

## RECOMMANDATION 182-4

**CONTRÔLE AUTOMATIQUE DU DEGRÉ D'OCCUPATION  
DU SPECTRE RADIOÉLECTRIQUE**

(Question 29/1)

(1956-1966-1982-1986-1992)

Le CCIR,

*considérant*

- a) que l'augmentation constante des demandes de liaisons radioélectriques oblige à utiliser le spectre des fréquences avec le maximum d'efficacité;
- b) que l'utilisation la plus efficace du spectre ne peut être obtenue que si l'on connaît la répartition dans le temps, en intensité et en direction, des signaux occupant le spectre;
- c) que les administrations utilisent maintenant des appareils automatiques de contrôle et que l'on prévoit encore des perfectionnements en matière d'observations automatiques, y compris des méthodes d'analyse des enregistrements;
- d) que, en ayant recours à des appareils automatiques de contrôle, il est possible d'évaluer de nombreux paramètres d'un grand intérêt pour une utilisation plus efficace du spectre radioélectrique;
- e) que les techniques et équipements de calcul numérique offrent un certain nombre d'avantages et de possibilités, par rapport aux techniques analogiques, dans la mise en œuvre des systèmes de contrôle automatique et dans le traitement de l'information recueillie par ces systèmes;
- f) que, lors de l'élaboration d'un système automatique de rassemblement des données d'occupation pour la gestion du spectre, il faut définir les paramètres à mesurer et la cadence des mesures pour faire en sorte que les données aient une signification sur le plan statistique,

*recommande*

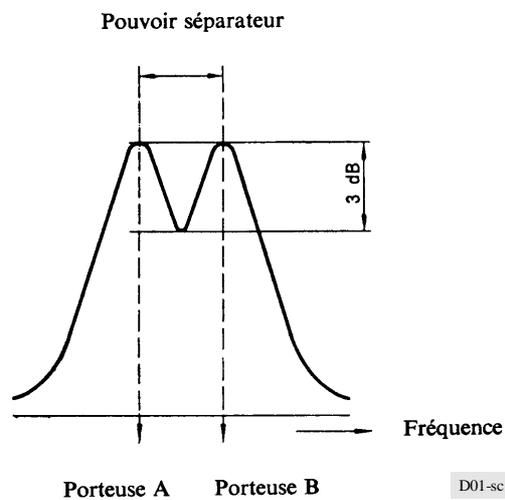
1. que, bien que les appareils de contrôle automatique ne puissent remplacer entièrement les observations effectuées par un opérateur, ils constituent cependant des auxiliaires précieux. Il convient donc d'encourager les administrations à adopter ce type de matériel et à chercher à le perfectionner;
2. que, bien que des études plus poussées soient encore nécessaires pour que les administrations et les services chargés de questions d'assignation de fréquences puissent tirer tout le parti possible des enregistrements obtenus, il est souhaitable que le matériel possède les caractéristiques principales suivantes:
  - largeur totale de la gamme des fréquences      minimum 2 MHz à 2,7 GHz, souhaitable de 9 kHz à 10 GHz ou plus
  - largeur des bandes explorées                      a) variable, largeur type de 20 à 5000 kHz pour les équipements analogiques  
b) variable, largeur type de 20 kHz à 100 MHz, pour les équipements numériques
  - nombre d'explorations par minute              variable, 6 à 6000, arrêt manuel sur la fréquence désirée
  - vitesse maximale d'exploration                  variable, dépend du pouvoir séparateur désiré pour la bande de fréquences explorée et de la classe ou des classes des émissions enregistrées
  - sensibilité    1  $\mu$ V/m ou mieux, applicable aux bandes de fréquences jusqu'à 2,7 GHz
  - largeur de bande de résolution                  variable, approximativement 10 Hz à 10 kHz, applicable aux bandes de fréquences jusqu'à 2,7 GHz

*Note 1* – La stabilité en fréquence de l'équipement doit être adaptée à la largeur de bande de résolution.

- caractéristiques du signal enregistrées
  - fréquence porteuse
  - largeur de bande
  - champ
  - durée d'occupation
- type d'enregistrement
  - bande magnétique pilotée par ordinateur, cassette, format numérique, marquage à intervalles appropriés.

*Note 1* – Le pouvoir séparateur en fréquence est le plus petit écart de fréquence qui permet de distinguer deux porteuses stables, de niveaux égaux. Pour les dispositifs utilisant un oscilloscope, ce pouvoir est l'écart entre deux fréquences porteuses, de niveaux égaux, pouvant être distinguées avec une différence de 3 dB entre le niveau de crête des émissions et le niveau minimal intermédiaire apparaissant sur l'appareil indicateur (voir la Fig. 1);

FIGURE 1



3. qu'il est souhaitable que sur les enregistrements figurent également, si possible, les renseignements suivants:
  - nom et emplacement de la station de contrôle
  - date et heures de début et de fin de l'enregistrement
  - bande de fréquences
  - identification de l'émission enregistrée, le cas échéant
  - classe d'émission, le cas échéant
  - direction du signal
  - niveau du bruit;
4. que, lors de l'élaboration d'un programme de mesures de l'occupation du spectre, les administrations tiennent compte des conséquences statistiques de l'exigence d'une précision et de niveaux de confiance élevés, étant donné que les temps de mesure requis pour obtenir ces valeurs deviennent rapidement prohibitifs comme l'indique le Tableau 1. Dans ce Tableau, on compare l'échantillonnage indépendant, c'est-à-dire les mesures supposées instantanées sans relation les unes avec les autres, et l'échantillonnage dépendant, c'est-à-dire l'échantillonnage de messages finis avec des périodes d'échantillonnage fixes. Bien qu'il présente de l'intérêt, l'échantillonnage indépendant ne s'applique pas au contrôle réel des émissions dès lors que les messages ont une longueur finie et que la fréquence d'échantillonnage peut être variable. Les valeurs du tableau dans le cas de l'échantillonnage dépendant ont été obtenues à l'aide d'une chaîne de Markov du premier ordre;

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: 45 s)**

Occupation (%)	Nombre d'échantillons indépendants requis	Nombre d'échantillons dépendants requis	Nombre d'heures d'échantillonnage requises
6,67	5 850	18 166	20,18
10	3 900	12 120	13,47
15	2 600	8 080	8,98
20	1 950	6 060	6,73
30	1 300	4 040	4,49
40	975	3 030	3,37
50	780	2 424	2,69
60	650	2 020	2,24
70	557	1 731	1,92
80	488	1 515	1,68
90	433	1 346	1,49
100	390	1 212	1,35

5. que, lorsqu'on examine la précision que l'on peut attendre d'un dispositif de contrôle automatique quand il s'agit de déterminer la largeur de bande d'une émission, il faut, dans le cas d'une émission à bande étroite (de l'ordre de 2 kHz au maximum), s'attacher à rapporter la détermination de la largeur de bande aux caractéristiques de l'appareil utilisé. Par exemple, on s'est aperçu qu'avec certains appareils qui explorent une bande de fréquences et dans lesquels la présentation de la largeur de bande s'opère au moyen de circuits sélectifs, le facteur de forme des circuits en question est de nature à compliquer la détermination de la largeur de bande si le niveau est différent de certains niveaux de comparaison connus avec précision. La variation du niveau reçu, due aux conditions de propagation, ainsi qu'à d'autres facteurs, impose certaines restrictions à la précision de la largeur de bande indiquée lorsqu'il s'agit de signaux à bande étroite. Il convient donc d'examiner la nécessité d'une analyse de la répartition relative du niveau du signal ainsi que du pouvoir séparateur de l'appareil pour diverses valeurs du niveau d'entrée. Lorsque la largeur de bande de l'émission est de plusieurs kilohertz, les erreurs dues aux restrictions précises deviennent moins importantes. Cependant, il y a avantage, afin de pouvoir chercher une corrélation entre les données fournies par des instruments différents, à tenir compte de leur pouvoir séparateur ainsi que de la fréquence de récurrence et de la durée des composantes individuelles des signaux observés;

6. que, pour la détermination précise du champ par des dispositifs automatiques, il faut tenir compte de la polarisation de l'antenne et de son effet directif. Dans la gamme de 3 à 30 MHz, les ondes sont reçues après un trajet dans l'ionosphère et comprennent des composantes à polarisation horizontale et verticale non négligeables; il convient donc de faire une détermination de la composante à mesurer. L'angle vertical d'arrivée est généralement inférieur à 45°, aussi introduit-on généralement une erreur plus faible en mesurant la composante à polarisation verticale, plutôt que celle à polarisation horizontale. Quand on a besoin d'une précision meilleure, on peut appliquer une correction appropriée sur le calcul de l'angle vertical d'arrivée du front de l'onde.

Il est aisé de mesurer la composante à polarisation verticale en prenant une antenne de réception verticale dont la longueur électrique soit nettement inférieure au quart de la longueur d'onde pour la bande de fréquences dont on s'occupe. Afin de réduire les erreurs dues aux défauts d'homogénéité du sol dans le voisinage de l'antenne, on a intérêt à utiliser un contrepoids enterré, prolongé par des fils s'étendant à au moins 30 m dans toutes les directions. Le niveau du signal à l'entrée de l'enregistreur peut se mesurer par comparaison avec celui d'un générateur RF étalon. On détermine la hauteur équivalente de l'antenne par comparaison avec les résultats fournis par un mesureur de champ précis muni d'une antenne de même polarisation.

Lorsqu'on a à évaluer les données de champ ainsi obtenues, on doit tenir dûment compte des erreurs introduites par les divers instruments. On doit, de même, tenir compte des fluctuations de niveau de l'émission puisque, pendant l'exploration, le récepteur n'est accordé sur un signal donné que pendant une faible durée;

7. que les analyseurs de spectre dans le domaine des fréquences à large bande, ayant des gammes dynamiques étendues d'amplitude de signaux visualisés, soient utilisés comme moyen de reconnaître et de classer rapidement différents types d'émissions complexes et d'accroître l'efficacité des opérations de contrôle en définissant des zones d'activité actuelle du spectre dignes d'un examen plus attentif. Ce service est rendu plus rapidement aux utilisateurs du spectre radioélectrique grâce à l'emploi de techniques de visualisation visant à synchroniser l'apparition du brouillage et l'activité des émissions provoquant ce brouillage. L'introduction de la technologie des microprocesseurs et des techniques de traitement des signaux dans l'emploi des analyseurs de spectre a amélioré les caractéristiques de qualité et la facilité d'utilisation de ces appareils. Il convient cependant de signaler que les analyseurs analogiques présentent, dans certains cas, des avantages par rapport aux équipements numériques.

---