

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.2003-1
(01/2015)

**Systèmes hertziens à plusieurs gigabits
fonctionnant au voisinage de 60 GHz**

Série M

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



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
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	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, 2016

© UIT 2016

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.2003-1

Systèmes hertziens à plusieurs gigabits fonctionnant au voisinage de 60 GHz

(Question UIT-R 212-3/5)

(2012-2015)

Mots clés

MGWS, WLAN, RLAN, accès local hertzien, réseaux, réseaux locaux radioélectriques

Domaine d'application

La présente Recommandation décrit les caractéristiques générales et les normes d'interface radioélectrique applicables aux systèmes hertziens à plusieurs gigabits fonctionnant au voisinage de 60 GHz.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les systèmes hertziens à plusieurs gigabits (MGWS, *multiple gigabit wireless systems*) sont largement utilisés pour des équipements informatiques fixes, semi-fixes (transportables) et portables, aux fins de diverses applications large bande;
- b) que les systèmes MGWS devraient englober des applications numériques hertziennes audio, vidéo et de commande, ainsi que des applications pour les réseaux locaux hertziens (WLAN, *wireless local area network*) à plusieurs gigabits;
- c) que des normes relatives aux systèmes MGWS ont été élaborées en ce qui concerne le fonctionnement de ces systèmes dans la gamme de fréquences des 60 GHz;
- d) que la mise en oeuvre des systèmes MGWS devrait s'accompagner d'un examen minutieux de leur compatibilité avec d'autres applications de radiocommunication;
- e) que de nombreuses administrations autorisent le fonctionnement sans licence des systèmes MGWS, y compris des dispositifs de réseau local radioélectrique (RLAN, *radio local area network*), dans la gamme de fréquences des 60 GHz;
- f) qu'une harmonisation des fréquences pour le service mobile dans la gamme de fréquences des 60 GHz faciliterait le déploiement des systèmes MGWS, y compris des réseaux RLAN,

reconnaissant

- a) qu'une harmonisation des fréquences à l'échelle mondiale dans la gamme des 60 GHz pour les systèmes MGWS bénéficiera à la fois aux consommateurs et aux équipementiers;
- b) que, même si les systèmes MGWS ont surtout été utilisés pour des applications en intérieur, certaines administrations autorisent l'utilisation de ces systèmes en extérieur,

notant

- a) que plusieurs normes présentent des options pour la mise en oeuvre des systèmes MGWS,

recommande

- 1** d'utiliser les normes relatives aux systèmes MGWS ainsi que les caractéristiques de ces systèmes indiquées dans l'Annexe 1.

Annexe 1

Caractéristiques générales des systèmes hertziens à plusieurs gigabits fonctionnant au voisinage de 60 GHz

1 Considérations générales

Les réseaux de radiocommunication qui utilisent des systèmes hertziens à plusieurs gigabits (MGWS) peuvent servir à assurer des communications à courte portée, en visibilité directe ou en l'absence de visibilité directe. La portée de communication totale et le débit varieront en fonction de l'environnement, mais un débit de plusieurs gigabits devrait typiquement être atteint pour une portée de communication d'une dizaine de mètres dans le cas d'une utilisation en intérieur. Ces réseaux peuvent être déployés à l'aide de points d'accès, comme le sont les réseaux WLAN existants, ou sans utiliser ce type d'infrastructure, comme dans le cas des réseaux WLAN en mode ad hoc et des réseaux personnels sans fil (WPAN, *wireless personal area network*).

En cas d'utilisation de points d'accès, ces réseaux sont installés à l'intérieur de bâtiments et desservent une habitation ou un espace de bureaux. Ils fonctionnent avec un terminal d'utilisateur nomade lui aussi typiquement utilisé en intérieur, de sorte que la totalité du système WLAN serait utilisée à l'intérieur de bâtiments.

En l'absence d'utilisation de points d'accès, les dispositifs MGWS peuvent communiquer en établissant des liaisons directes pour l'échange de données entre les dispositifs ou les équipements. Les applications types comprennent les communications d'équipement à équipement (par exemple, d'un ordinateur portable à un projecteur) ainsi que d'un dispositif d'électronique grand public à un kiosque¹, et l'on peut supposer que l'utilisation aurait lieu principalement à l'intérieur de bâtiments.

2 Caractéristiques techniques des systèmes MGWS

2.1 Fréquences

Il est nécessaire de disposer au minimum d'une portion de spectre contiguë de 7 GHz dans la gamme de fréquences 57-66 GHz pour répondre aux besoins² des applications que l'on envisage d'utiliser dans cette gamme, telles que les vidéos non compressées (par exemple, interface multimédia haute définition (HDMI) à 3 Gbit/s), stations d'accueil sans fil et téléchargement rapide amont/aval. Au moins trois canaux pourraient ainsi être utilisés, de manière à bénéficier d'une certaine souplesse et d'une meilleure connectivité. En outre, une largeur de bande de canal de 2 160 MHz permet d'atteindre des débits de données de plusieurs Gbit/s à l'aide de systèmes de modulation plus simples, ce qui est approprié pour une adoption par des dispositifs à faible puissance, tels que les smartphones, les tablettes, les netbooks et les notebooks.

2.2 Largeur de bande de canal et fréquences centrales

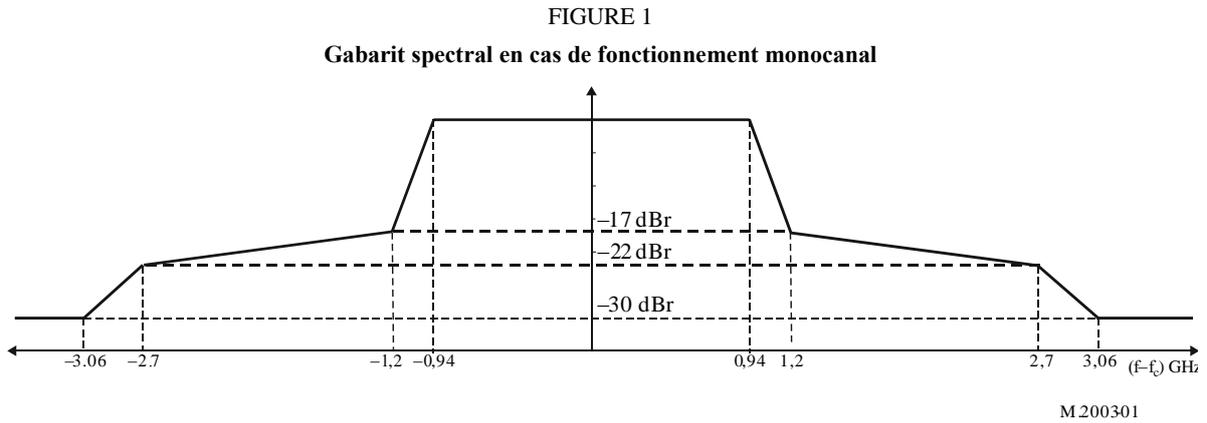
Une largeur de bande de canal de 2 160 MHz est nécessaire. Il importe que les normes relatives aux systèmes MGWS utilisent le même découpage des canaux, afin de favoriser une meilleure coexistence. Quatre fréquences centrales sont recommandées: 58,32, 60,48, 62,64 et 64,80 GHz.

¹ Dans ce contexte, un kiosque est un boîtier qui assure la distribution de contenus électroniques tels que des films, de la musique, des vidéos, des livres numériques, etc., et qui permet d'accéder à ces contenus.

² Les exigences système sont décrites dans les normes citées dans l'Annexe 1.

2.3 Gabarit d'émission

Le gabarit suivant est applicable en cas de fonctionnement monocanal.



Dans la Fig. 1 ci-dessus, f_c est la fréquence centrale de la porteuse.

Le gabarit suivant (Fig. 2 et Tableau 1) est applicable lorsqu'un regroupement de deux canaux contigus ou plus est utilisé.

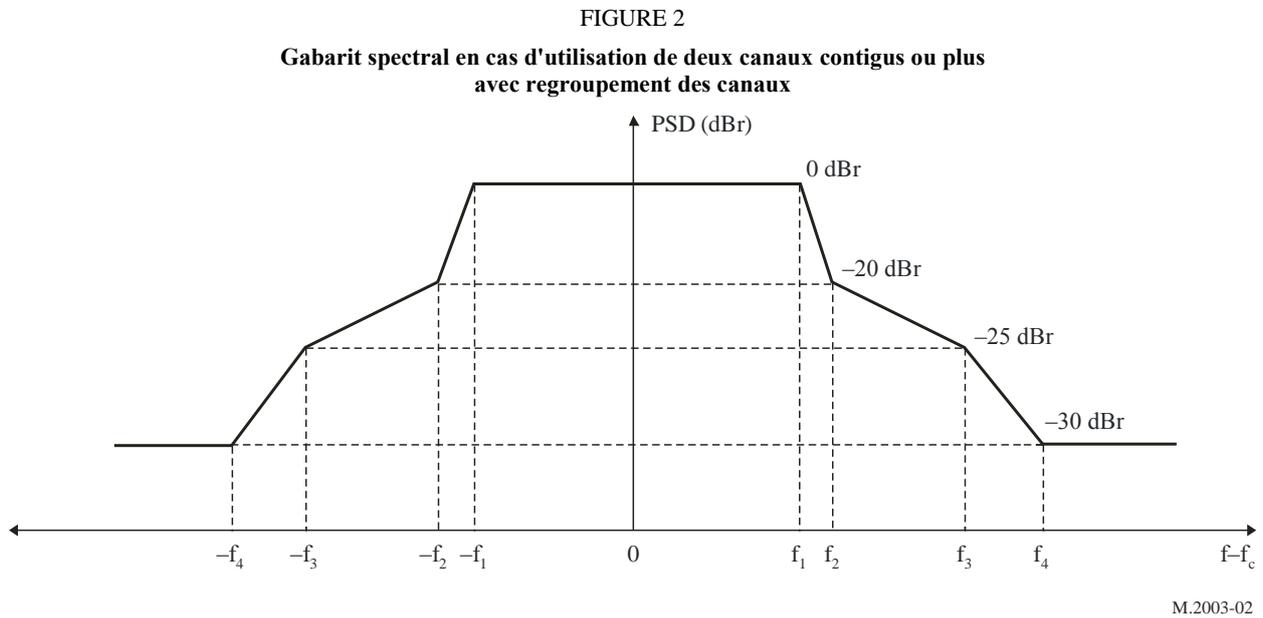


TABLEAU 1

Paramètres de gabarit spectral d'émission

Regroupement des canaux	f_1 (GHz)	f_2 (GHz)	f_3 (GHz)	f_4 (GHz)
Emission dans deux canaux regroupés	2,100	2,160	3,000	4,000
Emission dans trois canaux regroupés	3,150	3,240	4,500	6,000
Emission dans quatre canaux regroupés	4,200	4,320	6,000	8,000

2.4 Caractéristiques communes

2.4.1 Plage opérationnelle des températures d'émission et de réception

Les plages opérationnelles de température d'émission et de réception sont indiquées dans la norme IEEE 802.11-2012.

2.4.2 Tolérance de fréquence centrale

La tolérance de fréquence centrale de l'émetteur devrait être au maximum de ± 20 ppm pour la bande de fréquences des 60 GHz.

2.4.3 Tolérance de l'horloge de symbole

La tolérance de fréquence de l'horloge de symbole devrait être au maximum de ± 20 ppm pour la bande de fréquences des 60 GHz. La fréquence centrale d'émission et la fréquence de l'horloge de symbole sont obtenues à partir du même oscillateur de référence.

2.4.4 Fuite de puissance sur la fréquence centrale d'émission

La fuite de puissance sur la fréquence centrale d'émission ne devrait pas dépasser -23 dB par rapport à la puissance totale d'émission, ou, de manière équivalente, $2,5$ dB par rapport à l'énergie moyenne du reste des sous-porteuses (en multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM)).

2.4.5 Montée et descente en puissance à l'émission

La montée en puissance à l'émission est définie comme la durée nécessaire pour qu'un émetteur passe de moins de 10% à plus de 90% de la puissance moyenne qui doit être émise dans la trame.

La montée en puissance à l'émission devrait être d'environ 10 ns.

La descente en puissance à l'émission est définie comme la durée nécessaire pour que l'émetteur passe de plus de 90% à moins de 10% de la puissance maximale qui doit être émise dans la trame.

La descente en puissance à l'émission devrait être d'environ 10 ns.

2.4.6 Niveau d'entrée maximal

Le niveau maximal à l'entrée du récepteur est le niveau maximal de puissance du signal reçu, en dBm, à l'entrée du récepteur, pour lequel le critère de taux d'erreurs (défini dans le paragraphe relatif à la sensibilité à la réception) est satisfait. Un récepteur conforme présente un niveau d'entrée maximal d'au moins -33 dBm pour chacun des formats de modulation qu'il prend en charge.

2.4.7 Caractéristiques système

Pour profiter pleinement des possibilités offertes par les systèmes MGWS, y compris pour prendre en charge les applications et les services décrits dans le présent document, il est nécessaire de respecter certaines caractéristiques au niveau système:

- 1) **Débit:** chaque dispositif MGWS devrait permettre d'assurer un débit maximal, mesuré en haut de la couche de commande d'accès au support, d'au moins 1 Gbit/s.
- 2) **Portée:** le système devrait permettre d'assurer une portée d'au moins 10 m avec un débit de 1 Gbit/s, mesuré en haut de la couche de commande d'accès au support, dans le cas d'un canal PHY en l'absence de visibilité directe.

Outre les caractéristiques susmentionnées, lorsque le système prend en charge la diffusion en continu de vidéos non compressées, il est nécessaire de respecter des caractéristiques supplémentaires, décrites dans le Tableau 2.

TABLEAU 2
Caractéristiques système

Paramètre	Valeur	Description
Débit	3 Gbit/s	Vidéo non compressée, 1 080 p (RGB): 1 920 × 1 080 pixels, 24 bits/pixels, 60 images/s
Taux de perte de données (charge utile de 8 koctets)	1e-8	
Temps de transmission ³	10 ms	

2.4.8 Mécanismes d'accès aux canaux

Le mécanisme d'accès de base est l'accès multiple par répartition dans le temps (TDMA), qui est nécessaire pour résoudre les difficultés liées au fonctionnement au voisinage de 60 GHz, tenir compte de la nature directionnelle des communications et prendre en charge les applications comme les écrans sans fil. L'accès TDMA permet de garantir la largeur de bande nécessaire aux applications sensibles à la qualité de service, du fait de ses caractéristiques de réservation, tout en étant efficace sur le plan énergétique, puisque les dispositifs peuvent se mettre en veille en dehors des communications.

De plus, étant donné que l'accès TDMA est programmé, les stations savent exactement avec quelles autres stations elles communiqueront et à quel moment les communications auront lieu. Par conséquent, elles peuvent orienter le lobe principal de leur antenne dans la direction souhaitée et n'ont pas besoin d'utiliser de communications omnidirectionnelles, alors que cela est nécessaire en cas d'accès en mode contention.

L'accès en mode contention, qui est utilisé, par exemple, pour les communications Wi-Fi, devrait aussi être pris en charge pour des utilisations comme la navigation sur le web et le transfert de fichiers. Toutefois, l'accès en mode contention ne devrait pas constituer le mécanisme d'accès de base, mais être utilisé pendant des périodes qui lui sont attribuées dans l'infrastructure d'accès en mode TDMA.

2.5 Paramètres pour la coexistence

Pour assurer une meilleure coexistence, il importe que tous les systèmes MGWS utilisent le même découpage des canaux.

Exemples de découpage des canaux:

- 1) IEEE:
 - a) La norme IEEE 802.11ad-2012⁴ définit une largeur de bande de canal de 2 160 MHz.
 - b) La norme IEEE 802.15.3c-2009⁵ définit une largeur de bande de canal de 2 160 MHz.

³ Il s'agit du temps de transmission du haut de la couche MAC à une extrémité jusqu'en haut de la couche MAC à l'autre extrémité.

⁴ IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 3: Enhancements for Very High Throughput in the 60 GHz Band, décembre 2012.

⁵ IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) – Amendment 2: Millimeter-wave-based Alternative Physical Layer Extension.

Avant de commencer à utiliser un canal, un système MGWS devrait effectuer un balayage de manière à s'assurer que son fonctionnement ne causera pas de brouillages à d'autres systèmes MGWS qui fonctionnent sur ce canal.

Exemples de techniques d'atténuation des brouillages:

- 1) IEEE:
 - a) Un point d'accès conforme à la norme IEEE 802.11ad-2012 ne devrait pas établir un réseau en utilisant un canal sur lequel le niveau du signal est supérieur ou égal à -48 dBm, ou en cas de détection d'un préambule de signalisation en mode commun (CMS) conforme à la norme IEEE 802.15.3c-2009 dont le niveau à la réception est supérieur ou égal à -60 dBm. Plusieurs autres techniques d'atténuation des brouillages sont définies, par exemple la commutation de canaux, la commande de puissance à l'émission et la formation de faisceaux, pour en citer quelques-unes.
 - b) La norme IEEE 802.15.3c-2009 ne permet pas à un contrôleur de picoréseau d'établir un nouveau picoréseau sur un canal déjà occupé par un autre contrôleur de picoréseau. Une méthode de signalisation en mode commun (CMS) a été définie afin de permettre à plusieurs contrôleurs de picoréseaux de partager l'accès à un canal, en utilisant des intervalles d'accès TDMA attribués aux picoréseaux enfants.

2.6 Niveaux de sensibilité à la réception

Les niveaux de sensibilité à la réception sont compris typiquement entre -48 et -78 dBm.

Exemples de niveaux de sensibilité à la réception:

- 1) IEEE: Dans la norme IEEE 802.11ad-2012, le taux d'erreurs sur les paquets (PER) est inférieur à 1% (5% pour le système MCS0) pour une longueur d'unité PSDU de 4 096 octets (256 octets pour le système MCS0).

NOTE – Pour les mesures de puissance RF basées sur la densité de puissance reçue, le niveau d'entrée doit être corrigé afin de compenser le gain de l'antenne lors de la mise en oeuvre. Le gain de l'antenne est le gain maximal estimé par le fabricant. Dans le cas d'une antenne réseau à commande de phase, le gain de l'antenne est la somme maximale des gains estimés de ses éléments -3 dB de perte liée à la mise en oeuvre.

2.7 Règles d'évaluation de canal libre (CCA)

Les systèmes MGWS peuvent utiliser des règles d'évaluation de canal libre (CCA), afin d'atténuer les brouillages causés à d'autres systèmes MGWS.

Dans la norme IEEE 802.11ad-2012, par exemple, sont définis trois ensembles de systèmes MCS, dont chacun fait l'objet de règles CCA spécifiques. Ces trois ensembles MCS sont:

- a) MCS0: désigné sous le nom de système MCS de commande et basé sur une modulation monoporteuse (SC).
- b) MCS1 à MCS12 et MCS25 à MCS31: ensemble MCS SC.
- c) MCS13 à MCS24: ensemble MCS à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM).

La norme IEEE 802.11ad-2012 définit donc des règles CCA pour chacun des ensembles MCS:

- a) Système MCS de commande: Si, au début d'une émission valide en mode MCS de commande, le niveau à la réception est supérieur à la sensibilité minimale pour le système MCS de commande (-78 dBm), alors l'évaluation CCA doit indiquer un état occupé avec une probabilité supérieure à 90% dans un délai de 3 μ s.

- b) Ensemble MCS SC: Si, au début d'une émission valide en mode MCS SC, le niveau à la réception est supérieur à la sensibilité minimale pour le système MCS1 (−68 dBm), alors l'évaluation CCA doit indiquer un état occupé avec une probabilité supérieure à 90% dans un délai de 1 µs. Le récepteur doit maintenir le signal de détection de porteuse à l'état occupé pour tout signal dont le niveau se situe 20 dB au-dessus de la sensibilité minimale pour le système MCS1.
- c) Ensemble MCS OFDM: Si, au début d'une émission valide en mode MCS OFDM ou MCS SC, le niveau à la réception est supérieur à la sensibilité minimale pour le système MCS13 (−66 dBm), alors l'évaluation CCA doit indiquer un état occupé avec une probabilité supérieure à 90% dans un délai de 1 µs.

3 Normes relatives aux systèmes hertziens à plusieurs gigabits (MGWS)

Ci-après figure une liste de normes qui traitent des spécifications des systèmes MGWS:

- 1) IEEE 802.11ad-2012, IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 3: Enhancements for Very High Throughput in the 60 GHz Band. Décembre 2012.
- 2) IEEE 802.15.3cTM-2009, IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) – Amendment 2: Millimeter-wave-based Alternative Physical Layer Extension.
- 3) ETSI EN 302 567 v1.2.1 (2012-01), Broadband Radio Access Networks (BRAN); 60 GHz Multiple-Gigabit WAS/RLAN Systems; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive.
- 4) Wireless Gigabit Alliance (WGA): WiGig MAC and PHY Specification v1.2, mars 2012.
- 5) ISO/CEI 13156, Technologies de l'information – Téléinformatique – PHY, MAC et PALs 60 GHz à haut débit.

4 Acronymes et abréviations

CCA	évaluation de canal libre (<i>clear channel assessment</i>)
CE	électronique grand public (<i>consumer electronics</i>)
HDMI	interface multimédia haute définition (<i>high definition multimedia interface</i>)
MGWS	système hertzien à plusieurs gigabits (<i>multiple gigabit wireless system</i>)
MCS	système de modulation et de codage (<i>modulation and coding scheme</i>)
OFDM	multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (<i>orthogonal frequency division multiplexing</i>)
PER	taux d'erreurs sur les paquets (<i>packet error rate</i>)
RLAN	réseau local radioélectrique (<i>radio local area network</i>)
SC	monoporteuse (<i>single carrier</i>)
TDMA	accès multiple par répartition dans le temps (<i>time division multiple access</i>)

WLAN réseau local hertzien (*wireless local area network*)

WPAN réseau personnel sans fil (*wireless personal area network*)
