

# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R M.2002**  
(03/2012)

## **Objectifs, caractéristiques et exigences fonctionnelles des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN)**

**Série M**

**Services mobile, de radiorepérage et d'amateur  
y compris les services par satellite associés**

## 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>	<b>Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés</b>
<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>	Gestion du spectre
<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, 2015

© UIT 2015

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 M.2002

**Objectifs, caractéristiques et exigences fonctionnelles des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN)**

(Question UIT-R 250/5)

(2012)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation donne les objectifs, les caractéristiques de système, les exigences fonctionnelles, les applications de service et les fonctionnalités de réseau fondamentales pour les systèmes d'accès hertzien (WAS) mobiles fournissant des communications à un grand nombre de capteurs et/ou d'actionneurs ubiquitaires dispersés sur des zones étendues dans le service mobile terrestre. Le principal objectif des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN, *wide area sensor and/or actuator network*) est de prendre en charge des applications de service de machine à machine indépendamment de l'emplacement des machines.

**Recommandations et Rapports de l'UIT connexes**

Recommandation UIT-R M.1079	Exigences imposées à la qualité globale et à la qualité de service pour les télécommunications mobiles internationales-2000 (IMT-2000).
Recommandation UIT-R M.1890	Systèmes de transport intelligents – Lignes directrices et objectifs.
Recommandation UIT-R P.372	Bruit radioélectrique.
Recommandation UIT-R P.1406	Effets de la propagation relatifs au service mobile terrestre de Terre dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques.
Recommandation UIT-R P.1812	Méthode de prévision de la propagation fondée sur le trajet pour les services de Terre point à zone dans les bandes des ondes métriques et décimétriques.
Recommandation UIT-R SM.329	Rayonnements non désirés dans le domaine des rayonnements non essentiels.
Recommandation UIT-T H.235	Cadre de sécurité H.323: Cadre de sécurité pour les systèmes multimédias de la série UIT-T H (systèmes UIT-T H.323 et autres systèmes de type UIT-T H.245).
Recommandation UIT-T X.805	Architecture de sécurité pour les systèmes assurant des communications de bout en bout.
Rapport UIT-R M.2224	Lignes directrices concernant la conception des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN).

**Abréviations et acronymes**

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

AS	serveur d'application
BS	station de base
DB	base de données

IMT	Télécommunications mobiles internationales
M2M	de machine à machine
QoS	qualité de service
WAS	système d'accès hertzien
WASN	réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs
WT	terminal hertzien

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que des progrès rapides sont actuellement réalisés dans le domaine des communications hertziennes afin de relier les capteurs et/ou actionneurs associés à des hommes ou à des objets dans divers environnements;
- b) que les capteurs et/ou actionneurs pour les communications hertziennes devraient être simples, petits, peu onéreux et consommer peu d'énergie afin de réaliser la société de réseau ubiquitaire;
- c) qu'il existe de nouvelles applications dans lesquelles les volumes de données sont faibles (par exemple données de mesure, informations de localisation et signaux de commande d'objet);
- d) que grâce aux communications hertziennes pour les capteurs et/ou actionneurs, un service peut être offert sur des cellules étendues et à de nombreux objets différents dans chaque cellule, du fait des caractéristiques de trafic des applications mentionnées au point c) ci-dessus;
- e) que la mobilité devrait être assurée pour les communications hertziennes pour les capteurs et/ou actionneurs;
- f) que les communications hertziennes pour les capteurs et/ou actionneurs peuvent avoir lieu en l'absence de visibilité directe;
- g) qu'il est souhaitable de déterminer les caractéristiques types des systèmes d'accès hertzien (WAS) mobiles utilisés pour fournir des communications à des capteurs et/ou actionneurs dans le service mobile terrestre;
- h) que les systèmes WAS utilisés pour fournir des communications à des capteurs et/ou actionneurs peuvent aussi être utilisés dans des applications d'accès hertzien nomade ou fixe,

*recommande*

- 1** que, pour les systèmes WAS mobiles fournissant des communications à un grand nombre de capteurs et/ou d'actionneurs dispersés sur des zones étendues, les objectifs figurant dans l'Annexe 1 soient utilisés;
- 2** que les caractéristiques et les exigences fonctionnelles données dans l'Annexe 2 soient utilisées pour la conception des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN).

## Annexe 1

### Objectifs des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN)

#### 1 Introduction

La présente Annexe donne les objectifs des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN) qui, aux fins de la présente Recommandation, sont utilisés pour les communications vers un grand nombre de capteurs et/ou actionneurs.

#### 2 Objectifs

##### 2.1 Prise en charge des applications de service M2M

Les systèmes d'accès hertzien (WAS) mobiles devraient prendre en charge, quel que soit l'endroit, des applications de service de machine à machine (M2M) très diverses (automatisation et renforcement de l'efficacité des processus d'activité, observation de l'environnement, commande à distance de machines industrielles, sécurité sociale et réduction de notre empreinte écologique).

##### 2.2 Utilisation avec différentes densités de capteurs et/ou d'actionneurs

Les systèmes mobiles WAS devraient fournir ces services pour de nombreuses densités de capteurs et/ou d'actionneurs différentes, que les zones de service soient habitées ou non.

##### 2.3 Prise en charge d'un grand nombre de capteurs et/ou d'actionneurs

Les systèmes WAS mobiles devraient prendre en charge un grand nombre de capteurs et/ou d'actionneurs et fournir des services à un coût acceptable. Pour certaines applications, le nombre de capteurs et/ou d'actionneurs pourrait être égal à plusieurs fois le nombre d'habitants.

Les systèmes WAS utilisés pour les communications vers des capteurs et/ou des actionneurs devraient prendre en charge un grand espace d'adresses pour pouvoir fonctionner avec un grand nombre de dispositifs à capteurs et/ou actionneurs.

##### 2.4 Facilité d'installation du système et simplicité de déploiement

Les systèmes WAS mobiles devraient être à la fois faciles à installer et simples à déployer, entraînant une diminution du nombre de stations de base (BS).

Cet objectif permet à l'opérateur de fournir facilement des applications de service M2M sur chaque cellule.

##### 2.5 Efficacité énergétique du système

Les systèmes WAS mobiles devraient être efficaces sur le plan énergétique afin de garantir une durée de vie plus longue pour les batteries des capteurs et/ou des actionneurs hertziens et de réduire au minimum l'impact sur l'environnement. En particulier, les capteurs et/ou actionneurs hertziens pourraient être dotés d'algorithmes d'économie d'énergie intelligents et avoir un cycle mode veille-mode actif efficace.

Etant donné que de très nombreux terminaux hertziens sont rattachés aux capteurs et/ou aux actionneurs d'une station de base, l'amélioration de l'efficacité énergétique de chacun de ces terminaux

se traduit par une baisse de la consommation d'énergie du système dans son ensemble, ce qui contribue à réduire le coût de maintenance et l'impact environnemental du système (par exemple, réduction du coût de remplacement des batteries et diminution des émissions de CO<sub>2</sub>).

## **2.6 Prise en charge de la qualité de service**

Les systèmes WAS mobiles devraient fournir ces services avec une qualité de service équivalente à celle des réseaux mobiles publics.

Etant donné que la qualité de service des applications peut porter sur différents éléments (par exemple fiabilité, latence, précision des données), il est important qu'un large éventail de ces éléments soit pris en charge.

## **2.7 Sécurité**

Les systèmes WAS mobiles devraient fournir ces services avec des fonctionnalités de sécurité équivalentes à celles disponibles pour les services de communication de données sur les réseaux mobiles publics.

Etant donné que les informations provenant des capteurs ou destinées aux actionneurs peuvent comprendre des informations privées et des informations commerciales confidentielles, il est important de les protéger contre les tiers non autorisés ou malveillants.

## **2.8 Fourniture de services M2M sur le long terme**

Les systèmes WAS mobiles devraient fournir des services M2M s'inscrivant dans la durée, capables d'appliquer les technologies innovantes de demain et d'incorporer leurs futures applications.

Cet objectif permet d'améliorer les applications de service classiques en introduisant de nouvelles technologies et en incorporant les futures extensions tout en prenant en charge les applications de service classiques.

## **2.9 Prise en charge des services nomades et fixes**

Les systèmes WAS mobiles devraient prendre en charge des services M2M nomades et fixes ainsi que des services M2M mobiles.

## **2.10 Terminaux hertziens**

Les systèmes WAS mobiles devraient prendre en charge un large éventail de capteurs et/ou d'actionneurs, quels que soient leur taille, leur forme et les matériaux qui les composent, qui ne nécessitent aucune maintenance ou une maintenance minimum et peuvent être utilisés même dans des conditions difficiles (par exemple températures et humidité extrêmes, etc.).



## Annexe 2

### Caractéristiques de système, exigences fonctionnelles, applications de service et fonctionnalités de réseau fondamentales des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN)

#### 1 Introduction

La présente Annexe porte sur les caractéristiques de système, les exigences fonctionnelles, les applications de service et les fonctionnalités de réseau fondamentales des systèmes WASN. Les lignes directrices concernant la conception des systèmes WASN sont décrites dans le Rapport UIT-R M.2224.

#### 2 Applications de service

Les systèmes WASN devraient prendre en charge des applications de service très différentes. On trouvera ci-après une liste non exhaustive des catégories de services disponibles:

- automatisation et amélioration de l'efficacité des processus d'activité, par exemple relevé à distance des compteurs pour les services collectifs (eau, gaz et électricité);
- observation météorologique, par exemple mesure de la température et de l'humidité dans l'air;
- observation, prévision et protection de l'environnement, par exemple observation de la pollution dans l'air, dans l'eau et dans les sols;
- prévention de la délinquance et sécurité, par exemple détection des intrusions;
- soins de santé, applications médicales et amélioration de la qualité de vie, par exemple surveillance des paramètres vitaux (température corporelle, poids, rythme cardiaque, etc.);
- commande et surveillance à distance des machines industrielles;
- distribution de marchandises;
- prévention des catastrophes et mesures en cas de catastrophe, par exemple notification d'une catastrophe;
- commande des logements et des bâtiments commerciaux intelligents, par exemple mise en réseau des appareils électroménagers et des équipements de bureau;
- systèmes de transport et de gestion du trafic intelligents<sup>1</sup>;
- surveillance des espèces aviaires qui peuvent être porteuses de la grippe aviaire;
- sécurité des personnes, par exemple surveillance des enfants et détection des intrusions;
- réduction de l'empreinte écologique, par exemple maîtrise et visualisation de la consommation d'énergie.

#### 3 Fonctionnalités de réseau

Les fonctionnalités de réseau fondamentales des systèmes WASN sont les suivantes:

- *Collecte d'informations par détection automatique*: Cette application recueille automatiquement les informations acquises par les capteurs et les envoie à des serveurs

---

<sup>1</sup> Les lignes directrices et les objectifs pour les systèmes de transport intelligents sont décrits dans la Recommandation UIT-R M.1890.

d'application ou à des bases de données via le réseau central auquel le système WAS est rattaché.

- *Commande d'actionneurs à distance*: Cette application permet aux utilisateurs de commander à distance les actionneurs via les serveurs d'application et le réseau central. Les informations de commande pour les actionneurs sont transférées depuis les serveurs d'application vers les actionneurs par l'intermédiaire du système WAS.

## **4 Caractéristiques de système**

### **4.1 Aspects liés à la densité des capteurs et/ou actionneurs**

Etant donné que les systèmes WASN sont utilisés par des hommes comme par des machines (par exemple, compteurs de services collectifs, véhicules, motos, etc.), le nombre de capteurs et/ou d'actionneurs à prendre en charge sera très élevé, de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de fois le nombre d'habitants. En outre, étant donné que ces systèmes sont censés traiter de petits volumes de données (données de mesure, informations de localisation, signaux de commande d'objet) plutôt que des contenus en flux continu, il est plus important de parvenir à assurer les transmissions sur de longues distances dans une petite largeur de bande de signal que d'assurer des transmissions haut débit dans une grande largeur de bande de signal.

Dans la mesure où les capteurs et/ou les actionneurs peuvent être déployés en un endroit quelconque, les services M2M devraient être fournis non seulement dans des zones habitées (zones industrielles, urbaines, résidentielles et rurales) mais aussi dans des zones inhabitées. Comme indiqué ci-dessus, la densité de capteurs et/ou d'actionneurs est l'un des principaux critères pris en compte pour installer le système à un coût acceptable. Il est nécessaire que les systèmes prennent en charge certaines applications dans les environnements mobiles et nomades. Pour permettre cette mobilité, ces systèmes doivent être déployés à l'aide de cellules.

#### **4.1.1 Scénario à faible densité**

Dans les zones où la densité de capteurs et/ou d'actionneurs est faible, les systèmes doivent utiliser de grandes cellules pour réduire le nombre de stations de base requises, ce qui se traduit par un déploiement simple et rentable.

#### **4.1.2 Scénario à forte densité**

Dans les zones où la densité de capteurs et/ou d'actionneurs est forte, il se peut que les systèmes WASN prennent en charge un nombre beaucoup plus élevé de terminaux hertziens par cellule. Par conséquent, il est plus important que la puissance rayonnée par ces terminaux n'entraîne pas de brouillage cocanal au niveau d'une station de base. Pour minimiser le risque que ce type de brouillage se produise, les systèmes devraient réduire la puissance rayonnée par les terminaux hertziens, même lorsque ceux-ci sont en veille.

## **4.2 Qualité de service**

La qualité de service doit être exprimée par des paramètres perceptibles pour l'utilisateur, par exemple les erreurs et le temps de transfert, quelle que soit la conception interne du réseau reposant sur les applications de service décrites dans la section 2.

Pour prendre en charge différents types de services WASN, il faudrait définir plusieurs classes de qualité de service optimisées pour les réseaux WASN. Deux exemples de classe sont présentés ci-après:



- Pour les services pour lesquels le facteur temps est important (par exemple commande à distance de machines industrielles ou détection des intrusions), au moins une classe de qualité de service liée au temps pourrait être définie et prise en charge.
- Les réseaux WASN sont également utilisés avec des services M2M pour lesquels le facteur temps est relativement peu important. Dans ce cas, l'utilisation d'une classe de qualité de service avec tolérance de retard pourrait être privilégiée.

D'autres classes importantes pourraient être prises en charge. Dans un souci de cohérence des services de bout en bout, il conviendrait d'établir une correspondance appropriée entre la qualité de service d'un réseau WASN et celle d'un réseau central traditionnel, comme définie dans la Recommandation UIT-R M.1079.

La définition de la qualité de service pour les systèmes WASN ne relève pas de la présente Recommandation.

### **4.3 Sécurité**

Les informations transmises depuis les capteurs et à destination des actionneurs peuvent comprendre des informations privées et des informations commerciales confidentielles. Tout accès non autorisé au réseau menacera la sécurité; un tiers extérieur pourrait consulter les informations transmises par un capteur ou altérer l'information de commande envoyée à un actionneur.

Pour garantir des communications sécurisées, on devrait utiliser des techniques de sécurité comme l'authentification et le chiffrement. La pérennité des algorithmes de sécurité devrait être garantie. A titre de référence, on trouvera des instructions concernant la sécurité des systèmes de communication multimédia en mode paquet dans la Recommandation UIT-T H.235 et des instructions concernant la sécurité des réseaux de données et des communications entre systèmes ouverts dans la Recommandation UIT-T X.805.

### **4.4 Pérennité et modularité du système**

Les systèmes WASN peuvent être utilisés pour prendre en charge des applications très différentes, comme l'automatisation des installations, les compteurs de services collectifs et l'observation de l'environnement. A la différence des terminaux hertziens comme les téléphones cellulaires, les terminaux hertziens de services M2M sont très rarement remplacés après leur mise en service en raison de leur nombre et du coût que cela suppose.

Pour prendre en charge ces services pendant de longues périodes, l'interface radioélectrique entre le terminal hertzien et la station de base devrait être modulable et sa compatibilité avec les versions antérieures doit être assurée.

### **4.5 Mobilité**

Lorsqu'ils sont utilisés pour certaines applications comme la prévention de la délinquance, la distribution de marchandises et les systèmes de transport intelligents, les systèmes WASN doivent prendre en charge des applications dans des environnements mobiles et nomades, ainsi que dans des environnements fixes. L'environnement fixe pourrait présenter des avantages pour des services WASN limités par leur alimentation en énergie, comme les dispositifs fonctionnant sur batterie.

Pour prendre en charge cette mobilité, les systèmes devraient fournir ces applications grâce à une configuration à cellules multiples.

#### **4.6 Accès au support**

Les systèmes WASN peuvent prendre en charge un très grand nombre de terminaux hertziens par cellule. En général, les protocoles d'accès réparti au support, comme l'accès aléatoire, sont efficaces. Toutefois, des collisions risquent de se produire en raison du nombre accru de terminaux hertziens. La largeur de la bande de fréquences étant limitée, certaines demandes émanant des terminaux hertziens risquent de ne pas pouvoir parvenir au système à cause des encombrements. Pour prendre en charge efficacement tous les terminaux hertziens du système, les systèmes WASN doivent utiliser des protocoles d'accès au support efficaces comprenant des mécanismes d'accès prioritaire.

#### **4.7 Réduction du brouillage cocanal**

Pour fournir des services M2M dans des zones où la densité de capteurs et/ou d'actionneur est élevée ou faible, il est essentiel de réduire le brouillage cocanal.

Par exemple, pour minimiser les risques de brouillage cocanal, la transmission de l'en-tête du message de commande, sa périodicité et la puissance pourrait faire l'objet d'une décision reposant sur la densité de terminaux hertziens dans la cellule.

#### **4.8 Terminal hertzien**

Certains terminaux hertziens utilisés pour des services M2M devraient rester en service pendant une longue période. Faute d'alimentation électrique extérieure, leur consommation d'énergie devrait être très faible.

Dans le cas de services M2M tels que la commande de machines ou l'observation de l'environnement, il se peut que les capteurs et/ou les actionneurs soient installés dans des environnements difficiles (températures extrêmement élevées/basses, très forte humidité, haute altitude ou poussière). La fiabilité des transmissions ne devrait pas être affectée par ces conditions difficiles.

### **5 Exigences fonctionnelles**

#### **5.1 Densité de capteurs et/ou d'actionneurs à prendre en charge**

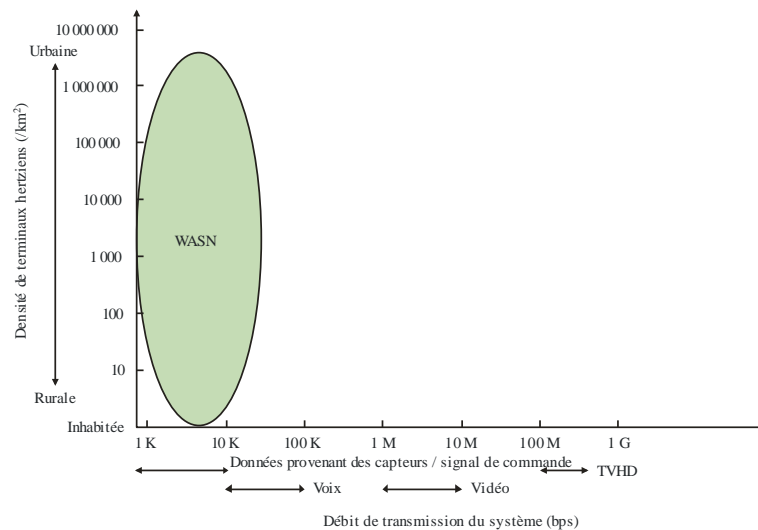
Vu les services présentés dans la section 2 et les caractéristiques décrites dans la section 4, il est essentiel de tenir compte de la densité de capteurs et/ou d'actionneurs pour concevoir un système hertzien commun capable de prendre en charge de futurs services essentiels tels que le relevé des compteurs de services collectifs à distance, la mise en réseau d'appareils électroménagers et d'équipements de bureau, l'observation de la pollution de l'environnement et la notification des catastrophes.

La Figure 1 montre le domaine de conception type pour un réseau WASN du point de vue du débit de transmission du système et de densité de terminaux hertziens.

L'une des principales caractéristiques de ces systèmes est qu'ils prennent en charge un très grand nombre de capteurs et/ou d'actionneurs dans des zones à très haute densité telles que les zones urbaines ainsi qu'un petit nombre de capteurs et/ou d'actionneurs dans des zones rurales à faible densité. Les réseaux WASN doivent prendre en charge un grand nombre de terminaux hertziens comme le montre la Fig. 1.

FIGURE 1

**Débit de transmission du système et densité de capteurs et/ou d'actionneurs pris en charge par les systèmes WASN**



M.2002-01

## 5.2 Débit de transmission des capteurs et/ou actionneurs à prendre en charge

Vu les services présentés dans la section 2 et les caractéristiques décrites dans la section 4, il est essentiel pour les systèmes hertziens de privilégier les transmissions sur de longues distances dans une petite largeur de bande de signal par rapport aux transmissions haut débit dans une grande largeur de bande de signal afin de fournir de manière rentable les futurs services essentiels susmentionnés dans des zones à faible densité.

Comme le montre la Fig. 1, l'une des principales caractéristiques du système est son faible débit de transmission qui facilite le déploiement de grandes cellules et permet de desservir de manière rentable des zones à faible densité. En règle générale, les systèmes WASN fonctionnent à des débits de transmission faibles. A l'inverse, dans le cas des systèmes d'accès hertzien large bande, des débits de transmission élevés sont prioritaires par rapport à la distance de transmission (taille de la cellule).

## 5.3 Bandes de fréquences possibles

Même si plusieurs bandes de fréquences pourraient être utilisées, compte tenu des caractéristiques de propagation (voir les Recommandations UIT-R P.1406 et UIT-R P.1812), du bruit artificiel (voir la Recommandation UIT-R P.372) et de la nécessité d'avoir de grandes cellules, il est préférable que les systèmes WASN utilisent la partie supérieure de la bande des ondes métriques ou la partie inférieure de la bande des ondes décimétriques.