

RECOMMANDATION UIT-R SM.1266-0\*, \*\*

**SYSTÈMES ADAPTATIFS EN ONDES HECTOMÉTRIQUES  
ET DÉCAMÉTRIQUES**

(1997)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation fournit des orientations concernant les systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décimétriques compte tenu des avantages techniques et des aspects réglementaires liés à ces systèmes.

**Mots clés**

Systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décimétriques, traitement numérique du signal, environnement réglementaire

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) qu'au cours de ces dernières années ont été mis au point des systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décimétriques qui sélectionnent automatiquement le meilleur canal parmi un groupe de canaux prédéterminé;
- b) que les bandes des ondes hectométriques et décimétriques sont très utilisées;
- c) que la Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines parties du spectre (Malaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) a attribué de nouvelles fréquences à la radiodiffusion en ondes métriques tout en diminuant le spectre attribué aux services fixe et mobile, ce qui impose une utilisation plus rationnelle du spectre attribué à ces services;
- d) que, dans les bandes des ondes hectométriques et décimétriques, le trafic vocal est de plus en plus remplacé par du trafic de données, trafic qui tend à exiger des canaux de haute qualité pendant de courtes périodes;
- e) que le recours aux systèmes adaptatifs, qui libèrent tout canal radioélectrique sur lequel il n'y a plus de trafic, permettra d'améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre grâce au partage des fréquences;
- f) que le recours aux systèmes adaptatifs, qui observent les conditions de propagation en temps réel et libèrent le canal pour d'autres utilisateurs lorsque les conditions de propagation varient avec le temps, permettra d'améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre;
- g) que, bien que le Règlement des radiocommunications (RR) actuel n'interdise pas l'exploitation de systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décimétriques, les avantages associés aux systèmes de ce type ou en projet pourraient être multipliés par une réglementation plus souple, ce qui sous-entend qu'il faudra achever les études et les simulations en cours,

*reconnaissant*

- a) que les avantages des systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décimétriques seront d'autant plus grands que le nombre de canaux accessibles sera grand,

*recommande*

- 1 aux administrations d'encourager l'utilisation des systèmes adaptatifs;
- 2 de prendre en considération les informations sur les systèmes adaptatifs contenus dans l'Annexe 1 pour la planification de nouveaux systèmes de communication en ondes hectométriques et décimétriques et pour tout projet de modification des politiques en matière de réglementation et d'octroi de licences pour les nouveaux systèmes de communication en ondes hectométriques et décimétriques;
- 3 aux administrations de continuer à appliquer les procédures actuelles de gestion du spectre dans le domaine des ondes hectométriques et décimétriques, tout en prenant en considération des approches plus souples fondées sur le résultat des études citées au § g).

---

\* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 4 et 5 des radiocommunications et de la Commission spéciale.

\*\* La Commission d'études 1 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à la présente Recommandation en 2018 et en 2019, conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1

## Systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques

### 1 Technologies adaptatives en ondes hectométriques et décamétriques

#### 1.1 Introduction

L'apparition de nouvelles technologies de composants, du traitement numérique du signal et l'automatisation ont conduit à un réexamen des concepts utilisés pour les systèmes en ondes hectométriques et décamétriques. Les canaux servant aux radiocommunications en ondes hectométriques et décamétriques présentent de nombreuses instabilités et notamment des variations temporelles et spatiales bien connues des conditions de propagation et des modifications dans le temps du bruit et des brouillages; beaucoup de ces variations sont imprévisibles. L'opérateur humain, connaissant la variabilité de la propagation, doit prendre des décisions importantes sur le choix des fréquences à utiliser à tout instant; pour cela, il s'aide souvent d'un modèle de prévision statique.

Des solutions techniques ont été trouvées pour libérer l'opérateur d'une grande partie de sa charge, prenant en compte la variabilité des conditions de propagation. Parmi ces solutions citons: l'égalisation adaptative du canal, le débit de transmission de données adaptatif, la commande adaptative de la puissance et l'utilisation adaptative des trajets radio-électriques et d'autres ressources utilisant le sondage en temps réel ou la scrutation des canaux. Un certain nombre de ces systèmes utilisant différentes approches ont été conçus et mis en service par des administrations pour les besoins des services publics et des services commerciaux. Tous ces systèmes ont en commun de réagir aux modifications dans le temps des caractéristiques du canal de transmission en ondes hectométriques et décamétriques et notamment celles qui affectent le signal, le bruit et le brouillage. Certaines considérations visant à aider à définir le concept même de systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques sont données ci-dessous.

#### 1.2 Propriétés des systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques

Un système adaptatif utilise les informations en temps réel sur l'environnement du canal et sur ses variations et s'efforce d'optimiser la qualité de fonctionnement. Ces systèmes adaptent les caractéristiques des équipements aux conditions régnant dans le canal de manière efficace et optimale. Comme l'environnement varie avec le temps, le système doit périodiquement actualiser le processus d'adaptation ou même de manière continue. La vitesse d'actualisation dépend en dernier ressort de la sensibilité de la qualité de fonctionnement aux modifications des paramètres. Diverses techniques d'évaluation en temps réel du canal ((RTCE) sont employées dans les systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques.

Les types d'adaptation utilisés dans les systèmes en ondes hectométriques et décamétriques dépendent du niveau de communication: transmission, liaison, réseau ou système. Les attributs associés à chaque niveau sont indiqués dans le Tableau 1. Les méthodes de la RTCE peuvent être utilisées à tous les niveaux pour faciliter l'adaptation de l'attribut concerné. La forme la plus courante de l'évaluation de la RTCE se trouve au niveau liaison.

Les niveaux inférieurs d'adaptabilité peuvent faire intervenir divers schémas de traitement du signal telle l'égalisation du canal, méthodes qui peuvent être adaptatives grâce au recours au sondage ou méthodes plus efficaces de type autodidactique. D'autres schémas de niveau inférieur peuvent inclure des méthodes avec une contre-réaction à la qualité du signal ou au taux d'erreur binaire. Au niveau élevé d'adaptabilité, il peut être nécessaire de prendre des décisions concernant les réseaux de communication et certains sujets, tels le partage de fréquences et la réutilisation de fréquences, prennent alors une plus grande importance.

Dans un système entièrement adaptatif en ondes hectométriques et décamétriques en général, la plupart des fonctions sont informatisées. Un tel système est capable de faire fonctionner automatiquement tout un système car il réagit immédiatement aux modifications dans le temps de l'ensemble des conditions environnantes (propagation dans le système, bruit externe, occupation du canal et brouillage, etc.)

Certains systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques peuvent agir uniquement sur un sous-ensemble des facteurs précités. La forme la plus courante d'adaptation est la sélection de fréquences en vue d'optimiser la qualité de fonctionnement au niveau de la liaison. De tels systèmes peuvent être appelés systèmes adaptatifs en fréquence. Cependant, d'autres formes d'utilisation de techniques RTCE sont courantes au niveau de la transmission, du réseau et du système. On trouvera dans la Recommandation UIT-R F.1110 une description des diverses techniques adaptatives.

TABLEAU 1

## Attributs d'adaptabilité

Transmission	
1	Débit de données
2	Schéma de codage
3	Puissance d'émission
4	Diagramme d'antenne
5	Méthode de modulation
Liaison	
1	Gestion de fréquences
2	RTCE (sondage, analyse de la qualité de la liaison, etc.)
3	Agilité de fréquence
Réseau	
1	Gestion de l'acheminement et de flux
2	Traitement de protocole
3	Échange de données
4	Réorganisation du réseau
Système	
1	Gestion des ressources
2	Options multimédias
3	Pont vers les nœuds isolés

Les systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décimétriques peuvent utiliser un certain nombre de méthodes qui facilitent la sélection du meilleur canal à utiliser parmi un groupe de fréquences prédéterminées. Ces méthodes peuvent inclure des mesures passives telle la surveillance du spectre, des mesures actives tels le sondage de canal dans la bande ou le sondage par balayage en fréquence avec une onde continue modulée en fréquence.

Les administrations nationales peuvent autoriser l'utilisation de ces systèmes sans contrevenir aux dispositions du RR. L'utilisation à l'échelle mondiale de systèmes adaptatifs peut être développée par les exploitants de systèmes ou les utilisateurs coordonnant les assignations de fréquence avec les administrations concernées. Cependant, les régimes réglementaires et de procédure permettant leur utilisation à l'échelle mondiale ou régionale sont assez complexes.

### 1.3 Avantages de cette technologie

L'adaptabilité pour les systèmes en ondes hectométriques et décimétriques présente d'importants avantages. La capacité d'adaptation à l'environnement permet au système de développer une capacité de communication optimale. Les systèmes adaptatifs offrent des avantages propres: facilité d'exploitation, meilleure qualité de fonctionnement, faible risque de brouillage, meilleure utilisation du spectre et économie.

Certains systèmes adaptatifs observent le canal avant son utilisation et évaluent périodiquement sa qualité en utilisant à la fois des procédures actives et des procédures passives. Les systèmes adaptatifs évitent ainsi l'utilisation de canaux qui ont une utilité limitée et permettent également de diminuer la probabilité de causer des brouillages aux autres utilisateurs du spectre, équipés de systèmes adaptatifs ou non.

La capacité à sélectionner rapidement et précisément le canal optimal ou d'autres paramètres optimaux offre d'importants avantages par rapport aux technologies traditionnelles des systèmes en ondes hectométriques et décamétriques. Cette technologie informatisée ne soulage pas uniquement l'opérateur dont le niveau de compétence peut être abaissé de ce fait, mais permet également une exécution plus rapide des fonctions et une mise à jour en temps réel. Compte tenu de la variation temporelle et spatiale des caractéristiques du canal en ondes décamétriques, et notamment de la nature du signal et du bruit, une fréquence donnée offrira un degré d'efficacité variable pour une qualité de service spécifiée. De plus, certaines conditions peuvent être telles que le service ne peut pas être assuré sur une fréquence donnée ou sur un ensemble de fréquences. La sélection des paramètres optimaux peut être une exigence de communication essentielle, en particulier lorsque la propagation est fortement perturbée.

Grâce à la sélection rapide et à l'actualisation régulière des paramètres de fonctionnement optimaux, les systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques permettent de diminuer le risque de brouillage. Par exemple, la sélection adaptative de la fréquence de fonctionnement la plus appropriée à un instant donné et l'utilisation adaptative de la puissance minimale requise pour réaliser une liaison, minimisera la probabilité de conflit de brouillage avec les autres utilisateurs. En même temps, ce processus de sélection maintient le niveau de qualité de fonctionnement. Les systèmes adaptatifs en ondes décamétriques peuvent permettre d'exploiter plus efficacement des canaux utilisés, de sorte que les canaux sujets à d'importants phénomènes de propagation par trajets multiples ou de phénomènes Doppler ne sont plus considérés comme mauvais pour certains niveaux de service. Dans le cas d'un environnement variable, la qualité de fonctionnement avec les technologies conventionnelles fluctue. L'opérateur qui ne disposait pas de système adaptatif avait comme solution, entre autres, de choisir des paramètres très différents de l'optimum instantané.

Les systèmes adaptatifs permettront une utilisation plus efficace des ondes hectométriques et décamétriques. Dans le passé, afin d'éviter que leurs assignations soient utilisées par d'autres, de nombreux utilisateurs du service fixe passaient en continu des bandes enregistrées ou des modulations. Certaines observations de contrôle des émissions indiquent que près de la moitié des bandes des ondes décamétriques attribuées au service fixe sont utilisées de cette façon, ce qui est peu efficace. Les systèmes adaptatifs balayent leurs assignations de fréquence et n'utilisent les canaux inoccupés qu'en cas de nécessité. Comme les systèmes adaptatifs peuvent actuellement utiliser toute les bandes non planifiées, ils exploitent le spectre de façon efficace sur des fréquences non occupées et n'occasionnent ainsi aucune gêne aux utilisateurs actuels.

Bien que le coût des systèmes adaptatifs soit plus élevé que celui des systèmes traditionnels, leur coût d'exploitation est plus faible. Ainsi, les systèmes adaptatifs peuvent être exploités par des opérateurs peu expérimentés et permettent d'utiliser une large gamme d'équipements de radiocommunication en ondes décamétriques, de complexité diverse, pour réaliser des liaisons et communiquer. En outre, certains systèmes adaptatifs sont dotés d'une commande de puissance adaptative, ce qui peut faire l'économie de certains émetteurs de forte puissance qui sont très coûteux.

## **2 Conséquences**

### **2.1 Conséquences sur la réglementation**

La Résolution 23 (CMR-95) de la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1995) «Dispositions applicables aux assignations de fréquence dans les bandes non planifiées au-dessous de 28 000 kHz» concerne la suppression de dispositions du RR applicables à l'examen des assignations de fréquence dans ces bandes. Aux termes de cette Résolution, le Bureau des radiocommunications (BR) n'examinera pas ou n'appliquera pas les dispositions pertinentes du RR relatives à la probabilité de brouillage préjudiciable. Il n'y a donc plus de vérification pour déterminer si une assignation proposée peut provoquer des brouillages et, en ce qui concerne les projets de mise en service de nouvelles assignations, le BR n'indique plus maintenant si ces assignations sont susceptibles de causer des brouillages. La CMR-95 a également supprimé les classes de fonctionnement A, B et C.

Bien que les procédures actuelles de gestion des fréquences permettent l'utilisation de systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques, des approches plus souples devraient conduire à une meilleure utilisation de ces technologies et à une meilleure utilisation du spectre.

### **2.2 Conséquences sur l'octroi de licences**

Les règlements actuels autorisent les administrations à octroyer des licences pour les systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques. Des licences transfrontières ou mondiales peuvent être octroyées conformément à l'Article 24 (S18) du RR. Malgré leur plus grande souplesse d'utilisation, les systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques resteront soumis à l'obligation de licence.

### 3 Récapitulatif

Les techniques adaptatives mises au point pour les ondes hectométriques et décamétriques offrent de nombreux avantages par rapport aux technologies plus anciennes. Des systèmes adaptatifs sont actuellement exploités sur de nombreux canaux en ondes hectométriques et décamétriques parallèlement à des systèmes non adaptatifs et certains avantages des systèmes adaptatifs commencent déjà à se matérialiser.

Il n'existe pas d'importantes barrières à l'utilisation des technologies adaptatives, mais on admet que l'environnement réglementaire actuel peut ne pas permettre d'en exploiter pleinement tous les avantages. Par conséquent, des études et des simulations en cours sur le sujet doivent être poursuivies. Les administrations peuvent prendre des dispositions nationales pour l'utilisation des technologies adaptatives en tenant compte des caractéristiques de propagation des ondes hectométriques et décamétriques. Leur utilisation à l'échelle régionale ou mondiale peut être coordonnée avec les autres administrations dans le cadre des dispositions actuelles du RR.

Toutefois, bien que le RR actuel n'empêche pas l'utilisation de systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques, tous les avantages associés aux systèmes de ce type existants ou en projet peuvent être améliorés par un environnement réglementaire plus souple, sujet qui appelle l'achèvement des études et simulations en cours.

Une étude est nécessaire pour déterminer la meilleure approche réglementaire relative à l'utilisation des systèmes adaptatifs et non adaptatifs. D'autres études devraient également porter sur l'examen des systèmes adaptatifs existants et en projet, sur les considérations relatives à l'interfonctionnement et sur les possibilités de partage de fréquences ainsi que sur d'autres facteurs permettant une utilisation géographique plus large des systèmes adaptatifs. On prévoit que la technologie adaptative se généralisera, ce qui se traduira au niveau des ondes hectométriques et décamétriques par une utilisation plus efficace du spectre.

---