

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Rapport UIT-R SM.2423-0
(06/2018)

Aspects techniques et opérationnels des réseaux de faible puissance à couverture étendue pour les communications de type machine et l'Internet des objets dans les gammes de fréquences harmonisées pour les dispositifs à courte portée

Série SM
Gestion du spectre



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 Rapports UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REP/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

Note: Ce Rapport UIT-R a été approuvé en anglais par la Commission d'études aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2018

© UIT 2018

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.

RAPPORT UIT-R SM.2423-0

Aspects techniques et opérationnels des réseaux de faible puissance à couverture étendue pour les communications de type machine et l'Internet des objets dans les gammes de fréquences harmonisées pour les dispositifs à courte portée

(2018)

1 Introduction

Un nouveau type de systèmes hertziens a été mis au point sous l'appellation générique de réseau de faible puissance à couverture étendue (LPWAN). Ces nouveaux systèmes, qui peuvent être exploités dans le cadre de la réglementation applicable aux dispositifs à courte portée (SRD), viennent compléter les diverses solutions hertziennes existantes. Les systèmes LPWAN ont recours, non pas à une seule technologie, mais à un groupe de technologies de réseau de faible puissance à couverture étendue, qui peuvent être conformes à des normes propriétaires ou ouvertes.

Ces nouveaux systèmes peuvent contribuer à remédier aux problèmes posés par les applications très diverses en cours de développement, où de nombreux dispositifs ont uniquement besoin de transmettre quelques messages par jour. Le paragraphe 4 du présent Rapport décrit les applications visées par les réseaux LPWAN, notamment dans les domaines suivants: villes intelligentes, fabrication, domotique, environnement et agriculture, transports et logistique, énergie et services publics.

Ces solutions présentent un certain nombre de caractéristiques techniques et opérationnelles communes propres à faciliter la prise en charge d'applications de communications massives de type machine (mMTC) et de l'Internet des objets (IoT).

Le paragraphe 5.1 du présent Rapport décrit les aspects techniques, notamment les techniques communes d'accès au spectre, une architecture de réseau uniforme et des trames ayant une taille de l'ordre de dizaines d'octets transmises quelques fois par jour à un débit ultra-faible.

Le paragraphe 5.2 du présent Rapport décrit les capacités opérationnelles des réseaux LPWAN permettant de prendre en charge un nombre considérable de connexions à partir d'équipements de radiocommunication offrant un bon rapport coût-efficacité et ayant un niveau de puissance de sortie relativement faible, pour couvrir en moyenne plusieurs kilomètres, tout en présentant des durées de vie des batteries plus longues.

En application de la Résolution UIT-R 66 "Etudes relatives aux systèmes et applications sans fil pour le développement de l'Internet des objets", le présent Rapport décrit les aspects techniques et opérationnels des réseaux LPWAN pour les communications de type machine et l'Internet des objets dans les gammes de fréquences harmonisées pour les dispositifs SRD.

2 Résolutions, Recommandation et Rapport pertinents de l'UIT-R

- Résolution UIT-R 54 "Etudes en vue d'assurer l'harmonisation des dispositifs à courte portée"
- Résolution UIT-R 66 "Etudes relatives aux systèmes et applications sans fil pour le développement de l'Internet des objets"
- Recommandation UIT-R SM.1896 – Gammes de fréquences pour une harmonisation mondiale ou régionale des dispositifs de radiocommunication à courte portée
- Rapport UIT-R SM.2153 – Paramètres techniques et de fonctionnement des SRD et fréquences utilisées

3 Abréviations

AFA	agilité adaptative en fréquence (<i>adaptive frequency agility</i>)
APC	commande de puissance adaptative (<i>adaptive power control</i>)
APT	Télécommunauté Asie-Pacifique (<i>Asia-Pacific Telecommunity</i>)
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
CFR	Code of Federal Regulations (Etats-Unis d'Amérique)
CSS	étalement de spectre à compression d'impulsions (<i>chirp spread spectrum</i>)
DL	communications en liaison descendante (<i>down-link</i>) des stations d'accès aux dispositifs
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication (<i>European Telecommunications Standards Institute</i>)
IETF	Groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (<i>Internet Engineering Task Force</i>)
ISM	industriel, scientifique et médical
IoT	Internet des objets (<i>internet of things</i>)
LPD	dispositif de faible puissance (<i>low power device</i>)
LIPD	dispositif à faible probabilité de brouillage (<i>low interference potential device</i>)
LPWAN	réseau de faible puissance à couverture étendue (<i>low power wide area network</i>)
LTN	réseau à faible débit (<i>low throughput network</i>)
M2M	machine à machine (<i>machine-to-machine</i>)
MTC	communications de type machine (<i>machine type communications</i>)
mMTC	communications massives de type machine (<i>massive machine type communications</i>)
RFID	identification par radiofréquence (<i>radio frequency identification</i>)
SDR	système de radiocommunication piloté par logiciel (<i>software defined radio</i>)
SDO	organisation de normalisation (<i>standardization development organization</i>)
SRD	dispositif à courte portée (<i>short range device</i>)
UL	communications en liaison montante (<i>up-link</i>) des dispositifs aux stations d'accès
UNB	bande ultra-étroite (<i>ultra-narrow band</i>)
xPON	réseau optique passif (<i>passive optical networking</i>)

4 Applications IoT reposant sur un système LPWAN

On peut recourir à des réseaux LPWAN avec divers dispositifs physiques connectés au réseau IoT pour optimiser l'efficacité des opérations et des services dans les villes et établir un lien avec les citoyens. Parmi les applications sectorielles prévues, divers cas d'utilisation types couverts par des systèmes LPWAN ont notamment été décrits dans le Rapport technique TR 103 249 V1.1.1 (2017-10) de l'ETSI sur les réseaux à faible débit (LTN), qui constituent un sous-ensemble des réseaux de capteurs et de commande LPWAN.

Quelques exemples de cas d'utilisation reposant sur les solutions LPWAN existantes sont énumérés ci-après:

– Gestion du trafic et des systèmes de transport

On peut utiliser des réseaux LPWAN avec des dispositifs placés de manière stratégique et dotés de capteurs pour détecter l'état de fonctionnement des feux 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 et, ainsi, réduire les risques d'encombrement ou d'accidents.

– **Système d'approvisionnement en eau**

On peut faire appel à des réseaux LPWAN avec des capteurs/dispositifs pour lutter contre les infrastructures défectueuses ou obsolètes dans les villes, en détectant les fuites et les débordements, et en informant les autorités.

– **Eclairage public**

On peut recourir à la technologie LPWAN pour gérer les réseaux d'éclairage public intelligent, et améliorer également les conditions de sécurité en transmettant des informations/scènes d'accidents de la route/de barrages routiers à des établissements situés à proximité.

– **Système de stationnement intelligent**

Les réseaux LPWAN peuvent être utilisés pour optimiser l'utilisation des zones et aires de stationnement municipales en informant les utilisateurs des places de stationnement disponibles à proximité.

– **Surveillance de la pollution**

Face à l'augmentation rapide de la pollution de l'environnement, les technologies LPWAN peuvent jouer un rôle dans le maintien de l'équilibre écologique, avec des capteurs placés de manière intelligente qui informent les autorités concernées des niveaux de pollution dans la localité. A proximité des centrales électriques et des industries lourdes, ces dispositifs peuvent également suivre le niveau global de la consommation/du gaspillage d'énergie environnante.

– **Gestion des poubelles**

Les réseaux LPWAN peuvent faciliter la bonne gestion des déchets, avec des capteurs intelligents destinés à détecter le niveau de remplissage des poubelles et à signaler lorsqu'elles sont pleines et doivent être vidées. Ces capteurs sont également destinés à collecter des données sur le type de déchets jetés par la population.

– **Gestion intelligente des marchandises et des stocks**

Des capteurs alimentés par un réseau LPWAN peuvent compléter utilement les systèmes de gestion intelligente des stocks (dans les camions de transport de marchandises et dans les ports entre lesquels s'effectue le transport). Les capteurs transmettraient régulièrement des informations actualisées sur l'emplacement des véhicules de transport de marchandises et l'état des stocks. Le réseau LPWAN peut en outre être utilisé pour informer les opérateurs au fur et à mesure des travaux de réparation et autres travaux de maintenance à effectuer sur les véhicules de transport de marchandises.

– **Systèmes de détection des incendies**

Des capteurs et des alarmes incendie alimentés par la technologie LPWAN peuvent être utilisés pour envoyer rapidement des notifications d'urgence aux services d'incendie locaux afin d'intervenir et de limiter l'étendue des dommages.

– **Bouches d'incendie connectées**

Ces dispositifs aident à détecter les bornes d'incendie défectueuses et les fraudes. Ils pourraient également être utilisés pour surveiller la consommation d'eau des bouches d'incendie.

– **Gestion des espaces verts urbains**

Des capteurs d'humidité du sol, de température du sol et de température extérieure permettent d'optimiser la gestion des espaces verts publics et de réduire la consommation d'eau.

– **Consommation d'énergie**

Des systèmes de surveillance permettent une facturation plus précise et fréquente.

– **Gestion du bétail**

Un système de localisation des élevages offre des possibilités de surveillance et de traçabilité, en détectant les anomalies dues notamment à des changements de température, d'activité ou de comportement du détail ou encore le vèlage.

– **Irrigation intelligente**

Il s'agit de réduire la quantité d'eau utilisée et de pouvoir élaborer des stratégies d'irrigation pour obtenir des produits commercialisables et réduire les pertes de produits.

– **Service de ramassage de colis**

On utilise un bouton intelligent placé à l'intérieur de la boîte aux lettres pour informer le facteur lorsqu'un colis y a été placé, ce qui permet aux clients d'envoyer des colis depuis leur domicile.

– **Système de gestion des actifs industriels**

Il s'agit d'un système de traçage des pièces détachées entre les usines et les sites des fournisseurs.

– **Gestion des batteries des barrières de passage à niveau**

La solution vise à limiter les pannes sur des actifs critiques. L'opérateur chargé de la maintenance est immédiatement informé de tout événement détecté sur le bloc d'alimentation de secours.

– **Récupération de voitures volées**

Il s'agit de localiser et de récupérer des biens volés grâce à un petit dispositif de suivi GPS caché.

5 Aspects techniques et opérationnels des réseaux LPWAN

5.1 Aspects techniques

Les principales caractéristiques techniques communes des réseaux LPWAN pour les très nombreux cas d'utilisation de l'Internet des objets sont énumérées dans les paragraphes suivants. Les valeurs types suivantes proviennent des normes et réglementations en vertu desquelles les systèmes LPWAN fonctionnent dans le monde entier (ETSI EN 300 220, 47 CFR 15.247, etc.).

5.1.1 Paramètres des émetteurs-récepteurs

– **Puissance de sortie de l'émetteur/puissance rayonnée par l'émetteur**

Les systèmes LPWAN connectent des objets et des dispositifs au moyen de passerelles et de stations d'accès. Les systèmes ne sont pas toujours tous équilibrés et les valeurs de la puissance isotrope rayonnée équivalente varient en fonction des technologies et du rôle de chaque émetteur dans les systèmes.

Les valeurs types (p.i.r.e.) sont comprises entre 200 mW et 4 W pour les stations d'accès et entre 5 mW et 500 mW pour les points d'extrémité.

– **Caractéristiques de l'antenne**

La plupart des émetteurs utilisent une antenne équidirective. La valeur type est comprise entre 0 dBi et 6 dBi.

– **Classe d'émission**

Il n'y a pas de classe d'émission spécifique utilisée pour les systèmes LPWAN. La plupart des systèmes utilisent une combinaison complexe de modulations numériques.

– **Largeur de bande de modulation**

Ce paramètre dépend de la technologie utilisée. Les valeurs type de la largeur de bande de modulation sont comprises entre 100 Hz et 500 kHz.

– **Rayonnements non désirés**

Les dispositifs de faible puissance (LPD) doivent respecter les limites des rayonnements non désirés fixées par les réglementations et normes applicables. Les limites types pour les Régions de l'UIT sont fondées sur la Recommandation UIT-R SM.329 et sont décrites plus avant dans le Rapport UIT-R SM.2153 relatif aux paramètres techniques et de fonctionnement des dispositifs de radiocommunication à courte portée. Ces limites devraient être définies en fonction des attributions relatives aux services et aux systèmes dans les bandes adjacentes.

– **Sensibilité du récepteur**

Les systèmes LPWAN présentent une sensibilité extrêmement élevée (–140 dBm dans une bande de 100 Hz), ce qui permet aux dispositifs et équipements de faible puissance d'assurer des communications à longue distance. Il s'agit d'une caractéristique essentielle des systèmes LPWAN, qui s'appuient sur diverses techniques, notamment:

- des solutions à bande ultra-étroite (UNB), où un filtrage basé sur une sélectivité élevée associé à une largeur de bande de signal plus étroite améliore le seuil de sensibilité (voir ETSI TR 103 435 V1.1.1);
- des techniques d'étalement de spectre à séquence directe ou d'étalement de spectre à compression d'impulsions (CSS), qui ramènent le niveau de sensibilité au-dessous du niveau de bruit grâce à un gain de codage qui dépend du facteur d'étalement (voir ETSI TR 103 526 V1.1.1).

5.1.2 Techniques d'accès au spectre

Les systèmes LPWAN sont principalement conçus pour prendre en charge de très nombreux cas d'utilisation de l'Internet des objets nécessitant un faible débit. L'accès au spectre pour les réseaux LPWAN peut être envisagé dans le cadre des réglementations applicables aux dispositifs à courte portée qui sont généralement considérés comme exemptés de licence avec des conditions d'accès spécifiques en fonction des applications.

Outre les techniques de gestion du spectre généralement utilisées pour les dispositifs à courte portée, les systèmes LPWAN peuvent employer des techniques d'accès aléatoire reposant sur des mécanismes intégrés pour optimiser le partage entre les systèmes ainsi que la capacité de trafic et la qualité de service.

Les mécanismes ou restrictions visant à assurer un partage approprié entre tous les utilisateurs LPWAN comprennent généralement une limite du "facteur d'utilisation" comprise entre 1% et 10%, des systèmes à "agilité adaptative en fréquence" reposant sur la détection du spectre ou la fonction "écouter avant de parler", et des fonctionnalités de "saut de fréquence".

Des fonctionnalités de radiocommunications pilotées par logiciel (SDR) associées à la diversité en temps et en fréquence sont également souvent utilisées dans les stations d'accès pour améliorer la gestion de la capacité de trafic et la qualité de service.

5.1.3 Fonctionnalités des stations d'accès

Les fonctionnalités de passerelle sont généralement réparties entre les stations d'accès et les infrastructures centrales.

Les stations d'accès, qui sont déployées entre les dispositifs et les réseaux de communication, peuvent utiliser différentes technologies de communication (par exemple 3G, 4G, xPON, WiFi et Ethernet) pour transférer les données au réseau central LPWAN. Elles servent de relais pour les communications entre les dispositifs et les réseaux de communication, et prennent en charge plusieurs technologies de communication pour interagir avec les réseaux de communication et les dispositifs SRD.

Cette fonction principale est complétée par des fonctionnalités supplémentaires qui contribuent à assurer la sécurité de bout en bout et l'identification dans le système.

5.2 Aspects opérationnels

5.2.1 Nombre considérable de connexions

La topologie type des systèmes LPWAN est une topologie en étoile, dans laquelle des dizaines ou des centaines de dispositifs, dans une zone de service donnée, sont connectés à une même station d'accès. La densité attendue de noeuds dans un réseau LPWAN est la suivante:

- dispositifs: jusqu'à 100 000 points d'extrémité par kilomètre carré;
- stations d'accès: en règle générale, 1 pour 10 kilomètres carrés (soit 0,1 par km²).

Les systèmes LPWAN sont conçus pour transporter un faible volume de trafic par dispositif, en règle générale jusqu'à 1 koctets de données d'utilisateur par jour dans chaque direction: en liaison montante, d'un dispositif vers une station d'accès, et en liaison descendante, depuis une station d'accès vers un dispositif.

Le modèle de flux de données dépend de l'application. Quelques exemples extraits du Rapport technique TR 103 249 V1.1.1 (2017-10) de l'ETSI sur les cas d'utilisation de réseaux LTN et les caractéristiques du système sont fournis dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Exemples de caractéristiques du trafic dans les réseaux LPWAN

Domaine	Besoin détaillé	Période d'émission	Taille des données utiles	Communication
Compteurs d'eau	Transmission de l'index	4/jour 1/jour	10 200	Principalement UL
Villes intelligentes	Stationnement intelligent	min. voire heures	Quelques octets	UL et DL
	Gestion des eaux usées	1/jour à 5/jour	1-15 octets	Principalement UL
	Détection de tir	Occasionnellement	10-100 octets	UL

TABLEAU 1 (*fin*)

Domaine	Besoin détaillé	Période d'émission	Taille des données utiles	Communication
Automobile	Aide à la géolocalisation	Occasionnellement	250-1 000 octets	UL et DL
	Conduite au-delà des heures autorisées	Occasionnellement	100-200 octets	UL ou UL+DL
	Surveillance des véhicules volés	1/min	10-20 octets	Principalement UL
Surveillance du réseau électrique	Surveillance des transformateurs	1/heure	10-20 octets	UL
	Détection des trajets de défaut	Une fois par an	3 octets	Principalement UL
Agriculture	Qualité des sols	1/jour-4/jour	Quelques octets par capteur	UL

Afin d'atténuer les risques d'encombrement du spectre ou de surcharge de trafic, certains systèmes LPWAN peuvent utiliser des stratégies de gestion du spectre pour améliorer leurs fonctionnalités de communication.

Les fonctionnalités d'adaptation en matière de spectre peuvent comprendre des fonctions telles que la programmation de la transmission, la commande de puissance adaptative (APC), l'adaptation du débit, la détection de l'occupation du spectre ou la détection des brouillages, l'agilité adaptative en fréquence (AFA), etc.

5.2.2 Capacité de couverture étendue

L'Internet des objets est conçu pour des secteurs industriels très divers; par conséquent, il est prévu que les réseaux LPWAN couvrent à la fois des zones urbaines et des zones rurales où des dispositifs ont besoin d'une connexion Internet. Les réseaux LPWAN utilisent des radiocommunications numériques, donnant un bilan de liaison élevé, même avec un émetteur de faible puissance dans les dispositifs. Cette fonctionnalité peut être activée avec une sensibilité améliorée grâce à des techniques de modulation (telles que UNB et CSS) et une amélioration est possible en recourant à des systèmes SDR.

5.2.3 Efficacité énergétique et durée de vie des batteries

Les grandes flottes de dispositifs dispersés nécessitent une longue durée de vie de la batterie pour réduire les coûts opérationnels et assurer des services à long terme. Les réseaux LPWAN sont conçus au départ pour optimiser la consommation d'énergie et pour connecter des dispositifs fonctionnant sur batterie d'une durée de vie allant jusqu'à 15 ans. On parvient à optimiser la consommation d'énergie dans les dispositifs en utilisant une faible puissance d'émission et en réduisant les données de service de protocole en mode veille. Cette réduction est possible grâce au protocole "sans rattachement": les dispositifs émettent sans synchronisation ou raccordement préalable au réseau. Les stations d'accès utilisent des fonctionnalités de radiocommunication définies par logiciel pour écouter en continu le spectre opérationnel.

5.2.4 Complexité réduite et bon rapport coût/efficacité

Les réseaux LPWAN sont conçus pour un nombre considérable de connexions de dispositifs IoT. Ce type de scénario de déploiement nécessite à la fois simplicité et rentabilité. La connectivité

immédiate, sans la contrainte de la fourniture de dispositifs sur le terrain, est un facteur clé pour l'adoption des réseaux LPWAN. La gestion des dispositifs et de l'enregistrement de leur connectivité pendant toute leur durée de vie est également obligatoire pour les applications où l'équilibre économique n'est possible qu'avec un nombre considérable de nœuds et/ou de capteurs.

6 Considérations relatives aux régimes d'autorisation pour les réseaux LPWAN

Les réseaux LPWAN sont conçus pour fonctionner dans un environnement radioélectrique avec de multiples systèmes utilisant les mêmes bandes (autres réseaux LPWAN, alarmes, RFID, etc.) et avec une faible probabilité de brouillage. A cet égard, les systèmes LPWAN sont conformes à la définition des dispositifs SRD figurant dans le Rapport UIT-R SM.2153, en ce sens qu'ils assurent des communications unidirectionnelles ou bidirectionnelles et que la probabilité de causer des brouillages à d'autres équipements de radiocommunication est faible.

Les réseaux LPWAN n'exigent pas un accès exclusif au spectre et fonctionnent dans des conditions de partage de fréquences, sous réserve de ne pas causer de brouillages et de ne pas demander à être protégés.

Le régime d'autorisation générale, ou exemption de licence, est généralement appliqué lorsqu'aucune coordination géographique n'est nécessaire pour assurer la coexistence entre les services et les systèmes de radiocommunication. Cette catégorie de régime autorise tous les systèmes à accéder au spectre, à condition que les équipements radioélectriques soient conformes aux exigences d'accès au spectre et aux conditions d'exploitation. Un régime d'autorisation générale permet aux applications LPWAN sur le terrain d'utiliser le spectre sans avoir à obtenir une licence individuelle. Dans certains cas, lorsqu'une coordination supplémentaire est requise, un régime d'octroi de licences souple peut être appliqué.

7 Considérations relatives au spectre pour permettre le fonctionnement des réseaux LPWAN

7.1 Types de besoins de spectre

Les besoins de spectre pour les réseaux LPWAN varient en fonction des technologies utilisées et des scénarios de trafic. Dans le cas des réseaux LPWAN basés sur des systèmes UNB, le Rapport technique TR 103 435 de l'ETSI a montré que, pour des zones urbaines très denses, une bande passante nécessaire estimée à 600 kHz pour les communications en liaison montante pouvait prendre en charge 55 000 messages par jour et par kilomètre carré d'ici 2023. Une autre bande de 600 kHz est également nécessaire en liaison descendante.

L'évolution du marché et les avancées techniques ont amené le secteur à favoriser d'une manière générale le déploiement et l'exploitation de réseaux LPWAN dans des bandes inférieures à 1 GHz. Ces bandes offrent des caractéristiques de propagation qui permettent d'assurer une meilleure couverture et une meilleure pénétration dans les bâtiments que les bandes de fréquences plus élevées. Ces caractéristiques permettent de fournir des services mMTC dans des zones moins densément peuplées et à l'intérieur des bâtiments.

Plus précisément, il est prévu de déployer des solutions LPWAN, conçues pour fonctionner dans des conditions de partage des fréquences au-dessous de 1 GHz, dans des bandes utilisées par les dispositifs SRD. La mise en œuvre des mêmes techniques d'accès au spectre et des mêmes exigences minimales que celles utilisées pour les dispositifs SRD est particulièrement appropriée pour prendre en charge un très grand nombre de dispositifs à faible puissance et à faible débit. Ainsi, de nouvelles technologies numériques, capables de fournir des services innovants et de coexister avec d'autres technologies, peuvent être déployées dans les mêmes bandes de fréquences.

La plupart des dispositifs se raccordant à des réseaux LPWAN utilisent le même écosystème de puces et de modules que ceux utilisés pour le marché existant des dispositifs SRD. Ces éléments communs, associés à l'harmonisation régionale existante des bandes disponibles pour les dispositifs SRD, contribuent à une augmentation des économies d'échelle en matière de fabrication pour les réseaux LPWAN.

7.2 Exemples de fréquences utilisées pour le déploiement de réseaux LPWAN

L'harmonisation du spectre peut offrir de nombreux avantages socio-économiques:

- augmentation de la fiabilité et de l'efficacité énergétique des dispositifs lorsqu'ils sont utilisés à l'étranger;
- fabrication à plus grande échelle et augmentation de la quantité des équipements produits (mondialisation des marchés), d'où des économies d'échelle et un élargissement de l'offre;
- réduction des coûts des dispositifs pour les clients et les fournisseurs de solutions;
- réduction des risques de brouillages préjudiciables entre systèmes.

La Recommandation UIT-R SM.1896 fournit les gammes de fréquences pour une harmonisation des dispositifs de radiocommunication à courte portée.

Le Rapport UIT-R SM.2153 fournit les paramètres techniques et de fonctionnement des SRD et les fréquences utilisées.

Les systèmes LPWAN sont actuellement déployés dans des bandes de fréquences harmonisées à l'échelle régionale pour les dispositifs SRD comme suit:

– **Région 1 de l'UIT**

Dans les pays de la CEPT, la plupart des infrastructures LPWAN sont exploitées dans la bande 865-870 MHz disponible pour les dispositifs SRD. En particulier, elles fonctionnent dans la bande 865-868,6 MHz avec une p.a.r. de 25 mW et dans la bande 869,4-869,65 MHz avec une p.a.r. de 500 mW et utilisent des techniques de limitation des brouillages telles que la limitation du facteur d'utilisation. Les équipements doivent être conformes à la norme EN 300 220 de l'ETSI.

De même, des systèmes LPWAN sont exploités dans ces mêmes conditions dans certains pays d'Afrique et du Moyen-Orient qui ont mis en place une réglementation applicable aux dispositifs SRD dans la gamme 865-870 MHz.

– **Région 2 de l'UIT**

Dans la gamme 902-928 MHz, une utilisation sans licence avec une puissance d'émission allant jusqu'à une p.i.r.e. de 4 W est généralement permise. On trouvera un exemple dans le Document 47 CFR 15.247.

– **Région 3 de l'UIT**

Des réseaux LPWAN sont déployés en fonction des spécificités de chaque pays. Récemment, plusieurs administrations d'Asie-Pacifique ont autorisé des services LPWAN dans la gamme 915-925 MHz, reposant sur différentes techniques et normes d'accès au spectre, telles que la norme ARIB STD-T-108 au Japon.

En Europe, la CEPT a récemment mené une étude relative à l'exploitation des dispositifs SRD dans la gamme des 900 MHz (917,3-919,4 MHz) et prévoit de finaliser en 2018 la réglementation pertinente visant à mettre à disposition une bande pour les dispositifs SRD qui pourrait être utilisée par les systèmes LPWAN dans les pays des trois Régions de l'UIT.

TABLEAU 2

Exemples de fréquences utilisées pour les réseaux LPWAN

Gamme de fréquences	Recommandation et Rapport pertinents	Remarques	Région 1	Région 2	Région 3
865-870 MHz	Rec. UIT-R SM.1896 Rapport UIT-R SM.2153	<p>Cette bande dans son intégralité peut être considérée comme une gamme d'accord.</p> <p>Seules certaines parties de cette gamme d'accord sont disponibles pour l'exploitation de réseaux LPWAN dans un certain nombre de pays, en raison de l'exploitation de systèmes mobiles commerciaux ou de restrictions quant au champ d'application des dispositifs SRD. Voir la réglementation nationale.</p>	Disponible	Pas disponible	Disponible dans certains pays
902-915 MHz	Rec. UIT-R SM.1896 Rapport UIT-R SM.2153	<p>La bande 902-928 MHz est une bande ISM dans la Région 2 (numéro 5.150 du RR). Cette bande dans son intégralité peut être considérée comme une gamme d'accord.</p> <p>Cette bande n'est pas disponible pour l'exploitation de réseaux LPWAN dans un certain nombre de pays y compris de la Région 2, en raison de l'exploitation de systèmes mobiles commerciaux.</p>	Pas disponible	Disponible dans certains pays	Pas disponible

TABLEAU 2 (*fin*)

Gamme de fréquences	Recommandation et Rapport pertinents	Remarques	Région 1	Région 2	Région 3
915-928 MHz	Rec. UIT-R SM.1896 Rapport UIT-R SM.2153	La bande 902-928 MHz est une bande ISM dans la Région 2 (numéro 5.150 du RR). Cette bande dans son intégralité peut être considérée comme une gamme d'accord. Seules certaines parties de cette gamme d'accord sont disponibles pour l'exploitation de réseaux LPWAN dans un certain nombre de pays, en raison de l'exploitation de systèmes mobiles commerciaux ou de restrictions quant au champ d'application des dispositifs SRD. Voir la réglementation nationale.	Disponible dans certains pays	Disponible	Disponible dans certains pays