

Le monde entre 3 GHz et 300 GHz : services et applications

Ca se bouscule sérieusement entre 3 GHz et 300 GHz : non seulement un nombre incalculable de services et d'applications sont installés dans cette plage de fréquence mais ils doivent souvent partager les mêmes fréquences. L'objet du présent article conçu en plusieurs épisodes est justement d'expliquer comment remettre de l'ordre dans cet embrouillamini, ce à quoi il faut particulièrement faire attention et quel rôle jouent les systèmes de Rohde & Schwarz auprès des autorités de régulation et des gestionnaires de réseau.

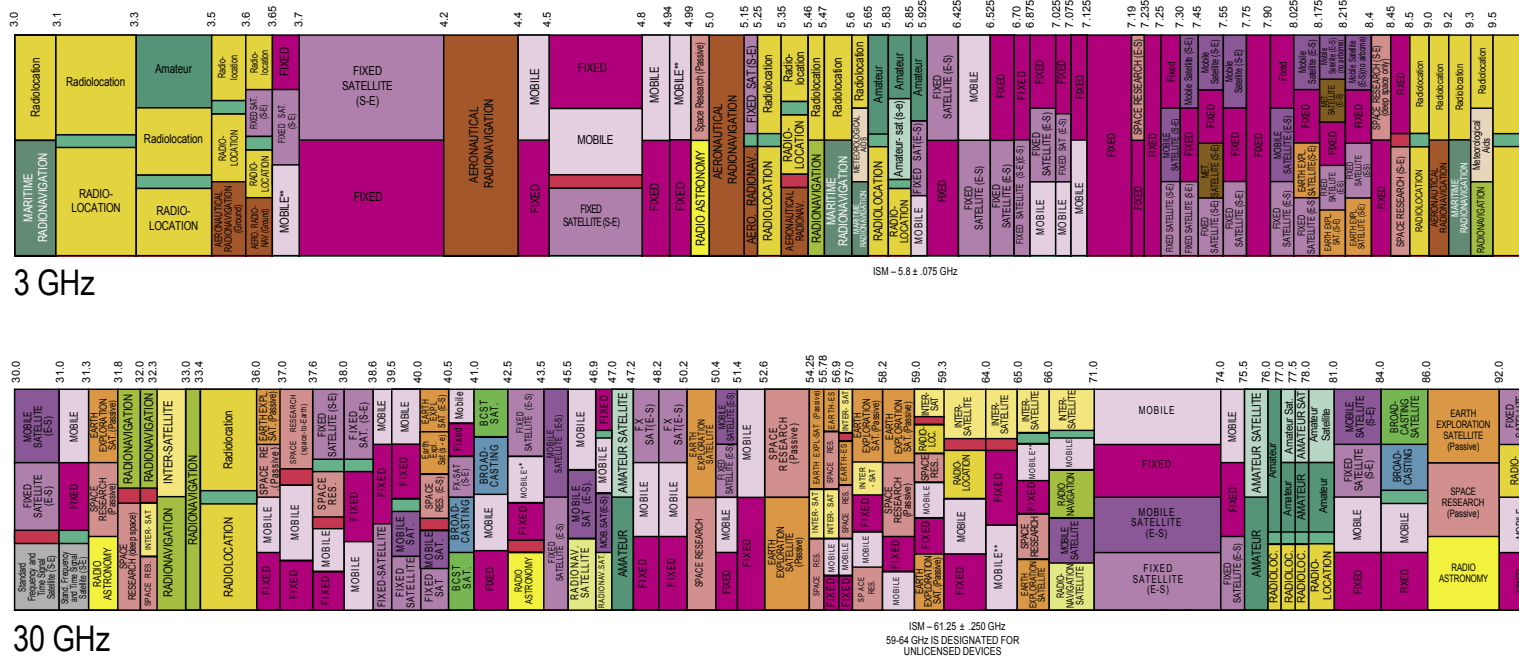
De l'ordre dans ce chaos – possible grâce à la régulation

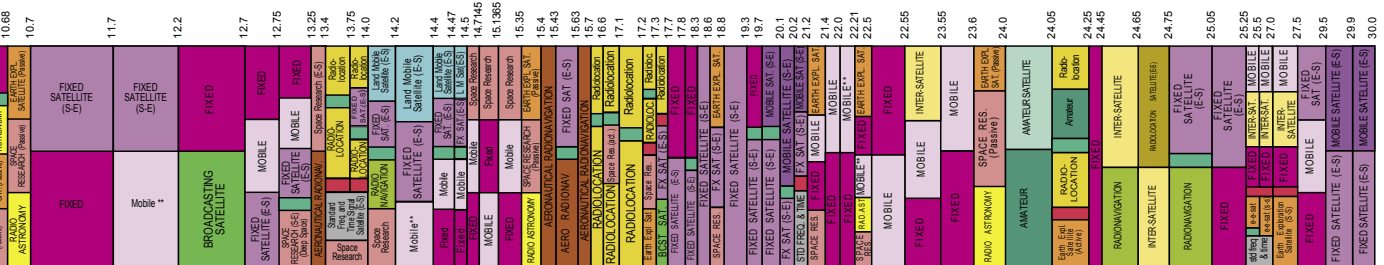
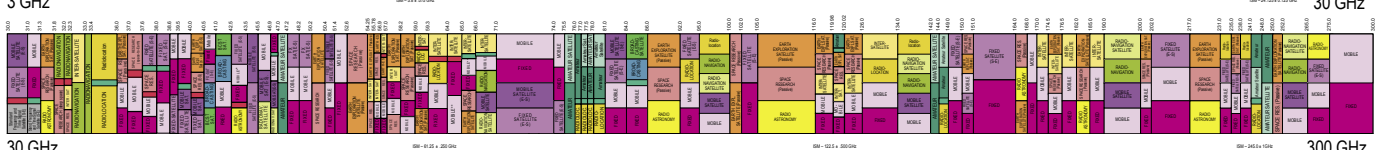
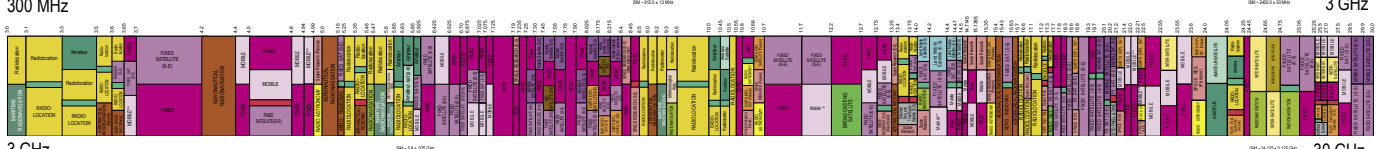
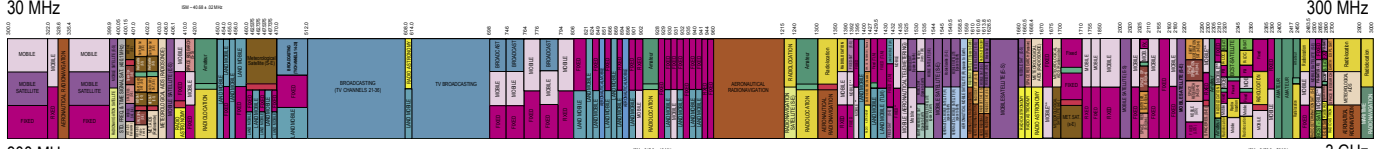
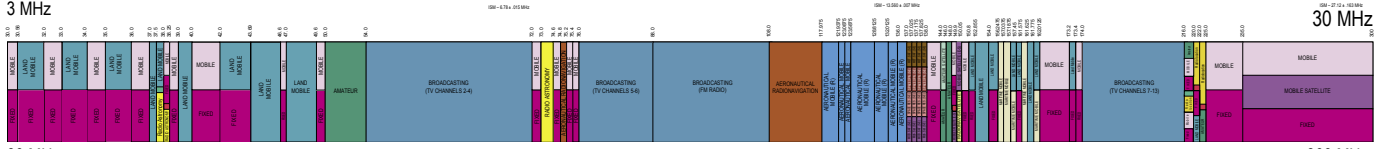
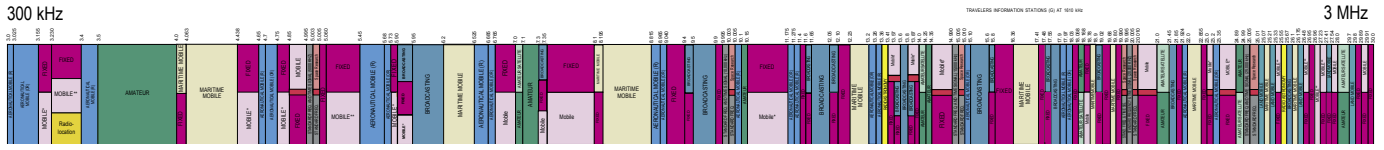
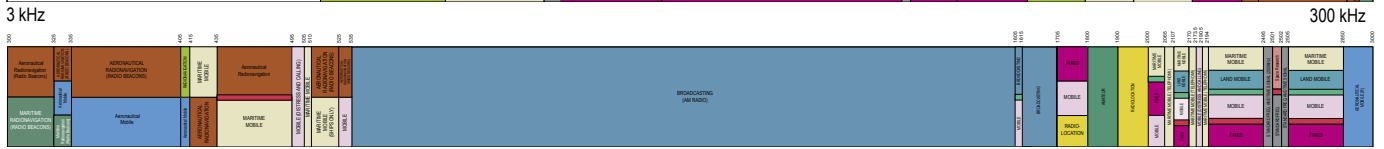
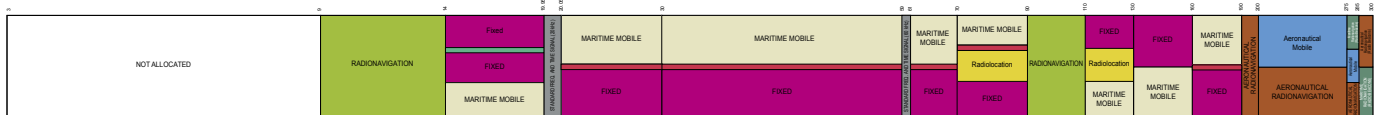
Sans la régulation, le monde sombrerait dans un chaos de fréquences. C'est la raison pour laquelle les autorités réglementaires nationales régissent l'attribution du spectre radioélectrique dans un contexte international, sous l'égide de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) – organisme rattaché à l'ONU – dont le siège est à Genève. Cet organisme a divisé le monde en trois régions UIT où il a décrété des attributions de fréquence pour tous les états membres (cf. exemple en figure 1).

Services et applications dans la bande de fréquence de 3 GHz à 300 GHz

Au sein des régions UIT, le spectre des fréquences entre 9 kHz et 275 GHz est attribué à différents services, tels que les services « Fixes », « Aéronautique », « Satellite » et « Espace » (fig. 2). Ces services sont eux-mêmes subdivisés en applications – telles que par exemple WLAN/WPAN, WiFi, Wipro, WiMAX™, radar (civil, militaire), radio et télévision (satellite) ou transport – qui définissent les gammes de fréquence utiles destinées aux utilisateurs finaux. Plus de 200 applications différentes existent, lesquelles ont été rassemblées en groupes d'applications pour une meilleure vue d'ensemble.

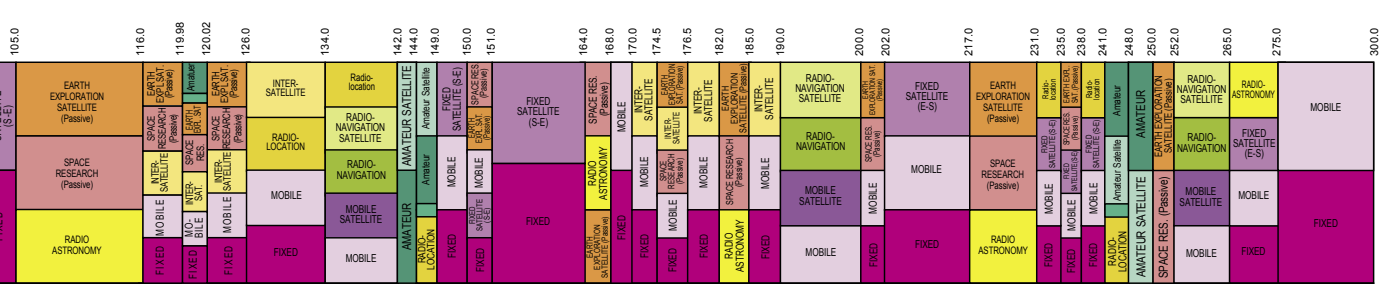
Fig. 1 Occupation dense : l'exemple d'une attribution de fréquence nationale entre 9 kHz et 300 GHz, sur la droite (en haut), illustre comment faire cohabiter densité d'occupation des bandes de fréquences et diversité des services. La section ci-dessous représente la gamme située entre 3 GHz et 300 GHz.





ISM - 24.125 ± 0.125 GHz

30 GHz



ISM - 122.5 ± 500 GHz

ISM - 245.0 ± 1GHz

300 GHz

Etant donné que le spectre des fréquences entre 9 kHz et 3 GHz est déjà entièrement occupé, de nouveaux services ou des services nécessitant de plus larges bandes passantes doivent se rabattre sur les fréquences supérieures à 3 GHz afin de pouvoir répondre aux exigences en matière de bande passante et de débit ainsi que de fiabilité et de fluidité de la transmission dans le champ radioélectrique.

Les figures 1 et 2 illustrent clairement le problème de fond : étant donné que le spectre est une ressource rare et que le besoin à l'échelle mondiale est considérable, les fréquences sont souvent attribuées à plusieurs services à la fois – ce qui entraîne inévitablement des perturbations et inconvénients

pour les différents utilisateurs du spectre. Cela est encore plus probant lorsque l'on rassemble les différents services en groupes principaux et que l'on représente leur attribution sur l'axe des fréquences, tel que montré en figure 3 ci-dessous. Il n'est donc pas étonnant que des perturbations mutuelles puissent se produire (fig. 4). Cela montre également qu'il ne suffit pas que l'attribution des fréquences soient effectuées par les autorités réglementaires nationales sur une seule base de planification mais faut-il encore que ces autorités soient dotées de moyens de mesure de champs leur permettant de réguler le spectre de fréquence radioélectrique entre 3 GHz et 300 GHz et qu'elles puissent localiser et documenter la source d'un éventuel brouillage pour pouvoir le supprimer.

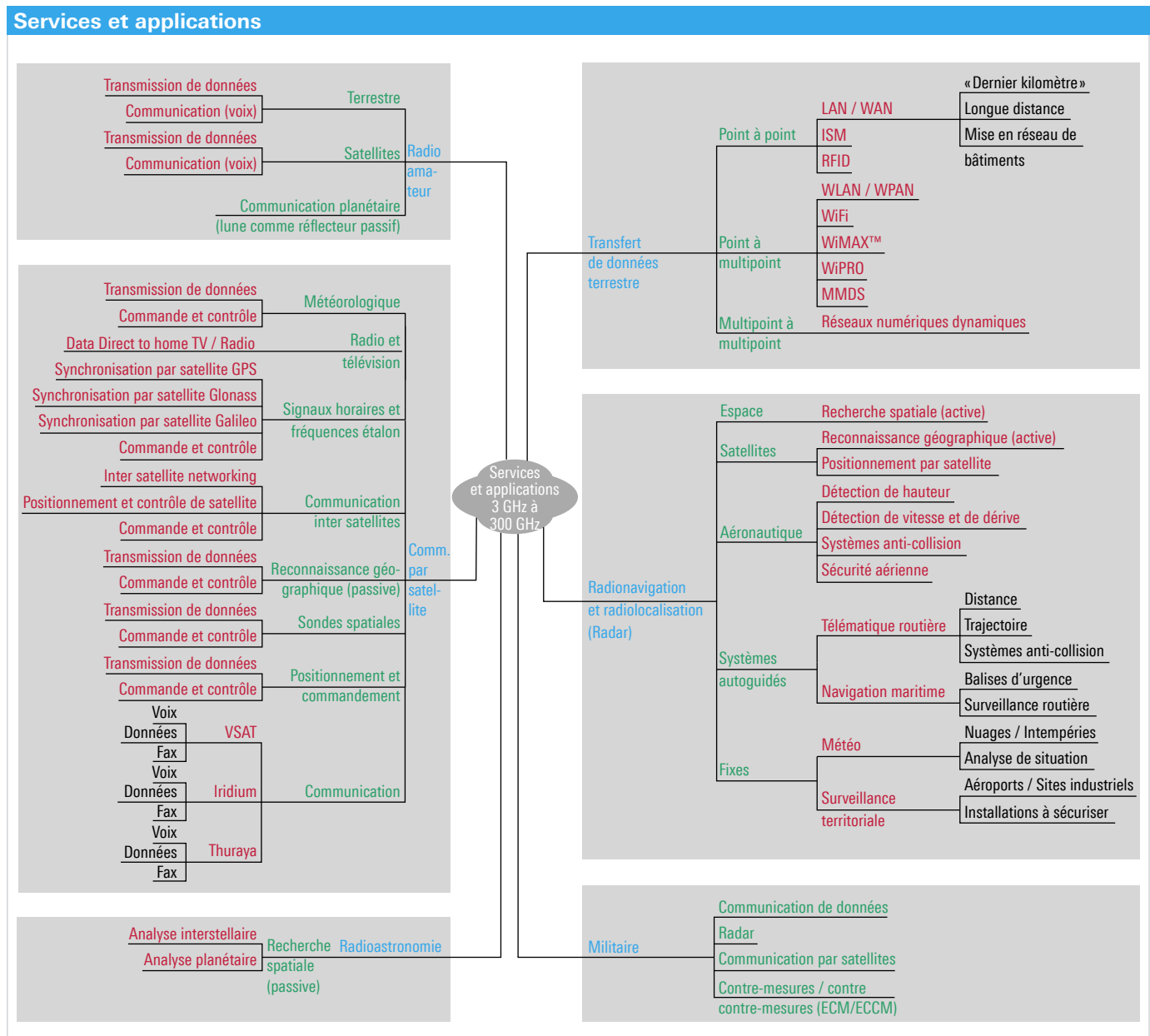


Fig. 2 Groupes de services principaux (en bleu), services (en vert) et groupes d'application (en rouge et noir) dans la bande de fréquence de 3 GHz à 300 GHz.

Systèmes de surveillance typiques

Dans la bande de fréquence de 9 kHz à 3 GHz, les autorités réglementaires nationales utilisent les systèmes de surveillance (monitoring) typiques suivants :

- **Systèmes de surveillance fixes (FMS)**
(avec personnel ou en déporté)
- **Systèmes de surveillance mobiles (MMS)**
(avec personnel), installés sur des plates-formes mobiles, par exemple dans des véhicules
- **Systèmes de surveillance portables (PMS)**
basés sur des appareils portables
- **Systèmes de surveillance universels (UMS)**
(en déporté), installés en permanence, par exemple sur les toits, mais sont également mobiles ou transportables
- **Systèmes de surveillance transportables (TMS)**
(avec personnel), installés en vue d'une utilisation temporaire

A partir de 3 GHz : détection quasi uniquement en liaison à visibilité directe

En raison des conditions de propagation régnant dans la bande de fréquence de 3 GHz à 300 GHz, où les liaisons radio s'établissent quasi uniquement en visibilité directe, les systèmes de surveillance fixes (FMS) – compte-tenu de leur portée limitée – sont exclus pour la recherche de perturbateurs. De plus, l'utilisation des systèmes de surveillance mobile (MMS) est soumise à condition s'ils ne sont pas installés sur un site exposé. En outre, les très faibles puissances d'émission des perturbations dans cette gamme de fréquence restreignent souvent la portée des systèmes de surveillance micro-ondes.

Dans ce contexte, Rohde&Schwarz propose des systèmes de surveillance parfaitement optimisés pour ces conditions générales et spécificités de propagation rencontrées dans le domaine des hyperfréquences et des ondes millimétriques. L'utilisation de composants système spécialement adaptés à ces exigences leur permet d'atteindre une distance de détection deux fois plus grande que des produits concurrents.

Groupes de services principaux

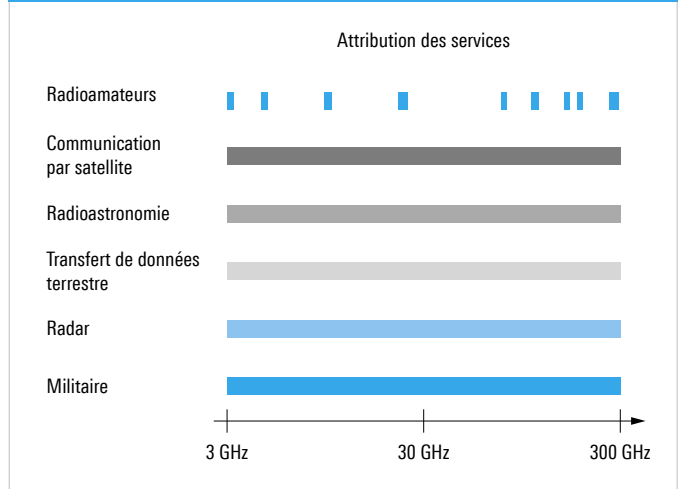


Fig. 3 La disposition des services par groupe principal et leur affectation en fonction des fréquences montre clairement leurs multiples attributions.

Faits sur mesure : systèmes de Rohde&Schwarz

Les systèmes de mesure et de surveillance hautement spécialisés de Rohde&Schwarz couvrent pratiquement tous les cas d'application et peuvent détecter et documenter rapidement et de manière fiable les sources de perturbation.

Systèmes de surveillance portables (9 kHz à 18 GHz)

Des systèmes portables sont utilisés pour identifier des émetteurs situés à proximité, soit – en fonction de la gamme de fréquence – de quelques mètres à quelques centaines de mètres, comme par exemple dans des bâtiments, sur les toits de maison ou dans des lieux difficilement accessibles.

Petit, léger et par conséquent facile à porter, le récepteur de terrain R&S®PR100 – avec ses modules d'antennes directionnelles R&S®HE300 (Fig. 5) – convient parfaitement pour une utilisation dans la gamme de 9 kHz à 7,5 GHz. Une extension de fréquence au moyen de l'antenne/convertisseur R&S®HF907 (DC à 18 GHz) est en préparation et étendra le système de surveillance portable aux applications de recherche d'émetteurs VSAT ou à proximité des sources de faisceaux hertziens.

Fig. 4 L'utilisation simultanée des applications les plus diverses dans des bandes de fréquences identiques peut entraîner des perturbations mutuelles.

Exemples d'applications utilisées en parallèle	Eventuelles conséquences
Utilisation simultanée de fréquences pour les liaisons satellite descendantes et les systèmes terrestres WiFi à 3,7 GHz dans la bande C	Défaillance de la communication satellite
Atteinte au radar de la navigation aérienne civile par des systèmes de faisceaux hertziens	La sécurité du trafic aérien peut être affectée
Des terminaux VSAT défectueux peuvent perturber les systèmes à faisceaux hertziens terrestres	Défaillance du système de communication
Atteinte à la réception TV par satellite à 12 GHz en bande Ku de systèmes à faisceaux hertziens terrestres	Défaillance de la transmission TV
Des systèmes anti-collision automatiques à bord des véhicules sont perturbés par des signaux satellite en voie montante ou par des systèmes de faisceaux hertziens.	La sécurité routière est affectée

Systèmes de surveillance universels (100 kHz à 18 GHz)

Les systèmes de surveillance universels sont utilisés dans des zones distantes de quelques mètres à plusieurs kilomètres en fonction de la gamme de fréquence pour la surveillance automatique et l'identification claire des émissions. Ils le sont également pour la surveillance du spectre à long terme, la mesure automatique d'occupation de bande ou l'identification de fréquences inoccupées qui peuvent alors être redistribuées par les autorités de régulation. Rohde&Schwarz propose à cet effet les systèmes de surveillance universels R&S®UMS1x0 (fig. 6 et 7). Les toits de maison ou les mâts par exemple servent de lieux de montage, là où une assez grande portée d'acquisition du signal peut être réalisée. Les diverses applications du système de surveillance R&S®UMS100 sont d'ailleurs illustrées à partir de la page 76 de cette brochure.

Systèmes de surveillance transportables (9 kHz à 300 GHz)

Ces systèmes ont été conçus pour une utilisation locale temporaire et peuvent surveiller automatiquement les émissions dans des zones distantes de quelques mètres à plusieurs kilomètres en fonction de la gamme de fréquence et les identifier clairement. Pour la bande de fréquence de 9 kHz à 26,5 GHz (extensible à 300 GHz), Rohde&Schwarz fournit les systèmes de surveillance micro-ondes R&S®TMS500 (fig. 9) qui peuvent être manutentionnés par deux personnes.

Les toits de maison, balcons ou sommets de montagne par exemple leur servent de lieux de montage, soit tous sites élevés permettant de réaliser une grande portée d'acquisition du signal. Installés dans des véhicules, ces systèmes augmentent leur rayon d'action et peuvent ainsi être utilisés de façon universelle.

A des fréquences supérieures à 26,5 GHz, tous les composants présentent une forte perte d'insertion. Pour mesurer le champ radioélectrique à de si hautes fréquences, il est nécessaire d'utiliser des convertisseurs millimétriques. Rohde&Schwarz fournit des convertisseurs spécialement optimisés pour cette gamme. Ils sont dotés de filtres, mélangeurs et amplificateurs spéciaux, directement intégrés dans l'antenne, permettant de délivrer une fréquence de sortie inférieure à 26,5 GHz. Ce procédé permet notamment de compenser les pertes de câble entre l'antenne et le récepteur. Pour garantir la stabilité en fréquence du système de surveillance, les convertisseurs micro-ondes sont reliés à la fréquence de référence de 10 MHz du R&S®TMS500.

Cinq convertisseurs millimétriques différents conçus pour une utilisation sur le terrain ainsi que les antennes correspondantes permettent d'élargir la gamme de fréquence des systèmes micro-ondes R&S®TMS500 (fig. 8) :

R&S®MW-40	26,5 GHz à 40 GHz
R&S®MW-58	40 GHz à 58 GHz
R&S®MW-75	58 GHz à 75 GHz
R&S®MW-90	75 GHz à 90 GHz
R&S®MW-110	90 GHz à 110 GHz



Fig. 5 Récepteur portable R&S®PR100 avec les antennes R&S®HE300.



Module 9 kHz à 20 MHz.



Module 20 MHz à 200 MHz.

Module 200 MHz à 500 MHz.



Module 500 MHz à 7500 MHz.



Des extensions de fréquence spécifiques jusqu'à 300 GHz sont possibles sur demande.

Du fait de l'utilisation de convertisseurs, le système de surveillance R&S®TMS500 reste inchangé dans sa gamme de fréquence de base de 9 kHz à 26,5 GHz. Une extension ultérieure à d'autres fréquences est ainsi possible par l'acquisition des convertisseurs correspondants. Il n'est en outre pas nécessaire que les bandes de fréquences se suivent.

Intégration dans des systèmes de mesure d'ordre supérieur et de gestion du spectre

Les systèmes de surveillance micro-ondes de Rohde&Schwarz peuvent être utilisés comme des systèmes fonctionnant de façon indépendante. Grâce à l'utilisation du logiciel R&S®ARGUS, ils peuvent en outre être parfaitement intégrés dans les systèmes de surveillance de spectre ainsi que dans des systèmes de gestion du spectre, permettant par exemple l'utilisation des systèmes de monitoring universels R&S®UMS1xx pour la surveillance automatique du spectre des fréquences radioélectriques ou pour l'évaluation de l'occupation spectrale de bandes de fréquences.

Fig. 8 Convertisseur micro-ondes R&S®MV-40.



Perspectives

En complément de cet article, d'autres articles sont également prévus, lesquels concernent spécifiquement la bande de fréquence de 3 GHz à 300 GHz et traiteront des sujets suivants :

- Propagation des ondes et capacités de mesure,
- Architecture système professionnelle,
- Synergies entre la surveillance et la gestion du spectre radioélectrique.

Michael Braun



Fig. 6 Système de surveillance R&S®UMS100 (100 kHz à 6 GHz).



Fig. 7 Système de surveillance R&S®UMS180 (10 MHz à 18 GHz).

Fig. 9 Système de surveillance transportable R&S®TMS500.

