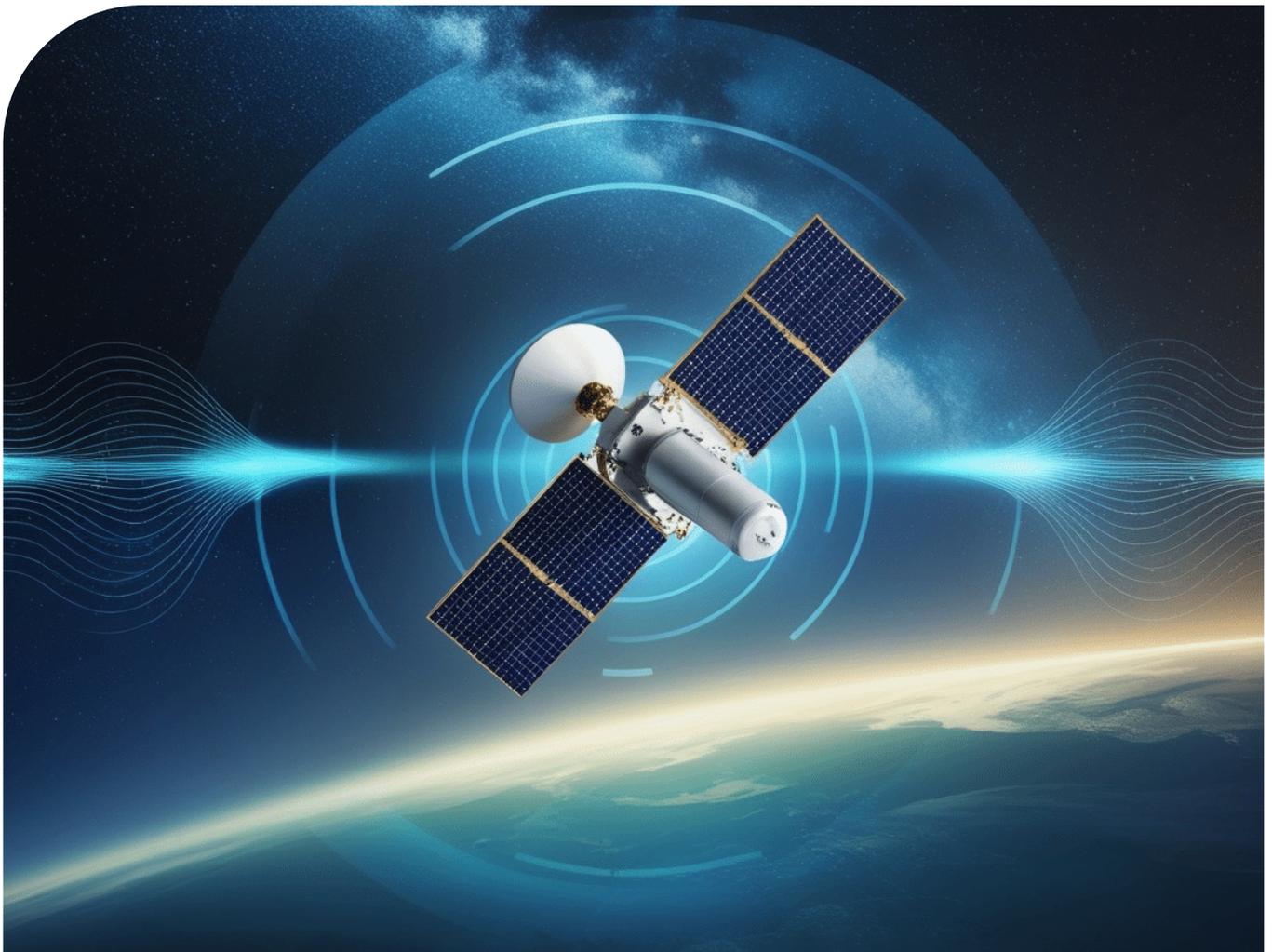


FEUILLES DE ROUTE TECHNIQUES DU CNES

MAÎTRISE DU SPECTRE

SUPPORT POUR LES FRÉQUENCES SPATIALES



Le contexte

L'essor des constellations de satellites a bouleversé le secteur spatial, augmentant la complexité de la régulation des fréquences et la saturation du spectre. Les agences comme l'UIT et l'ANFR sont confrontées à des taux d'occupation spectrale croissants.

Dans cet environnement, le Bureau des Fréquences du CNES joue un rôle essentiel dans l'analyse des brouillages, le choix des fréquences, en facilitant l'accès au spectre pour les nouveaux entrants et en préservant les intérêts de l'industrie spatiale française



L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies qui régle

l'utilisation du spectre radioélectrique à l'échelle mondiale. Son rôle principal est de coordonner l'attribution des fréquences entre les pays afin d'éviter les interférences et d'assurer une utilisation équitable du spectre. Dans le cadre des fréquences spatiales, l'UIT définit les conditions d'utilisation des bandes réservées aux systèmes spatiaux, garantissant ainsi que les projets spatiaux puissent opérer dans un environnement réglementé et sans perturbations.



L'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) est chargée de gérer et de contrôler

l'utilisation du spectre radioélectrique sur le territoire national. En ce qui concerne les fréquences spatiales, l'ANFR joue un rôle clé dans la coordination internationale et nationale pour garantir un usage harmonieux du spectre, en étroite collaboration avec des organisations telles que l'UIT. Le Bureau des Fréquences du CNES collabore étroitement avec l'équipe réglementation et ressources orbite/spectre de l'ANFR, une équipe dont la compétence exceptionnelle nous confère un avantage indéniable dans la réalisation de nos missions.



CNES affectataire ESPACE

Le CNES, en tant qu'affectataire des fréquences spatiales pour la France, a la responsabilité de gérer et d'allouer les bandes de fréquences dédiées aux projets scientifiques et de recherche spatiale. Cette gestion s'effectue en coordination avec d'autres affectataires, notamment le ministère de la Défense et Météo-France, qui partagent certaines bandes de fréquences pour leurs besoins spécifiques. Cette collaboration est essentielle pour garantir que l'utilisation des fréquences soit harmonisée entre les différents acteurs nationaux tout en préservant les capacités de chaque entité à opérer dans l'espace. Le Bureau des Fréquences du CNES a justement été créé pour remplir ce rôle d'affectataire des fréquences spatiales, tout en assurant un soutien constant aux projets spatiaux et en garantissant une maîtrise optimale du spectre spatial.

Pour le Bureau des Fréquences du CNES

Deux principaux défis

• Réglementation internationale

Le CNES, en tant qu'affectataire des fréquences spatiales scientifiques, contribue activement à l'élaboration des réglementations internationales (UIT, CEPT, etc.) pour protéger ces bandes critiques. Cette coordination est cruciale pour protéger les intérêts stratégiques de la France dans un contexte de forte concurrence internationale.

• Amélioration des capacités opérationnelles

En s'appuyant sur l'expertise technique du CNES, depuis les équipes antennes jusqu'aux spécialistes en orbitographie et en bilans de liaison, le Bureau des Fréquences continue de développer des capacités avancées de modélisation des fréquences et des interférences. Ces innovations sont essentielles pour faciliter l'accès à l'espace de demain.

Deux initiatives stratégiques

• Anticipation des demandes de fréquences stratégiques

Le Bureau des Fréquences propose d'accompagner les nouveaux entrants en anticipant et réalisant pour eux les dépôts de demandes de fréquences stratégiques, garantissant ainsi leur accès à des ressources critiques pour les années à venir. Ce soutien gratuit offert par le CNES à l'industrie spatiale française constitue un avantage compétitif unique par rapport à d'autres pays. Cette approche se décline au-delà des nouveaux entrants, apportant un appui aux différents acteurs du secteur spatial français.

• Développement d'outils automatisés

Le Bureau des Fréquences développe des outils innovants capables de traiter rapidement les risques de brouillage, particulièrement face à la multiplication des constellations. Ces solutions, inexistantes sur le marché, offrent un avantage compétitif aux entreprises soutenues par le CNES. Grâce à cette expertise technique, combinée au soutien pratique et réglementaire pour les demandes de fréquences (filing), les équipes peuvent se concentrer pleinement sur le cœur technologique de leurs missions spatiales, optimisant ainsi leurs performances et leur compétitivité.

À travers ces initiatives, le Bureau des Fréquences du CNES vise à renforcer la position de la France dans le secteur spatial international et à assurer une gestion optimale et pérenne des fréquences spatiales.

En un coup d'œil

Accélérer l'accès à l'espace

Les acteurs du secteur spatial se trouvent confrontés à des démarches réglementaires complexes liées aux choix des fréquences nécessaires à leurs projets satellitaires. Ces étapes, essentielles pour éviter les interférences, peuvent représenter un obstacle technique et financier important sans le soutien adéquat.

Pour faciliter l'accès à l'espace, le CNES intervient sur trois aspects clés



• Expertise technique

Optimisation du choix des fréquences.

• Réduction des délais

Diminution des démarches de 6 mois.

• Économies

Réductions des coûts pouvant atteindre 20 000 euros.

Les enjeux

pour la maîtrise du spectre

Les bandes de fréquences sont attribuées en fonction des besoins spécifiques des différents services, tels que la recherche spatiale, les télécommunications ou la météorologie. Certaines bandes sont partagées entre plusieurs services, comme la défense ou la météo, nécessitant une coordination pour éviter les interférences. L'enjeu majeur pour le secteur spatial est de protéger les bandes existantes, cruciales pour les missions spatiales, face aux pressions croissantes des télécommunications terrestres, notamment avec le déploiement de la 5G.

► Protection des bandes passives

Les bandes passives sont indispensables à la radioastronomie, l'observation de la Terre et à la modélisation du changement climatique. Elles permettent de capter des signaux naturels émis par la Terre et l'atmosphère, qui sont essentiels pour mesurer des paramètres environnementaux cruciaux tels que la température, l'humidité, ou encore les concentrations de gaz à effet de serre. Cependant, ces bandes sont fortement convoitées par les télécommunications terrestres, notamment pour le développement de la 5G, ce qui accroît le risque d'interférences et pourrait compromettre la qualité des données scientifiques. Le rôle du CNES, en collaboration avec l'ANFR, est de défendre ces bandes vitales pour les missions scientifiques futures et les activités spatiales.

► Choix optimal des fréquences

Les bandes UHF, S et X, utilisées pour les communications satellites et les télémétries, sont de plus en plus sollicitées avec la multiplication des missions spatiales. Cette croissance d'utilisation rend cruciale la gestion de ces bandes. Le Bureau des Fréquences, en collaboration avec l'ANFR, doit jongler entre les besoins croissants des secteurs scientifiques, commerciaux et de défense. Il est essentiel d'anticiper les futures demandes tout en préservant les capacités pour la recherche scientifique et les missions spatiales, afin de maintenir un accès équitable à ces ressources critiques.



Les axes techniques

Contribution à la réglementation internationale du spectre radiofréquence

Le Bureau des Fréquences du CNES défend les intérêts français au sein des instances internationales comme l'UIT pour la gestion du spectre radiofréquence. Il travaille avec l'ANFR ainsi qu'avec les autres agences spatiales, à travers le SFCG, pour protéger les bandes spatiales critiques et anticiper les besoins futurs, face à la pression des télécommunications terrestres.



SFCG

L'organisation internationale **Space Frequency Coordination Group** (SFCG) regroupe les agences spatiales et météorologiques, dédiée à la coordination et à la gestion des fréquences utilisées par les systèmes spatiaux. Il facilite la coopération entre ses membres pour proposer des évolutions de la réglementation définie par l'UIT, en veillant à un usage harmonieux et durable du spectre. Le travail conjoint du CNES et de l'ESA notamment au sein du SFCG permet d'anticiper les besoins futurs des systèmes spatiaux tout en garantissant la protection des fréquences essentielles aux missions scientifiques et liées au climat.

Coordination des fréquences avec les opérateurs de satellites

Le processus de coordination des fréquences spatiales avec les opérateurs de satellites est un volet crucial du travail du Bureau des Fréquences. Cette coordination vise à éviter les interférences entre les différents

systèmes spatiaux et à garantir un accès équitable aux ressources du spectre. Ce processus peut être long et complexe, car il implique de nombreuses parties prenantes internationales, chacune ayant des intérêts techniques et commerciaux spécifiques. Des négociations sont souvent nécessaires pour concilier ces intérêts et trouver des solutions qui respectent les besoins de chacun, tout en respectant les réglementations internationales en vigueur. Le rôle du CNES dans ce contexte est de s'assurer que les fréquences attribuées aux missions françaises sont protégées et utilisées de manière optimale, tout en anticipant les besoins futurs.

Choix optimal des fréquences pour les projets spatiaux

Le choix optimal des fréquences est un aspect clé dans l'accompagnement des projets spatiaux, qu'ils soient menés en interne, par des nouveaux entrants ou des acteurs établis. Le CNES fournit un soutien stratégique, allant de la sélection des bandes de fréquences adaptées aux besoins spécifiques des missions jusqu'à la déclaration et la coordination finale des fréquences. Pour les projets structurants, notamment dans les domaines scientifiques et de la défense, le CNES joue un rôle crucial en garantissant un accès efficace aux bandes critiques. De même, pour les projets de petits satellites ou ceux des partenaires du programme France 2030, le CNES aide à anticiper les défis réglementaires et techniques liés à la saturation du spectre. Ce processus, combiné à une stratégie de déclaration de fréquence, est essentiel pour assurer la réussite des projets.

Études en cours

Nous menons actuellement deux études techniques majeures.

Optimisation du choix des fréquences

L'objectif est de renforcer le développement et d'améliorer l'efficacité de l'outil dédié à l'optimisation du choix des fréquences, afin de réduire au maximum la probabilité d'interférences avec les systèmes spatiaux existants. Ce projet ambitieux repose sur les capacités d'orbitographie précise du CNES et sur le logiciel commercial Visualyse, reconnu pour sa modélisation des interférences. La performance de cet outil est essentielle pour identifier les ressources spectrales optimales, surtout dans un contexte où la prolifération des constellations de satellites complexifie la gestion du spectre.

Protection des stations sol spatiales

Le besoin est celui de la protection des stations sol spatiales. L'objectif est de créer un outil logiciel capable d'identifier les risques de brouillage dans les bandes de fréquences proches des faisceaux hertziens et des stations de base de télécommunications, qui sont de plus en plus déployées près des installations spatiales. En tant qu'affectataire des fréquences spatiales, nous visons à intégrer les différentes stations de nos partenaires situées en France afin de prévenir les brouillages potentiels, garantissant ainsi la continuité des opérations des systèmes spatiaux.





Prochaines étapes

Les prochaines étapes du Bureau des Fréquences suivent les feuilles de route techniques du CNES, avec les trois priorités suivantes :

Développement de nouvelles technologies

- Antennes actives et formation de faisceau
- Nouvelles formes de signaux et de modulations
- Équipements radiofréquences embarqués innovants

Maîtrise du spectre pour les futures missions

- Modélisation des interférences et des brouillages pour les nouvelles missions spatiales
- Optimisation des choix de fréquences, notamment vers des bandes plus élevées (comme la bande Ka)
- Application à des missions critiques telles que la Surveillance de la Situation Spatiale (SSA)

Anticipation des défis futurs

- Préserver la performance des systèmes spatiaux face à la saturation croissante du spectre
- Développement de nouvelles stratégies d'utilisation optimale du spectre
- Renforcer les synergies avec les opérations spatiales pour mieux faire face aux situations de brouillage.

Ces actions s'inscrivent dans une vision d'innovation continue pour garantir la résilience et la compétitivité des missions spatiales françaises dans un environnement de plus en plus exigeant.

ACRONYMES

ANFR : Agence Nationale
des Fréquences
(autorité française responsable
de la gestion des fréquences
radioélectriques en France)

SFCG : Space Frequency Coordination
Group (organisation internationale
regroupant les agences spatiales
et météorologiques, dédiée
à la coordination et à la gestion
des fréquences spatiales)

UIT : Union Internationale
des Télécommunications
(agence spécialisée des Nations
Unies pour les technologies
de l'information et de la
communication – TIC)

LIENS

CNES

www.cnes.fr

ConnectByCNES

<https://www.connectbycnes.fr>

Comet

<https://www.comet-cnes.fr>

France 2030

<https://www.economie.gouv.fr/france-2030>

<https://www.economie.gouv.fr/premiers-resultats-volet-spatial-france-2030-devoiles>

BPI

<https://www.bpifrance.fr>

Appel à idées préparation du futur du CNES

https://rd-cnes.wiin.io_

DES QUESTIONS, DES COMMENTAIRES ? VOTRE AVIS NOUS INTERESSE

courriel : fdr-techniques@cnes.fr

