocommunications de 2019, qui examinera des points de l'ordre du jour présentant un intérêt majeur pour les milieux scientifiques et les météorologues.



Manuel intitulé «Utilisation du spectre radio-électrique pour la météorologie: surveillance et prévisions concernant le climat, le temps et l'eau».



Cliquer ici pour [en savoir plus](#).

Grâce à cette étroite collaboration, il a également été possible de mettre à jour le Manuel intitulé «Utilisation du spectre radioélectrique pour la météorologie: surveillance et prévisions concernant le climat, le temps et l'eau».

Ce Manuel, qui existe dans les six langues officielles de l'ONU, donne des informations techniques complètes sur l'utilisation des fréquences radioélectriques par les systèmes météorologiques.



Altimétrie spatiale

Jean Pla

Vice-Président de la [Commission d'études 7](#)
du [Secteur des radiocommunications de l'UIT](#)

L'altimétrie spatiale est une technique permettant de mesurer l'altitude de la surface située sous le satellite. Un radar mesure le temps mis par une impulsion pour aller de l'antenne du satellite à la surface et revenir au récepteur du satellite.

Les signaux reçus permettent d'obtenir un large éventail d'informations telles que des mesures précises de la topographie des océans afin d'extraire l'altitude précise de la surface des océans de la Terre ou d'avoir une meilleure connaissance de la circulation des courants océaniques.

Toutes ces opérations sont rendues possibles par l'utilisation d'un instrument à bord du satellite appelé «capteur actif», capable d'assurer une couverture continue (jour et nuit) dans toutes les conditions météorologiques, indépendamment de la couverture nuageuse.

Les satellites en orbite autour de la Terre offrent un excellent point de vue pour détecter la surface de la Terre (terres et océans), les composantes de l'atmosphère terrestre, ainsi que les régions polaires.

Les satellites géostationnaires permettent de surveiller en continu une grande zone, tandis que les satellites en orbite polaire basse couvrent toute la Terre à intervalles réguliers.



“Les mesures du niveau moyen des mers donnent des indices précieux sur le réchauffement de la planète.”

Jean Pla

Les satellites altimétriques permettent d'établir des cartes topographiques des océans et, ainsi, de connaître précisément le niveau moyen des océans, de mieux visualiser les glaces et d'obtenir le niveau exact des terres sur la Terre et d'autres planètes.

Les mesures du niveau moyen des mers donnent des indices précieux sur le réchauffement de la planète.

Le Tableau 1 présente les principales missions d'altimétrie passées et actuelles.

Tableau 1: Principales caractéristiques des missions d'altimétrie spatiale passées et actuelles

Mission	Date de lancement	Fréquence centrale	Orbite
GEOSAT	1985, fin des opérations en 1986	13,5 GHz	Orbite polaire héliosynchrone, inclinaison de 108,1°, altitude comprise entre 757 et 814 km
ERS-1 et 2	1991, 1995, fin des opérations respectivement en 2000, 2011	13,8 GHz	Orbite polaire héliosynchrone, inclinaison de 98,5°, altitude de 780 km
TOPEX-POSEIDON	1992, fin des opérations en 2005	13,575 et 5,3 GHz	Orbite circulaire non héliosynchrone, inclinaison de 66,039°, altitude de 1 336 km, période de répétition de 10 jours
JASON-1	2001, fin des opérations en 2013	13,575 et 5,3 GHz	Orbite circulaire non héliosynchrone, inclinaison de 66°, altitude de 1 324 km, période de répétition de 10 jours
JASON-2	2008	13,575 et 5,3 GHz	Orbite circulaire non héliosynchrone, inclinaison de 66°, altitude de 1 336 km, période de répétition de 9,9 jours
CRYOSAT-2	2010	13,575 GHz	Orbite circulaire non héliosynchrone, inclinaison de 92°, altitude de 717 km
HY-2A	2011	13,575 et 5,3 GHz	Orbite circulaire héliosynchrone, inclinaison de 99,3°, altitude de 971 km, période de répétition de 14 jours
SARAL	2013	35,75 GHz	Orbite circulaire héliosynchrone, inclinaison de 98,5°, altitude de 800 km, période de répétition de 35 jours
JASON-3	2016	13,575 et 5,3 GHz	Orbite circulaire non héliosynchrone, inclinaison de 66°, altitude de 1 336 km, période de répétition de 9,9 jours
SENTINEL-3A	2016	13,575 et 5,3 GHz	Orbite circulaire héliosynchrone, inclinaison de 98,6°, altitude de 815 km, période de répétition de 27 jours
SENTINEL-3B	2018	13,575 et 5,3 GHz	Orbite circulaire héliosynchrone, inclinaison de 98,6°, altitude de 815 km, période de répétition de 27 jours

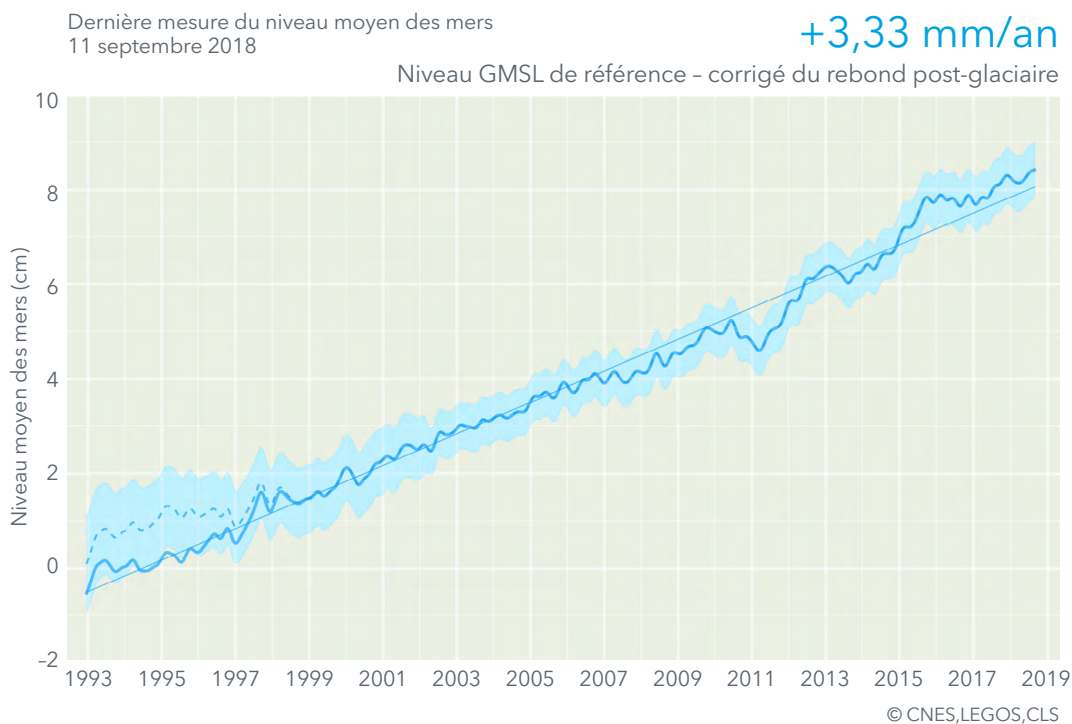
L'altimètre est un radar fonctionnant à incidence verticale ([Principe de l'altimétrie](#)), et le signal d'écho reçu par le satellite est très semblable au cas d'une réflexion sur une surface lisse (réflexion spéculaire).

Il est nécessaire de connaître la position exacte du satellite, déduite de la connaissance de l'orbite précise. Les océanographes ont besoin de la hauteur relative de la surface de la mer par rapport à un géoïde.

L'altimètre radar fournira des mesures précises de la distance entre le satellite et la surface de la Terre ainsi que de la puissance et de la forme des échos renvoyés par la surface des océans, des glaces et des terres.

Le niveau moyen des mers à l'échelle mondiale (GMSL) est l'un des indicateurs les plus importants du changement climatique. Etabli à partir des données des missions TOPEX/Poseidon, Jason-1, Jason-2 et Jason-3 effectuées entre janvier 1993 et aujourd'hui, il augmente, selon les estimations, de 3,3 mm/an (voir la Figure 1).

Figure 1: Hausse du niveau moyen des mers



La prévision d'El Niño désormais possible

El Niño est un exemple particulièrement intéressant pour l'Amérique du Sud. Une meilleure connaissance de la circulation océanique nous permet de mieux comprendre et prévoir le climat, en particulier les catastrophes naturelles (sécheresses, inondations et cyclones) comme El Niño (une masse d'eau exceptionnellement chaude au large de la côte ouest de l'Amérique du Sud, associée à des interactions complexes et à grande échelle entre l'atmosphère et l'océan Pacifique).

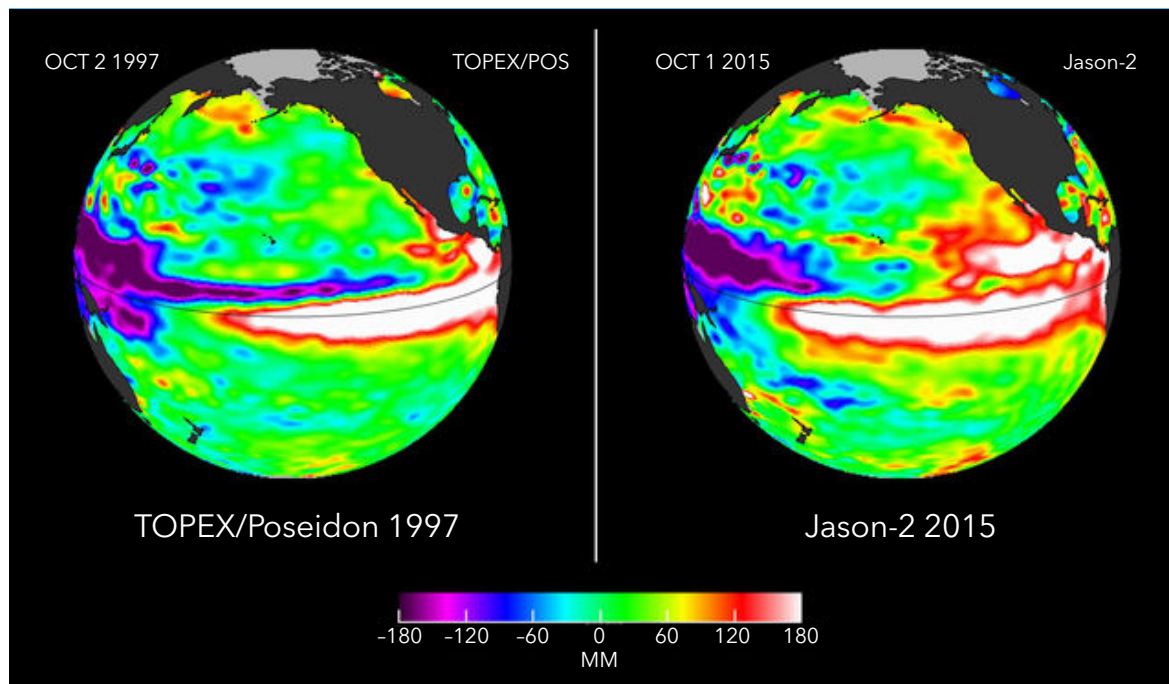
La Figure 2 montre qu'il est désormais possible de prédire El Niño à partir de données océanographiques obtenues par satellite: on peut voir l'arrivée anormale d'une masse d'eau chaude sur les côtes du Pérou en 1997 et en 2015.

“ Il est désormais possible de prédire El Niño à partir de données océanographiques obtenues par satellite. ”

Jean Pla

L'élévation excessive du niveau de la mer causée par le phénomène El Niño dépasse largement la hausse moyenne du niveau des mers. En 1997, on a relevé une élévation locale d'environ 20 cm du niveau de la mer dans le Pacifique équatorial lorsque le phénomène était à son apogée (et jusqu'à 30 cm au large des côtes du Pérou).

Figure 2: Événements El Niño en 1997 et en 2015





Le 26 décembre 2004, la ville de Banda Aceh, en Indonésie, a été détruite par un séisme et un tsunami dans l’océan Indien.

Tableau 2: Futures missions d’altimétrie spatiale		
Nom de la mission	Objectif	Orbite
CFOSAT	Direction, amplitude et longueur d’onde des ondes de surface et mesure de la vitesse des vents	Héliosynchrone, altitude de 520 km, inclinaison de 97,4°
JASON-CS (Sentinel 6)	Topographie précise de la surface des océans, dans la continuité de la mission avec Jason-3	Non héliosynchrone, altitude de 1 336 km, inclinaison de 66°
SWOT	Hydrologie terrestre et océanographie	Non héliosynchrone, altitude de 890,6 km, inclinaison de 77,6°

Cela étant, les effets météorologiques du phénomène El Niño de 1997-1998 se sont fait sentir dans le monde entier, et toutes ces anomalies ont évidemment eu un effet sur le niveau moyen des mers à l’échelle mondiale: en 1997, la hausse à l’échelle mondiale a été de 15 mm.

Altimétrie et détection de tsunami inattendue

Une application inattendue de l’altimétrie est la détection des tsunamis.

C’est par pure coïncidence qu’au petit matin du 26 décembre 2004, quelques heures après le violent séisme dans l’océan Indien, deux satellites mixtes de la NASA et du CNES (Topex et Jason-1), le satellite ENVISAT de l’Agence spatiale européenne et le satellite GFO de la NOAA ont détecté, par hasard, le tsunami dans le Golfe du Bengale.

Les agences spatiales préparent actuellement de futures missions d’altimétrie spatiale (voir le Tableau 2).

Détection atmosphérique et bandes passives retenues

Richard Kelley

National Oceanic and Atmospheric
Administration (NOAA), Département
du Commerce des Etats-Unis



Informations générales sur les bandes de fréquences pour la télédétection passive à hyperfréquences

Les organismes de réglementation internationaux et nationaux ont réservé certaines portions du spectre des hyperfréquences pour la réalisation d'observations passives. La télédétection passive dans des bandes d'hyperfréquences est la principale technique utilisée pour améliorer la précision des prévisions numériques du temps (PNT). Ce type de détection joue aussi un rôle important pour déterminer l'état de la neige, de la glace et de la surface terrestre.

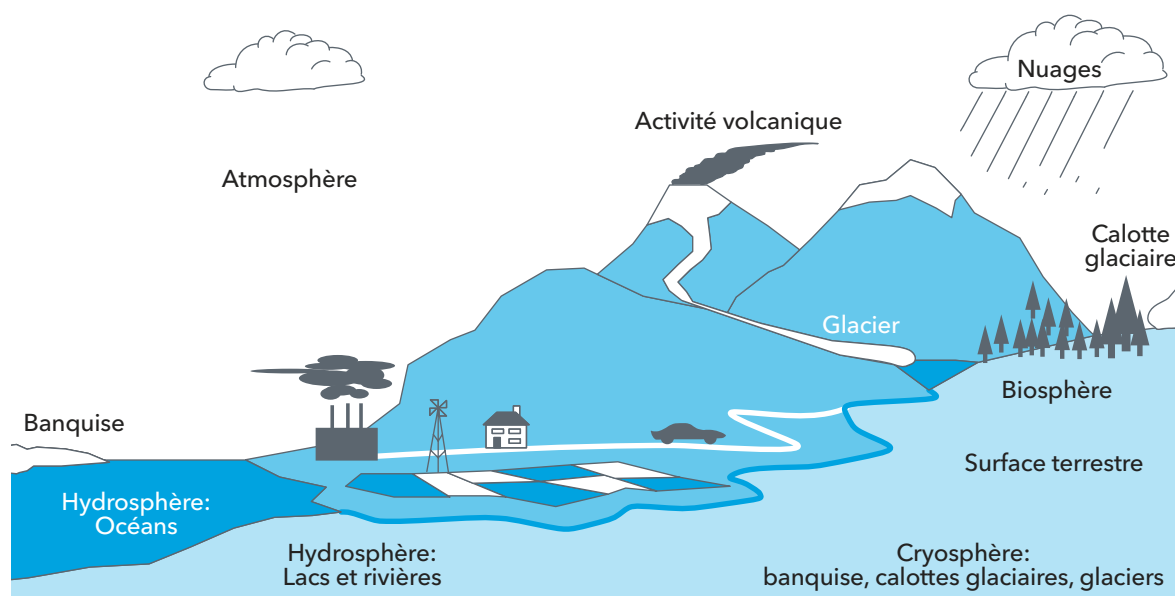
Des capteurs situés à bord de satellites balaient la Terre en partant de la surface et en remontant la colonne d'air jusqu'à l'espace. Ces capteurs balaient tous les composants du système Terre indiqués dans la Figure 1.

Les pays tirent parti de la technologie de télédétection passive à hyperfréquences par satellite, indépendamment du fait qu'ils possèdent, exploitent ou lancent des satellites.

“ Les organismes
de réglementation
internationaux
et nationaux ont
réservé certaines
portions du spectre
des hyperfréquences
pour la réalisation
d'observations
passives. ”

Richard Kelley

Figure 1: Composants du système Terre observés par les capteurs passifs



Source: Adapté de «*Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis – The Climate System*» (*Bilan 2001 des changements climatiques: Groupe de travail I: Les éléments scientifiques – Le système climatique*) – Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

Le Projet de démonstration concernant la prévision des conditions météorologiques extrêmes de l'Organisation météorologique mondiale améliore la capacité des Services météorologiques et hydrologiques nationaux à fournir des prévisions et alertes de meilleure qualité en cas de conditions météorologiques extrêmes, afin de sauver des vies, de préserver les moyens de subsistance ainsi que de protéger les biens matériels et les infrastructures dans les pays les moins avancés (PMA) et les petits Etats insulaires en développement (PEID), au moyen des produits des systèmes passifs à hyperfréquences.

Grâce aux contributions des centres météorologiques mondiaux et régionaux ainsi qu'au soutien de donateurs et de partenaires, plus de 75 pays en développement tirent parti de ce projet. Ils sont notamment situés en Afrique australe, dans le Pacifique Sud, en Afrique de l'Est, en Asie du Sud-Est, dans le golfe du Bengale (Asie du Sud), en Asie centrale, en Afrique de l'Ouest et dans les Caraïbes orientales.

Outre les prévisions météorologiques, les autres informations fournies par les systèmes passifs à hyperfréquences sont essentielles pour le monde entier. La plupart de ces données sont indispensables aux études à long terme sur le climat de la Terre. Le Tableau 1 indique quelques exemples d'informations importantes fournies par les systèmes passifs à hyperfréquences.

Les capteurs passifs recueillent de manière continue l'énergie en provenance de la Terre dans des bandes de fréquences particulières et transmettent les données aux stations au sol. Ces données sont essentielles pour les administrations, car elles leur fournissent des informations précieuses, nécessaires pour assurer la protection des biens et des personnes.

Tableau 1: Exemples d'informations obtenues par télédétection

1)	Détermination de l'humidité du sol au moyen de capteurs actifs et passifs depuis l'espace.
2)	Détection des marées noires pour préserver la vie marine et l'environnement.
3)	Identification des peuplements forestiers et calcul de leur étendue en vue d'estimer les ressources forestières.
4)	Mesure de la vitesse et de la direction du vent pour les parcs éoliens, les prévisions météorologiques et les surfeurs.
5)	Prévisions météorologiques pour donner l'alerte en cas de catastrophes naturelles.
6)	Détection des types de couvert végétal et d'occupation du sol pour prendre des décisions.
7)	Observation des flux des courants océaniques et de la circulation océanique.
8)	Etude de la fonte des glaciers et de ses effets sur le niveau des mers.
9)	Suivi des risques pour améliorer la réaction et le rétablissement. L'intégration de données d'observation de la Terre et de systèmes d'informations géographiques (SIG) à l'analyse des situations de risque est devenue l'un des outils principaux utilisés pour la gestion des risques.
10)	Prévention de la dégradation et de la destruction des écosystèmes de zones humides.
11)	Comparaison des facteurs climatiques passés et présents.
12)	Lancement de signaux d'alerte avancés en cas de famine à grande échelle.

Source: *Projet de démonstration concernant la prévision des conditions météorologiques extrêmes de l'OMM*

Les capteurs passifs ne peuvent pas utiliser d'autres fréquences

Les bandes passives sont déterminées sur la base des propriétés fondamentales de la Terre et de son atmosphère. Nulle avancée technologique et nulle source de financement ne pourront changer ces propriétés.

Les capteurs passifs peuvent déterminer la variation verticale et la distribution horizontale de la température et de l'humidité dans l'atmosphère, qui constituent deux variables atmosphériques essentielles. De nombreux autres paramètres physiques, tels que ceux relatifs à la glace, à l'eau liquide et à l'état de la mer, permettent de déterminer l'état de la planète. Le Tableau 2 indique les liens entre les bandes de fréquences et ces paramètres.

Bandes de fréquences utilisées par les capteurs passifs

En général, l'atmosphère présente une opacité faible pour les basses fréquences et plus grande pour les fréquences supérieures, principalement en raison de l'absorption relative à la vapeur d'eau et de l'absorption et de la diffusion accrues dues aux nuages et aux précipitations. En outre, dans certaines bandes, l'absorption relative à certains gaz présents dans l'atmosphère est largement plus importante; c'est par exemple le cas pour l'oxygène à une fréquence proche de 60 GHz et pour la vapeur d'eau aux environs de 183 GHz. Ces fréquences caractéristiques découlent des modes de rotation de ces molécules et sont déterminées par la physique moléculaire. Ces bandes de fréquences passives sont une ressource naturelle protégée.

Tableau 2: Bandes passives sélectionnées pour observer les composants du système Terre au-dessous de 275 GHz

Bande de fréquences (GHz)	Paramètre physique
1,37-1,427	Humidité du sol, salinité de l'océan, température de la surface de la mer, indice de végétation
2,64-2,7	Salinité de l'océan, humidité du sol, indice de végétation
4,2-4,4	Température de la surface de la mer
6,425-7,25	Température de la surface de la mer
10,6-10,7	Taux de pluie, teneur en eau de fonte des neiges, morphologie glaciaire, état de la mer, vitesse du vent océanique
15,2-15,4	Vapeur d'eau, taux de pluie
18,6-18,8	Taux de pluie, état de la mer, glace sur la mer, vapeur d'eau, vitesse du vent océanique, pouvoir émissif et humidité du sol
21,2-21,4	Vapeur d'eau, eau à l'état liquide
22,21-22,5	Vapeur d'eau, eau à l'état liquide
23,6-24	Vapeur d'eau, eau à l'état liquide, canal associé pour le sondage atmosphérique
31,3-31,8	Glace sur la mer, vapeur d'eau, marées noires, nuages, eau à l'état liquide, température de surface, fenêtre de référence pour la gamme 50-60 GHz
36-37	Taux de pluie, neige, glace sur la mer, nuages
50,2-50,4	Fenêtre de référence pour le profil de température atmosphérique (température de surface)
52,6-59,3	Profil de température atmosphérique (raies d'absorption O ₂)
86-92	Nuages, marées noires, glace, neige, pluie, fenêtre de référence pour sondages de température au voisinage de 118 GHz
100-102	N ₂ O, NO
109.5-111.8	O ₃
114.25-116	CO
115.25-122.25	Profil de température atmosphérique (raie d'absorption O ₂)
148.5-151.5	N ₂ O, température de surface de la Terre, paramètres des nuages, fenêtre de référence pour sondages de température
155.5-158.5	Paramètres de la Terre et des nuages
164-167	N ₂ O, teneur en eau et glace des nuages, pluie, CO, ClO
174.8-191.8	N ₂ O, profil de vapeur d'eau, O ₃
200-209	N ₂ O, ClO, vapeur d'eau, O ₃
226-231.5	Nuages, humidité, N ₂ O (226.09 GHz), CO (230.54 GHz), O ₃ (231.28 GHz), fenêtre de référence
235-238	O ₃
250-252	N ₂ O

Source: [Recommandation UIT-R RS.515](#) «Bandes de fréquences et largeurs de bande utilisées pour la télédétection passive par satellite».

Au-dessous de 10 GHz, l'atmosphère est quasi transparente, même en présence de nuages. Cela permet aux capteurs fonctionnant à des fréquences inférieures à 10 GHz de détecter directement la surface de la planète.

A 10 GHz, les nuages et la vapeur d'eau demeurent en grande partie transparents, mais les fortes pluies sont la source d'un affaiblissement, qui fournit des informations uniques sur les précipitations (les autres techniques sont indirectes).

A 18 GHz, les propriétés diélectriques de l'eau de mer sont telles que l'énergie reçue par les capteurs passifs est presque indépendante de la température de la surface de la mer. Toutefois, les ondulations et les vagues causées par le vent modifient le pouvoir émissif de l'eau, ce qui permet de déduire des informations sur le vent.

Entre 22 et 24 GHz, se trouve une raie d'absorption de l'eau peu intense. En la mesurant, il est possible de déterminer la colonne de vapeur d'eau totale. La bande des 24 GHz est très sensible quant à la colonne de vapeur d'eau totale, mais peu quant à l'eau liquide présente dans les nuages.

A 31 GHz, l'affaiblissement dû à l'eau liquide permet de déterminer la teneur en eau liquide des nuages.

La bande des 24 GHz est considérée comme le canal pour la vapeur d'eau et celle des 31 GHz comme le canal pour les nuages, mais, en réalité, l'absence des données pour l'un de ces canaux diminue l'intérêt que présentent ces deux canaux.

L'oxygène absorbe de l'énergie entre 50 et 60 GHz dans plusieurs bandes étroites (raies) distinctes. Les capteurs passifs fonctionnant dans ces bandes fournissent des informations sur le profil vertical de température, indiquant les variations de la température suivant différentes altitudes (profil vertical de température).

“Ces données sont utilisées pour la création de produits de portée mondiale, tels que des alertes environnementales et des notes de veille environnementale, la couverture de catastrophes naturelles ainsi que des études à long terme sur le climat de la Terre.”

Richard Kelley

Un grand nombre de canaux sont nécessaires autour de ces raies d'absorption spectrales de l'oxygène pour obtenir des informations sur le profil vertical.

Au-dessus de 60 GHz, on trouve la raie spectrale de la vapeur d'eau la plus importante, elle se situe à 183 GHz. On utilise des échantillons répartis progressivement autour de la fréquence centrale de cette raie afin de recueillir des informations sur le profil. Les effets des nuages sont plus importants à 183 GHz qu'à 50 GHz, si bien que des canaux supplémentaires sont nécessaires pour obtenir des informations sur les nuages, en particulier à 89 GHz, 150 GHz et 229 GHz.

De plus, une raie d'absorption de l'oxygène importante se situe à 118 GHz. La courte longueur d'onde de cette fréquence permet aux capteurs ayant un champ de vision étroit de détecter des caractéristiques à petite échelle de phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les ouragans ou les typhons.

Avantages à l'échelle mondiale des satellites d'observation de l'environnement

Plus de 100 organisations nationales, multinationales et internationales parrainent des satellites d'observation de l'environnement, qui fournissent des données provenant des capteurs passifs situés à leur bord à beaucoup d'autres entités. Ces données sont utilisées pour la création de produits de portée mondiale, tels que des alertes environnementales et des notes de veille environnementale, la couverture de catastrophes naturelles ainsi que des études à long terme sur le climat de la Terre.

Les acteurs mondiaux dans le domaine de la météorologie constituent le plus grand utilisateur des données provenant des capteurs passifs à hyperfréquences. Les modèles météorologiques numériques utilisent ces données ainsi que celles provenant d'autres sources pour créer des produits de prévision numérique du temps. Etant donné que les conditions atmosphériques changent seconde après seconde, les données périssables provenant des capteurs passifs sont rapidement téléchargées et transmises aux centres de prévision numérique du temps où elles sont traitées par les modèles.

Ces prévisions numériques couvrent des zones géographiques de différentes tailles, pouvant aller de l'ensemble du globe à des zones de faible étendue. Les prévisions numériques du temps sont transmises aux pays qui n'ont pas encore la possibilité de les réaliser.

Résumé

A l'échelle mondiale, des administrations ont lourdement investi dans les opérations relatives aux satellites d'observation de l'environnement ainsi que dans les infrastructures associées dont elles dépendent. L'utilisation des fréquences particulières dont il est question plus haut par les capteurs passifs est essentielle pour comprendre la Terre et son atmosphère et permet de prendre des décisions essentielles en fonction des propriétés observées.

Les mesures physiques relatives à l'environnement de la planète ne peuvent être réalisées qu'en utilisant l'ensemble actuel des bandes de fréquences passives.



Surveillance du temps et du climat depuis l'espace: des activités indispensables pour la société mondiale dans laquelle nous vivons

Markus Dreis

Responsable de la gestion des fréquences, [EUMETSAT](#)



Notre société est devenue de plus en plus sensible aux conditions météorologiques et se montre de moins en moins disposée à accepter que les observations, les prévisions et les avis météorologiques soient inexacts. C'est pourquoi les gouvernements et les entreprises exigent que les prévisions et les avis météorologiques soient constamment améliorés, de façon à pouvoir gérer les risques croissants que présentent les phénomènes météorologiques extrêmes (inondations, épisodes de sécheresse, incendies de forêt, pollution, etc.) ainsi que les effets qui leur sont associés. Notre société veut aussi disposer d'informations météorologiques en temps réel de plus en plus fiables, pour des raisons tant économiques que de sécurité, voire à des fins d'utilisation privée. Dans ce contexte, les observations effectuées par [EUMETSAT](#) sont utilisées par les Services météorologiques et hydrologiques nationaux (NMHS) du monde entier et contribuent à répondre à ces besoins.

Les observations météorologiques favorisent également la croissance économique, dans la mesure où nos pays très développés sont très sensibles aux conditions météorologiques dans de nombreux domaines de la vie quotidienne, qu'il s'agisse des transports, de l'énergie, de l'agriculture, du tourisme, de l'alimentation ou de la construction. En conséquence, les avantages socio-économiques des prévisions et leur amélioration constante sont proportionnels au PIB d'un pays ou d'une région.

“ Notre société étant de plus en plus tributaire des conditions météorologiques, les données provenant de satellites météorologiques sont devenues vitales pour les services météorologiques nationaux chargés d'établir des prévisions méthodologiques toutes échéances confondues. ”

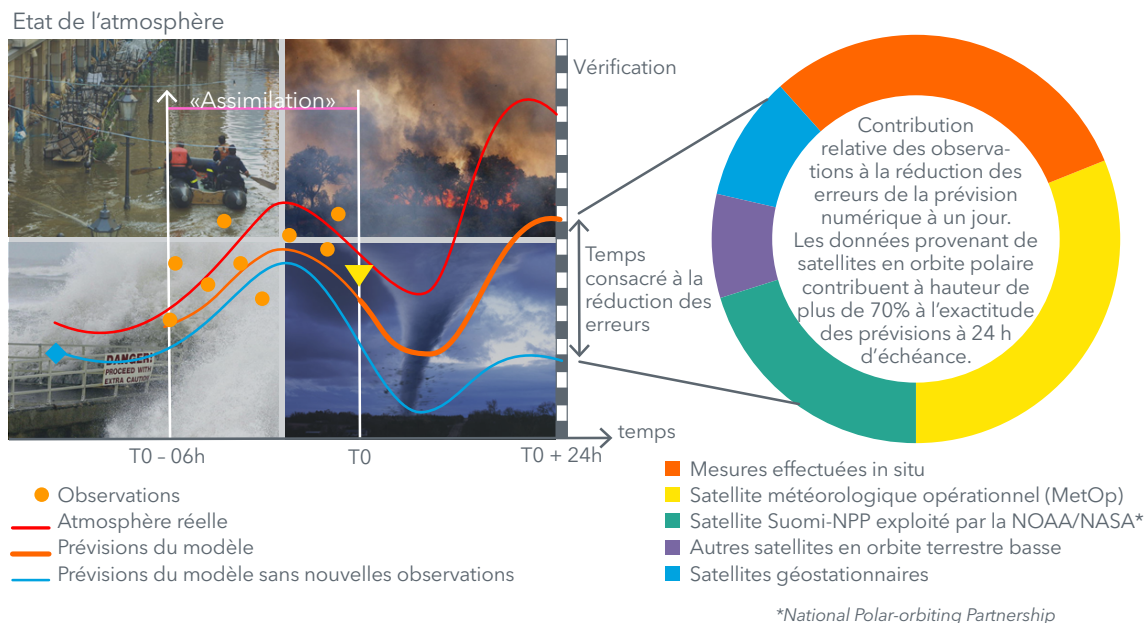
Markus Dreis

A l'heure actuelle, les prévisions météorologiques ont besoin des observations depuis l'espace

D'un point de vue historique, les observations par satellite des conditions météorologiques et climatiques sont encore très récentes et n'influaient guère, il y a encore 20 ans, sur les systèmes de prévision numérique du temps (NWP).

A cette époque, la plupart des données provenait de mesures effectuées in situ, mais la situation a beaucoup évolué ces 20 dernières années, puisque les observations par satellite sont devenues la composante la plus importante de la prévision numérique du temps. De nos jours, les prévisions météorologiques sont largement tributaires des observations par satellite et contribuent à hauteur de plus de 70% à l'amélioration (réduction des erreurs) des prévisions à un jour (Figure 1).

Figure 1: Amélioration des techniques de prévision grâce aux satellites météorologiques



La Figure 2 illustre l'apport des satellites météorologiques aux prévisions et le temps précieux qu'ils permettent de gagner lorsqu'il s'agit de faire face à des phénomènes météorologiques dangereux, dont les conséquences sont désastreuses pour nos sociétés.

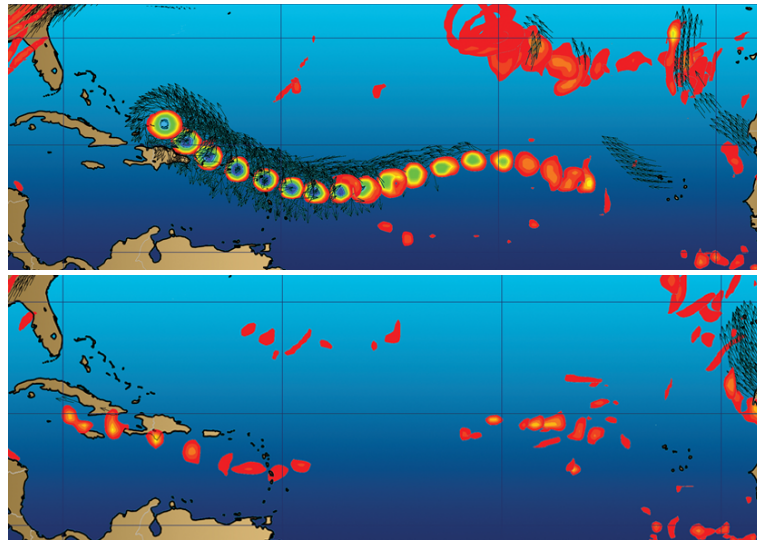
Amélioration de l'observation de la Terre depuis l'espace

Dans ce contexte, les données obtenues par satellite devront satisfaire aux exigences des modèles innovants de prévision numérique du temps à haute résolution innovants qui seront de plus en plus utilisés par les Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN) pour les prévisions à très courte échéance, conjointement avec les observations en temps réel.

Figure 2: Contribution des satellites météorologiques aux prévisions, exemple: ouragan Irma

(Exemple: Système en orbite polaire initial commun (IJPS) de la «National Oceanic and Atmospheric Administration» (NOAA) du Département du commerce des États-Unis et satellites en orbite polaire d'EUMETSAT)

Les conditions initiales, déterminées en grande partie par les observations par satellite (en haut à droite, en rouge), ont été essentielles pour permettre au Centre européen de prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET) de prévoir quatre jours à l'avance l'évolution et la trajectoire de l'ouragan Irma. Source: CEPMET



Sans les observations par satellite, le modèle n'aurait pas permis de prévoir l'évolution initiale de l'ouragan Irma. Source: CEPMET

En conséquence, des observations depuis l'espace plus nombreuses et de meilleure qualité du point de vue des délais, de la résolution et du volume, sont attendues de la part des organisations exploitant des systèmes à satellites météorologiques, par exemple EUMETSAT, l'Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques.

Pour alimenter ces systèmes de prévision, EUMETSAT, comme les autres opérateurs de satellites météorologiques, exploite une flotte de satellites (Figure 3) sur l'orbite des satellites géostationnaires et sur des orbites terrestres basses non géostationnaires, qui sont équipés d'instruments spéciaux et complémentaires. A partir des données fournies par ces satellites, on dispose de prévisions à court terme et à long terme régulières, précises et distribuées rapidement concernant le temps, la qualité de l'air, les océans et la cryosphère, tant à l'échelle régionale qu'à l'échelle mondiale, grâce à un catalogue intégré de produits d'observation mondiaux, régionaux et locaux sur l'atmosphère et la surface des océans, des glaces et des terres émergées, y compris la couverture neigeuse.

Etablissement des relevés climatiques les plus longs

En plus de fournir en permanence des prévisions météorologiques, les satellites météorologiques élaborent également depuis l'espace les relevés climatiques les plus longs, avec plus de 35 ans de données de satellites météorologiques.

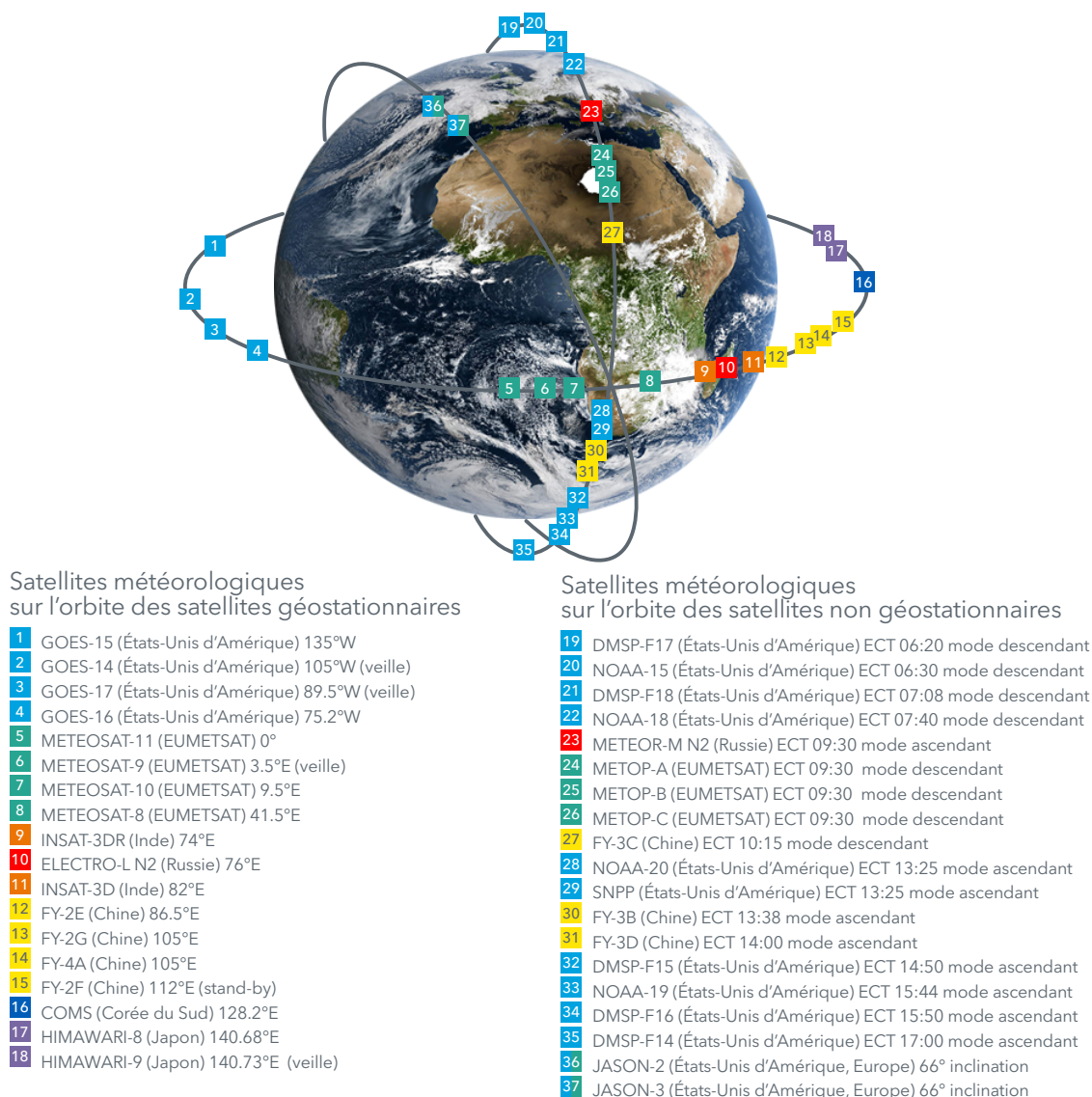
Les variables climatiques essentielles (ECV) de l'atmosphère, des océans, de la cryosphère et des surfaces émergées à l'échelle du globe sont observées depuis l'espace.

Ces relevés de données climatiques sont produits et mis à jour périodiquement à l'aide des données recueillies par des opérateurs de satellites météorologiques tels qu'EUMETSAT. Les relevés de données climatiques ainsi obtenus constituent des apports pour les services d'informations climatologiques, dans le cadre de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), en même temps qu'ils contribuent aux initiatives sur les changements climatiques.

Les satellites météorologiques alimentent la composante spatiale du Système mondial d'observation de l'OMM

Un réseau mondial de satellites météorologiques sur l'orbite des satellites géostationnaires et sur des orbites terrestres basses non géostationnaires constitue la composante spatiale du Système mondial d'observation (SMO) de l'OMM (Figure 3).

Figure 3: Satellites météorologiques actuellement opérationnels



(situation en octobre 2018, source d'information: Groupe de coordination pour les satellites météorologiques (CGMS))

Assurer la continuité de la mise à disposition des données depuis l'espace

Pour faire en sorte que les données provenant d'observations météorologiques spatiales soient mises à disposition de manière continue à l'échelle mondiale, les opérateurs de satellites météorologiques coopèrent afin de fournir un réseau mondial de satellites météorologiques. Afin d'assurer la continuité nécessaire des données météorologiques et climatiques sur plusieurs décennies, les satellites opérationnels doivent être remplacés par de nouveaux satellites météorologiques de la même série, ou par des satellites météorologiques de prochaine génération, dotés de capacités d'observation et d'une résolution accrues (tout en garantissant la continuité des données d'observation). Les satellites de nouvelle génération sont conçus pour fonctionner avec les instruments les plus récents, sont équipés d'un nombre croissant de canaux de mesure et présentent une sensibilité et une précision accrues, autant de fonctionnalités nécessaires pour répondre aux exigences de la communauté des utilisateurs de la météorologie. Des investissements spéciaux doivent donc être effectués dans l'infrastructure mondiale, dans l'espace et au sol, afin d'optimiser les avantages de cette action commune/concertée menée avec un petit nombre d'opérateurs de satellites météorologiques.

Les satellites météorologiques sont dotés d'imagers dans le visible et l'infrarouge ainsi que de sondeurs. Les données recueillies par ces instruments servent à déduire une multitude de paramètres météorologiques. Les satellites en orbite polaire ont également à leur bord des instruments de télédétection hyperfréquences active et passive, qui fournissent par exemple les profils verticaux de la température et de l'humidité de l'atmosphère ainsi que des informations sur la distribution des nuages, la couverture nuageuse et la couverture glaciaire, les températures de surface des océans et les vents partout dans le monde. Il est admis que ces variables atmosphériques jouent toutes un rôle important dans la surveillance à long terme des changements climatiques.

En plus des instruments qu'ils embarquent, les satellites météorologiques transportent également des systèmes de collecte de données (DCS) qui

rassemblent des données météorologiques et environnementales de base pour le Système mondial d'observation (SMO), à partir de plateformes de collecte de données (DCP) situées partout dans le monde (mesures in situ pour les emplacements isolés ou bouées en mer). Les informations fournies sont utilisées en temps quasi réel pour différentes applications environnementales, par exemple l'hydrologie ou la sismologie, mais comportent également un volet protection civile, par exemple un système d'alerte aux tsunamis.

Satellites météorologiques et utilisation des fréquences faisant l'objet d'une réglementation dans le cadre de l'UIT

Les satellites météorologiques utilisent et doivent utiliser un grand nombre de fréquences radio-électriques (qui sont régies par le [Règlement des radiocommunications de l'UIT](#)) pour exploiter les satellites, pour divers instruments et pour retransmettre sur Terre les données acquises, en vue de leur traitement ultérieur et de leur distribution aux utilisateurs. Ces fréquences sont utilisées pour:

- la télémesure, la télécommande et la mesure de la distance de l'engin spatial;
- la télédétection à hyperfréquences active et passive;
- la transmission de données d'observation depuis des satellites météorologiques vers les stations de réception principales;
- la retransmission des données prétraitées vers les stations météorologiques d'utilisateur via des satellites météorologiques;
- la transmission par radiodiffusion directe vers les stations météorologiques d'utilisateur depuis des satellites météorologiques;
- les autres systèmes de distribution de données aux utilisateurs ([GEONETCast](#)) via des systèmes à satellites autres que les satellites météorologiques (qui ne sont pas exploités dans les bandes de fréquences attribuées au service de météorologie par satellite (MetSat)/service d'exploration de la Terre par satellite (SETS));
- la transmission depuis des plateformes de collecte de données via des satellites météorologiques;
- la retransmission de messages de recherche et de sauvetage ([COSPAS-SARSAT](#)).

Pour permettre ce large éventail d'utilisations des fréquences radioélectriques, il faut que les ressources du spectre des fréquences radioélectriques attribuées aux services de radiocommunication correspondants dans le Règlement des radiocommunications restent disponibles et continuent de bénéficier d'une protection contre les brouillages à long terme (en particulier pour la télédétection passive). Ces services sont particulièrement sensibles et nécessitent en conséquence une reconnaissance particulière dans le Règlement des radiocommunications.

Accès aux données de mesures provenant des satellites météorologiques

Les satellites météorologiques fournissent des données à durée critique. En conséquence, l'un des principaux objectifs d'un satellite météorologique est de fournir les données aux utilisateurs avec le temps de latence le plus court possible et un degré optimal de disponibilité et de fiabilité. Pour ce faire, il faut offrir des services de données de haute qualité et à moindre coût aux utilisateurs.

Ces services de données sont offerts à l'aide de différents moyens utilisant des fréquences radioélectriques. Hormis les mécanismes traditionnels consistant à distribuer directement aux utilisateurs les données via des satellites météorologiques, les données traitées sont également distribuées aux utilisateurs par le biais d'autres moyens de diffusion des données, c'est-à-dire [GEONETCast](#), qui utilise les normes de radiodiffusion vidéo numérique les plus efficaces moyennant une gestion optimale de la largeur de bande disponible, pour fournir des données météorologiques et climatiques à l'échelle mondiale via des satellites géostationnaires classiques dans les bandes C- et Ku. Ce service est à l'origine de l'amélioration apportée aux services régionaux de transmission de données, puisque le temps de latence est de 15 à 30 minutes entre le moment où les données de mesures sont acquises par les instruments et celui où les données sont diffusées vers un réseau de stations au sol.

Les données satellitaires sont de plus en plus essentielles pour les prévisions météorologiques

Notre société étant de plus en plus tributaire des conditions météorologiques, les données provenant de satellites météorologiques sont devenues vitales pour les services météorologiques nationaux chargés d'établir des prévisions méthodologiques toutes échéances confondues, et de produire rapidement des avis et d'autres informations destinés à faciliter la prise de décisions par le secteur public et le secteur privé, pour notre bien-être socio-économique.

L'exploitation de ces satellites météorologiques dépend de la disponibilité exempte de brouillages (garantie par les dispositions pertinentes du Règlement des radiocommunications) des ressources de fréquences nécessaires à la commande des satellites, à l'utilisation de plusieurs instruments hyperfréquences pour la télédétection active et passive et à la distribution en temps voulu des données fournies directement depuis les satellites, ou repose sur d'autres moyens de distribution des données utilisant d'autres services de radiocommunication.

Nécessité d'adopter des mesures concertées à long terme

La surveillance du temps et du climat est un défi mondial, qui appelle des mesures concertées à long terme et reposant sur des investissements stratégiques dans les grandes infrastructures, dans l'espace et au sol, dans l'intérêt de la société. Pour atteindre cet objectif, il faut également veiller à ce que les fréquences nécessaires à l'exploitation des satellites météorologiques et de leurs instruments hyperfréquences restent disponibles et soient exemptes de brouillages, ce qui nécessite l'appui des administrations de radiocommunication du monde entier.



Des capteurs actifs spatioportés pour étudier la Terre et prévoir les catastrophes naturelles

Bryan Huneycutt

Délégué pour la télédétection à l'UIT,
Jet Propulsion Laboratory, California
Institute of Technology, [NASA](#)



L'espace offre un point d'observation idéal pour l'étude de la Terre. Les capteurs actifs spatioportés en orbite autour de la Terre sont utilisés pour étudier à distance la surface de la Terre, la surface des océans et l'atmosphère. Ils peuvent servir à détecter et à surveiller les catastrophes naturelles telles que les ouragans, les inondations, les incendies et les coulées de boue, et fournissent de précieuses informations pour les interventions et les opérations de rétablissement.

Ces capteurs actifs spatioportés (voir l'encadré 1) obtiennent des informations en émettant des ondes radioélectriques, puis en recevant l'énergie réfléchie (rétrodiffusée) correspondante. Quatorze bandes de fréquences, comprises entre 432 MHz et 238 GHz, sont attribuées au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (active) en vue de leur utilisation par les capteurs actifs spatioportés.

Ces attributions de fréquences ont été obtenues par l'intermédiaire du Secteur des radiocommunications de l'UIT ([UIT-R](#)) et des Conférences mondiales des radiocommunications ([CMR](#)).

“L'espace offre un point d'observation idéal pour l'étude de la Terre.”

Bryan Huneycutt

Capteurs actifs

Les capteurs actifs utilisent un émetteur et un récepteur. Ils émettent un signal en direction de la cible à étudier, puis détectent et mesurent le signal rétrodiffusé. Les capteurs passifs n'ont pas d'émetteur, mais uniquement des récepteurs qui détectent les rayonnements naturels (par exemple, la lumière du soleil) réfléchis par l'objet observé.

La synthèse d'ouverture est obtenue par l'enregistrement du signal rétrodiffusé le long de la trajectoire du radar. Les données sont transformées en image grâce à l'algorithme du radar à synthèse d'ouverture, permettant ainsi de synthétiser ainsi une ouverture virtuelle beaucoup plus grande que la hauteur physique de l'antenne.

Secteur des radiocommunications de l'UIT – Protéger les bandes de fréquences contre les brouillages préjudiciables

L'UIT-R effectue des études de partage pour s'assurer que les nouveaux systèmes proposés ne causeront pas de brouillages radioélectriques préjudiciables dans les bandes de fréquences actuellement utilisées. Les brouillages radioélectriques peuvent corrompre le signal rétrodiffusé au capteur actif, dont l'intensité est généralement très faible, à peine supérieure à celle du bruit du récepteur.

Ainsi, la possible mise en œuvre de systèmes d'accès hertzien, y compris de réseaux locaux hertziens (WAS/RLAN) (voir l'encadré 2), dans la bande de fréquences 5 350-5 470 MHz, actuellement attribuée à titre primaire pour les capteurs actifs spatioportés, est présentement étudiée par l'UIT-R en vue de la Conférence mondiale des radiocommunications de 2019 (CMR-19).

Cinq principaux types de capteurs actifs spatioportés

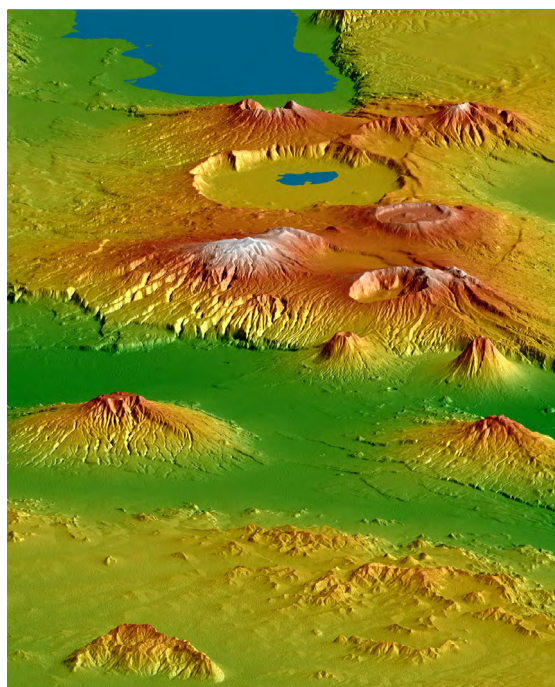
Les types de capteurs actifs spatioportés étudiés par l'UIT-R dans le cadre du SETS (active) sont les suivants: radars à ouverture synthétique, altimètres, diffusiomètres, radars de précipitations et radars profileurs de nuages.

Les radars à ouverture synthétique fournissent des images et des cartes topographiques

En raison de leur capacité à capturer des images quelles que soient les conditions météorologiques et de jour comme de nuit, et de leur sensibilité à des changements aussi minimes que quelques centimètres, les radars à ouverture synthétique (voir l'encadré 3) sont utilisés avec succès dans le monde entier lors de catastrophes, notamment de marées noires et de tremblements de terre. Dans le cadre de la Mission de topographie radar SRTM du JPL/NASA, un radar à ouverture synthétique à 5 GHz a été utilisé pour obtenir des cartes d'élévation numériques à haute résolution de la surface de la Terre.

La Figure 1 présente l'image des hauts plateaux de cratères situés le long du Rift d'Afrique orientale en Tanzanie, prise en 2000 par le radar à ouverture synthétique de la SRTM.

Figure 1 (Radar à ouverture synthétique): Image des hauts plateaux de cratères de Tanzanie prise dans le cadre de la SRTM de la NASA



Le point 1.16 de l'ordre du jour de la CMR-19

2

Le point 1.16 de l'ordre du jour de la CMR-19 concerne, en partie, la possible mise en œuvre de systèmes WAS/RLAN dans la gamme de fréquences 5 350-5 470 MHz. A ce jour, les études réalisées par l'UIT-R n'ont pas encore permis d'identifier une technique de réduction des brouillages suffisamment efficace pour empêcher que les systèmes WAS/RLAN ne causent des brouillages radioélectriques préjudiciables aux capteurs actifs spatioportés.

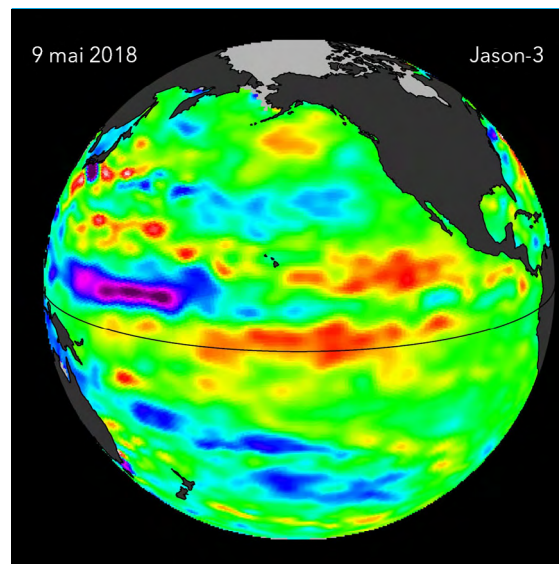
Les capteurs des radars à ouverture synthétique ont une visée latérale par rapport à la direction du nadir (voir l'encadré 4) et recueillent des données sur l'évolution de l'écho radar cohérent en termes de phase et de temps. A partir de ces informations, il est possible de produire une image radar ou une carte topographique interférométrique à haute résolution de la surface de la Terre.

Les altimètres fournissent les altitudes et la hauteur du niveau de la mer

L'altimètre Jason-3 utilise deux fréquences dans les bandes attribuées au SETS (active), au voisinage de 13,6 GHz et 5,3 GHz, pour fournir une image de la hauteur du niveau de la mer. La Figure 2 présente une image prise en mai 2018, alors que Jason-3 traversait la zone tropicale de l'océan Pacifique en filant vers l'est. L'onde de Kelvin (en rouge) apparaissant à l'Equateur est souvent annonciatrice d'un épisode El Niño (voir l'encadré 5). En comprenant l'évolution et les effets des cycles climatiques tels qu'El Niño, on parviendra peut-être à prévoir et à atténuer les conséquences désastreuses des inondations et des sécheresses.

Les capteurs des altimètres sont orientés en direction du nadir et mesurent précisément le temps écoulé entre une émission et une réception afin d'obtenir la hauteur exacte du niveau de la mer.

Figure 2 (Altimètre): Image de la hauteur du niveau de la mer produite par l'altimètre JASON-3 de la NASA



Nadir

Le nadir est le point de la sphère céleste situé directement au-dessous d'une position ou d'un observateur donné. Il s'oppose au zénith.

El Niño

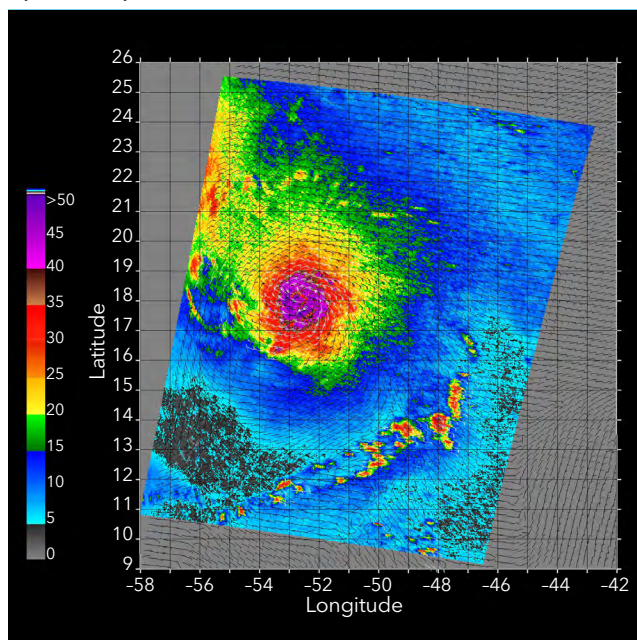
Le phénomène El Niño-oscillation australe (ENSO) désigne le cycle de températures chaudes et froides, mesuré par la température de surface de la mer dans les zones tropicales de l'océan Pacifique central et oriental. El Niño constitue la phase chaude d'ENSO et La Niña la phase froide. El Niño et La Niña entraînent des modifications à l'échelle mondiale à la fois des températures et des précipitations.

Les diffusiomètres fournissent la vitesse et la direction des vents à la surface des océans

Le diffusiomètre SeaWinds fonctionnant à 13 GHz à bord du satellite QuikSCAT de la NASA a recueilli les données utilisées pour créer une image de l'ouragan Frances à l'approche de Cuba en septembre 2004. La Figure 3 utilise une représentation en pseudo-couleur pour montrer la vitesse des vents à proximité de la surface, et des chevrons noirs pour indiquer la vitesse et la direction du vent.

Les capteurs des diffusiomètres observent divers éléments sur les côtes par rapport à la direction du nadir et mesurent les variations de puissance du retour d'écho en fonction de l'angle pour déterminer la direction et la vitesse des vents à la surface des océans.

Figure 3 (Diffusiomètre): Image de l'ouragan Frances produite par le diffusiomètre SeaWinds de la NASA



Les radars de précipitations fournissent l'intensité des précipitations dans les régions tropicales

Le radar de précipitations à double fréquence (DPR) de la mission de mesure mondiale des précipitations GPM utilise les bandes de fréquences des 13,6 GHz et des 35,5 GHz pour créer une vue tridimensionnelle de l'intensité et de la structure des précipitations.

La Figure 4 montre une vue tridimensionnelle de la structure du super typhon MANGKHUT lorsqu'il s'approchait des Philippines en septembre 2018. Cette coupe tridimensionnelle obtenue à partir du radar de précipitations à double fréquence de la GPM permet de voir l'altitude maximale et l'intensité des pluies diluviennes dans le mur de l'œil de MANGKHUT et dans d'autres bandes de précipitations.

Figure 4 (Radar de précipitations): Image du super typhon MANGKHUT produite dans le cadre de la mission GPM de la NASA

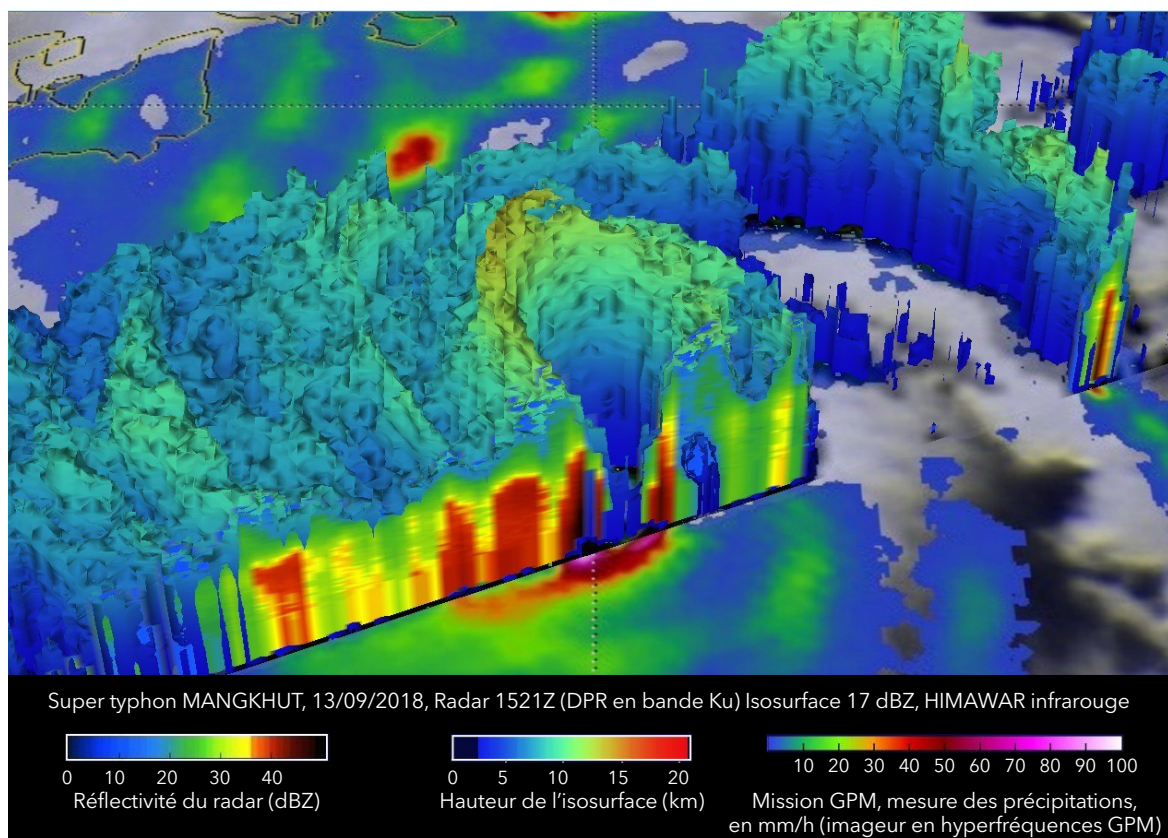
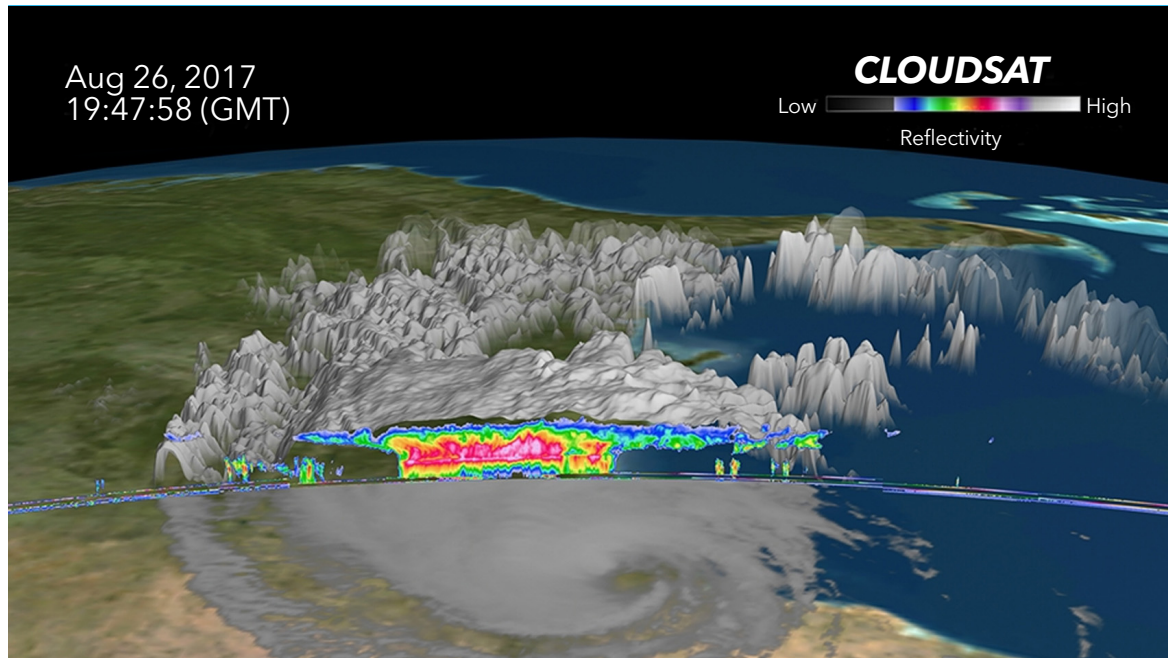


Figure 5 (Radar profileur de nuages): La tempête tropicale Harvey mesurée par le radar du satellite CloudSat en août 2017



Les capteurs des radars de précipitations effectuent un balayage perpendiculaire par rapport à la direction du nadir et mesurent les échos radar produits par la pluie pour déterminer l'intensité des précipitations au-dessus de la surface de la Terre, en particulier dans les régions tropicales.

Les radars profileurs de nuages fournissent les profils tridimensionnels de la réflectivité des nuages

Le [satellite CloudSat du JPL/NASA](#) embarque un radar fonctionnant à 94 GHz pour établir le profil des nuages à la surface de la Terre, y compris les profils des ouragans et des tempêtes violentes.

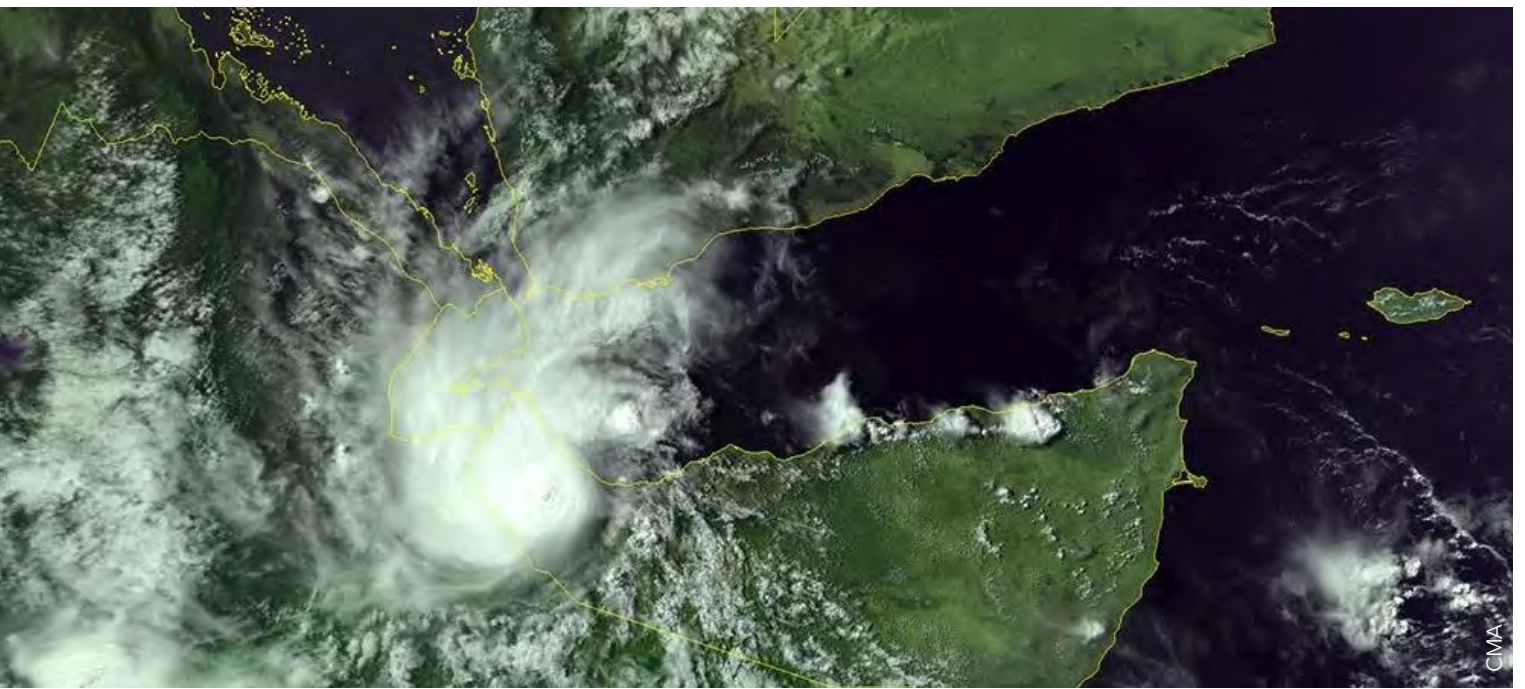
La Figure 5 montre un profil vertical des nuages épais de la tempête tropicale Harvey mesuré par le radar du satellite CloudSat en août 2017.

Les capteurs des radars profileurs de nuages sont orientés en direction du nadir et mesurent les retours d'écho des nuages afin d'obtenir le profil tridimensionnel de la réflectivité des nuages au-dessus de la surface de la Terre.

Importance des capteurs actifs spatioportés en orbite autour de la Terre pour la prévention des catastrophes et l'amélioration de la qualité de vie

Les capteurs actifs spatioportés en orbite autour de la Terre jouent un rôle important pour nous aider à mieux comprendre notre planète. Ces capteurs ont révolutionné notre capacité à prendre des mesures et à observer la Terre, nous permettent d'avoir une meilleure compréhension de la Terre en tant que système complet, et nous aideront à l'avenir à prévoir les catastrophes et à améliorer la qualité de vie.

Note: Les recherches ont été menées au Jet Propulsion Laboratory (California Institute of Technology), dans le cadre d'un contrat avec la NASA (National Aeronautics and Space Administration).



En mai 2018, le satellite FY-3B a surveillé la première tempête cyclonique Sagar dans le nord de l'océan Indien, Centre national de météorologie par satellite.

Comment les capteurs passifs sont utilisés pour établir les prévisions météorologiques

Yu Yang

Ingénieur, Centre national de météorologie par satellite, China Meteorological Administration (CMA), Chine

Les systèmes de télédétection qui mesurent l'énergie qui est disponible naturellement sont appelés «systèmes de détection passive». La détection passive peut être utilisée uniquement pour détecter l'énergie naturelle disponible, et la fréquence utilisée pour la détection passive dépend des caractéristiques physiques. Cela signifie que chaque bande de fréquences d'un capteur passif ne peut être utilisée que pour étudier une seule caractéristique physique, comme la température ou l'humidité, par exemple.

“Aujourd'hui, pour établir les prévisions météorologiques, on recueille autant de données que possible sur l'état actuel de l'atmosphère, qui servent de données d'entrée pour la prévision numérique du temps.”

Yu Yang

Un grand nombre de ces caractéristiques physiques fournissent des informations précieuses pour la météorologie et l'océanographie, les prévisions météorologiques, la prévision du climat et la surveillance de l'environnement.

Il existe trois principaux types de capteurs passifs: les capteurs imageurs, les sondeurs atmosphériques et les limbosondeurs hyperfréquences.

Capteurs imageurs

Les capteurs imageurs permettent d'obtenir des données environnementales produites à l'aide d'algorithmes multivariables et d'extraire simultanément un ensemble de paramètres géophysiques à partir d'images radiométriques à hyperfréquences multicanal étalonnées.

Sondeurs atmosphériques

Les sondeurs atmosphériques mesurent la distribution verticale des propriétés physiques de l'atmosphère, par exemple la pression, la température, la vitesse et la direction du vent, la teneur en eau liquide, la concentration en ozone et la pollution.

Limbosondeurs hyperfréquences

Les limbosondeurs hyperfréquences observent l'atmosphère tangentiellement à ses couches, et sont utilisés pour étudier les régions basses à supérieures de l'atmosphère, là où des activités photochimiques intenses peuvent avoir un fort impact sur le climat de la Terre.

Prévision numérique – Systèmes actuels de prévisions météorologiques

Les capteurs passifs utilisent leur bande de fréquences limitée pour obtenir des données d'observation de la Terre et de son atmosphère sur toute une journée, à l'échelle mondiale et quelles que soient les conditions météorologiques. Ces données d'observation constituent l'élément le plus important à assimiler dans le système de prévision numérique du temps (PNT), qui est le système le plus couramment utilisé pour établir les prévisions météorologiques.

La prévision numérique du temps consiste à établir des prévisions météorologiques à l'aide de «modèles» de l'atmosphère et de techniques de calcul. A partir des données, les modèles de prévision numérique du temps évaluent l'état futur de l'atmosphère, en utilisant des équations de physique et de dynamique des fluides.

Les équations différentielles partielles utilisées sont complétées par des paramétrages pour la diffusion turbulente, le rayonnement, les processus humides, les échanges de chaleur, le sol, la végétation, les eaux de surface et les effets cinématiques du terrain.

Les équations complexes qui régissent l'évolution de l'état d'un fluide dans le temps exigent des supercalculateurs pour les résoudre. Aujourd'hui, les prévisions météorologiques consistent à appliquer les technologies scientifiques actuelles à la prévision numérique du temps, afin de prédire l'état de l'atmosphère pour une période future et à un endroit donné.

Les données – élément essentiel pour la prévision numérique du temps (PNT)

Aujourd'hui, pour établir les prévisions météorologiques, on recueille autant de données que possible sur l'état actuel de l'atmosphère, en particulier la température, l'humidité et le vent, et on fait appel à la compréhension des processus atmosphériques permise par la météorologie pour déterminer l'évolution future de l'atmosphère. Les données issues des capteurs passifs servent donc de données d'entrée pour les équations de prévision numérique du temps, par exemple la pression atmosphérique, la température, la vitesse et la direction du vent, l'humidité et les précipitations. Ces données sont essentielles pour les prévisions météorologiques actuelles.

Protection des bandes pour les capteurs passifs lors de la Conférence mondiale des radiocommunications

Les capteurs passifs sont conçus de manière analogue aux instruments de radioastronomie, qui détectent des émissions à très faible puissance. Les brouillages posent problème pour chaque détecteur passif. Heureusement, l'UIT a déjà élaboré un certain nombre de Recommandations à cet égard, et abordera la question de la protection de l'utilisation des bandes par les capteurs passifs lors de la [Conférence mondiale des radiocommunications de 2019](#).

■

“L'UIT a déjà élaboré un certain nombre de Recommandations... et abordera la question de la protection de l'utilisation des bandes par les capteurs passifs lors de la Conférence mondiale des radiocommunications de 2019.”

Yu Yang

Protéger le spectre utilisé par les capteurs d'observation de la Terre en faveur du bien social

Gilberto Câmara

Directeur du Secrétariat du Groupe sur l'observation de la Terre (GEO)

Les données fournies par les satellites sont essentielles pour un grand nombre de processus décisionnels qui protègent et préservent notre environnement et nos communautés. Les satellites fournissent des données d'entrée qui servent à la prévision numérique du temps, à la mesure du bilan radiatif de la Terre et de l'appauvrissement de la couche d'ozone, aux estimations des ressources aquatiques, au suivi des dynamiques océaniques et à l'évaluation de la productivité terrestre et marine.

Le développement durable est un processus à long terme. Pour faciliter l'élaboration d'indicateurs au titre des Objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies, nous avons besoin d'ensembles de données à long terme prêts à être analysés et provenant de plusieurs satellites. Les ensembles de données à long terme sont essentiels pour prévoir les tendances futures, et les grands ensembles de données prêts à être analysés qui proviennent de plusieurs capteurs sont indispensables pour mettre les observations de la Terre au service des ODD.



“Les données fournies par les satellites sont essentielles pour un grand nombre de processus décisionnels qui protègent et préservent notre environnement et nos communautés.”

Gilberto Câmara

Les bandes de fréquences radioélectriques sont primordiales pour l'observation de la Terre

La question des fréquences radioélectriques revêt une importance cruciale pour l'observation de la Terre, en particulier lorsque les bandes de fréquences sont essentielles pour observer les paramètres physiques de la Terre au moyen de capteurs passifs. En cas de problème d'attribution de spectre entre les capteurs d'observation de la Terre et les services commerciaux, les fréquences spécialement réservées devraient être protégées, afin que les informations obtenues à partir des capteurs puissent être retransmises sans interruption et sans être compromises. Comme le montrent les travaux effectués par les membres du Groupe sur l'observation de la Terre ([GEO](#)), des centaines de cas d'utilisation concernant les données satellitaires témoignent des incidences que peuvent avoir des données régulières et de qualité, obtenues grâce à des attributions de fréquences appropriées, sur les objectifs environnementaux et de développement.

Dans le cadre de l'Initiative du Groupe GEO pour le suivi mondial de l'agriculture ([GEOGLAM](#)), les données provenant de plusieurs capteurs spatioportés sont utilisées pour lutter contre l'insécurité alimentaire et la volatilité des prix des denrées alimentaires.

Des cartes d'utilisation des sols sont élaborées au moyen de données optiques et de données radar (MODIS, Landsat, RADARSAT-2, ALOS-2, TerraSAR). Les informations relatives à l'agriculture s'appuient sur des ensembles de données de base sur les précipitations, la température de surface, l'humidité du sol, l'évapotranspiration et le ruissellement, et sont obtenues à partir de capteurs spatioportés actifs et passifs non optiques (GPM, SMAP et SMOS) qui nécessitent une protection du spectre.

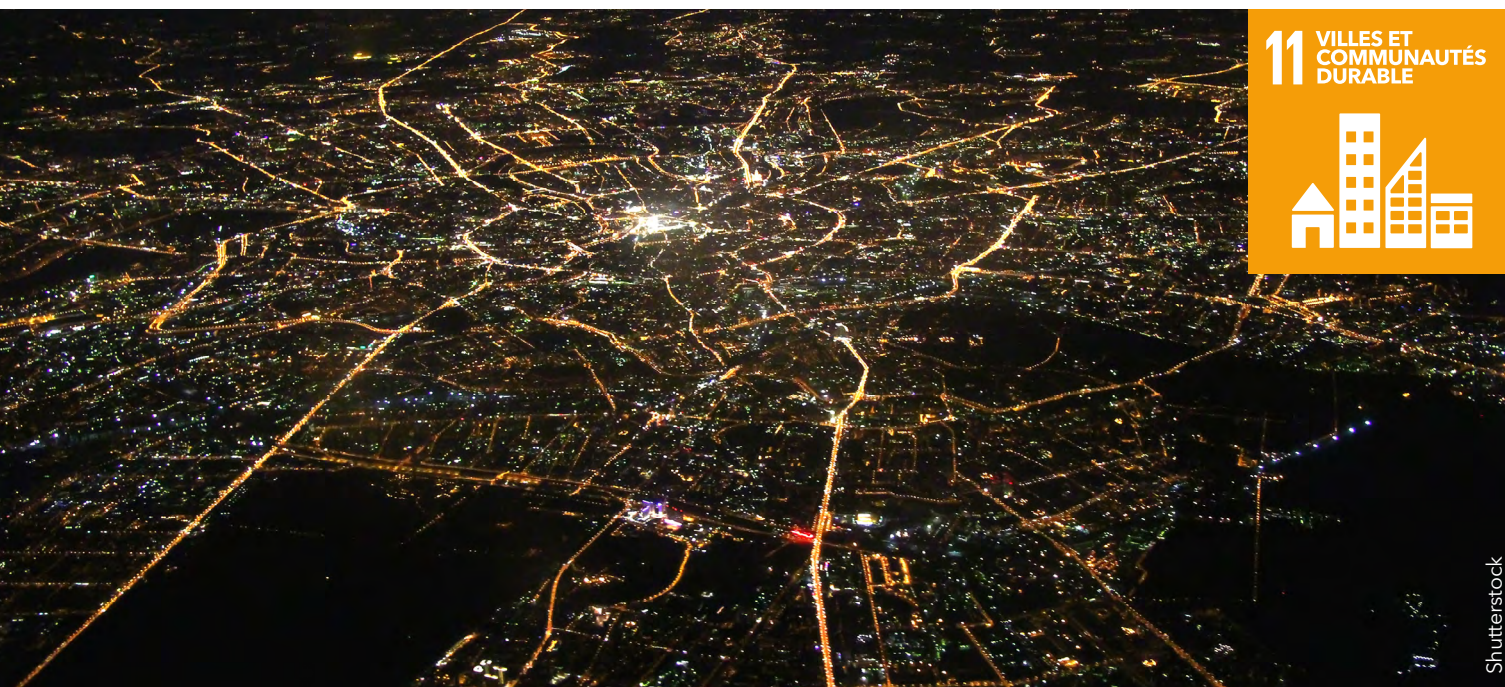
Contribution à la réalisation de l'ODD 6 (Eau propre et assainissement)

Grâce à son système d'analyse intégré des inondations, le Centre international sur les risques liés à l'eau et leur gestion ([ICHARM](#)) contribue à la réalisation de l'[ODD 6](#) (Eau propre et assainissement) et au [Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe](#), en améliorant les prévisions relatives aux inondations grâce aux données pluviométriques ([GSMaP](#)) recueillies par des satellites et des stations au sol pour évaluer les conditions de ruissellement. GSMaP est une carte représentant en temps quasi réel les précipitations dans le monde, élaborée à partir de données de radiomètres à hyperfréquences, de données infrarouges thermiques et d'autres données météorologiques.

6 EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT



Shutterstock



11 VILLES ET
COMMUNAUTÉS
DURABLE



Shutterstock

Suivi de la croissance urbaine – ODD 11 (Villes et communautés durables)

Elaboré dans le cadre de l'[Initiative du Groupe GEO Human Planet](#), l'outil «Couche mondiale des établissements humains» ([GHSL](#)) permet aux décideurs de suivre la croissance urbaine, conformément à l'[ODD 11](#) (Villes et communautés durables), en fournissant des informations spatiales sur les établissements humains à l'échelle du globe et dans le temps, notamment en ce qui concerne les surfaces bâties, la densité de population et les cartes relatives aux établissements. Ces informations sont produites par des capteurs radar (Sentinel-1 et Envisat) et des capteurs optiques (Landsat et Sentinel-2). Les capteurs radar assurent une surveillance par tous les temps et permettent d'améliorer les analyses dans les zones tropicales et d'autres zones où la couverture nuageuse entrave le bon fonctionnement des capteurs optiques.

Le Système mondial d'observation du climat ([SMOC](#)) définit des ensembles de données de variables climatiques essentielles qui fournissent les données empiriques nécessaires pour comprendre et prévoir l'évolution du climat, orienter les mesures d'atténuation et d'adaptation, évaluer les risques et établir une corrélation entre les événements climatiques et les causes sous-jacentes, et fournir un appui aux services climatologiques.

Ces ensembles de données sont nécessaires pour appuyer les travaux effectués au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ([CCNUCC](#)) et par le Groupe d'experts intergouvernemental des Nations Unies sur l'évolution du climat ([GIEC](#)). A l'heure actuelle, plus de la moitié des 55 variables climatiques essentielles tirent parti des observations par satellite.

Importance de la protection des données d'observation de la Terre

Nous n'avons évoqué que quelques-unes des nombreuses applications des données d'observation de la Terre obtenues par télédétection qui sont actuellement utilisées par la communauté du Groupe GEO. Etant donné que ces données constituent une ressource extrêmement précieuse pour la société, leur protection devrait constituer un objectif primordial pour les organes directeurs. Les problèmes éventuels concernant les besoins de spectre pour les observations de la Terre et les demandes des services commerciaux et d'autres utilisateurs doivent être gérés, afin de préserver la continuité et la fiabilité des flux de données pour les chercheurs et les décideurs, l'objectif étant de favoriser l'élaboration de stratégies plus efficaces dans l'intérêt général.



Le problème des brouillages pour la détection passive à l'échelle mondiale

Josef Aschbacher

Directeur des programmes d'observation de la Terre, Agence spatiale européenne (ESA)



Cet article décrit comment les brouillages causés par d'autres services utilisant les fréquences radioélectriques peuvent avoir des incidences sur la télédétection passive à hyperfréquences et, par conséquent, sur les applications importantes relatives à l'observation de la Terre qui dépendent de ces mesures. Il traite en outre de l'importance des dispositions pertinentes du Règlement des radiocommunications (RR) pour empêcher les brouillages préjudiciables. D'autres articles de ce numéro des Nouvelles de l'UIT portent sur l'importance du spectre, le rôle de l'observation de la Terre, les particularités de la télédétection passive et la nature internationale de ce service.

Les capteurs passifs utilisent un nombre limité de bandes, identifiées dans le RR et définies sur la base de la nature des émissions provenant des terres, de l'atmosphère et des océans. Ces bandes se situent au sein d'une large gamme de fréquences, qui s'étend approximativement de 1 GHz à 1 THz. Les capteurs en question mesurent la valeur plancher des émissions radiatives naturelles. Par conséquent, tout signal artificiel (provenant par exemple de communications ou d'un radar) qui dépasse le niveau de ces émissions naturelles sera susceptible de brouiller les mesures. Ce phénomène de brouillage peut être toléré seulement si son énergie est largement inférieure à la sensibilité du capteur.

“L'ordre du jour de la CMR-19 contient quatre points portant sur les rayonnements non désirés éventuels dans les bandes utilisées pour la détection passive.”

Josef Aschbacher

Compte tenu des niveaux extrêmement bas des émissions naturelles, même les brouillages radioélectriques très faibles peuvent altérer les mesures réalisées par les capteurs passifs.

Les besoins du marché entraînent une augmentation du nombre d'applications commerciales, et des besoins de spectre qui s'ensuivent, couvrant non seulement les gammes de fréquences déjà encombrées du spectre radioélectrique, mais aussi des fréquences plus élevées. Cette situation soulève d'importantes préoccupations quant à la protection des applications d'observation de la Terre essentielles.

Les incidences économiques et sociétales des brouillages préjudiciables causés à la télédétection passive

Les applications des sciences de la Terre opérationnelles et relatives à la recherche nécessitent que des mesures soient réalisées à l'échelle mondiale sur un certain nombre de bandes de fréquences attribuées au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (passive). Les mesures passives des hyperfréquences se sont aussi avérées être des éléments clés pour les prévisions numériques du temps (PNT). Elles sont en outre essentielles pour d'autres applications, telles que la surveillance et les prévisions concernant le climat, la gestion de l'hydrologie, des terres et de l'agriculture, la prévision et la gestion des catastrophes naturelles (par exemple, les inondations, les tremblements de terre et l'activité volcanique) ainsi que dans de nombreux autres domaines, d'intérêt public et privé. Plusieurs bandes attribuées au SETS (passive) sont indispensables aux systèmes opérationnels. Si des données d'observation obtenues par télédétection passive sont perdues en raison de brouillages provenant de sources artificielles, aucune bande ou technique de substitution ne permettra de les remplacer. Par conséquent, une altération des mesures causée par des brouillages aura des incidences sur la qualité de fonctionnement des systèmes d'alerte fondés sur des systèmes de prévision numérique hautement stratégiques.

Cela constituerait un déclin des capacités actuelles et naissantes ainsi que la perte correspondante des investissements des gouvernements, des agences spatiales et des entités commerciales.

Les besoins particuliers de la télédétection passive

Si le niveau de brouillage radioélectrique est largement supérieur au niveau vraisemblable des émissions naturelles, le brouillage peut être détecté et les mesures rejetées, ce qui créera des lacunes dans la couverture des capteurs, limitant ainsi la possibilité de comprendre les phénomènes mondiaux complexes étudiés, ainsi que tout phénomène local. Toutefois, si le niveau de brouillage est inférieur et que les mesures obtenues sont plausibles, il se peut que le brouillage ne soit pas détecté et que les données altérées soient considérées, à tort, comme des données valables. Les analyses qui porteront sur ces données seront alors gravement faussées.

La plupart des capteurs passifs ne sont pas en mesure de différencier les rayonnements naturels des rayonnements artificiels. Les données altérées ne peuvent alors pas être détectées ou corrigées. Par exemple, en météorologie (pour les prévisions à court et moyen termes), cela entraînerait une diminution du facteur de qualité associé aux mesures obtenues par satellite concernées, ce qui représenterait un recul dans l'histoire de la météorologie par satellite, jusque là porteuse de succès. La préservation de l'intégrité des données dépend donc de la prévention des brouillages préjudiciables causés par des sources artificielles, grâce à l'élaboration de dispositions appropriées dans le Règlement des radiocommunications, à leur application et au contrôle de leur respect.

La protection de la télédétection passive dans le Règlement des radiocommunications

Au milieu des années 1990 ont été approuvées les premières [Recommandations](#) (normes techniques) du Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R) portant sur les critères de protection des capteurs spatiaux contre les brouillages. Etant donné que les systèmes de Terre étaient concentrés dans les bandes des ondes kilométriques, on accordait une attention limitée à la façon dont les services actifs devaient fonctionner pour éviter qu'ils ne dépassent les critères de protection et ne causent des brouillages préjudiciables aux capteurs passifs. Les premières limites réglementaires explicites visant à protéger ces capteurs ne sont apparues qu'à partir de 2000, notamment avec la protection de la bande 18,6-18,8 GHz. Il a fallu du temps avant que les concepts clés relatifs à l'évaluation des brouillages radioélectriques ne soient acceptés et pris en compte dans les analyses de partage et de compatibilité. Ces concepts comprennent, entre autres, l'effet cumulatif de plusieurs sources de brouillage, l'incidence des rayonnements non désirés émis par des services fonctionnant dans les bandes adjacentes et le partage du bilan de brouillage entre les différents types de sources de brouillage.

A l'heure actuelle, les critères de qualité de fonctionnement et de protection contre les brouillages pour les capteurs passifs figurent dans la Recommandation [UIT-R RS.2017](#).

Le problème grandissant des brouillages préjudiciables causés aux capteurs passifs

En dépit des améliorations de nature réglementaire, de récentes images fournies par des capteurs passifs ont fait apparaître un nombre croissant de cas de brouillage radioélectrique. En particulier, on observe des brouillages préjudiciables dans des bandes visées au numéro 5.340 du RR, en vertu duquel toutes les émissions sont interdites dans les bandes passives identifiées.

Cette situation est due à :

- la hausse fulgurante des utilisateurs du spectre, en termes de quantité et de types;
- la capacité des dispositifs radioélectriques à fonctionner à des fréquences toujours plus élevées (par exemple, dans les bandes Ka, Q, V et W), auparavant occupées uniquement par les capteurs passifs; et
- la prolifération de dispositifs peu onéreux fonctionnant sans licence, dont la conformité au RR n'est pas toujours assurée.

Les brouillages radioélectriques subis par les capteurs passifs proviennent généralement d'émetteurs de Terre situés à la surface du globe à l'échelle mondiale. La plupart des capteurs ne permettent pas de localiser les sources des brouillages radioélectriques, en particulier lorsque ces derniers résultent des émissions de plusieurs petites sources de brouillage. Les capteurs permettent seulement d'identifier de larges zones concernées par des brouillages préjudiciables, des zones qui s'étendent souvent sur plusieurs pays. Dans ce cas de figure, il est difficile d'assurer la protection des capteurs. L'adaptation des limites applicables aux services actifs définies dans le RR nécessite du temps et ne prend effet que de nombreuses années après la découverte du problème relatif aux brouillages. Par conséquent, il est important de définir d'emblée des limites appropriées.

En ce qui concerne les quelques radiomètres qui permettent de localiser d'une certaine manière les sources de brouillage, la Recommandation [UIT-R RS.2106](#) facilite le signalement et la résolution des cas de brouillages radioélectriques causés aux capteurs passifs. En comparaison avec les nombreux cas de brouillages radioélectriques signalés qui concernent les systèmes de communication de Terre et spatiale, le problème des brouillages causés aux capteurs passifs est sous-estimé, car de nombreux cas ne sont pas signalés, que ce soit à l'administration dont relève le territoire où se situe la source de brouillage, ou au Bureau des radiocommunications de l'UIT.

Un exemple de brouillage: le cas du satellite SMOS

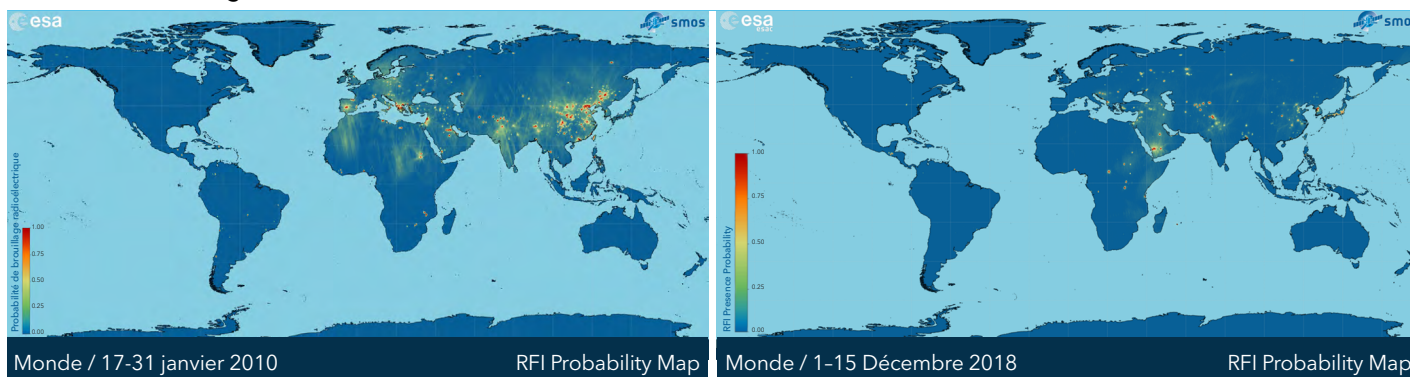
Le satellite **SMOS**, lancé en novembre 2009, s'inscrit dans le cadre d'une mission de l'Agence spatiale européenne (ESA) visant à répondre au besoin en données d'observation depuis l'espace de haute qualité concernant l'humidité des sols et la salinité des océans à l'échelle mondiale. Ces deux paramètres sont des variables clés décrivant le cycle hydrologie de la Terre et ont été reconnues comme des variables climatologiques essentielles.

La charge utile du satellite SMOS est constituée d'un radiomètre interférométrique d'imagerie à hyperfréquences passif fonctionnant dans la bande (purement passive) 1 400-1 427 MHz. Dès sa mise en service, ce radiomètre a subi un grand nombre de brouillages radioélectriques présentant une répartition géographique étendue. Ces brouillages ont entraîné une altération des mesures réalisées par le satellite SMOS. Ils ont aussi été détectés par les radiomètres des missions SMAP et AQUARIUS de la NASA (voir le Rapport [UIT-R RS.2315](#)). Contrairement à la plupart des autres radiomètres, les caractéristiques du capteur du satellite SMOS permettent aux scientifiques de déterminer la position d'une source de brouillage avec une grande précision (0,54 km).

Sur la base de ces renseignements, l'ESA a amorcé en 2010 un long processus d'interactions avec de nombreuses administrations nationales du monde entier. L'emplacement et l'intensité des sources de brouillage radioélectrique ont été signalés aux administrations compétentes, conformément aux lignes directrices de la Recommandation [UIT-R RS.2106](#). Les cas de brouillages causés au satellite SMOS à l'échelle mondiale sont contrôlés de manière systématique et leurs sources sont répertoriées en fonction de leur emplacement et de leur intensité. Au fil des années, une amélioration considérable a été constatée, grâce à ces interactions et à la coopération de nombreuses administrations (voir la Figure 1).

Le nombre de sources de brouillage très intenses (c'est-à-dire dont la température de brillance est supérieure à 5 000 Kelvin) a été réduit, passant de 136 en 2010 à 60 en 2018. Cependant, bien qu'une nette amélioration de la situation ait été constatée, à la fin de l'année 2018, il restait 470 sources de brouillage radioélectrique actives et le niveau d'altération des données demeure une préoccupation importante (Figure 2).

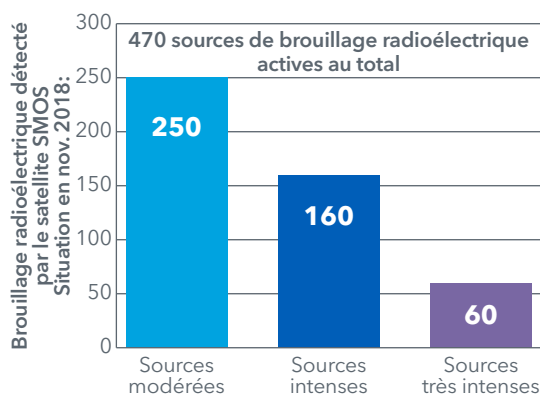
Figure 1: Cartes de probabilité de brouillage radioélectrique du satellite SMOS montrant l'amélioration de la répartition des sources de brouillage à l'échelle mondiale entre 2010 et 2018.



Crédits: Agence spatiale européenne

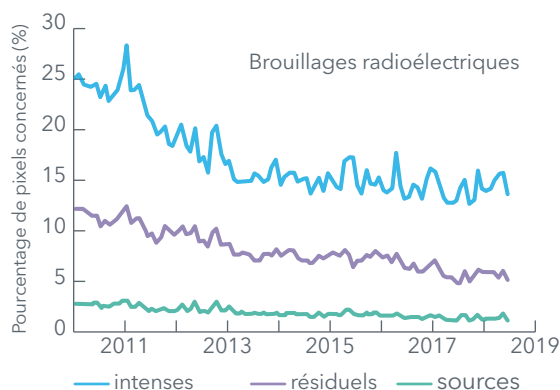
Cette amélioration a permis d'augmenter de manière considérable la quantité de données non contaminées par les brouillages radioélectriques préjudiciables. Le graphique suivant (Figure 3) montre l'évolution au cours du temps du pourcentage de pixels correspondant à une zone terrestre contaminée par des brouillages radioélectriques, sur la base des observations du satellite SMOS.

Figure 2: Statistiques mondiales relatives au nombre de sources de brouillage radioélectrique détectées par le radiomètre du satellite SMOS dans la bande passive 1400-1427 MHz



Note: Les sources de brouillage radioélectrique subies par le satellite SMOS sont classées selon leur intensité: «très intense» pour les températures de brillance (BT) $\geq 5\,000\text{ K}$, «intense» lorsque $5\,000\text{ K} > BT \geq 1\,000\text{ K}$ et «modérée» lorsque $1\,000\text{ K} > BT \geq 350\text{ K}$.

Figure 3: Evolution du pourcentage du nombre de pixels correspondant à une zone terrestre concernée par des brouillages radioélectriques entre 2010 et 2018, sur la base des observations du satellite SMOS



Crédits: Agence spatiale européenne

Les sources de brouillage identifiées sont généralement des systèmes radar qui fonctionnent dans des bandes adjacentes et présentent des niveaux de rayonnements non désirés excessifs, des liaisons radioélectriques défectueuses ainsi que des systèmes de radiodiffusion non autorisés fonctionnant dans une bande passive. Dans le futur, il conviendrait d'éviter ce type de situations, car elles représentent une charge de travail considérable pour les opérateurs de satellites, les administrations concernées et l'UIT, qui s'efforcent d'identifier et d'éliminer les sources de brouillage. En outre, elles ont des incidences sévères sur le fonctionnement des satellites et sur les résultats scientifiques qui découlent des missions.

Les points de l'ordre du jour de la CMR-19 pouvant se révéler essentiels pour la télédétection

L'un des principaux enjeux de la Conférence mondiale des radiocommunications de 2019 (CMR-19) sera de parvenir à trouver le juste équilibre entre la demande des services actifs qui ont besoin de davantage de spectre et le droit des systèmes passifs de pouvoir continuer à fonctionner sans subir de brouillages radioélectriques préjudiciables. L'expérience montre que, lorsque les dispositifs actifs sont déployés sans que ne soient fixées au préalable des conditions réglementaires appropriées pour protéger les capteurs passifs, il devient extrêmement difficile de rétablir un environnement dans lequel ces derniers peuvent fonctionner convenablement. Comme indiqué précédemment, il s'agit d'un aspect crucial pour les services relatifs aux prévisions numériques du temps et aux changements climatiques, ayant de lourdes incidences économiques et sociétales.

L'ordre du jour de la CMR-19 contient quatre points portant sur les rayonnements non désirés éventuels dans les bandes utilisées pour la détection passive (points 1.6, 1.13, 1.14 et 9.1.9), qui nécessiteront la mise en place de limites appropriées pour les rayonnements non désirés:

- Point 1.13 de l'ordre du jour: Etudes relatives aux fréquences pour les IMT2020/5G dans les bandes 24,25-27,5 GHz, 31,8-33,4 GHz, 37-43,5 GHz, 45,5-50,2 GHz, 50,4-52,6 GHz, 6676 GHz et 8186 GHz.
- Point 1.14 de l'ordre du jour: Identification de fréquences supplémentaires pour les stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS) dans plusieurs bandes, en particulier dans les bandes 21,4-22 GHz et 24,25-27,5 GHz, et modifications éventuelles des renvois et Résolutions existants, en particulier ceux concernant les bandes 6 440-6 520 MHz et 31-31,3 GHz.
- Point 1.6 de l'ordre du jour: Elaboration d'un cadre réglementaire pour les systèmes à satellites non OSG du service fixe par satellite (SFS) pouvant être exploités dans les bandes 37,539,5 GHz (espace vers Terre), 39,5-42,5 GHz (espace vers Terre), 47,250,2 GHz (Terre vers espace) et 50,4-51,4 GHz (Terre vers espace).
- Point 9.1.9 de l'ordre du jour: Attribution possible de la bande de fréquences 51,452,4 GHz au SFS (Terre vers espace).

La Figure 4 contient une représentation graphique des bandes de fréquences concernées.

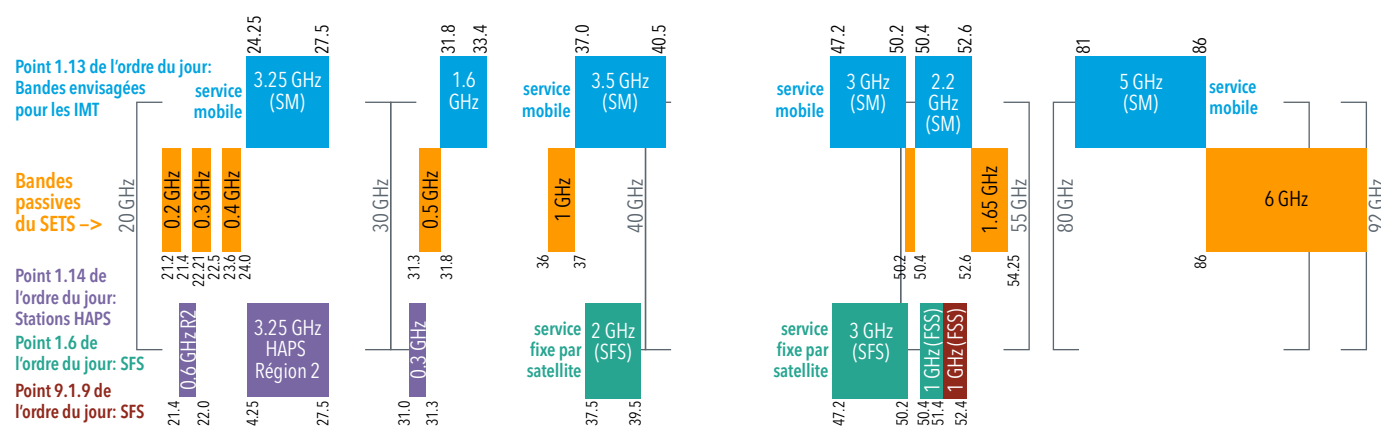
En ce qui concerne les dispositifs IMT-2020 (point 1.13 de l'ordre du jour), les limites réglementaires devront tenir compte du nombre considérable que ces dispositifs représenteront à long terme et pas simplement du nombre limité qu'il est projeté de déployer dans un premier temps. De manière évidente, la définition de limites moins rigoureuses lors de la CMR-19 créerait, à long terme, une situation irréversible pour les capteurs.

“Les générations futures doivent pouvoir continuer à bénéficier des avantages sociaux et économiques qui résultent de la télédétection dans les domaines de la météorologie, de la climatologie, de la gestion des terres et de l'eau, de l'agriculture, de la prévision des catastrophes naturelles ainsi que dans de nombreux autres domaines, d'intérêt public et privé.”

Josef Aschbacher

Un autre point de l'ordre du jour de la CMR-19 peut avoir des incidences sur les services passifs: le point 1.15, qui porte sur l'identification de bandes pour les services mobile terrestre et fixe dans la gamme 275-450 GHz. Le Tableau d'attribution des bandes de fréquences du RR n'est pas établi pour les fréquences supérieures à 275 GHz. Néanmoins, la gamme 275-450 GHz contient plusieurs bandes importantes pour les applications des services passifs. Ces bandes sont identifiées et protégées au titre du numéro 5.565 du RR. Par conséquent, des études devront démontrer la compatibilité des nouveaux services actifs avec le fonctionnement des capteurs passifs de télédétection.

Figure 4: Bandes de fréquences attribuées au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (passive) pouvant être concernées par des rayonnements non désirés excessifs causés par des systèmes IMT-2020/5G du service mobile (SM) (point 1.13 de l'ordre du jour de la CMR-19); des systèmes utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS) (point 1.14 de l'ordre du jour); et/ou des systèmes futurs du service fixe par satellite (SFS) (points 1.6 et 9.1.9 de l'ordre du jour)

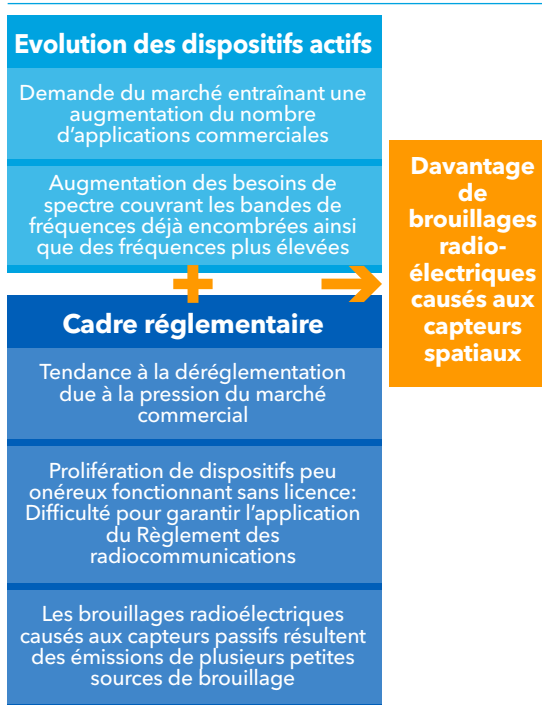


Conclusion

La Figure 5 illustre sous la forme d'un graphique les raisons principales expliquant pourquoi l'on s'attend à une augmentation des brouillages radioélectriques causés à la télédétection passive. L'unique façon de réduire le problème consiste à définir dans le RR et les Recommandations UIT-R des limites appropriées pouvant être appliquées aux systèmes actifs susceptibles d'avoir des incidences sur les mesures réalisées par les capteurs passifs.

Les générations futures doivent pouvoir continuer à bénéficier des avantages sociaux et économiques qui résultent de la télédétection dans les domaines de la météorologie, de la climatologie, de la gestion des terres et de l'eau, de l'agriculture, de la prévention des catastrophes naturelles ainsi que dans de nombreux autres domaines, d'intérêt public et privé. A cette fin, toutes les administrations doivent agir avec sagesse et adopter une vision à long terme.

Figure 5: Raisons de l'augmentation des brouillages radioélectriques causés à la télédétection passive



L'apport important de la télédétection passive à hyperfréquences pour les prévisions numériques du temps et la manière dont la CMR-19 peut résoudre le problème des brouillages radioélectriques

Stephen English

Stephen English, Chef de la Division de l'assimilation des données pour le système Terre, Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET)

Lorsqu'ils ont adopté le [Programme de développement durable à l'horizon 2030](#), les dirigeants du monde entier ont reconnu la nécessité d'établir un cadre d'indicateurs mondiaux en vue de progresser vers la réalisation des 17 Objectifs de développement durable (ODD) et des 169 cibles qui y sont associées.

Les prévisions numériques du temps (PNT) ont un rôle essentiel à jouer en ce qui concerne la plupart des ODD (faim «zéro», vie terrestre, villes et communautés durables, etc). Les PNT sont l'un des piliers essentiels à la «réduction substantielle des pertes et des risques liés aux catastrophes en termes de vies humaines, d'atteinte aux moyens de subsistance et à la santé des personnes, et d'atteinte aux biens économiques, physiques, sociaux, culturels et environnementaux des personnes, des entreprises, des collectivités et des pays», tel que défini dans le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophes adopté par les Nations Unies.



“ Dans le cas des applications de prévisions numériques du temps, le spectre des fréquences radioélectriques joue un rôle crucial tant pour les observations météorologiques par satellite que pour les communications. ”

Stephen English

Se fonder sur des observations précises pour établir des prévisions météorologiques

Les systèmes nationaux d'alerte avancée se fondent sur des PNT, tout comme c'est le cas pour les prévisions météorologiques journalières. A leur tour, les PNT reposent sur des observations précises. Elles permettent d'analyser des systèmes météorologiques au tout début de leur formation, voire de prévoir leur apparition, en fournissant donc une alerte avancée et en donnant suffisamment de temps pour prendre les mesures nécessaires. Dans cette optique, il est nécessaire de disposer d'un système mondial d'observation doté d'une composante spatiale importante afin d'établir une estimation des conditions météorologiques actuelles, à l'échelle mondiale. Il est alors possible de formuler des prévisions météorologiques au moyen de modèles mathématiques appliqués à l'atmosphère et aux océans.

Dans le cas des applications de prévisions numériques du temps, le spectre des fréquences radioélectriques joue un rôle crucial tant pour les observations météorologiques par satellite que pour les communications. Des mesures d'une très grande précision sont nécessaires, et même de faibles erreurs dans ces observations réduisent l'efficacité des PNT. Outre le fait qu'elles contribuent de manière cruciale à la sécurité des personnes, les PNT participent considérablement à l'économie, allant de l'aviation, la navigation et le trafic à l'agriculture, ainsi qu'à la gestion de la stabilité du réseau électrique pour les énergies renouvelables.

Une étude réalisée récemment par le service météorologique officiel du Royaume-Uni ([UK Met Office](#)) a montré de façon quantitative (selon les prix de 2010), sur la base d'un certain nombre d'études indépendantes, que les avantages socio-économiques qui découlent des informations relatives aux prévisions météorologiques dans l'Union européenne s'élèvent à 61,4 milliards d'euros par an.

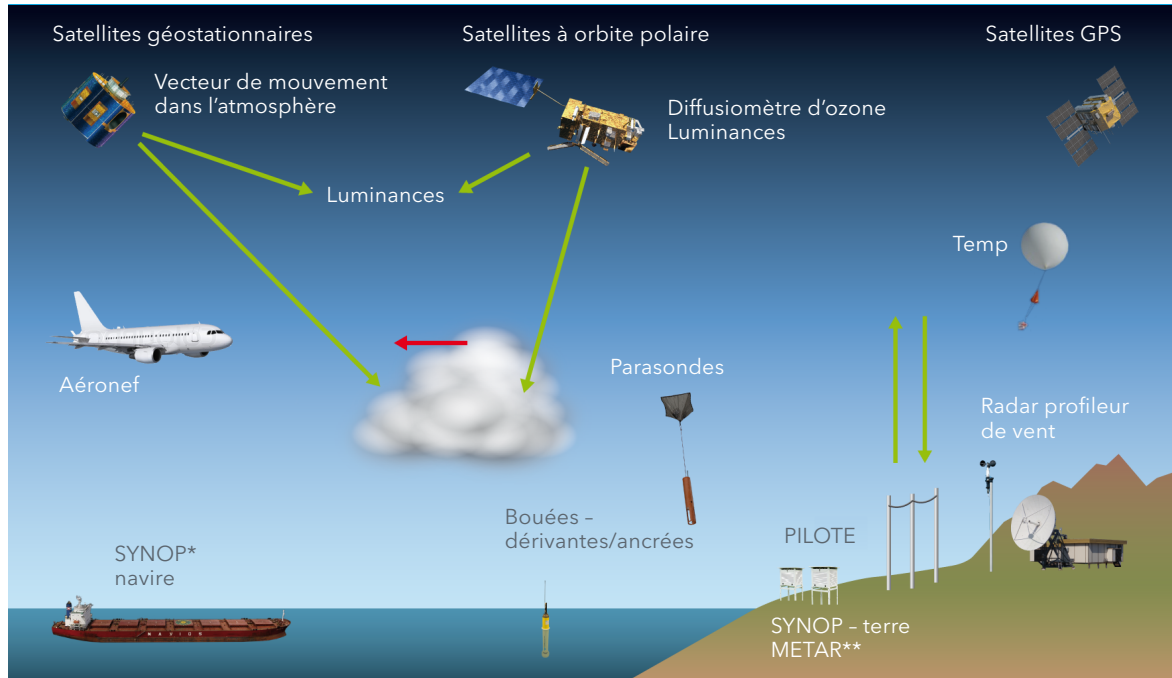
A propos des modèles de prévisions numériques du temps

De nombreux pays du monde exploitent des modèles PNT et se servent d'observations météorologiques retransmises par des satellites d'observation de la Terre, des radiosondes, des aéronefs et d'autres systèmes d'observation comme données d'entrée (voir la Figure 1). Certains modèles PNT couvrent l'ensemble du globe, tandis que d'autres portent sur une région locale en particulier.

Pour de nombreuses observations par satellite destinées à être utilisées pour les PNT, on fait appel à des techniques de détection passive dans des bandes de fréquences radioélectriques. Par conséquent, on a besoin d'attributions au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS). Les propriétés d'absorption de l'atmosphère sont caractérisées par des crêtes qui résultent de la résonance moléculaire des gaz atmosphériques et par le continuum de la vapeur d'eau ainsi que l'absorption et la diffusion par les nuages, qui augmentent en fonction de la fréquence.

Au-dessous de 10 GHz, l'atmosphère est quasi transparente, même en présence de nuages. Ces fréquences peu élevées permettent de détecter directement la surface de la planète. A 18 GHz, les propriétés diélectriques de l'eau de mer sont telles que le rayonnement est presque indépendant de la température de la surface de la mer; le rayonnement de la surface dépend donc principalement de l'état de la mer et des petites vagues. A 22-24 GHz, on trouve une raie d'absorption de l'eau peu intense et, en la mesurant, on obtient des informations sur la colonne de vapeur d'eau totale. A 31 GHz, on obtient des informations sur la teneur en eau liquide des nuages.

Figure 1: Le CEPMMT traite systématiquement des données provenant d'environ 90 produits de données de satellites dans le cadre de ses opérations quotidiennes d'assimilation des données et de ses activités de surveillance. Au total, 40 millions d'observations sont traitées et exploitées tous les jours; la grande majorité sont des mesures provenant de satellites, mais le CEPMMT tire aussi parti de toutes les observations disponibles fournies par des sources autres que les satellites, y compris des observations établies à la surface et des rapports communiqués par des aéronefs.



* Observations synoptiques en surface

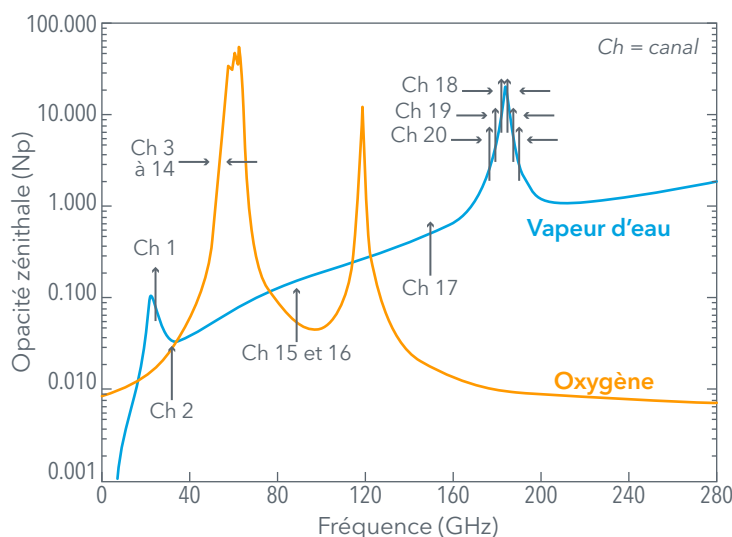
** Rapport d'observation météorologique pour l'aviation

Source: <https://www.ecmwf.int/en/research/data-assimilation/observations>

Il y a une bande d'absorption de l'oxygène intense à 50-60 GHz. Il s'agit d'une caractéristique spectrale remarquable, qui nous permet d'obtenir des informations sur la structure en 3D de la température atmosphérique avec une très faible incidence des nuages et de la vapeur d'eau. Audelà de 60 GHz, la caractéristique spectrale présentant le plus d'intérêt est la raie de la vapeur d'eau à 183 GHz, qui fournit des informations sur la structure en 3D de la vapeur d'eau. Les fréquences supérieures à 200 GHz permettent d'obtenir des informations très détaillées sur les gaz à l'état de trace et les nuages de glace.

La fréquence de chacune de ces caractéristiques spectrales provient des lois de la physique et ces caractéristiques sont donc déterminées par la nature. Elles constituent une ressource qu'il est impossible de remplacer par d'autres mesures (voir la Figure 2). Chaque bande attribuée au SETS permet de fournir des informations essentielles pour l'établissement de prévisions météorologiques ultramodernes.

Figure 2: Représentation de l'opacité atmosphérique dans la gamme de fréquences 0-280 GHz et représentation des fréquences utilisées par les canaux du sondeur à hyperfréquences avancé (AMSUA, canaux 1-15/AMSU-B, canaux 16-20), qui est l'un des instruments les plus importants exploités dans le cadre des PNT et qui n'a cessé d'être utilisé 1998 sur différents satellites opérationnels de la NOAA et d'EUMETSAT, ainsi que des instruments de nouvelle génération tels que le sondeur de température à hyperfréquences (MWTS-2) et le sondeur d'humidité à hyperfréquences (MWHS-2) de la Chine, le balayeur/sondeur à hyperfréquences (MTVZA-GY) de la Russie et le sondeur à hyperfréquences de haute technologie (ATMS) des Etats-Unis, entre autres.



Source: English, S. J.; Guillou, C.; Prigent, C.; et Jones, D. C. (1994), *Aircraft measurements of water vapour continuum absorption at millimetre wavelengths* (Mesures de l'absorption relative au continuum de la vapeur d'eau aux longueurs d'ondes millimétriques à partir d'un aéronef).

Des évaluations relatives à l'incidence des observations météorologiques montrent que les observations hyperfréquences sont à l'heure actuelle le principal système d'observation par satellite pour les PNT à l'échelle mondiale. Ces observations contribuent à hauteur d'environ 30 à 40% à l'amélioration globale des prévisions à court terme. La dégradation des prévisions sans observations hyperfréquences correspondrait, pour la plupart des centres, à un allongement du temps moyen nécessaire pour établir des prévisions d'environ 3 à 6 heures.

En d'autres termes, en l'absence d'observations hyperfréquences, on serait en mesure d'établir des prévisions du même niveau seulement 3 à 6 heures plus tard.

Cette situation entraînerait un allongement considérable du temps nécessaire à tous les systèmes PNT dans le monde pour émettre des alertes, par exemple en cas de conditions météorologiques extrêmes.

En outre, le CEPMMT a illustré dans une étude la perte de résilience du système d'observation qui découlerait de l'absence de données hyperfréquences. En effet, sans observations hyperfréquences, la dégradation imputable à l'absence d'observations infrarouge hyperspectrales est considérablement plus élevée qu'en présence d'observations hyperfréquences. Dans un tel cas, de nombreux endroits ne seraient pas préparés à l'approche de phénomènes météorologiques dangereux et n'en seraient pas informés.

L'incidence générale observée pour les systèmes PNT mondiaux se retrouve aussi pour les systèmes PNT régionaux. Une étude menée récemment par le service météorologique de la Norvège a mis en évidence une dégradation significative des prévisions dans son système régional en l'absence de données hyperfréquences.

Il faut accorder une attention particulière aux impératifs sur lesquels reposent les prévisions météorologiques. Toutefois, d'autres impératifs viennent s'ajouter pour ce qui est de la surveillance et des prévisions concernant le climat, qui dépendent également des observations établies à partir de capteurs passifs à hyperfréquences.

Brouillages radioélectriques et éventuelles pertes de bandes

Les utilisateurs des PNT constatent déjà des brouillages radioélectriques dans les bandes de fréquences C, X et K, causés notamment ceux causés au radiomètre à hyperfréquences à balayage avancé du Japon (AMSR2). La perte de ces bandes et d'autres aurait une incidence négative sur les systèmes nationaux d'alerte météorologique ainsi que sur notre aptitude à surveiller les changements climatiques.

“La perte de ces bandes et d'autres aurait des effets négatifs sur les systèmes nationaux d'alerte météorologique ainsi que sur notre aptitude à surveiller les changements climatiques.”

Stephen English

Le rôle important de la CMR-19 dans la protection des bandes attribuées au SETS contre les brouillages

En ce qui concerne les points de l'ordre du jour qui seront examinés à la Conférence mondiale des radiocommunications de 2019 (CMR-19), nous tenons à souligner combien il est important de garantir la protection des bandes attribuées au SETS (passive) contre les brouillages susceptibles d'être causés par des rayonnements non désirés des IMT-2020/de la 5G, en particulier dans la bande passive des 24 GHz, et par des rayonnements non désirés de futurs systèmes à satellites commerciaux dans la bande de détection passive des 50/60 GHz.

Compte tenu de l'importance des prévisions météorologiques et des avantages économiques et sociaux qui en découlent, il est nécessaire que la CMR-19 prenne une décision quant aux limites appropriées des rayonnements non désirés à faire figurer dans le Règlement des radiocommunications, afin de protéger les mesures globales effectuées dans ces bandes de détection passive au caractère unique.

Les Nouvelles de l'UIT au cours des 150 années d'existence de l'organisation – Points de repère

1869

Publication du premier numéro du «Journal télégraphique»

Suite à la signature à Paris, le 17 mai 1865, de la première Convention télégraphique internationale portant création de l'UIT, la deuxième Conférence télégraphique internationale, organisée à Vienne en 1868, décide de la mise en place d'un secrétariat permanent de l'Union à Berne, en Suisse. L'une des six tâches alors assignée au Bureau est la publication d'un «journal télégraphique en langue française» (Article 61 de la Convention télégraphique internationale (Vienne, 1868)). Les Etats Membres sont donc responsables de la publication du journal, qui contribue grandement à la mission de communication des informations de l'UIT depuis la création du Secrétariat. Le premier numéro du «Journal télégraphique» est publié le 25 novembre 1869.



1934

Le journal rebaptisé «Journal des télécommunications»

En 1932, la Conférence télégraphique internationale et la Conférence radiotélégraphique internationale tenues à Madrid choisissent de

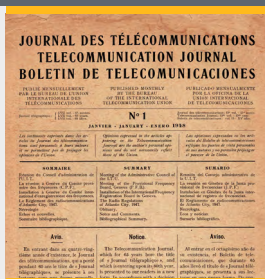


réunir la Convention télégraphique et la Convention radiotélégraphique en une seule Convention internationale des télécommunications. C'est à ce moment-là qu'il est décidé de rebaptiser l'organisation pour refléter l'ensemble de ses responsabilités. Le nouveau nom, Union internationale des télécommunications, entre en vigueur le 1er janvier 1934. Profitant de cet élan, le Journal télégraphique devient le Journal des télécommunications le même jour.

1948

Publication du journal en trois langues: anglais, français et espagnol

Suite aux décisions de la Conférence internationale des radiocommunications d'Atlantic City tenue en 1947 concernant l'usage des langues, le Journal des télécommunications est publié en trois langues (anglais, français et espagnol) à partir de janvier 1948. Les trois langues cohabitent alors les unes à côté des autres sur la même page. La publication du nouveau journal représente une charge de travail et un coût de production nettement plus importants.



1962

Une publication par langue

A partir de janvier 1962, les versions anglaise, française et espagnole du Journal sont publiées séparément, remplaçant ainsi l'ancienne formule trilingue. Des années 1960 jusqu'aux années 1980,

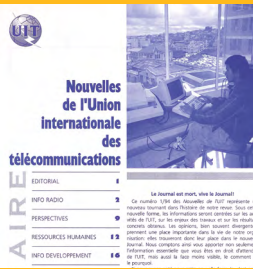


le Journal est de plus en plus utilisé pour la diffusion d'informations sur l'Union et ses travaux. Une partie de cette stratégie de communication consiste à envoyer des exemplaires du Journal aux Nations Unies et à leurs institutions spécialisées ainsi qu'aux centres d'information des Nations Unies dans différentes régions du monde, et aux experts du domaine prenant part à la coopération technique avec l'Union. Un nombre croissant d'organes de presse généralistes et spécialisés demandent en outre à le recevoir.

1994

D'un journal à un bulletin d'information

A partir du 1er janvier 1994, le Journal des télécommunications est remplacé par les «Nouvelles de l'UIT». La présentation est modifiée et modernisée, et le calendrier de parution passe à 10 fois par an. Dans sa nouvelle



forme, le journal, ou bulletin d'informations, doit «se concentrer sur les activités de l'UIT, sur les questions à l'étude et sur les résultats concrets obtenus». Les opinions, bien qu'elles soient souvent polémiques, doivent aussi trouver leur place dans la nouvelle formule, afin que les lecteurs n'aient pas seulement accès aux informations de base concernant l'UIT, mais également aux «côtés moins visibles, aux tenants et aux aboutissants».

1996

Les Nouvelles de l'UIT deviennent une revue

1999

Publication d'une version électronique et mise en place d'abonnements payants



Dans le cadre de la réaction à une étude faisant ressortir un besoin de transmission par voie électronique des informations relatives aux travaux de l'UIT, une première

version électronique de la revue «Nouvelles de l'UIT» est publiée sur le site web de l'organisation à la mi-1999. Depuis lors, les Nouvelles de l'UIT sont publiées au format papier et électronique. Entre 2003 et 2006, le site web «Nouvelles de l'UIT» enregistre un nombre moyen élevé de visites par mois, se classant parmi les trois sites les plus visités de l'UIT. A partir de 1999, la version imprimée devient payante pour les entités non membres de l'UIT. Le tarif de l'abonnement est de 100 CHF par an; un certain nombre de librairies et de sociétés du secteur privé figurent au nombre des abonnés.

2009

La revue «Nouvelles de l'UIT» est désormais disponible en six langues

Depuis juillet 2009, les Nouvelles de l'UIT sont publiées dans les six langues officielles de l'Union (arabe, chinois, anglais, espagnol, français et russe) et continuent



d'assurer une large couverture des activités et événements de l'UIT qui façonnent le paysage des télécommunications/technologies de l'information et de la communication partout dans le monde.

2016

La revue «Nouvelles de l'UIT» devient entièrement numérique



En 2016, la revue «Nouvelles de l'UIT» devient entièrement numérique, et est dotée d'un nouveau [portail en ligne](#). Des éditions numériques réalisées autour

d'événements importants organisés par l'UIT et sur des thèmes particuliers tout au long de l'année sont à présent largement diffusées au moyen d'un bulletin d'information électronique. De plus, en 2016, le Service de la bibliothèque et des archives de l'UIT, au terme d'un travail de longue haleine, a mis en ligne une collection historique numérisée des Nouvelles de l'UIT, s'étendant sur la période 1869-2015. Des recherches peuvent être effectuées dans la collection complète et il est possible de consulter des informations sur l'évolution du secteur des télécommunications/technologies de l'information et de la communication ainsi que sur les activités menées par l'UIT au fil des ans. Voir les journaux de l'UIT [tout au long de l'histoire \(1869-2015\)](#).

2019

Les Nouvelles de l'UIT célèbrent leurs 150 ans d'existence (1869-2019)

Stay current.
Stay informed.



The weekly ITU Newsletter
keeps you informed with:

Key ICT trends worldwide

Insights from ICT Thought Leaders

The latest on ITU events and initiatives

»
**Sign
up
today!**