

RECOMMANDATION UIT-R SM.1755-0*

Caractéristiques de la technologie à bande ultralarge

(2006)

Domaine d'application

Il est nécessaire de disposer d'informations sur les caractéristiques techniques et opérationnelles des dispositifs à bande ultralarge (UWB) pour étudier leur incidence sur d'autres services de radiocommunication. La présente Recommandation donne la liste des termes et définitions utilisés et indique les caractéristiques générales de la technologie UWB.

Mots clés

Bande ultralarge, courte portée, modulation, services de radiocommunication

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les émissions volontaires de dispositifs recourant à la technologie à bande ultralarge (UWB) peuvent occuper une très large gamme de fréquences;
- b) que des dispositifs UWB dont les émissions occupent de nombreuses fréquences attribuées aux services de radiocommunication sont actuellement mis au point;
- c) que les dispositifs UWB peuvent, par conséquent, avoir simultanément une incidence sur nombre de systèmes fonctionnant dans plusieurs services de radiocommunication, y compris ceux qui sont utilisés au plan international;
- d) que la technologie UWB peut être intégrée dans de nombreuses applications telles que les communications intérieures et extérieures à courte portée, l'imagerie radar, l'imagerie médicale, le suivi des biens, la surveillance, les radars de véhicule et le transport intelligent;
- e) qu'il peut être difficile de différencier les émissions UWB des émissions ou des rayonnements involontaires émanant d'équipements également fondés sur d'autres technologies et pour lesquels des limites différentes sont susceptibles de s'appliquer;
- f) que les applications UWB peuvent être utiles à des secteurs tels que la protection du public, la construction, l'ingénierie, les sciences, la médecine, les applications grand public, les technologies de l'information, les divertissements multimédias et les transports;
- g) que les dispositifs UWB propres à certaines applications pourraient entraîner une installation massive dans des environnements où des stations assurant des services de radiocommunication ont déjà été ou seront mises en place;

* 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.

- h) que les besoins en fréquences et les restrictions opérationnelles propres aux dispositifs UWB peuvent varier selon l'application;
- j) que les dispositifs UWB fonctionnent normalement sans protection et sans brouillage;
- k) qu'il est nécessaire de disposer d'informations sur les caractéristiques techniques et opérationnelles des dispositifs et applications UWB pour étudier l'incidence des dispositifs en question sur les services de radiocommunication; et
- l) qu'il est nécessaire de disposer d'informations sur les termes et définitions associés à la technologie UWB et aux dispositifs fondés UWB sur cette technologie,

recommande

- 1** que les termes, définitions et abréviations figurant à l'Annexe 1 soient utilisés pour décrire la technologie UWB et les dispositifs fondés UWB sur cette technologie;
- 2** que les caractéristiques générales indiquées à l'Annexe 2 servent à décrire la technologie UWB;
- 3** que les caractéristiques techniques et opérationnelles décrites à l'Annexe 3 soient examinées dans les études ayant trait à l'incidence des dispositifs UWB (ceux qui ne sont pas actuellement reconnus comme fonctionnant au titre des attributions de fréquences aux services de radiocommunication) sur les systèmes de radiocommunication;
- 4** que les Notes ci-après soient considérées comme faisant partie de la présente Recommandation.

NOTE 1 – Les administrations qui autorisent des dispositifs UWB ou accordent des licences pour ces dispositifs devraient veiller à ce que, en application des dispositions du Règlement des radiocommunications (RR), ces dispositifs ne causent pas de brouillages aux services de radiocommunication d'autres administrations définis dans le Règlement des radiocommunications et qui fonctionnent conformément au RR, ne prétendent pas à une protection contre ces services ou n'imposent pas de contraintes à ces services.

NOTE 2 – A réception d'une notification de brouillage causé par des dispositifs UWB aux services de radiocommunication mentionnés dans la Note 1 ci-dessus, les administrations devraient prendre immédiatement des mesures pour supprimer un tel brouillage.

Annexe 1

Termes, définitions et abréviations relatifs à la UWB

1 Termes et définitions relatifs à la UWB

Dans la description des technologies et dispositifs à UWB, les termes ci-après sont définis de la façon suivante:

Technologie à bande ultralarge (UWB): technologie destinée aux radiocommunications à courte portée, impliquant la production et l'émission volontaires d'énergie radioélectrique occupant une très large gamme de fréquences susceptible de couvrir plusieurs bandes de fréquences attribuées aux services de radiocommunication. Les dispositifs UWB produisent généralement un rayonnement volontaire à partir de leur antenne dans une largeur de bande à -10 dB d'au moins 500 MHz ou une largeur de bande fractionnée à -10 dB supérieure à 0,2¹.

Emission UWB: rayonnement produit au moyen de la technologie UWB.

Coefficient d'activité: fraction de temps pendant lequel un dispositif UWB produit une émission².

Impulsion: pointe à polarité unidirectionnelle souvent utilisée pour exciter un filtre limiteur de bande UWB dont la sortie, en cas de rayonnement, est une impulsion transitoire UWB.

Impulsion transitoire: bref signal UWB transitoire émis dont la durée est nominale la réciproque de sa largeur de bande à -10 dB.

Dispositif d'imagerie radar: dispositif permettant d'obtenir des images d'objets obstrués, notamment: détection à l'intérieur des murs et à travers les murs, radars à pénétration du sol, imagerie médicale, imagerie pour la construction et les réparations à domicile, dispositifs destinés aux industries extractives et dispositifs de surveillance.

Dispositif de radar à pénétration du sol (GPR): dispositif d'imagerie radar qui fonctionne normalement lorsqu'il est en contact avec le sol ou très proche du sol en vue de la détection ou de la cartographie de structures souterraines. Bien que le dispositif soit principalement utilisé pour examiner le «sous-sol», le sens du terme «sol» peut être élargi de manière à englober tout matériel diélectrique présentant des pertes.

¹ La largeur de bande à -10 dB B_{-10} et la largeur de bande fractionnée -10 dB μ_{-10} sont calculées comme suit:

$$B_{-10} = f_H - f_L$$

$$\mu_{-10} = B_{-10}/f_C$$

où:

f_H : fréquence la plus élevée à laquelle la densité spectrale de puissance de l'émission UWB est de -10 dB par rapport à f_M

où:

f_M : fréquence de l'émission UWB maximale

f_L : fréquence la plus basse à laquelle la densité spectrale de puissance de l'émission UWB est de -10 dB par rapport à f_M , et

$f_C = (f_H + f_L)/2$: fréquence centrale de la largeur de bande à -10 dB.

La largeur de bande fractionnée peut être exprimée en pourcentage.

² Pour de multiples dispositifs, voir le § 3 de l'Annexe 3.

Dispositif d'imagerie radar mural: capteur destiné à examiner et cartographier l'intérieur des murs. Ceux-ci sont généralement construits en béton ou avec un matériau imperméable et dense similaire qui absorbe une grande partie de l'énergie radioélectrique émise. Les applications types visent notamment les murs de bâtiments en béton armé, les murs de rétention, les revêtements de tunnels, les parois de mines, la partie latérale d'un pont ou une autre structure physique qui est assez dense et épaisse pour dissiper et absorber la majeure partie de la puissance du signal émis par la disposition d'imagerie.

Dispositif d'imagerie radar fonctionnant à travers les murs: capteur permettant d'émettre de l'énergie à travers une structure opaque telle qu'un mur ou un plafond pour détecter le mouvement ou la position de personnes ou d'objets situés de l'autre côté. Ces dispositifs sont volontairement conçus pour maximiser le transfert d'énergie à travers une structure opaque. Cette catégorie peut inclure des produits tels que les localisateurs de montants destinés à localiser des objets derrière des murs qui ne sont pas assez épais ou denses pour absorber le signal émis, par exemple des murs en gypse, en plâtre ou matériau similaire.

Dispositif de communication UWB: dispositif de communication à courte portée destiné à la transmission et/ou la réception d'informations entre des dispositifs.

Dispositif de mesure UWB: dispositif utilisé pour mesurer la distance ou la position.

Dispositif d'imagerie médicale: capteur permettant de détecter la position ou le mouvement d'objets à l'intérieur du corps d'un être humain ou d'un animal.

Détection d'un emplacement et poursuite: réseaux de capteurs installés en des endroits précis pour déterminer la position d'un dispositif UWB distant.

Dispositif radar de véhicule: dispositif radar installé sur des véhicules de transport terrestres destiné à détecter la position et le mouvement de personnes ou d'objets à proximité d'un véhicule.

Dispositif multifonctionnel: dispositif qui permet d'exploiter bon nombre d'applications UWB telles que l'imagerie radar, le radar de véhicule, la localisation et la poursuite, et les fonctions de communication utilisant une plate-forme commune.

NOTE 1 – Les termes «largeur de bande nécessaire», «largeur de bande occupée», «rayonnements non désirés», «domaine des émissions hors bande» et «domaine des rayonnements non essentiels», tels que définis à l'Article 1 du RR, ne sont généralement pas pertinents pour les émissions en UWB.

2 Abréviations relatives à la bande ultralarge

AMRC-SD	Accès multiple par répartition en code en séquence directe
BPM	Modulation de phase binaire (<i>bi-phase modulation</i>)
DSSS	Étalement du spectre en séquence directe (<i>direct sequence spread spectrum</i>)
GPR	Radar à pénétration du sol (<i>ground penetrating radar</i>)
MROF-MB	MROF en multibande
MROF	Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence
OOK	Modulation par tout ou rien (<i>on-off keying modulation</i>)
PAM	Modulation des impulsions et amplitude (<i>pulse amplitude modulation</i>)
PPM	Modulation des impulsions en position (<i>pulse position modulation</i>)
PRF	Fréquence de répétition des impulsions (<i>pulse repetition frequency</i>)
PSD	Densité spectrale de puissance (<i>power spectral density</i>)
RBW	Largeur de bande de résolution (<i>resolution bandwidth</i>)
SRR	Radar à courte portée (<i>short-range radar</i>)

UWB	Bande ultralarge (<i>ultra-wideband</i>)
WPAN	Réseau personnel sans fil (<i>wireless personal area network</i>)

Annexe 2

Caractéristiques générales de la technologie UWB

1 Forte densité d'utilisation potentielle

La technologie UWB peut être intégrée dans de nombreuses applications qui pourraient offrir des avantages au public, aux consommateurs, aux entreprises et aux industries. Elle pourrait par exemple être intégrée dans des applications visant à améliorer la sécurité publique grâce à l'utilisation de dispositifs radar de véhicule anticollisions, de capteurs activant des coussins de sécurité gonflables, de capteurs d'état de la route, de dispositifs de communication de données à haut débit et à courte portée, de dispositifs de repérage, de détecteurs et capteurs de niveau de liquide, de dispositifs de surveillance, de dispositifs de localisation; elle pourrait aussi être utilisée pour remplacer les connexions filaires à haut débit sur de courtes distances. Bien que la plupart des dispositifs UWB fonctionnent à une très faible puissance, le grand nombre d'applications UWB potentielles pourraient conduire à une forte densité d'utilisation de dispositifs UWB dans certains environnements tels que les bureaux et entreprises.

2 Haut débit de données

Les dispositifs UWB peuvent fonctionner à des niveaux de puissance très faibles et peuvent prendre en charge des applications utilisées par de multiples utilisateurs à de hauts débits (par exemple les réseaux personnels sans fil à courte portée (WPAN) ayant des débits supérieurs à 100 Mbit/s).

3 Sécurité des communications

Les signaux UWB peuvent être plus «voilés» et plus difficiles à détecter que les autres signaux de radiocommunication. C'est parce qu'ils occupent une grande largeur de bande, peuvent être davantage bruités et peuvent assurer une communication avec un code de synchronisation aléatoire unique à un débit de plusieurs millions de bits/s. Chaque bit est en général représenté par un grand nombre d'impulsions de très faible amplitude normalement au-dessous du niveau de bruit. Ces caractéristiques donnent des émissions sécurisées avec une faible probabilité de détection (LPD) et une faible probabilité d'interception (LPI).

4 Robustesse des communications

Les dispositifs UWB sont généralement conçus pour présenter un important gain de conditionnement, une des mesures de la robustesse d'un dispositif à l'égard des brouillages.

5 Capacité du système de communication

La capacité théorique de tout système de communication, notamment d'un système UWB, peut être calculée à partir de la relation de Shannon:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{\int P_d(f) df}{\int_B N_0 df} \right) \quad (1)$$

où:

C : capacité du canal (bit/s)

B : largeur de bande du canal (Hz)

$P_d(f)$: densité spectrale de puissance du signal (W/Hz (ou dBm/Hz))

N_0 : densité spectrale de puissance du bruit (W/Hz (ou dBm/Hz)).

La relation de Shannon montre que la capacité théorique du canal dans un système de communication UWB est très grande en raison de sa largeur de bande, même si sa densité spectrale de puissance est très faible et limitée en amplitude.

6 Spectre de puissance UWB

Les signaux UWB produits par une modulation de position d'impulsions de base comprennent de nombreuses crêtes spectrales. L'aléation permet de bruyier davantage le signal. La forme de la densité spectrale de puissance d'un signal UWB émis dépend habituellement du choix de la forme de l'impulsion, de la technique de modulation, de la gigue temporelle et des séquences de codes de pseudo-bruit utilisées pour l'aléation des impulsions UWB. La forme spectrale d'une émission UWB est en outre définie par des éléments tels que les antennes.

6.1 Nécessité d'une grande largeur de bande

Les émissions UWB occupent une très grande largeur de bande par rapport aux autres émissions. Une des difficultés à surmonter sera de déterminer les fréquences appropriées et un moyen de mettre en place des applications UWB sans causer de brouillage aux services de radiocommunication.

6.2 Conformation des impulsions

La conformation des impulsions permet de contrôler la teneur en fréquence de l'émission UWB, ce qui peut réduire les brouillages causés aux systèmes de radiocommunication. Il est primordial que la forme des impulsions se rapportant aux communications UWB présente une moyenne zéro car une antenne ne peut pas émettre de signaux à une fréquence nulle. Il est possible d'introduire des idées innovantes en matière de forme d'impulsion ainsi que diverses options de modulation dans la conception des systèmes de communication UWB.

6.3 Modulation UWB

Pour les impulsions UWB, les informations peuvent être codées à l'aide de la modulation des impulsions en position (modulation PPM binaire ou M -aire), de la PAM (modulation PAM binaire ou M -aire), de la modulation de phase binaire de la polarité des impulsions (modulation BPM), de la modulation au moyen d'un doublet constitué d'une impulsion positive suivie d'une impulsion négative ou vice versa, et de la modulation par tout ou rien (OOK). Par ailleurs, il est possible de

recourir à des combinaisons de ces modulations. Par exemple, il a été démontré qu'un système hybride de modulation de phase binaire et de modulation PPM supprimait des éléments discrets de la densité spectrale de puissance (PSD) UWB.

L'émission de signaux UWB implique une conformation, un étalement, une modulation et une aléation des impulsions. Un système hybride approprié de modulation et d'aléation d'un signal UWB fait apparaître son spectre comme un bruit gaussien blanc additionnel. Le choix du système de modulation UWB influe sur la densité spectrale de puissance du signal émis et, par conséquent, sur les services de radiocommunication. En particulier, l'incidence d'éléments discrets de la PSD peut être atténuée ou supprimée.

6.3.1 Modulation des impulsions en position (PPM)

La PPM est une technique de modulation UWB qui permet de représenter des données par des décalages temporels par rapport à un moment de référence. La modulation PPM binaire a été initialement et fréquemment choisie par le passé et a été très tôt mentionnée dans les écrits traitant des communications UWB. Les signaux UWB modulés dans le mode PPM peuvent avoir un spectre discret qui ne contient pas d'information et peuvent causer des brouillages. Ce phénomène peut être considérablement atténué par une aléation des positions des impulsions à l'aide de séquences de pseudo-bruit, ce qui blanchit notablement le spectre. Cette aléation pour la modulation PPM a souvent été appelée méthode des sauts temporels (TH). Une autre façon de réduire les brouillages émanant des signaux UWB à modulation PPM consiste à augmenter la durée du train d'impulsions, ce qui diminue la fréquence d'apparition d'éléments discrets de la PSD.

Un type de modulation des impulsions en position est la méthode de modulation des impulsions multibande (MB-I) UWB qui permet de diviser le spectre en sous-bandes. Des impulsions de très courte durée sont envoyées dans des séquences à sauts de fréquences et temporels sur plusieurs sous-bandes. La modulation de la polarité ou de phase binaire des données est utilisée avec les impulsions à sauts temporels et de fréquences. Un espace de modulation multidimensionnel peut être utilisé pour remplir une matrice temporelle et de fréquences avec des impulsions. Il est également possible de recourir à des modulations complexes et efficaces (en ce qui concerne le rapport E_b/N_0) détectées de façon cohérente. La qualité de type bruit du signal découle des sauts temps-fréquence.

6.3.2 Modulation de phase binaire (BPM)

Pour une modulation de phase binaire, une forme d'impulsion spécifique et sa forme négative sont utilisées pour représenter 0 et 1. La BPM offre un avantage de 3 à 6 dB par rapport à la méthode PPM dans un environnement sans trajet multiple. Elle présente aussi un rapport puissance maximale/puissance moyenne inférieur à 3 (par rapport à une onde sinusoïdale d'un rapport de 2).

6.3.3 Modulation des impulsions en amplitude (PAM)

La PAM est une technique qui fait varier l'amplitude des impulsions émises selon les données à transmettre. Dans les dispositifs à modulation PAM, un ensemble d'amplitudes est choisi pour représenter les données à transmettre. L'amplitude d'une impulsion de forme quelconque d'une moyenne de zéro peut être modulée avec des variations de ± 1 (signalisation binaire) ou une variation M (mode PAM M -aire). Les signaux PAM peuvent être démodulés au moyen de techniques non cohérentes.

6.3.4 Modulation par tout ou rien (OOK)

La modulation OOK est un cas particulier de la modulation PAM UWB dans laquelle la présence ou l'absence d'une impulsion dans un intervalle de temps représente 1 ou 0.

6.3.5 Modulation linéaire de fréquence UWB

Avec la modulation linéaire de fréquence, la fréquence porteuse occupe une très large bande pendant un intervalle d'impulsion donné. La configuration du balayage, qui code les données, peut être linéaire ou non selon les spécifications du dispositif.

6.3.6 Modulation par une paire de doublets à polarités opposées

Un doublet constitué d'une impulsion positive suivie d'une impulsion négative, ou vice versa, donne un autre type de modulation, dont l'un des avantages est que le choix d'une séparation entre les impulsions d'un doublet et le choix de la séparation temporelle entre des doublets permettent de modéliser le spectre radioélectrique de manière à atténuer les brouillages.

6.3.7 Accès multiple par répartition en code en séquence directe (AMRC-SD) UWB

La méthode de la bande ultralarge en séquence directe (DS-UWB) se sert de séquences d'impulsions codées à polarité cyclique à coefficient d'utilisation élevé pour coder les données à des débits allant de plusieurs centaines de Mbits à plus d'un Gbit par seconde ou plus. Pour un taux d'impulsions fixe, de multiples impulsions sont utilisées pour représenter un seul bit, l'énergie par bit étant échangée contre le débit de données. La largeur de bande UWB du système DS-UWB est fonction de la durée de l'impulsion subnanoseconde de chaque puce. Le signal UWB est de type bruit présentant une faible probabilité de détection et d'interception. Il est essentiel de définir un bon code d'étalement pour le système DS-UWB afin d'obtenir de bons résultats dans un environnement à trajets multiples. Dans le mode AMRC-SD, de multiples utilisateurs peuvent partager simultanément le même spectre en utilisant les codes adéquats.

6.4 Techniques de modulation multibande et multi-utilisateurs

6.4.1 Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence en multibande (MROF-MB)

Le MROF-MB divise le spectre en plusieurs sous-bandes. Les données sont transmises sur les bandes au moyen d'un code temps-fréquence (TFC). Dans chaque sous-bande, un système de modulation MROF est utilisé pour acheminer les informations.

6.4.2 Sauts de fréquences en multibande (FH-UWB)

Dans un système FH-UWB, le signal est distribué à une bande de fréquences parmi plusieurs, pendant un court laps de temps. Ces sauts entre bandes s'effectuent selon un schéma prédéfini (uniforme ou non uniforme).

Un système multibande peut se fonder sur le principe de la transmission de différents symboles dans différentes bandes dans une séquence périodique très proche des sauts des fréquences. Il est possible de mettre en œuvre divers modes opératoires en modifiant le taux de sauts, le symbole et le nombre de bandes.

6.4.3 Modulation des fréquences au moyen du multiplexage par répartition dans le temps en multibande

La modulation des fréquences au moyen du multiplexage par répartition dans le temps est similaire au système des sauts de fréquences car elle utilise plusieurs bandes, mais elle en diffère de par la relation entre les bandes. Son principal avantage est qu'elle permet d'augmenter le nombre de bits par symbole et, par conséquent, de réduire la rapidité de modulation (ou débit de symboles), ce qui réduit l'effet des brouillages entre symboles causés par l'étalement de retard.

6.4.4 Accès multiple flexible à bandes croisées en multibande

Un système d'accès multiple flexible à bandes croisées UWB destiné aux réseaux personnels sans fil à plusieurs picoréseaux PANs utilise des matrices de codage et de décodage spécialement conçues afin d'obtenir une résistance aux brouillages provenant de nombreux utilisateurs (MUI), de prendre en charge diverses options d'étalement, de réaliser pleinement la diversité des trajets multiples et d'utiliser efficacement le spectre échelonné (allant des débits faibles aux débits moyens et hauts débits).

7 Mode de signalisation commun (CSM)

Un CSM est proposé, qui permet à des dispositifs recourant à différentes technologies UWB de coordonner leur fonctionnement et d'atténuer éventuellement leur incidence sur les systèmes exploités par les services de radiocommunication.

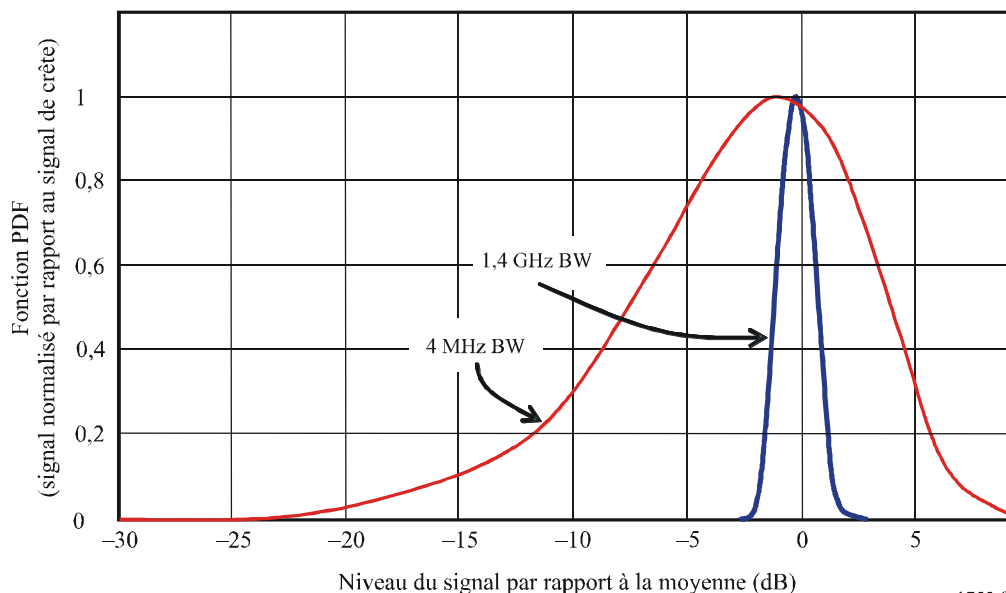
8 Effets des trajets multiples

Une grande largeur de bande d'émission (BW) est nécessaire pour remédier à l'évanouissement par trajets multiples dans un environnement intérieur. Dans celui-ci, l'étalement de retard entre les différentes réflexions par trajets multiples sera faible, et la largeur de bande de cohérence du canal sera donc grande. Les dispositifs de communication UWB sont donc résistants à l'évanouissement par trajets multiples dans un environnement intérieur, car ils ont une grande largeur de bande d'émission et le problème des éléments de trajets multiples rapprochés peut donc être résolu au niveau du récepteur.

La Fig. 1 compare les statistiques concernant l'évanouissement par trajets multiples pour les signaux d'une largeur de bande de 4 MHz et de 1,4 GHz. Le signal dont la largeur de bande est la plus grande présente une probabilité plus faible d'évanouissement important par rapport au niveau de signal moyen.

FIGURE 1

Fonction de densité de probabilité d'une impulsion UWB de 0,7 ns (largeur de bandes de 1,4 GHz) et d'un signal à bande étroite de 4 MHz



Pendant la propagation, une impulsion subnanoseconde est dispersée, ce qui peut entraîner un évanouissement de Rayleigh dans le domaine de fréquences. Toutefois, chacune de ces réflexions est un signal indépendant de sorte qu'un récepteur RAKE peut alors être utilisé pour ajouter de façon cohérente l'énergie à chacune des impulsions qui sont reçues des éléments de trajets multiples afin d'offrir un gain par rapport à la réception sur un seul trajet.

9 Capacités d'imagerie et de localisation

Les émissions UWB peuvent pénétrer dans des murs et des obstacles et offrir une grande précision en matière de localisation. Ces propriétés sont également utiles dans les applications destinées à détecter le mouvement de personnes et d'objets. Par exemple, les applications d'imagerie radar peuvent être utilisées par les organismes chargés du maintien de l'ordre, de secours et de lutte contre les incendies afin de détecter des personnes cachées ou se trouvant derrière des murs ou des débris dans des situations telles que le sauvetage d'otages, les incendies, les effondrements d'immeubles ou les avalanches. Les systèmes UWB peuvent être utilisés dans les hôpitaux ou les cliniques pour une large gamme d'applications médicales afin d'obtenir des images d'organes à l'intérieur du corps d'une personne ou d'un animal. Ils peuvent aussi être utilisés dans les applications suivantes:

- pour localiser des objets tels que gisements de minéraux, tuyauteries métalliques et non métalliques, câbles électriques se trouvant dans des murs et mines terrestres en plastique;
- pour mesurer l'épaisseur de la glace à la surface de lacs gelés et évaluer l'état des pistes dans les aéroports;
- dans les enquêtes de la police scientifique et les recherches archéologiques; et
- pour déceler des défauts dans les ponts et les routes.

Annexe 3

Caractéristiques techniques et opérationnelles des dispositifs recourant à la technologie UWB

1 Caractéristiques opérationnelles

La technologie UWB peut être incorporée dans de nombreuses applications. Certains dispositifs UWB peuvent prendre en charge plus d'une application. On trouvera dans le Tableau 1 des exemples des principales catégories d'applications UWB et leurs caractéristiques opérationnelles.

TABLEAU 1

Caractéristiques opérationnelles des applications

Application UWB	Caractéristiques opérationnelles
1 Imagerie radar	<ul style="list-style-type: none"> – Usage très occasionnel par un nombre limité de professionnels – Usage limité à des lieux et zones géographiques précis
Radar à pénétration du sol	<ul style="list-style-type: none"> – Usage occasionnel par des professionnels à intervalles irréguliers en des lieux précis – Une application spécifique peut comporter un nombre limité de dispositifs qui fonctionnent de façon mobile et continue sur les routes – Les émissions sont dirigées vers le sol
Imagerie radar de l'intérieur des murs	<ul style="list-style-type: none"> – Usage occasionnel à intervalles irréguliers – Utilisateurs professionnels: généralement des techniciens et ingénieurs, des concepteurs et des professionnels du secteur de la construction – Les émissions sont dirigées vers un mur – Les dispositifs fonctionnent généralement en contact direct avec le mur pour maximiser la résolution et la précision de la mesure
Imagerie radar à travers les murs	<ul style="list-style-type: none"> – Le dispositif peut être transporté – Usage par un personnel qualifié: habituellement la police, les équipes de secours, le personnel chargé de la sécurité et le personnel militaire – Usage occasionnel à intervalles irréguliers – Déploiement en nombre limité – Les émissions sont dirigées vers un mur – Les dispositifs peuvent fonctionner à une certaine distance du mur pour maximiser la sécurité de l'opération en cas d'hostilités
Imagerie médicale	<ul style="list-style-type: none"> – Usage possible pour diverses applications sanitaires pour obtenir des images de l'intérieur du corps d'une personne ou d'un animal – Usage stationnaire occasionnel à l'intérieur de bâtiments par un personnel qualifié – Les émissions sont dirigées vers un corps
2 Surveillance	<ul style="list-style-type: none"> – Fonctionne comme une «clôture de sécurité» en établissant un périmètre de champ radioélectrique stationnaire et en détectant l'intrusion de personnes ou d'objets dans ce périmètre – Usage stationnaire continu à l'intérieur et à l'extérieur
3 Radar de véhicule	<ul style="list-style-type: none"> – Usage mobile – Possibilité d'une forte densité d'utilisation sur les autoroutes et les grandes routes – Usage pour les transports terrestres uniquement – Les émissions sont généralement horizontales
4 Mesure	<ul style="list-style-type: none"> – Usage stationnaire à l'intérieur et à l'extérieur

TABLEAU 1 (*fin*)

Application UWB	Caractéristiques opérationnelles
5 Localisation et poursuite	<ul style="list-style-type: none"> – Infrastructure généralement fixe; usage le plus souvent stationnaire – Emetteurs toujours sous contrôle direct
6 Communication	<ul style="list-style-type: none"> – Possibilité d'une forte densité d'utilisation dans certains environnements intérieurs tels que les bâtiments hébergeant des bureaux – Certaines applications sont occasionnellement utilisées, par exemple une souris sans fil UWB; d'autres fonctionneront pendant un pourcentage de temps plus élevé, par exemple les liaisons vidéo – Un usage extérieur est également possible

1.1 Caractéristiques opérationnelles des radars à pénétration du sol

On trouvera dans le Tableau 2 des exemples de caractéristiques opérationnelles de certains radars à pénétration du sol (GPR) UWB actuellement disponibles sur le marché.

TABLEAU 2

Caractéristiques opérationnelles de certains radars GPR UWB

	Dispositifs A, D, E et F	Dispositifs B et C
Fonctionnement et commande	Déclenchement à distance ou par ordinateur	Déclenchement à distance ou par ordinateur
Hauteur de fonctionnement	Couplé au sol $R \approx 0$ m	Couplé au sol $R \approx 0$ m et occasionnellement < 1 m du sol
Mode de déploiement	Généralement dirigé vers le bas	Généralement dirigé vers le bas avec certaines utilisations pour les murs
Type d'utilisateur	Généralement des consultants, des professionnels ou des chercheurs	Généralement des consultants, des professionnels ou des chercheurs
Mode d'utilisation	Usage occasionnel en des lieux précis	Usage occasionnel en des lieux précis

2 Caractéristiques techniques des dispositifs UWB

2.1 Dispositifs de communication et systèmes de mesure

Les caractéristiques indiquées dans le Tableau 3 sont des exemples de trois dispositifs de communication existants.

TABLEAU 3
Caractéristiques de certains dispositifs de communication UWB

	Dispositif G	Dispositif H	Dispositif I
p.i.r.e. moyenne maximale (dBm/1 MHz)	-41,3	-41,3	-41,3
Fréquence inférieure à -20 dB et -10 dB (GHz)	3,1; 3,6	≥ 3,1 (-10 dB vers le bas)	3,1; 3,6
Fréquence supérieure à -10 dB et -20 dB (GHz)	9,6; 10,1	≤ 10,6 (-10 dB vers le bas)	9,6; 10,1
Diagramme d'antenne	Omnidirectionnel	Omnidirectionnel	Omnidirectionnel
Taux d'impulsions (Mimpulsion/s)	> 500	≥ 1	> 1 000
Débit binaire (Mbit/s)	≤ 100	≤ 40	≤ 500
Portée (m)	~10	< 100	4-10
p.i.r.e. moyenne maximale (dBm/1 kHz) dans la bande 960-1 610 MHz	≤ -90	≤ -85,3	≤ -90
p.i.r.e. moyenne maximale (dBm/1 MHz) dans la bande 960-1 610 MHz	< -90	≤ -75,3	≤ -90
p.i.r.e. moyenne maximale (dBm/1 MHz) dans la bande 1 610-3 100 MHz	< -63,3	≤ -53,3	≤ -63,3

Le dispositif G est destiné à des applications fonctionnant dans des bureaux ou à domicile avec des transmissions allant jusqu'à un débit de 100 Mbit/s. Il est également destiné à fonctionner entre des dispositifs portatifs qui peuvent se trouver à l'extérieur et ne recourent pas à une infrastructure fixe. Ces applications comprennent les liaisons entre des assistants numériques personnels ou des ordinateurs portables. Dans un réseau LAN sans fil, le dispositif G peut acheminer de multiples signaux numériques vidéo entre les composantes d'un système vidéo, par exemple entre une caméra vidéo et un ordinateur, entre un boîtier convertisseur-décodeur et un téléviseur ou entre un écran plasma de pointe et un lecteur de DVD.

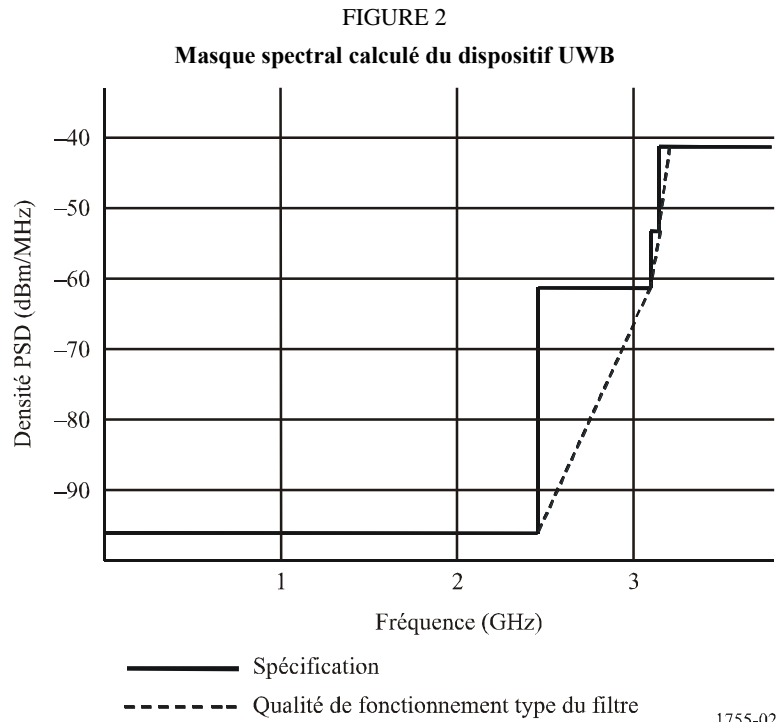
Le dispositif H est un appareil polyvalent destiné à être utilisé à l'intérieur avec des applications industrielles, commerciales et grand public, pour lesquelles des communications, une localisation précise et une fonction de détection radar sont indispensables. Il peut être configuré pour fonctionner à divers débits. La portée opérationnelle dépend du débit.

Le dispositif I est destiné à fonctionner avec des applications bureautiques ou domestiques pour la transmission de données à un débit pouvant aller jusqu'à 500 Mbit/s. Cet appareil à très haut débit est conçu pour assurer une connectivité sans fil pour nombre d'applications identiques à celles qui sont associées au dispositif G, mais peut aussi remplacer, en tant que système sans fil, des connexions filaires à haut débit telles que celles des systèmes USB ou IEEE 1394.

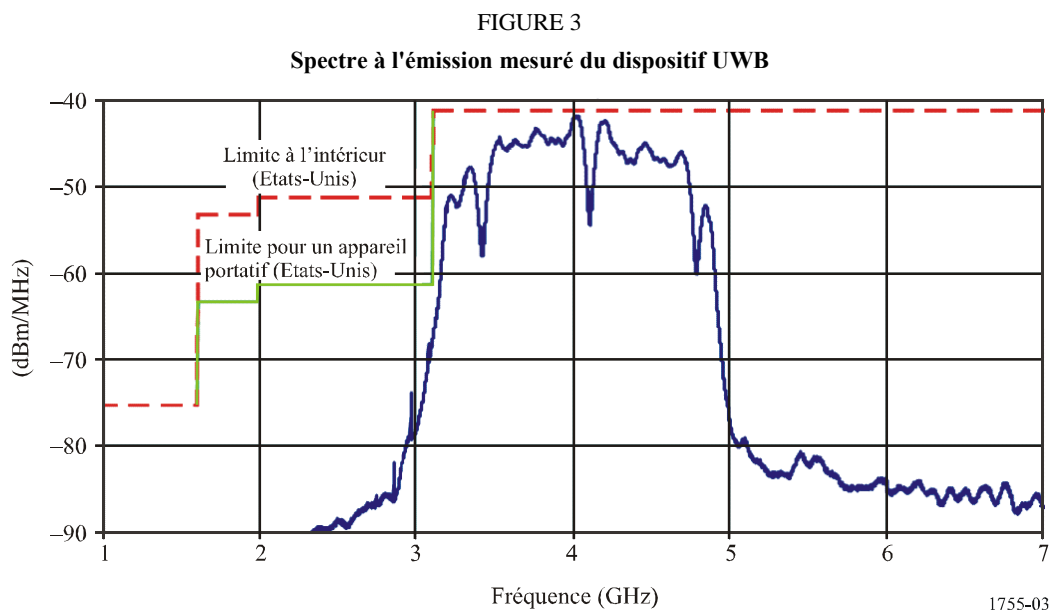
Les Fig. 2 et 3 donnent des exemples de gabarit spectral pour deux autres dispositifs.

Le dispositif J est destiné à des applications bureautiques et domestiques pour la transmission de données à un débit pouvant aller jusqu'à 480 Mbit/s. Les spécifications relatives à ce dispositif comprennent des prescriptions concernant le gabarit spectral émis de façon rapprochée et un filtre de présélection à la réception. La conformation du spectre à l'émission est effectuée dans le domaine numérique et le filtre de présélection à la réception est une composante radioélectrique.

Comme ce dispositif est un système de duplex temporel, le filtre de présélection en question peut aussi servir à filtrer le signal émis. La Fig. 2 montre l'application des caractéristiques combinées de ces deux filtres à une densité spectrale de puissance dans la bande de $-41,3$ dBm/MHz.



Le dispositif K est également destiné à des applications bureautiques et domestiques pour la transmission de données à un débit pouvant aller jusqu'à 480 Mbit/s. La Fig. 3 en montre le spectre à l'émission mesuré.



2.2 Systèmes radar de véhicule

Les caractéristiques indiquées dans le Tableau 4 représentent un exemple des produits existants. Les dispositifs radar de véhicule fondés sur la technologie UWB fonctionnent dans des bandes de fréquences supérieures à celles utilisées par les dispositifs de communication UWB. Ils sont conçus pour détecter la position et le mouvement d'objets se trouvant à proximité d'un véhicule, offrant ainsi des fonctions telles que celle qui permet d'éviter les collisions imminentes et une activation améliorée des coussins de sécurité gonflables; ces systèmes offrent aussi des dispositifs de suspension qui répondent mieux aux conditions routières. Les radars de véhicule émettent un signal UWB dans une gamme de fréquences bien définie.

TABLEAU 4

Exemple de caractéristiques d'un système radar de véhicule UWB existant

Paramètre	Valeur
Fréquence centrale (GHz)	~24,125
Densité de p.i.r.e. maximale (dBm/1 MHz)	-41,3
Largeur de bande occupée à -20 dB (GHz)	22,125 à 26,125
Fréquence de répétition des impulsions (MHz)	0,1-5
Puissance de crête maximale (p.i.r.e.) (dBm/50 MHz)	0
Diagramme d'antenne	Directionnel
Hauteur de montage (m)	~0,50
Portée (m)	~20
Distance de la cible (cm)	15-25

En ce qui concerne les calculs d'impact pour les radars de véhicule, il faudrait prendre en compte la densité de véhicules maximale, le pourcentage de la surface de la Terre où cette densité est atteinte et, dans le temps, la pénétration sur le marché des radars de véhicule UWB.

2.3 Systèmes GPR

Les systèmes GPR servent à cartographier des structures souterraines. Ils sont principalement utilisés pour l'examen du «sous-sol», mais le sens du terme «sol» peut être élargi de manière à englober tout matériel diélectrique présentant des pertes. Les systèmes GPR sont également appelés radars fonctionnant en bande de base ou impulsionnels. Les caractéristiques des signaux des dispositifs GPR sont les suivantes:

- Les systèmes GPR mesurent les propriétés physiques (permittivité, conductivité ou perméabilité) *in situ* du matériel souterrain. Il est difficile de déterminer ces propriétés *in situ* d'une autre façon à des fréquences comprises entre 1 et 2 000 MHz.
- Les mesures GPR ont pour objet de déterminer les caractéristiques de structures souterraines. Les signaux émis dans l'air sont indésirables et on s'efforce le plus possible de minimiser les signaux qui se déplacent dans l'air et affectent les mesures souhaitées.
- Les dispositifs GPR font partie de l'ensemble des instruments géophysiques et sont activement utilisés depuis de nombreuses années. Le petit nombre d'unités utilisées et la volonté générale de minimiser les signaux émis dans l'air ont permis de réduire au minimum le problème des brouillages.

- Les dispositifs GPR présentent un faible coefficient d'utilisation. Il est courant d'effectuer des mesures avec un coefficient d'utilisation de 10% à 1% suivi d'une période de non-utilisation lors du déplacement vers la position d'étude suivante ou la planification de la mesure suivante.
- Les dispositifs GPR ne sont pas fréquemment utilisés et le lieu d'utilisation change constamment. Ces facteurs réduisent encore la probabilité d'un brouillage pour les services de radiocommunication.
- Les dispositifs GPR sont différents des radars d'imagerie fonctionnant à travers les murs. Les applications GPR murales types comprennent les examens de l'intérieur de structures telles que les piles de pont, les revêtements de tunnel et les murs en béton. Les signaux GPR sont dissipés dans le matériau. Les radars d'imagerie fonctionnant à travers les murs sont conçus pour émettre des signaux dans l'air de l'autre côté du mur.
- La densité spectrale de puissance de crête augmente au fur et à mesure que la fréquence centrale du signal GPR diminue, mais ce n'est pas le cas de la densité spectrale de puissance moyenne. A mesure que la fréquence diminue, la fréquence de répétition des impulsions (PRF) décroît normalement et la puissance moyenne reste à peu près constante.
- Les dispositifs GPR à fréquence inférieure (géologique) sont utilisés dans les régions éloignées où la probabilité de brouillage des services de radiocommunication est plus faible.
- Les dispositifs GPR doivent recourir à un signal à grande largeur de bande pour obtenir une résolution adéquate.

Le Tableau 5 donne des exemples de caractéristiques techniques de certains dispositifs GPR UWB actuellement disponibles sur le marché. (Voir le § 1.1 pour les caractéristiques opérationnelles de ces dispositifs.)

3 Coefficient d'activité des dispositifs recourant à la technologie UWB

Lorsque l'on applique un coefficient d'activité aux scénarios de mise en œuvre de plusieurs dispositifs UWB, il faudrait prendre en considération la pénétration de la technologie, le taux d'utilisation maximal, la fréquence d'utilisation et d'autres facteurs liés à la mise en œuvre, y compris la pénétration des technologies concurrentes (filaire, infrarouge, etc.).

3.1 Coefficients d'activité et pénétration de la technologie pour les dispositifs radar de véhicule à courte portée (SRR) fonctionnant à 24 GHz

Les coefficients d'activité des SRR calculés dans cette section sont censés servir de base pour déterminer le brouillage global causé par un grand nombre de véhicules équipés de dispositifs SRR UWB.

Le calcul du niveau du brouillage global en question devrait se fonder sur un modèle de mise en œuvre qui prenne en compte le fait qu'il y a différents modes opératoires et que tous les dispositifs SRR ne fonctionnent pas tous en même temps.

TABLEAU 5
Caractéristiques de certains dispositifs GPR UWB

	Dispositif A	Dispositif B	Dispositif C	Dispositif D	Dispositif E	Dispositif F
p.i.r.e. quasi-crête (dBm/120 kHz)	-65	-59	-59	-57	-57	-55
p.i.r.e. moyenne (dBm/1 MHz)	N/A	N/A	-68	N/A	N/A	N/A
Fréquence inférieure à -10 dB (MHz)	120	185	317	19	18	17
Fréquence supérieure à -10 dB (MHz)	580	840	1 437	79	125	202
Diagramme d'antenne	Dipole couplé au sol. Directionnel vers le bas	Dipole couplé au sol. Directionnel vers le bas	Dipole couplé au sol. Directionnel vers le bas	Dipole couplé au sol. Directionnel vers le bas	Dipole couplé au sol. Directionnel vers le bas	Dipole couplé au sol. Directionnel vers le bas
Fréquence de répétition des impulsions (kHz)	Variable jusqu'à un maximum de 100	Variable jusqu'à un maximum de 100	Variable jusqu'à un maximum de 100	Variable jusqu'à un maximum de 100	Variable jusqu'à un maximum de 100	Variable jusqu'à un maximum de 100
Portée (m)	0 à 5	0 à 2,5	0 à 2	0 à 20	1 à 10	0 à 5

3.1.1 Dispositifs impulsions, déclenchement d'impulsions et coefficient d'activité

Les dispositifs SRR impulsions ne peuvent pas fonctionner de façon continue en raison de leur principe de fonctionnement intrinsèque qui produit un facteur de crête type³ de plus de 20 dB.

Les modes opératoires des dispositifs SRR qui influent sur le coefficient d'activité sont décrits aux § 3.1.2 à 3.1.4.

3.1.2 Modes opératoires des SRR

Pour un dispositif SRR, le coefficient d'activité comprend de longues périodes d'extinction (par exemple, en raison du fait que tous les capteurs ne sont pas utilisés lors de certaines situations de conduite) ainsi que de brèves périodes d'extinction.

Dans le calcul du coefficient d'activité, il faut prendre en considération plusieurs modes opératoires des dispositifs SRR qui conduisent à une réduction de la puissance moyenne:

- *Extinction des dispositifs SRR*: selon le système de commande d'un véhicule, les dispositifs SRR peuvent être éteints automatiquement lorsque le véhicule est à l'arrêt pour une durée plus longue que ce qui est prédéfini, par exemple à un feu de signalisation ou à un passage à niveau. Dans certains véhicules, le moteur ainsi que les dispositifs SRR peuvent être éteints

³ Le facteur de crête (CF) est défini comme suit: $CF = 10 \log (P_{pk}/P_{rms})$, P_{pk} : puissance de crête et P_{rms} : puissance moyenne.

alors que dans d'autres, le moteur peut rester allumé, mais certains ou la totalité des dispositifs SRR peuvent être éteints⁴.

- *Réduction de la fréquence de répétition des impulsions*: l'application d'aide au stationnement et d'arrêt-départ peut fonctionner à une fréquence de répétition des impulsions (PRF) réduite dans un scénario où la vitesse du véhicule est faible et le trafic lent. Cette réduction de la fréquence PRF diminue de façon proportionnelle la puissance moyenne de l'ensemble de dispositifs SRR. Dans ce contexte, la fréquence PRF nominale est donc la fréquence à laquelle le dispositif SRR atteint la puissance moyenne maximale autorisée. Selon la dynamique du trafic, certaines applications fonctionneront à une fréquence PRF plus faible ou avec des périodes de calme plus longues. Les deux effets réduisent la puissance moyenne émise. Cette réduction de la puissance moyenne peut s'exprimer en coefficient d'activité.
- *Mode non UWB*: la plupart des capteurs sont conçus pour fonctionner également, dans certaines situations de conduite, en mode non UWB dans la bande 24,00 à 24,25 GHz. Le mode non UWB peut être un mode à bande étroite dans cette gamme de fréquences ou un mode Doppler (mode CW).
La raison pour laquelle le mode non UWB est utilisé est que certaines applications de véhicule ou certaines situations de conduite nécessitent une plus faible capacité de discrimination des objets (ce qui donne une largeur de bande occupée bien plus petite) ou une plus grande distance de détection (ce qui impose une puissance d'émission plus élevée que ce qui pourrait être permis uniquement dans cette bande). Les dispositifs SRR peuvent passer du mode large bande au mode bande étroite et vice-versa. Lorsqu'un dispositif SRR fonctionne en mode non UWB, ses émissions ne sont pas considérées comme des émissions UWB.
- *Fonctionnement des dispositifs UWB en multibande et en gamme de fréquences partielle*: il est possible de réduire encore la puissance moyenne globale de l'ensemble des dispositifs SRR lorsque ceux-ci partagent la gamme de fréquences disponible, chacun en utilisant une partie différente. Dans ce cas, on peut atténuer les brouillages causés aux services de radiocommunication en passant à une autre partie de la bande de fréquences.

3.1.3 Estimation de la valeur type du coefficient d'activité pour différents modes opératoires des radars à courte portée

On trouvera dans le Tableau 6 une estimation du coefficient d'activité des dispositifs SRR pour les différents modes opératoires utilisés dans diverses situations de conduite.

⁴ Cette technique est déjà utilisée par certains modèles de voiture à faible consommation de carburant.

TABLEAU 6

Calcul du coefficient d'activité estimé pour tous les modes opératoires

Situations de conduite	Modes opératoires				Coefficients d'activité dans tous les modes opératoires ⁽⁴⁾	Situations de conduite en pourcentage du temps de conduite	Coefficients d'activité dans tous les modes opératoires pondérés par le pourcentage de situations de conduite
	Mode «dispositif SRR éteint»	Mode «PRF réduite» (PRF réduite de 100% à 10%)		Mode «non UWB»			
	Durée d'allumage ⁽¹⁾ du dispositif SRR en pourcentage du temps de conduite (coefficient d'activité N° 1)	Durée d'une PRF entière ⁽²⁾ en pourcentage du temps de conduite	Coefficient d'activité dans ce mode ⁽³⁾ (coefficient d'activité N° 2)	Durée du mode UWB en pourcentage du temps de conduite (coefficient d'activité N° 3)			
Routes, trafic en mouvement	100	80	82	60	49,2	55,00	27,06
Routes, trafic lent	100	100	100	80	80,0	10,00	8,00
Conduite en ville	70	80	82	70	40,2	35,00	14,06
Ville, stationnement en marche avant	100	0	10	100	10,0	0,05	0,01
Ville, stationnement en marche arrière	100	0	10	100	10,0	0,05	0,01
Coefficient d'activité obtenu (%)							49,1

(1) Durée d'allumage du dispositif SRR = 100% – dispositif SRR éteint.

(2) Durée de la PRF entière = 100% – Durée de la PRF réduite.

(3) Coefficient d'activité = (Durée de la PRF entière * 100%) + (100% – Durée de la PRF entière * 10%).

(4) Produit des coefficients d'activité N° 1 à 3.

NOTE 1 – Les chiffres figurant dans le Tableau 6 sont des estimations effectuées au moment de son élaboration. Les administrations souhaiteront peut-être procéder à leur propre analyse de ces facteurs lorsqu'elles mèneront leurs études.

Il ressort des calculs que le recours à différents modes opératoires donne un coefficient d'activité global d'environ 50%, soit une réduction de puissance de 3 dB.

3.1.4 Estimation de la pénétration de la technologie

D'autres technologies seront disponibles pour certaines des fonctions assurées par les dispositifs SRR UWB fonctionnant à 24 GHz, notamment les dispositifs fonctionnant à 79 GHz le cas échéant, les dispositifs à infrarouges, les dispositifs à ultrasons et les dispositifs vidéo à circuit fermé. Une pénétration de 100% des dispositifs SRR à bande ultralarge fonctionnant dans la bande 24 GHz n'est pas une éventualité réaliste. Il est plus probable que la pénétration finale se stabilisera à un pourcentage plus faible.

On trouvera dans le Tableau 7 une évaluation de la pénétration des dispositifs SRR fonctionnant à 24 GHz et d'autres techniques concurrentes.

TABLEAU 7

Estimation de la pénétration de la technologie pour les capteurs à courte portée

Technologie	Pénétration de la technologie (%)		
	Europe/2013	Europe/2030	Etats-Unis/2030
Capteurs SRR UWB fonctionnant à 24 GHz	7	0	40
Capteurs SRR UWB fonctionnant à 79 GHz	1	55	0
Capteurs SRR fonctionnant en bande étroite (par exemple bande 24,00-24,25 GHz)	20	10	10
Capteurs à infrarouges et à ultrasons	15	15	15
Capteurs de caméra	2	10	10
Véhicules non équipés de capteurs à courte portée	55	10	25

NOTE 1 – Les chiffres figurant dans le Tableau 7 sont des estimations effectuées en 2005. Les administrations souhaiteront peut-être procéder à leur propre analyse de ces facteurs lorsqu'elles mèneront leurs études.

A long terme (2030), on suppose que la technologie des dispositifs SRR UWB représentera une pénétration de 55% environ. La pénétration pour la bande 24 GHz est supposée être de l'ordre de 40% si aucune limitation obligatoire n'est appliquée par les organismes de réglementation nationaux. Il faut noter que la réglementation européenne autorise la mise sur le marché de dispositifs SRR fonctionnant à 24 GHz jusqu'en 2013 et limite la pénétration à 7% du parc automobile.

Même de nombreuses années après l'introduction des dispositifs SRR sur le marché, un nombre élevé de voitures ne seront pas du tout équipées de capteurs à courte portée. On peut tirer cette conclusion de l'expérience acquise avec l'introduction de nombreuses autres techniques automobiles. Même si toutes les nouvelles voitures devaient être équipées de tels capteurs dans quelques années, il faudrait 15 ans pour que la densité des véhicules approche les 100%. Cette pénétration serait fondée sur l'hypothèse non réaliste selon laquelle aucune autre technique de sécurité automobile n'est mise au point pendant cette période.

Une pénétration de 7% ou de 40% pour les dispositifs SRR UWB fonctionnant à 24 GHz correspond à des facteurs d'atténuation de 11,5 dB et de 4 dB respectivement.

3.2 Description du coefficient d'activité pour les systèmes de localisation et de poursuite

Dans une mise en œuvre normale sur le lieu de travail, par exemple à l'hôpital ou au bureau, on s'attend que la densité d'émetteurs actifs soit d'environ un pour 200 m². Pour une grande superficie, une architecture cellulaire est nécessaire, les émetteurs UWB se trouvant dans différentes cellules qui utilisent différents canaux UWB. Si deux émetteurs UWB sont gérés par la même cellule, le système fera en sorte qu'ils ne soient pas actifs simultanément au moyen du partage de temps et de ressources.

Une étiquette de localisation UWB opérationnelle type émettra un signal pendant un laps de temps, suivi d'une période sans émission. Cette dernière dépend du taux d'activité, qui peut être modifié selon le type d'application. Par exemple, une étiquette portée par une personne peut émettre une fois

par seconde (soit un coefficient d'utilisation de 24 ms chaque seconde ou 2,4%) et une étiquette placée sur une pièce d'équipement pourrait émettre seulement une fois toutes les 10 s (soit un coefficient d'utilisation de 0,24%). Il y aura un taux maximal auquel une étiquette est autorisée à émettre, ce qui donne un coefficient d'utilisation maximal. Pour les équipements souvent immobiles (par exemple un déplacement par semaine), le coefficient d'utilisation est généralement très inférieur aux chiffres précédents.

3.3 Coefficient d'activité des dispositifs de communication recourant à la technologie UWB

Cette section traite du calcul des coefficients d'activité des dispositifs de communication fondés sur la technologie UWB. Plusieurs scénarios de simulation ont été pris en considération:

- Somme des puissances émises par un grand nombre d'émetteurs en direction des récepteurs affectés (au sol ou sur satellite).
- Concentration de puissance provenant d'un point d'accès sans fil en direction d'un récepteur affecté.
- Brouillage causé par les éléments individuels d'un groupe d'émetteurs aux récepteurs affectés se trouvant à proximité.
- Pénétration sur le marché des dispositifs UWB par rapport aux techniques concurrentes (filaire, infrarouge, etc.).

Il est nécessaire de déterminer l'activité globale ou la durée d'émission des dispositifs UWB pour étudier l'effet d'un grand nombre de dispositifs sur les services de radiocommunication affectés. Lorsque le brouillage causé par le dispositif UWB le plus proche prédomine (et non l'incidence globale), il ne convient pas d'appliquer des coefficients d'activité dans les études de brouillage. Pour celles-ci, des informations suffisantes doivent être incluses pour pouvoir modéliser efficacement le comportement.

Les coefficients d'activité globaux ci-après sont calculés à partir des hypothèses suivantes:

- La densité de p.i.r.e. UWB est censée être de $-41,3$ dBm/MHz.
- Les dispositifs UWB n'utilisaient pas une infrastructure extérieure.
- Aucun dispositif de surveillance extérieur n'était pris en considération dans l'évaluation à l'extérieur.
- Les analyses portaient sur les réseaux WPAN et des applications à haut débit similaires.
- Dans tous les scénarios considérés, les applications vidéo en continu prédominaient parmi les applications UWB, à un niveau supérieur à 95%.

Une valeur de crête du coefficient d'activité global a été calculée pour plusieurs dispositifs UWB, compte tenu d'une estimation du taux le plus élevé de pénétration de la technologie UWB sur le marché, du taux d'utilisation maximal, de la fréquence d'utilisation et d'autres facteurs liés à la mise en œuvre, y compris la croissance sur le marché et la part du marché détenue par les autres technologies disponibles.

Il est très difficile de prévoir le futur coefficient d'activité car il faut prévoir dans quelle mesure la technique sera adoptée à l'avenir, ce qui dépend à son tour de variables telles que les technologies concurrentes. C'est pourquoi le coefficient d'activité est indiqué sous forme de fourchette pour les principales hypothèses ci-dessous.

3.3.1 Coefficient d'activité pour les dispositifs de communication intérieurs

- 1 à 5% de coefficient d'activité, moyenne établie sur la population complète.
- Facteurs susceptibles d'accroître le coefficient d'activité:

- Accroissement de la population de dispositifs vidéo à codage minimal ou non codés. Cette fourchette de 1 à 5% suppose qu'un nombre minimal de dispositifs vidéo à codage minimal est utilisé. Si les dispositifs vidéo non codés viennent à prédominer, le coefficient d'activité augmenterait.
- Accroissement de la pénétration sur le marché des dispositifs UWB utilisés pour les transmissions vidéo.
- Facteurs susceptibles de décroître le coefficient d'activité:
 - Accroissement de l'efficacité des techniques de compression utilisées – les techniques avancées qui arrivent sur le marché, notamment les systèmes MPEG-4 et DVM, peuvent réduire le coefficient d'activité.
 - Plus faible pénétration sur le marché des dispositifs UWB utilisés pour les transmissions vidéo.

3.3.2 Coefficient d'activité des dispositifs de communication extérieurs

Le coefficient d'activité global extérieur est notablement inférieur au coefficient intérieur principalement en raison de la non-disponibilité de sources de vidéo en continu à haut débit pour les applications extérieures. La bande ultralarge est surtout employée à l'extérieur pour le transfert de fichiers et la transmission en continu à faible débit.

- 0,01 à 0,02% de coefficient d'activité, moyenne établie sur la population complète.
- Le coefficient d'activité extérieur peut augmenter ou diminuer selon la pénétration de la technologie UWB en ce qui concerne les dispositifs portatifs.

3.4 Coefficients d'activité d'autres types de dispositifs recourant à la technologie à bande ultralarge

Le Tableau 8 indique le coefficient d'activité pour un dispositif UWB et diverses applications.

TABLEAU 8

Application UWB	Coefficient d'activité type (%)
Radar à pénétration du sol	< 1
Systèmes d'imagerie médicale	< 1
Autres systèmes d'imagerie radar (muraux, fonctionnant à travers les murs, etc.)	1
Systèmes de surveillance	50