

Union internationale des télécommunications

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R SM.1880**

(02/2011)

# Mesure de l'occupation du spectre

**Série SM**

**Gestion du spectre**



Union  
internationale des  
télécommunications

## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	<b>Gestion du spectre</b>
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2011

© UIT 2011

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## RECOMMANDATION UIT-R SM.1880

**Mesure de l'occupation du spectre**

(2011)

**Champ d'application**

Bien que la mesure automatique de l'occupation du spectre ne puisse pas entièrement remplacer les observations manuelles, celle-ci est néanmoins parfaitement adaptée dans la plupart des cas. L'occupation des canaux de fréquences ainsi que l'occupation des bandes de fréquences devraient avoir un certain niveau de précision afin de pouvoir être comparées ou fusionnées, au besoin. Il est possible d'utiliser plus efficacement les équipements existants en employant une technique et une méthode appropriée.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que l'augmentation constante de la demande de services de radiocommunication oblige à utiliser le spectre des fréquences avec le maximum d'efficacité;
- b) que la gestion du spectre ne peut être satisfaisante que si les responsables de la gestion du spectre sont dûment informés de l'utilisation effective du spectre et des tendances en ce qui concerne la demande d'utilisation de ce dernier;
- c) que les résultats des mesures du degré d'occupation du spectre fourniraient une contribution importante pour:
  - les allotissements et assignations de fréquence;
  - la vérification des plaintes relatives à l'indisponibilité des canaux;
  - l'évaluation de l'efficacité de l'utilisation du spectre;
- d) que les renseignements obtenus à partir des bases de données sur les assignations de fréquence n'indiquent pas la charge de chaque canal radioélectrique;
- e) que certaines administrations assignent la même fréquence à plusieurs utilisateurs en vue d'une utilisation en partage;
- f) qu'il est souhaitable de comparer les résultats des mesures effectuées par différents pays dans les zones frontalières ou, par exemple, dans les bandes attribuées aux services mobile aéronautique ou mobile maritime;
- g) que les administrations utilisent maintenant des appareils automatiques de contrôle, y compris des méthodes d'analyse des enregistrements, et qu'il est possible d'évaluer de nombreux paramètres d'un grand intérêt pour une utilisation plus efficace du spectre;
- h) que, pour élaborer un système automatique de collecte de données relatives à l'occupation du spectre aux fins de la gestion du spectre, il faut définir les paramètres à mesurer, la relation entre ces paramètres et la cadence des mesures pour que les données aient une signification sur le plan statistique;
- j) que les méthodes et les techniques de mesure devraient être harmonisées pour faciliter l'échange des résultats de mesures entre différents pays;
- k) que l'efficacité des opérations de fusion ou de combinaison des données de contrôle dépend non seulement du format dans lequel les données sont stockées mais aussi des conditions environnementales et techniques de leur collecte,

*reconnaisant*

- a) que différents principes et différentes méthodes de mesure du degré d'occupation du spectre sont utilisés dans plusieurs pays;
- b) qu'il existe une méthode particulière permettant d'obtenir des données très précises sur le degré d'occupation des canaux radioélectriques et que ces données sont habituellement le point de départ pour déterminer le degré d'occupation des bandes de fréquences,

*recommande*

- 1 d'utiliser les méthodes et techniques de mesure exposées dans l'Annexe 1 pour mesurer le degré d'occupation du spectre;
- 2 d'utiliser le Manuel de l'UIT sur le contrôle du spectre radioélectrique comme guide pour effectuer les mesures du degré d'occupation du spectre et de faire en sorte que les équipements soient conformes aux spécifications énoncées dans ce Manuel;
- 3 d'utiliser un format de données commun, qui se présente sous forme de lignes de caractères ASCII dérivé du format des données de contrôle des émissions radioélectriques (RMDF), conformément à la Recommandation UIT-R SM.1809.

## Annexe 1

### 1 Introduction

La présente Annexe décrit des mesures du degré d'occupation des canaux radioélectriques effectuées au moyen d'un récepteur ou d'un analyseur de spectre. Pour chaque pas de fréquence, l'intensité du signal est enregistrée. Un post-traitement permet de déterminer le pourcentage de temps pendant lequel le signal est supérieur à un certain seuil. Des utilisateurs différents d'un canal produisent souvent des valeurs de champ différentes au niveau du récepteur. Ainsi, il est possible de calculer et de présenter le degré d'occupation engendré par les différents utilisateurs.

### 2 Définitions

**Mesures du degré d'occupation des canaux radioélectriques:** mesures de canaux qui ne sont pas nécessairement séparés par la même distance, et qui peuvent être répartis sur plusieurs bandes de fréquences différentes, en vue de déterminer si le canal est occupé ou non. L'objectif est de mesurer autant de canaux que possible dans un laps de temps aussi bref que possible.

**Cycle total de vérification:** temps nécessaire pour vérifier tous les canaux à mesurer (qu'ils soient ou non occupés) et pour revenir au premier canal.

**Temps d'observation:** temps nécessaire au système pour effectuer les mesures requises sur un canal, y compris les fonctions de traitement supplémentaires comme le stockage des résultats en mémoire/sur le disque.

**Nombre maximum de canaux:** nombre maximum de canaux pouvant être contrôlés pendant le cycle total de vérification.

**Durée de la transmission:** durée moyenne d'une transmission radioélectrique.

**Durée du contrôle:** temps total pendant lequel les mesures du degré d'occupation sont effectuées.

**Niveau de seuil présélectionné pour les mesures:** si l'intensité du signal reçu est supérieure au niveau de seuil, on considère que le canal est occupé.

**Heure de pointe:** niveau d'occupation d'un canal le plus élevé sur une période de 60 min.

### 3 Spécifications

#### 3.1 Equipement

Un système pouvant effectuer des mesures du degré d'occupation des canaux radioélectriques au moyen d'enregistrements relatifs aux bandes de fréquences comprendra un récepteur radio ou un analyseur de spectre, une antenne appropriée, un câble, un ordinateur individuel/dispositif de commande avec adaptateur d'interfaces et un logiciel approprié d'acquisition et de post-traitement.

Il peut également disposer d'autres fonctions, notamment: le GPS pour l'exploitation mobile/nomade de la station, un modem de communication, pour la commande à distance et l'échange de données, une fonction d'étalonnage du système, pour la traçabilité des mesures de champ, des commutateurs d'antenne, des filtres et des atténuateurs destinés à être utilisés dans plusieurs bandes et/ou dans des environnements fortement exposés aux champs électromagnétiques.

#### 3.2 Choix du site

Le choix du site doit se faire de façon à ce que l'intensité du signal prévue pour les émissions considérées soit supérieure au niveau de seuil prévu. La relation entre ces deux paramètres définit une zone au sein de laquelle les mesures effectuées sont pertinentes pour toute station fonctionnant au-delà d'un certain niveau de puissance apparente rayonnée (p.a.r.) ou de puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.).

On évalue l'intensité du signal prévue en tenant compte des stations sous licence exploitées dans la région et de leur profil en matière d'émissions et à l'aide d'un logiciel de simulation. On estime le niveau de seuil à partir de la sensibilité du système (plancher de bruit) ou de mesures effectuées précédemment dans des conditions similaires, avec le même équipement et une configuration identique.

En l'absence de renseignements préliminaires, une étude de l'emplacement du site peut être réalisée à l'aide d'un équipement portable. Cette opération est particulièrement importante si l'implantation de l'équipement est définitive ou si un changement d'emplacement dans l'avenir risque de poser problème.

Idéalement, les résultats de mesures devraient être accompagnés d'un rapport sur les analyses effectuées pour choisir le site, indiquant la zone et les émetteurs qu'il est prévu d'examiner.

#### 3.3 Paramètres liés au temps

Il existe une relation entre le temps d'observation, le nombre de canaux, la durée de transmission moyenne et la durée du contrôle.

Le *cycle total de vérification* dépend directement du temps d'observation et du nombre de canaux. Il dépend aussi du *temps de traitement* (transfert des données entre le récepteur et le dispositif de commande), qui devrait donc être maintenu aussi court que possible.

*Cycle total de vérification* = (*Temps d'observation* × *Nombre de canaux d'une largeur de bande identique*) + *Temps de traitement*

Le *temps d'observation par canal* est limité par la vitesse d'exploration de l'équipement de contrôle. Afin de maintenir un cycle total de vérification raisonnablement court avec un équipement relativement lent, il faut limiter le nombre de canaux à mesurer.

A chaque fois que l'équation ci-dessus est appliquée aux analyseurs de spectre, lorsque la largeur de bande de référence est égale à la largeur de bande du canal, le *nombre de canaux* peut être assimilé au nombre de segments<sup>1</sup> par balayage et le temps d'observation, au temps de passage par segment.

Le même principe est également valable pour les analyseurs utilisant la transformée de Fourier rapide (FFT), en particulier lorsque le nombre de canaux à explorer est supérieur à la taille de la FFT et qu'un balayage est toujours en cours. Cependant, dans ce cas, le nombre de canaux explorés devrait être divisé par le nombre de canaux évalué pour chaque FFT.

Le système de contrôle doit procéder à l'exploration à une vitesse acceptable pour pouvoir détecter les transmissions individuelles de courte durée.

On a essentiellement recours à deux méthodes différentes pour déterminer le degré d'occupation des canaux:

- a) Détecter chaque transmission dans la bande observée. Cette méthode requiert un cycle total de vérification maximal égal à la moitié de la durée minimale d'activité ou d'inactivité (la plus courte des deux) pour chaque transmission dans la bande. Elle permet d'obtenir un niveau de précision indépendant des résultats du degré d'occupation. La durée du contrôle peut également être plus courte.
- b) La méthode statistique: si l'on tient compte, en particulier, du fonctionnement par salves des systèmes numériques, la durée de transmission minimale risque d'être trop brève pour qu'une application pratique du principe susmentionné soit possible. Cependant, si la durée du contrôle est suffisamment longue pour fournir le nombre d'échantillons nécessaire, les résultats du degré d'occupation seraient corrects, même si les cycles totaux de vérification sont largement plus longs, car, statistiquement, le rapport entre la probabilité de détection d'une transmission et la probabilité de sa non-détection équivaut au rapport cyclique de la transmission. Le niveau de précision de la méthode statistique dépend toutefois du degré d'occupation, comme cela est indiqué ci-après.

La *durée du contrôle* dépend du cycle total de vérification, de la durée des transmissions types prévues, du nombre de canaux à explorer et de la précision voulue pour les résultats.

La durée du contrôle doit être suffisamment longue pour permettre le contrôle de toutes les émissions pertinentes. En l'absence de données sur la répartition dans le temps, les évaluations initiales doivent avoir une durée d'au moins 24 heures ou multiple de 24 heures. Une semaine de contrôle permet d'obtenir la différence de degré d'occupation pendant les jours de la semaine et pendant la fin de semaine. Sept périodes de 24 heures réparties sur une plus longue période (par exemple un an) permettent d'obtenir des données plus fiables sur le degré d'occupation.

### 3.4 Précision et niveau de confiance statistique

Il n'existe pas de relation linéaire entre la précision et le cycle total de vérification. Dans le cas d'une mesure portant sur 100 canaux avec un cycle total de vérification d'une seconde, qui est une valeur utilisée dans la pratique, le nombre de canaux peut être porté à 1 000 avec un cycle total de vérification de 10 secondes sans que l'incidence sur le niveau de confiance/la précision ne soit trop grande.

---

<sup>1</sup> En statistique, un segment est un groupe (une catégorie ou une classe) de données qui se situe à l'intérieur d'une certaine fourchette de valeurs.

Il existe une relation linéaire entre le degré d'occupation et le nombre d'échantillons requis pour atteindre un niveau de confiance donné. Plus le degré d'occupation est faible, plus le nombre d'échantillons requis sera important.

Le Tableau 1 compare l'échantillonnage indépendant, c'est-à-dire le cas le plus simple fondé sur le théorème de la limite centrale, et l'échantillonnage dépendant, qui repose sur une chaîne de Markov du premier ordre et se distingue légèrement de nombreux autres modèles mathématiques plus complexes.

La Fig. 1 présente le nombre d'échantillons indépendants requis par rapport au degré d'occupation du spectre, avec une précision relative de  $\pm 10\%$  et un niveau de confiance de 95%.

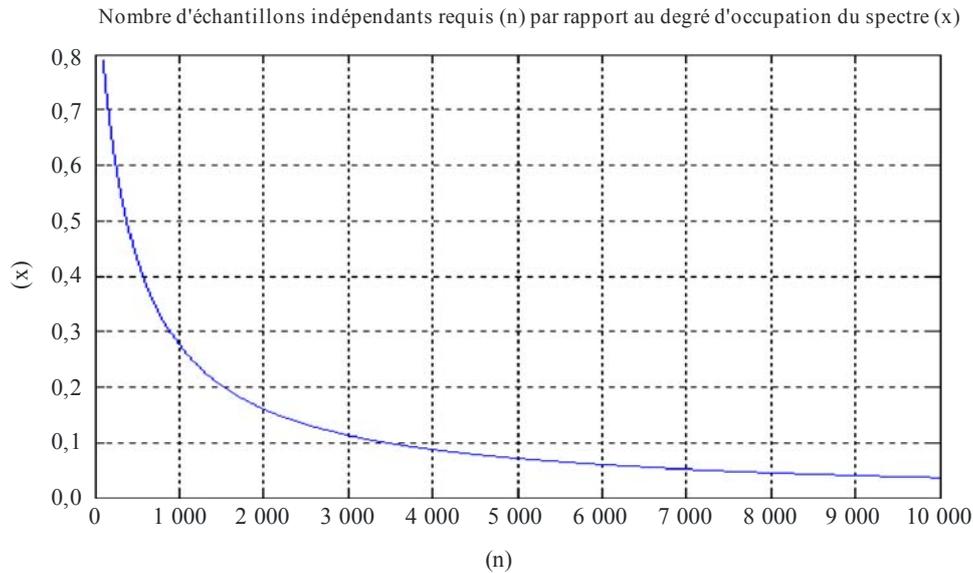
TABLEAU 1

**Nombre d'échantillons dépendants et indépendants requis pour obtenir  
une précision relative de  $\pm 10\%$  et un niveau de confiance de 95%  
avec différents pourcentages d'occupation  
(période d'échantillonnage supposée de 4 s)**

<b>Occupation (%)</b>	<b>Nombre d'échantillons indépendants requis</b>	<b>Nombre d'échantillons dépendants requis</b>	<b>Nombre d'heures d'échantillonnage dépendant requises</b>
6,67	5 368	16 641	18,5
10	3 461	10 730	12
15	2 117	6 563	7,3
20	1 535	4 759	5,3
30	849	2 632	2,9
40	573	1 777	2,0
50	381	1 182	1,3
60	253	785	0,9
70	162	166	0,2

FIGURE 1

Nombre d'échantillons indépendants requis par rapport au degré d'occupation du spectre avec une précision relative de  $\pm 10\%$  et un niveau de confiance de 95%



SM.1880-01

### 3.5 Considérations relatives aux mesures du degré d'occupation

#### 3.5.1 Identification des émissions

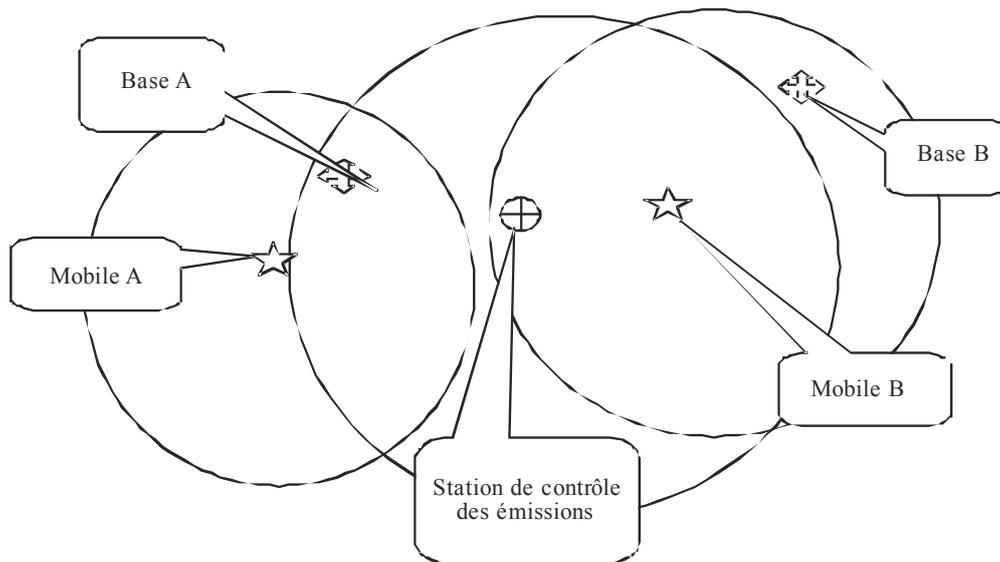
Le simple enregistrement des émissions ne permet pas de faire la distinction entre les émissions utiles et les émissions brouilleuses ou de déterminer si plusieurs utilisateurs utilisent une seule et même fréquence à l'intérieur de la zone de couverture du système de contrôle. On considère qu'il y a occupation des canaux lorsque toutes les émissions dépassent la valeur de seuil choisie.

L'utilisation d'un logiciel en temps réel et de post-traitement moderne peut permettre de faire la distinction entre les différents utilisateurs en tenant compte de certaines données, par exemple le champ ou la direction d'arrivée au niveau du récepteur, certaines informations de code et les caractéristiques de modulation.

#### 3.5.2 Contrôle des transmissions mobiles

Il se peut qu'une unité mobile utile (Mobile A) soit beaucoup plus éloignée du site de la station de contrôle que du site de sa base d'utilisateur (Base A). Par conséquent, l'intensité du signal reçu peut être inférieure à la valeur de seuil choisie pour le contrôle, tout en étant assez forte sur le site de la base pour pouvoir être utilisée (voir Fig. 2).

FIGURE 2  
Contrôle des transmissions mobiles



SM.1880-02

Inversement, l'unité mobile d'un utilisateur hors zone qui occupe le même canal (Mobile B) peut être reçue par la station de contrôle, sans être entendue par sa base d'utilisateur principale.

Les résultats obtenus dans les deux cas de figure décrits ci-dessus pourraient être trompeurs, car les résultats du degré d'occupation ne représentent pas nécessairement l'ensemble du réseau mobile, mais parfois uniquement la région couverte par la station de contrôle.

### 3.5.3 Propagation

Il convient également de tenir compte des conditions de propagation lorsqu'on fixe les niveaux de seuil des récepteurs et de surveiller la propagation pendant la période de mesure.

## 3.6 Présentation et analyse des données recueillies

Les résultats peuvent être mémorisés toutes les 5, 15, 30 ou 60 min, selon les besoins. Il est possible de présenter ces données sous forme de tableaux, de graphiques (linéaires, histogrammes, etc.) ou de cartes. Après avoir extrait les renseignements voulus, ces données brutes échantillonnées peuvent être mises de côté.

Le système de présentation devrait au moins indiquer l'emplacement du site de la station de contrôle, la date et la durée des mesures, la fréquence, le type d'utilisateur(s), le niveau de seuil utilisé, le degré d'occupation durant l'heure de pointe et le cycle total de vérification.

### 3.6.1 Exemple représentatif de l'utilisation du champ pour faire la distinction entre les différents utilisateurs

Si le champ est enregistré, des informations supplémentaires peuvent être extraites de la mesure.

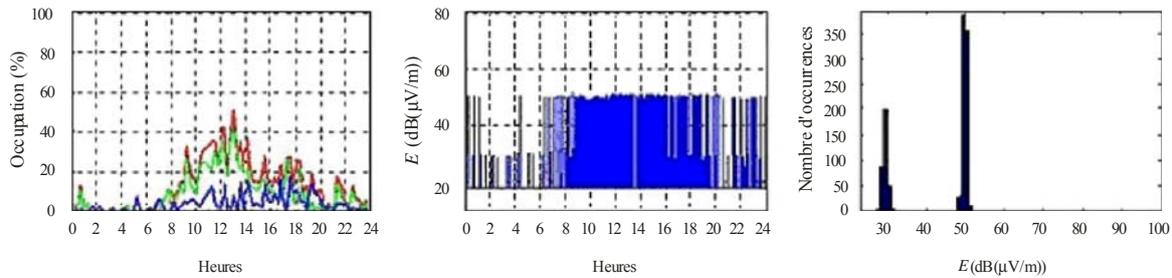
Le diagramme de gauche sur la Fig. 3 est couramment utilisé pour présenter le degré d'occupation avec une durée élémentaire de 15 minutes, normalement avec une seule courbe. La courbe rouge sur le diagramme de gauche représente le degré d'occupation total résultant de l'ensemble des utilisateurs du canal. La courbe verte correspond au degré d'occupation engendré par la station reçue avec une intensité d'environ 49 dB( $\mu$ V/m) (voir le diagramme de droite) et la courbe bleue correspond au degré d'occupation résultant de tous les autres utilisateurs; dans ce cas, le deuxième utilisateur est reçu avec une intensité d'environ 29 dB( $\mu$ V/m).

Le diagramme du milieu présente les niveaux reçus au fil du temps. Seuls les niveaux reçus qui dépassent le niveau de seuil (ici: 20 dB( $\mu$ V/m)) sont évalués.

Le diagramme de droite indique la répartition statistique des niveaux de champ reçus. Dans cet exemple, 49 dB( $\mu$ V/m) ont été mesurés environ 380 fois en 24 heures, 50 dB( $\mu$ V/m), environ 350 fois, etc.

FIGURE 3

#### Traitement amélioré des données sur le degré d'occupation



SM.1880-03

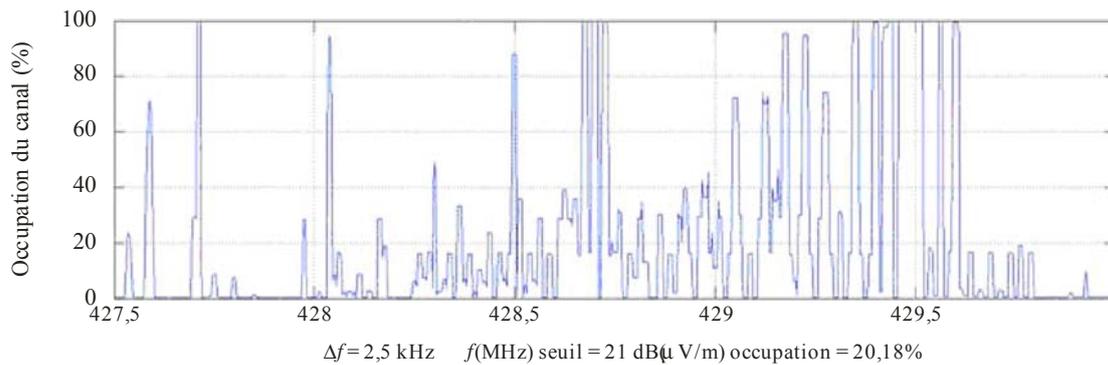
### 3.6.2 Représentation du degré d'occupation d'une bande de fréquences sous forme de pourcentage

Au lieu de présenter uniquement le degré d'occupation pour chaque canal, on devrait aussi présenter le degré d'occupation de l'ensemble de la bande de fréquences dans laquelle les mesures ont été réalisées.

La Fig. 4 présente le degré d'occupation moyen sur 24 h pour chaque pas de fréquence.

FIGURE 4

#### Degré d'occupation moyen sur 24 heures



SM.1880-04

A titre d'exemple, si l'on suppose que, pour une bande de fréquences donnée, des mesures peuvent être réalisées pour 1 000 pas de 10 secondes, pour chaque pas, 8 640 valeurs de champ sont disponibles sur 24 heures. Si, dans ce cas, le seuil est dépassé 4 320 fois pour un canal/pas, le degré d'occupation sera de 50%. Dans le diagramme ci-dessus, il n'y a plus d'information temporelle et aucune indication n'a été donnée lorsque le degré d'occupation de 50% a été observé. Ces limites doivent être prises en considération lors de l'utilisation de ce type de présentation.

**3.6.3 Représentation du degré d'occupation d'une bande de fréquences à l'aide de couleurs**

Pour avoir un aperçu rapide, on peut aussi exprimer le degré d'occupation en présentant une couleur par canal et par durée élémentaire choisie (normalement 15 minutes). Un exemple est donné sur la Fig. 5.

Dans cette présentation, l'information temporelle reste disponible (96 valeurs/24 h). La barre de couleurs présente le degré d'occupation (et non le champ). L'axe vertical de gauche donne le temps, non pas en heures mais en 96 périodes de 15 minutes.

FIGURE 5

Degré d'occupation d'une bande de fréquences à l'aide de couleurs (spectrogramme)

