

Union internationale des télécommunications

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Rapport UIT-R SM.2351-3**

(06/2021)

**Systèmes de gestion des réseaux  
intelligents pour services collectifs**

**Série SM**

**Gestion du spectre**



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 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 œuvre 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

(Également disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REP/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobiles, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	<b>Gestion du spectre</b>

*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, 2023

©UIT 2023

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.2351-3

**Systèmes de gestion des réseaux intelligents pour services collectifs**

(2015-2016-2017-2021)

## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR).....	ii
1 Introduction .....	4
2 Communications et fonctionnalités des réseaux intelligents.....	5
3 Technologies des réseaux de communication utilisées dans les réseaux de distribution intelligents .....	5
4 Objectifs et avantages des réseaux intelligents.....	6
4.1 Réduction de la demande globale d'électricité grâce à l'optimisation des systèmes.....	6
4.2 Intégration des ressources d'énergie renouvelables et décentralisées.....	6
4.3 Prise en charge des réseaux intelligents grâce aux services de comptage intelligent.....	7
4.4 Fourniture d'un réseau résilient de réseaux intelligents.....	7
5 Vue d'ensemble d'architectures de référence pour les réseaux intelligents (à l'extérieur des habitations).....	10
6 Normes sur les courants porteurs en ligne et sur les réseaux câblés pour les télécommunications dans les réseaux de distribution intelligents.....	12
6.1 Communications utilisant les courants porteurs en ligne pour réseaux de distribution intelligents .....	12
6.2 Communications par réseaux câbles pour les réseaux de distribution intelligents.....	12
7 Normes hertziennes pour les télécommunications dans les réseaux de distribution intelligents .....	12
7.1 Réseau domestique .....	12
7.2 Réseaux WAN/NAN/FAN/WASN .....	14
8 Considérations liées aux brouillages associées à la mise en œuvre de technologies hertziennes ou filaires de transmission de données utilisées pour les systèmes de gestion des réseaux de distribution d'électricité .....	15
8.1 IEEE.....	15
8.2 3GPP.....	16

8.3	3GPP2 .....	16
8.4	PMR/PAMR à bande de 12,5/25 kHz.....	17
9	Incidences sur la disponibilité du spectre du déploiement à grande échelle des réseaux filaires et hertziens utilisés pour les systèmes de gestion du réseau de distribution d'électricité.....	17
10	Résumé .....	19
Annexe 1 – Exemples de normes existantes concernant les systèmes de gestion des réseaux de distribution d'électricité .....		20
A1.1	Normes ETSI .....	20
A1.2	Normes IEEE.....	21
A1.3	Normes UIT-T .....	26
A1.4	Normes 3GPP .....	28
A1.5	Normes 3GPP2 .....	50
Annexe 2 – Réseaux intelligents en Amérique du Nord.....		53
A2.1	Introduction.....	53
A2.2	Objet du déploiement des réseaux intelligents .....	54
Annexe 3 – Réseaux intelligents en Europe.....		55
A3.1	Introduction.....	55
A3.2	Activités européennes menées dans certains États Membres .....	56
A3.3	Arrangements de fréquences pour les réseaux intelligents sur le territoire européen.....	60
Annexe 4 – Réseaux intelligents au Brésil.....		61
A4.1	Introduction.....	61
A4.2	Secteur brésilien de l'électricité .....	61
A4.3	Groupe d'étude brésilien sur le réseau intelligent .....	62
A4.4	Questions liées aux télécommunications .....	63
A4.5	Données techniques .....	64
A4.6	Mesures dans la bande d'ondes kilométriques .....	64
A4.7	Conclusion .....	64
Annexe 5 – Réseau intelligent en République de Corée.....		65
A5.1	Feuille de route de la Corée pour un réseau intelligent .....	65
A5.2	Réseau de communication .....	67
Annexe 6 – Réseaux intelligents en Indonésie.....		68

A6.1	Introduction.....	68
A6.2	Développement du réseau intelligent et questions à résoudre .....	69
Annexe 7 – Activités de recherche sur les technologies d'accès hertzien pour les réseaux intelligents en Chine .....		70
A7.1	Introduction.....	70
A7.2	Technologies d'accès hertzien pour le réseau intelligent en Chine.....	71
A7.3	Conclusion .....	73
Annexe 8 – Systèmes (voix/données) PMR/PAMR pour les communications techniques .....		74
A8.1	Description générale des systèmes PMR/PAMR de largeur de bande 25 kHz, 12,5 kHz et 6,25 kHz .....	74
A8.2	Services utilisant des largeurs de bande de canal de 25 kHz ou moins .....	74
A8.3	Systèmes utilisant des largeurs de bande de canal de 25 kHz ou moins .....	75
A8.4	Normes PMR/PAMR.....	75
Annexe 9 – Exemples de bandes de fréquences utilisées pour les systèmes hertziens de comptage intelligent et de réseaux intelligents.....		76
Annexe 10 – Recommandations et rapports UIT-R d'intérêt.....		78
Appendice – Acronymes et sigles.....		78

### Champ d'application

Le présent Rapport établit un tour d'horizon des systèmes de réseaux intelligents et examine dans le détail les diverses technologies auxquelles il est possible de faire appel afin de surveiller et de piloter les réseaux intelligents et les réseaux de comptage intelligent. Ces technologies s'appuient sur des fonctions de communication filaires (par exemple, les courants porteurs en ligne, ou CPL) et hertziennes, ces dernières pouvant aller de technologies à bande étroite de 6,25/12,5/25 kHz à des communications large bande de l'ordre de plusieurs MHz.

Certaines applications permettent de gérer la chaîne allant du relevé des compteurs clients aux fonctions de contrôle-commande stratégiques de postes de production d'électricité de forte puissance directement reliés au système de distribution haute tension au niveau du gigawatt.

Les annexes au présent Rapport recensent également les normes de communications à bande étroite, à bande élargie et à large bande applicables aux technologies de réseaux intelligents et de comptage intelligent.

Le corps du Rapport passe notamment en revue les fréquences disponibles dans les différents pays pour les systèmes de réseaux intelligents et de comptage intelligent; les annexes reviennent de façon plus détaillée sur cette utilisation du spectre.

Le présent Rapport s'intéresse principalement au secteur de l'électricité, qui connaît les changements les plus rapides et les plus conséquents, mais des évolutions similaires sont constatées dans les infrastructures du gaz et de l'eau (y compris les réseaux d'eau propre et d'eaux usées, les égouts et les réseaux d'eau chaude).

### Acronymes et sigles

La liste des sigles et des abréviations qui apparaissent dans ce Rapport est donnée en appendice.

## 1 Introduction

On appelle «réseau intelligent» un réseau de distribution d'énergie électrique bidirectionnel connecté à un réseau d'information et de commande via des capteurs et des dispositifs de commande. Cette architecture intelligente permet d'exploiter efficacement et d'optimiser le réseau électrique dans son ensemble, depuis les réseaux de production et de transport jusqu'aux réseaux des utilisateurs finaux, en passant par les réseaux de distribution.

Le système global repose sur deux composants de base, l'un à l'extérieur de l'habitation et l'autre à l'intérieur. Le premier composant collecte des informations auprès de consommateurs pouvant se compter en millions. Le second utilise les informations ainsi collectées comme données d'entrée du réseau de commande chargé de gérer la production, le transport et la distribution d'énergie sur l'ensemble du système de fourniture d'électricité. Si les conditions d'exploitation diffèrent pour ces deux composants, ceux-ci doivent fonctionner ensemble d'une manière coopérative qui intègre la sécurité comme exigence fondamentale.

Un compteur intelligent est un dispositif électronique qui enregistre la consommation d'énergie électrique à des intervalles périodiques d'une heure (ou moins) et transmet ces informations à la compagnie d'électricité à des fins de suivi et de facturation. Un compteur intelligent permet une communication bidirectionnelle entre le compteur et la compagnie d'électricité. Outre la fonction de relevé automatique des indices, le compteur peut également recevoir et traiter des informations de pilotage relatives à la gestion de l'énergie transmises par la compagnie d'électricité, et communiquer des informations de surveillance de la qualité de l'énergie. Le compteur intelligent ne permet pas aux utilisateurs d'accéder librement à ses fonctionnalités, quel que soit son lieu d'installation physique (à l'extérieur de l'usine, à l'intérieur des bâtiments, à l'intérieur du domicile, etc.).

Les principaux objectifs des réseaux intelligents sont les suivants:

- assurer une fourniture sécurisée d'électricité, de gaz et d'eau;
- faciliter le passage à une économie à faible empreinte carbone;
- maintenir des prix stables et abordables.

Les technologies de communication constituent un outil incontournable de la construction des infrastructures de réseau intelligent, auquel recourent nombre de services collectifs. Les communications sécurisées sont au cœur du réseau intelligent et sous-tendent le déploiement de réseaux intelligents parmi les plus étendus et les plus évolués en cours de développement actuellement. Par ailleurs, parce qu'il est composé d'une superposition de technologies de l'information, un réseau intelligent est capable d'anticiper et de se rétablir seul, ce qui permet d'éviter les incidents de manière automatique. Un comptage intelligent efficace permet habituellement de suivre et de communiquer en temps réel la consommation; il fonctionne en lien avec les centres de commande des réseaux d'une manière qui, conformément à d'autres procédés d'équilibrage de l'utilisation de l'énergie, permet d'adapter la production en fonction de la consommation et de fournir les services au meilleur prix.

À l'UIT, la mise en œuvre des réseaux intelligents est devenue liée aux diverses technologies filaires et hertziennes élaborées pour mettre en place différents types de réseaux. L'infrastructure de comptage évoluée (AMI, *advanced metering infrastructure*), la gestion automatique des compteurs (AMM, *automated meter management*), le relevé automatique des compteurs (AMR, *automated meter reading*), la télésurveillance et l'acquisition de données (SCADA, *supervisory control and data acquisition*), la téléprotection, les synchrophaseurs et l'automatisation de la distribution sont des exemples de services des réseaux intelligents à l'extérieur de l'habitation.

À l'intérieur des habitations, les applications de réseau intelligent auront pour tâche principale d'assurer des communications relatives au comptage, à la surveillance et à la commande entre le fournisseur de services collectifs, les compteurs intelligents et les appareils électroménagers



intelligents (système de chauffage, climatiseur, lave-linge, lave-vaisselle, etc.). Une autre grande application qui devrait voir le jour concerne les communications relatives à la facturation et à la tarification entre les véhicules électriques et les stations de recharge. Grâce aux services de réseau intelligent à l'intérieur d'une habitation, il sera possible de commander de manière granulaire les appareils électroménagers intelligents, de gérer à distance les appareils électriques et d'afficher la consommation et les coûts associés afin de mieux informer les consommateurs et, partant, de les inciter à économiser l'énergie

## **2 Communications et fonctionnalités des réseaux intelligents**

Le réseau intelligent prévoit une connectivité ubiquitaire sur l'ensemble des composantes des réseaux de transport et de distribution de services collectifs, depuis le réseau de sources d'alimentation jusqu'aux centres de gestion des réseaux et, le cas échéant, jusqu'aux différents locaux et appareils. Ces réseaux nécessiteront des flux de données bidirectionnels et une connectivité complexe avec des débits allant du kbit/s pour les systèmes à bande étroite à plusieurs Mbits/s pour les systèmes à bande élargie ou à large bande. De plus amples renseignements sur les flux de communication qu'il est envisagé de faire circuler sur les réseaux de distribution d'électricité en utilisant le réseau lui-même comme vecteur de communication sont présentés dans le document technique de l'UIT «Applications des émetteurs-récepteurs UIT-T G.9960 et UIT-T G.9961 pour applications de réseaux intelligents: Infrastructure de comptage évoluée, gestion de l'énergie au domicile et dans les véhicules électriques»<sup>1</sup>. Les travaux complémentaires menés par l'UIT-T sur l'utilisation de la technologie des réseaux domestiques (projet G.hn) pour prendre en charge les communications des réseaux intelligents sont présentés dans le document technique de l'UIT-T relatif à l'utilisation de la technologie G.hn pour le réseau intelligent<sup>2</sup>.

Les réseaux intelligents fourniront l'infrastructure de commande et la couche de données qui forment ensemble un réseau de communication et de détection intégré. Grâce aux réseaux de transport et de distribution intelligents d'une part, et au comptage intelligent d'autre part, les entreprises de services collectifs comme les clients disposeront de plus d'informations et pourront ainsi mieux maîtriser l'utilisation de l'électricité, de l'eau et du gaz. Enfin, les réseaux de distribution des services collectifs seront en mesure d'atteindre des degrés d'efficacité opérationnelle plus élevés.

## **3 Technologies des réseaux de communication utilisées dans les réseaux de distribution intelligents**

Différents types de réseaux de communication pourront être utilisés pour la mise en œuvre des réseaux de distribution intelligents. Ces réseaux de communication doivent toutefois offrir une capacité suffisante pour prendre en charge les applications simples et évoluées de réseaux de distribution intelligents qui existent aujourd'hui, ainsi que celles qui seront disponibles dans un avenir proche

Le réseau électrique est un système de distribution d'un bien marchand dans lequel la durée du cycle entre la production et la consommation du bien (l'électricité) est quasi nulle: la production, la fourniture et la consommation sont presque «toutes» simultanées. Il sera encore plus difficile d'équilibrer la production et la demande avec l'intégration de nouvelles technologies visant à apporter une solution durable aux questions d'indépendance énergétique et de modernisation des réseaux électriques vieillissants – production d'énergie renouvelable, production décentralisée d'énergie,

---

<sup>1</sup> <https://www.itu.int/pub/T-TUT-HOME-2010>.

<sup>2</sup> [GSTP-HNSG – Document technique sur l'utilisation de la technologie G.hn pour les réseaux intelligents \(itu.int\)](#).

véhicules électriques rechargeables, maîtrise et prise en charge de la demande en énergie, stockage, participation des consommateurs, etc. Pour équilibrer la production et la demande avec un système «juste à temps parfait», il faut intégrer des technologies de protection et de commande supplémentaires pour garantir la stabilité du réseau de distribution, et non se contenter d'ajouter un simple correctif au réseau existant, ce qui constitue un véritable défi sur le plan de la conception étant donné que la production et la charge deviennent aléatoires par nature.

Pour assurer la prise en charge de ces technologies et applications, il faut pouvoir disposer d'un réseau de communication moderne, souple et modulable, dans lequel les fonctions de surveillance et de commande seront étroitement liées. Grâce aux technologies de l'information et de la communication, les compagnies d'électricité peuvent, à distance, localiser les pannes, en déterminer la cause et rétablir le courant en moins de temps qu'à l'heure actuelle, ce qui contribue à améliorer la stabilité du réseau. Les technologies de l'information et de la communication permettent également d'intégrer plus facilement dans le réseau des sources d'énergie renouvelable variables dans le temps et de contrôler la charge du réseau de manière plus précise et plus dynamique, tout en offrant aux consommateurs des outils pour optimiser leur consommation d'énergie.

Pour atteindre ces objectifs, il faut s'appuyer sur des normes garantissant que les différentes technologies et les différents équipements prenant en charge les communications pour les réseaux de distribution intelligents sont adaptés et ne sont pas en contradiction les uns avec les autres ou avec d'autres systèmes de télécommunication et que les éléments utilisant les fréquences radioélectriques ne brouillent pas les autres services de radiocommunication.

L'UIT et les organismes de normalisation travaillent en étroite collaboration pour atteindre ces objectifs.

## **4 Objectifs et avantages des réseaux intelligents**

### **4.1 Réduction de la demande globale d'électricité grâce à l'optimisation des systèmes**

Les systèmes de transport et de distribution d'électricité traditionnels ont été conçus à l'origine pour fournir de l'énergie dans un sens, mais ils n'avaient pas les capacités intelligentes leur permettant d'optimiser la fourniture. À l'heure où le passage est en cours vers des réseaux intelligents, les entreprises de distribution d'énergie doivent continuer à exploiter une capacité de production suffisante pour faire face aux pics de consommation d'énergie, bien que ces pics ne se produisent que quelques jours par an et que la demande moyenne soit largement inférieure. Dans la pratique, cela signifie que les jours où on attend une demande supérieure à la moyenne, les entreprises de distribution d'énergie redémarreront des générateurs peu utilisés et moins efficaces mais rapides à remettre en service et habituellement plus coûteux.

Les réseaux intelligents sont désormais impératifs pour améliorer la fiabilité et réduire l'impact environnemental de la consommation d'électricité.

### **4.2 Intégration des ressources d'énergie renouvelables et décentralisées**

La connectivité et les fonctions de communications des réseaux intelligents apportent une solution au problème de l'intégration de l'électricité autoproduite et des sources de production diversifiées comme les fermes éoliennes dans les grands systèmes de distribution d'électricité centralisés. Du fait de l'augmentation du prix de l'énergie et d'une prise de conscience des enjeux écologiques, les particuliers et les entreprises sont de plus en plus nombreux à produire leur propre électricité à partir de sources d'énergies renouvelables, comme le vent ou le soleil. En raison de la nature imprévisible de ces sources d'énergie, il est souvent coûteux et difficile, voire impossible, de les intégrer de façon fiable aux réseaux de distribution. En outre, même lorsqu'on parvient à réinjecter cette énergie renouvelable dans le réseau, partout dans le monde les réseaux de distribution peinent à anticiper ce



reflux d'énergie ou à y faire face. Les techniques faisant appel à la facturation nette contribueront à l'intégration de sources d'énergies renouvelables disparates dans le réseau. La production et la distribution décentralisées d'énergie sont au nombre des nouvelles fonctionnalités prises en charge par les réseaux intelligents.

Les réseaux intelligents offrent la solution en indiquant au centre de contrôle la quantité d'énergie requise et la quantité d'énergie autoproduite envoyée dans le réseau. La capacité de production principale peut ensuite être adaptée pour tenir compte de cet afflux supplémentaire au moment de répondre à la demande. Grâce aux réseaux intelligents qui permettent cette adaptation en temps réel, les entreprises de services collectifs peuvent compenser les variations liées à la nature imprévisible des sources d'énergies renouvelables.

Selon le rapport élaboré par Energy and Environmental Economics, Inc. (E3) et EPRI Solutions, Inc. pour le compte de la Commission de l'énergie de Californie, un système de stockage d'électricité décentralisé pouvant être géré en temps réel (comme les batteries ou les véhicules électriques) coûterait près de 90% plus cher sur un équipement analogue qui ne serait pas raccordé à un réseau intelligent<sup>3</sup>.

### 4.3 Prise en charge des réseaux intelligents grâce aux services de comptage intelligent

Le comptage intelligent est l'une des applications pour les systèmes de gestion des réseaux d'électricité. Les fonctions correspondantes sont les suivantes:

- infrastructure de comptage évoluée (AMI);
- gestion automatique des compteurs (AMM); et
- relevé automatique des compteurs (AMR).

On trouvera à l'Annexe 9, à titre d'exemple, une liste de bandes de fréquences utilisées pour les systèmes hertziens de comptage intelligent et de réseaux intelligents dans certaines parties du monde.

### 4.4 Fourniture d'un réseau résilient de réseaux intelligents

L'un des points principaux à prendre en compte lors de la conception de réseaux intelligents est la résistance de ces réseaux aux perturbations et leur capacité de récupération en cas d'incident. Les définitions suivantes sont couramment employées en vue d'atteindre les objectifs fixés lors de la conception:

- les *meilleures pratiques* désignent les mesures permettant de garantir la résilience, quoi qu'il en coûte;
- les *bonnes pratiques* désignent les mesures qui peuvent offrir un degré de résilience à la mesure de l'entreprise en matière de risque. L'important est que chaque organisation sache distinguer les situations dans lesquelles les meilleures pratiques s'imposent, de celles où les bonnes pratiques suffisent.

Les compagnies d'électricité emploient souvent des systèmes de télécommunications spécifiques pour permettre à des applications intelligentes variées de fonctionner au sein de leurs réseaux, par exemple:

---

<sup>3</sup> Commission de l'énergie de Californie sur la valeur de l'automatisation de la distribution, «[California Energy Commission Public Interest Energy Research Final Project Report](#)», p. 95 (avril 2007) (CEC Report).

- la téléprotection, qui permet d'isoler une partie du réseau en cas de détection d'un défaut ou d'une condition anormale d'un système, tout en évitant de faire subir des interruptions aux autres utilisateurs du réseau. Ces systèmes limitent les perturbations de la fourniture d'électricité et réduisent le risque d'endommagement des infrastructures sous l'effet des flux de courant excessifs;
- les systèmes de télésurveillance et d'acquisition de données (SCADA) sont utilisés pour déclencher des commandes et surveiller les niveaux de tension, de courant et de température, ainsi que la position des commutateurs sur l'ensemble du réseau, avec la possibilité de reconfigurer le réseau à distance en fonction de l'évolution de la demande, ou pour réagir aux défaillances du réseau et à diverses conditions d'exploitation;
- des fonctions de surveillance et de contrôle peuvent être intégrées au réseau pour piloter les équipements à distance et reconfigurer le réseau de manière automatique, sans intervention de l'opérateur, et signaler les actions du système d'automatisation de la distribution à la salle de contrôle;
- les applications de gestion dynamique des ressources (DAM, *dynamic asset management*) surveillent en continu l'état et la charge des ressources sur une base dynamique de façon à pouvoir accroître la capacité, ce qui évite de devoir renforcer les réseaux. Les mesures en temps réel contribuent également à anticiper les défaillances, pour éviter les pannes et les interruptions de fourniture des clients;
- des communications vocales mobiles résilientes permettent au personnel de la salle de contrôle et au personnel de terrain de communiquer lors des opérations de routine, de sécurité et de rétablissement d'urgence du service, notamment en cas d'intempéries et de coupures de courant, lorsque les réseaux commerciaux ne sont pas disponibles. (On trouvera de plus amples renseignements sur ces systèmes à l'Annexe 8).
- la télévision en circuit fermé (CCTV) est utilisée pour surveiller des sites éloignés à des fins de sécurité et de surveillance à distance des équipements.

Bien que l'évolution récente des réseaux de télécommunications commerciaux facilite la mise à disposition de certaines capacités de communication essentielles, les services collectifs d'importance stratégique conservent un certain nombre d'exigences particulières:

- la nature de la croissance du volume de télécommunications des services collectifs, qui provient de l'augmentation de la couverture géographique des réseaux de surveillance, du nombre de points de connexion et de la rapidité de réponse, plutôt que de l'augmentation nécessaire des débits de données;
- les exigences en matière de disponibilité de la couverture géographique (par exemple, jusqu'à 99,999% pour la protection des lignes électriques et 99,9% pour les systèmes de télémétrie par balayage) dans la zone de service définie, y compris, dans certains cas, les zones isolées et non peuplées. Certaines lignes électriques traversent par exemple des régions reculées ne comptant que très peu d'habitants. Les sources d'énergie renouvelable et les ressources en eau sont également souvent éloignées. Ces zones lointaines faiblement peuplées ne sont pas attractives pour les opérateurs commerciaux de services de télécommunications;
- une résilience accrue pour permettre aux réseaux de fonctionner en l'absence d'alimentation électrique principale pendant une période prolongée, qui peut aller de quelques minutes à 72 heures, voire plus;
- le renforcement des réseaux pour les rendre résistants aux intempéries, en particulier aux vents forts, aux inondations, à la neige ou à la glace, aux températures extrêmes et aux perturbations électromagnétiques dues par exemple à la foudre;

- la fiabilité du système doit être conçue pour répondre à des exigences techniques précises plutôt qu'à des fins de gain économique, par exemple pour une exploitation résiliente selon les *meilleures pratiques*;
- un routage redondant distinct, indépendant et diversifié. On notera qu'en cas de coupure de l'itinéraire principal, il est primordial que l'itinéraire secondaire soit opérationnel immédiatement et fiable, en particulier pour les applications qui nécessitent un accès instantané au spectre radioélectrique;
- il est préférable de bénéficier de fréquences attribuées appropriées pour planifier en confiance et intégrer rapidement les extensions et les améliorations apportées au réseau de commande;
- les services collectifs ont besoin d'un niveau élevé de sécurité pour leurs réseaux de télécommunications et leurs infrastructures physiques, non seulement en termes d'intégrité pour empêcher toute perturbation malveillante de leurs activités, mais aussi de garantie d'accès en cas de déni de service dû à la congestion du réseau ou à une intention malveillante qui priverait la compagnie distributrice de la visibilité de son réseau;
- le cycle de vie des produits de télécommunication se raccourcit, de sorte que certains produits peuvent être obsolètes en une année, à l'inverse des infrastructures des services collectifs dont la durée de vie atteint généralement 50 ans. Les équipements de télécommunication intégrés aux grandes installations fonctionnent en continu, de sorte que le remplacement du matériel obsolète est un exercice délicat. La longévité standard des équipements de communication en réseau peut atteindre 10 à 20 ans, ce qui impose de pouvoir assurer une assistance sur cette même durée;
- les exigences en termes d'asymétrie et de latence des signaux de télécommunication dans le secteur de l'électricité sont liées aux niveaux de tension et de puissance, lesquels nécessitent des latences faibles pouvant aller jusqu'à 6 ms et une asymétrie correspondante de 300  $\mu$ s pour que les systèmes de protection fonctionnent correctement. Ces exigences découlent de la nécessité de comparer en temps réel les valeurs «dans le cycle» sur un réseau électrique où un demi-cycle est nécessaire au maintien de la stabilité et à l'identification précise des pannes;
- si les réseaux commerciaux sont dévolus par nature au téléchargement descendant, les réseaux des services collectifs de distribution doivent assurer un téléchargement majoritairement montant: un petit nombre de salles de contrôle surveillent à distance un grand nombre d'équipements sur de vastes zones géographiques.

La technologie de téledétection installée le long des lignes de transport et de distribution électriques permet aux opérateurs de recueillir des informations en temps réel sur l'état de leur réseau. Les fournisseurs d'infrastructures nationales d'importance stratégique peuvent ainsi à la fois éviter les pannes avant même qu'elles se produisent et, si un incident se produit malgré tout, localiser rapidement et avec précision l'endroit concerné. Le réseau intelligent utilise pour ce faire une série d'outils logiciels qui collectent et analysent des données fournies par des capteurs répartis sur l'ensemble du réseau électrique et indiquent les points où la qualité de fonctionnement est dégradée. Les entreprises de transport et de distribution peuvent optimiser leur programme de maintenance afin de prévenir les défaillances et envoyer rapidement des techniciens sur place en cas d'incident, sans qu'il soit nécessaire que les consommateurs signalent des problèmes. Les systèmes de téléprotection, les synchrophaseurs, les systèmes SCADA et les unités d'automatisation sont conçus pour détecter les problèmes dans les réseaux de transport et de distribution. Dans l'idéal, ils identifient le défaut et reconfigurent dynamiquement le réseau sans interrompre l'approvisionnement des clients ou, du moins, en limitant autant que possible la durée de l'interruption. Ces dernières années, après deux pannes générales d'électricité très médiatisées en Amérique du Nord et en Europe, la sécurité des réseaux électriques est devenue une question politique et le réseau étant vieillissant, le nombre de

pannes, et donc de coupures pour les utilisateurs finals, est susceptible d'augmenter. Dans ce contexte, les réseaux intelligents constituent un véritable outil au service de cet effort constant de contrôle<sup>4</sup>.

## 5 Vue d'ensemble d'architectures de référence pour les réseaux intelligents (à l'extérieur des habitations)

On trouvera ci-après un exemple d'architecture de référence pour réseaux intelligents, dans lequel sont représentés les éléments suivants<sup>5</sup>:

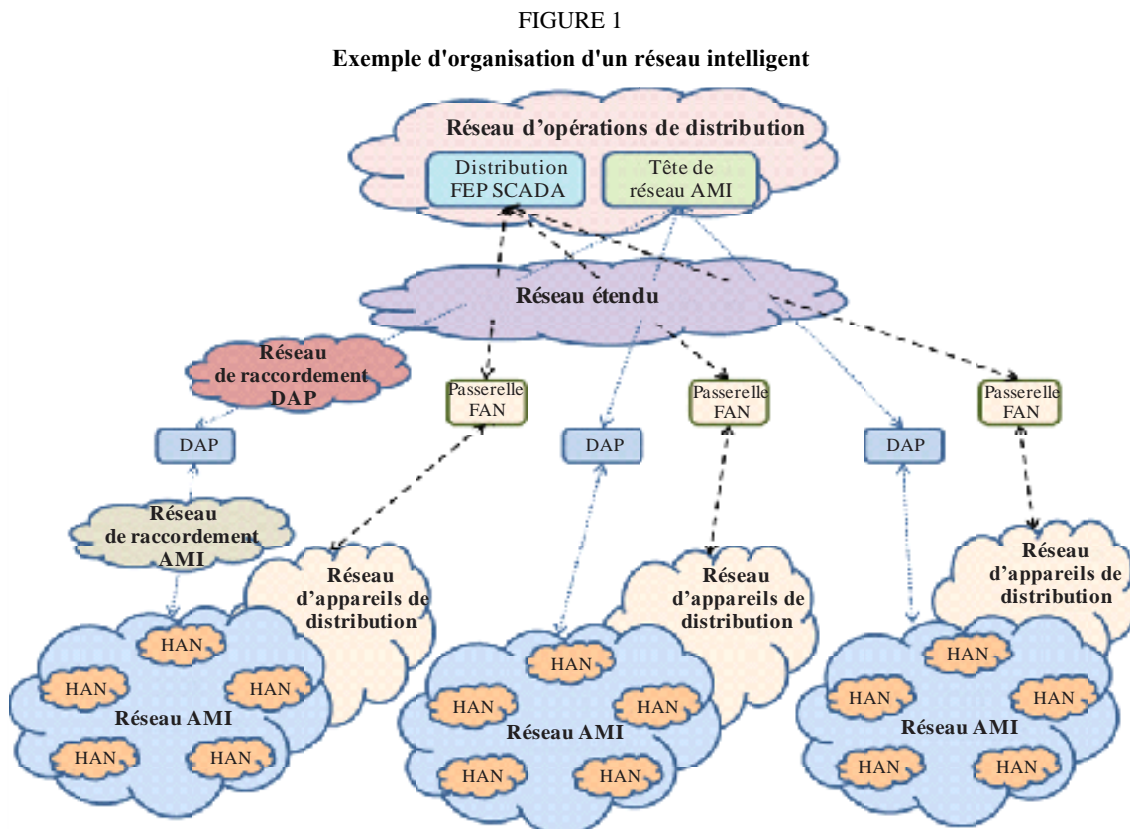
- Réseau domestique (HAN) – Réseau d'appareils de gestion de l'énergie, d'équipements électroniques numériques grand public, d'appareils électroménagers commandés ou activés par un signal et d'applications dans un environnement domestique qui constitue l'extrémité domicile du compteur électrique.
- Réseau de jonction extérieure (FAN) – Réseau conçu pour assurer la connectivité aux appareils d'automatisation répartie (DA) sur le terrain. Le réseau FAN peut assurer une connectivité à la sous-station située en amont des appareils d'acquisition de données sur le terrain ou une connectivité qui permet d'éviter les sous stations et de relier les appareils d'acquisition de données sur le terrain pour former un système de gestion et de commande centralisées (appelé communément système SCADA).
- Réseau de proximité (NAN) (décrit en tant que «réseau de dispositifs de distribution» dans le schéma ci-dessous) – Système réseau visant à assurer une connectivité directe avec les dispositifs terminaux des réseaux intelligents dans une zone géographique relativement petite. Dans la pratique, un réseau NAN peut couvrir quelques pâtés de maison dans un environnement urbain ou des zones de plusieurs kilomètres carrés dans un environnement rural.
- Réseau étendu (WAN) – Réseau sécurisé caractérisé par une résilience et une fiabilité élevées, conçu pour acheminer les données des DAP et des FAN vers le centre de contrôle du réseau et pour transmettre les instructions du centre de contrôle du réseau aux dispositifs sur le terrain. Un WAN peut aussi être interconnecté avec des éléments stratégiques du réseau, par exemple les systèmes de téléprotection et les synchrophaseurs. Le WAN peut se composer de liaisons fixes à fil de cuivre ou fibre optique, de liaisons fixes hyperfréquences et, parfois, de liaisons par satellite.
- Point d'agrégation des données (DAP) – Ce dispositif est un acteur logique qui correspond, dans la plupart des réseaux AMI, à la limite entre les réseaux étendus et les réseaux de proximité (par exemple collecteur, relais de cellule, station de base, point d'accès, etc.).
- Infrastructure de comptage évoluée (AMI) – Système réseau conçu spécialement pour prendre en charge une connectivité bidirectionnelle aux compteurs d'électricité, de gaz et d'eau, et plus particulièrement aux compteurs AMI et, éventuellement, à l'interface des services d'énergie de l'entreprise de services collectifs.
- Surveillance et acquisition de données (SCADA) – Systèmes utilisés pour contrôler au quotidien les opérations du réseau de distribution d'électricité et mener des activités de surveillance selon les besoins.

---

<sup>4</sup> Ce rapport détaille des exemples de cas dans lesquels une technologie de réseau intelligent a réduit les coupures sur le réseau: <http://www.jrc.co.uk/sites/default/files/JRC-EUTC%20Report%20on%20socio-economic%20value%20of%20spectrum-Jan2014-issue1.pdf>.

<sup>5</sup> Les définitions et la figure sont tirées de la norme [NISTIR 7761 Rév.1 \(juin 2014\)](#).

- Processeur frontal (FEP) – Appareil servant de conduit principal pour envoyer les commandes provenant du système DMS/SCADA et recevoir les informations envoyées par les appareils déployés sur le terrain dans le réseau de distribution.



Report SM.2351-01

Une norme hertzienne donnée peut être appliquée dans plus d'une de ces zones. En outre, dans certaines applications, certaines liaisons peuvent être assurées grâce à des solutions filaires.

Différents points de vue ont été exprimés (par exemple à l'occasion des consultations tenues par le Département de l'énergie et des changements climatiques du Royaume-Uni<sup>6</sup>) sur la question de savoir si les fréquences utilisées pour les composantes hertziennes des communications de réseaux intelligents devraient être situées dans des bandes de fréquences attribuées et protégées à cette fin ou dans des bandes sans obligation de licence. Il est à noter que, dans plusieurs pays, les données relatives à la tarification et à la facturation sont considérées comme des données personnelles et sont par conséquent soumises à une protection stricte dans le cadre de la législation applicable à la protection des données personnelles.

De nombreuses technologies hertziennes assurent une sécurité et une confidentialité élevées pour protéger les données des utilisateurs dans les réseaux de comptage intelligent et les informations remontées par les applications de surveillance et de commande des réseaux intelligents. Par exemple, les normes IEEE 802 offrent des fonctionnalités de confidentialité et de sécurité très robustes au niveau de la liaison, qui permettent de protéger les données personnelles dans les réseaux câblés et hertziens (que les bandes soient utilisées avec ou sans licence); de même, les technologies élaborées par le 3GPP fournissent des moyens pour assurer l'autorisation, l'authentification, la confidentialité et la sécurité à l'échelle du réseau.

<sup>6</sup> [http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/consultations/smart\\_mtr\\_imp/smart\\_mtr\\_imp.aspx](http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/consultations/smart_mtr_imp/smart_mtr_imp.aspx).

## **6 Normes sur les courants porteurs en ligne et sur les réseaux câblés pour les télécommunications dans les réseaux de distribution intelligents**

Les réseaux intelligents s'appuieront à la fois sur les technologies filaires et les technologies hertziennes pour offrir la connectivité et les voies de communication nécessaires pour traiter les énormes flux de données liés aux réseaux de distribution de services collectifs.

### **6.1 Communications utilisant les courants porteurs en ligne pour réseaux de distribution intelligents**

On a tout d'abord examiné la possibilité d'utiliser les courants porteurs en ligne (CPL) pour les réseaux intelligents, au motif simple que les lignes électriques offrent une connectivité ubiquitaire à tous les éléments du réseau de distribution d'électricité et que les signaux de données nécessaires pourraient être transmis de bout en bout sur ces lignes électriques. Il est à noter que dans le cas d'un défaut quelconque du système impliquant l'ouverture du raccordement à l'alimentation physique, cette liaison devient indisponible au moment même où il serait essentiel de pouvoir transmettre un rapport.

### **6.2 Communications par réseaux câbles pour les réseaux de distribution intelligents**

Outre les courants porteurs en ligne, des solutions câblées classiques, à fibre optique ou fils de cuivre, sont fréquemment utilisées pour les réseaux étendus lorsqu'il existe un droit de passage, bien que le coût d'installation de câbles ou de fibres fixes vers chaque dispositif «en bout de réseau» soit prohibitif, sauf si ces connexions existent déjà pour servir d'autres fins.

Ces liaisons peuvent être déployées directement par le fournisseur de services collectifs sur les équipements de transmission et de distribution, enterrées dans des tranchées ou des conduits le long du droit de passage ou louées auprès d'exploitants de télécommunication.

Les liaisons Ethernet filaires doivent généralement être conformes aux codes locaux et nationaux applicables à la limitation du brouillage électromagnétique dans le cas de systèmes n'émettant pas.

## **7 Normes hertziennes pour les télécommunications dans les réseaux de distribution intelligents**

### **7.1 Réseau domestique**

Différentes solutions de réseau utilisant des liaisons filaires ou hertziennes sont déjà déployées pour les réseaux HAN, en fonction des besoins en termes de consommation d'énergie, de débit, de mobilité et de coûts d'installation. Les réseaux HAN utilisant des solutions filaires les plus courants sont ceux reposant sur la norme IEEE 802.3 (Ethernet); pour ce qui est des solutions hertziennes, les normes IEEE 802.11 (WiFi), IEEE 802.15.4 (ZigBee, Thread, Wi-SUN EchoNet HAN) et UIT-T G.9959 (Z-Wave) sont les plus utilisées.

Les technologies hertziennes peuvent permettre de mettre en place des réseaux intelligents pour tous les types de services collectifs et être facilement raccordées directement à une infrastructure IP lorsqu'il n'est pas possible, pour des raisons de sécurité électrique ou des considérations juridiques, de procéder directement à un raccordement câblé, ce qui peut être le cas pour les compteurs de gaz ou d'eau.

La Recommandation UIT-T G.9959, «Émetteurs-récepteurs de radiocommunication numériques à bande étroite à courte portée» a été élaborée à l'UIT-T, en vue de fournir une fonctionnalité de réseau local hertzien à bande étroite adaptée aux applications de réseaux intelligents. Au début du travail de rédaction de cette Recommandation, l'UIT-R et l'UIT-T ont discuté des bandes de fréquences qu'il convenait d'utiliser pour ces applications. Il s'agissait de déterminer les avantages et les inconvénients liés à l'identification de fréquences dans des bandes assujetties, d'une manière ou d'une autre, à des

dispositions réglementaires établies par les administrations ou dans des bandes désignées pour les applications ISM ou désignées, au niveau régional ou national, pour une utilisation sans obligation de licence. Les discussions ont porté pour l'essentiel sur des questions de sécurité et de fiabilité, étant donné que les communications de réseaux intelligents pourraient contenir des données concernant la facturation et des données personnelles, alors que les bandes de fréquences sont disponibles pour différentes utilisations non réglementées.

Certaines fréquences situées dans des bandes au voisinage de 900 MHz, non assujetties à l'octroi d'une licence sur décision nationale ou régionale, ont été recommandées comme pouvant être utilisées dans le cadre de la Recommandation UIT-T G.9959. L'une des exigences concernant la conception des émetteurs-récepteurs UIT-T G.9959 est qu'ils devraient prendre en charge un, deux ou trois canaux (chaque canal étant associé à une fréquence centrale) en fonction de la disponibilité des canaux dans la région ou dans le pays concerné.

En ce qui concerne le choix et l'adéquation de fréquences à l'échelle mondiale pour les équipements UIT-T G.9959, l'exigence fondamentale pour ces équipements est qu'ils soient rétrocompatibles avec la technologie Z-Wave<sup>7</sup>, qui est exploitée sur le terrain depuis plus de dix ans. Lorsqu'on envisagera d'assigner de nouvelles fréquences destinées à être utilisées par les équipements UIT-T G.9959, il conviendrait de tenir compte du fait que les futurs produits fondés sur la Recommandation UIT-T G.9959 pourraient devenir incompatibles avec les appareils Z-Wave existants et, de ce fait, empêcher ces nouveaux appareils UIT-T G.9959 de profiter de l'important écosystème interopérable déjà en place.

Il convient en outre de noter que les systèmes IEEE 802.11 et IEEE 802.15.4 sont largement déployés pour les applications HAN et que les systèmes UIT-T G.9959 comme les systèmes IEEE 802.15.4 peuvent utiliser les techniques de sauts de fréquences et de routage maillé lorsque la transmission en portée directe n'est pas possible à cause d'une distance trop longue, de l'affaiblissement, de la distorsion ou de brouillages temporaires. Ces techniques permettent de renforcer la robustesse des systèmes lorsqu'ils fonctionnent dans des bandes utilisées sans licence.

En plus des considérations liées à la gestion du spectre et à la compatibilité qui relèvent de l'UIT-R, des questions concernant les aspects juridiques, la vie privée et la sécurité devront également être examinées dans les cadres compétents du point de vue de l'intégrité des appareils hertziens utilisés dans les réseaux intelligents. Ces considérations peuvent avoir un lien avec l'identification de fréquences à utiliser pour les communications hertziennes de réseaux intelligents – en particulier avec la nécessité d'éviter les interceptions, les usurpations d'identité, la corruption des données ou la perte des données de facturation ou de tarification.

Toutes les normes hertziennes citées dans la présente section prévoient un chiffrement pour assurer la confidentialité et la sécurité. Le risque de brouillage est inévitable en cas de fonctionnement dans des bandes qui ne sont pas soumises à des licences individuelles. En général, les applications HAN n'exigent pas une grande fiabilité. Il est préférable que les applications WAN et FAN utilisant des connexions hertziennes qui exigent une grande fiabilité et une grande disponibilité fonctionnent dans des bandes assujetties à des licences individuelles, à des normes obligatoires ou à d'autres formes de réglementation.

---

<sup>7</sup> La technologie Z-Wave est une technologie hertzienne à faible consommation d'énergie et peu coûteuse permettant de proposer des produits grand public avec des fonctionnalités de mise en réseau (par exemple variateurs de lumière commandés à distance, capteurs de température en réseau, serrures électroniques et systèmes audiovisuels). Les nœuds Z-Wave doivent fonctionner dans les bandes de fréquences pouvant être utilisées sans licence comme les bandes ISM (<http://www.z-wave.com>).



## 7.2 Réseaux WAN/NAN/FAN/WASN

Les réseaux de communication WAN/NAN/FAN/WASN ont en commun de devoir être capables d'acheminer des données sur des distances relativement longues (quartiers, villes) vers des centres d'opération. Ils peuvent desservir directement le nœud d'extrémité ou servir de liaisons de raccordement. Le type de solution choisie dépend de nombreuses considérations, parmi lesquelles:

- la longueur de la liaison, dans le cas par exemple des bandes de fréquences plus basses employées pour les longues distances;
- la disponibilité d'un droit de passage (pour les solutions par câble);
- la capacité de la liaison;
- les dispositifs non alimentés sur secteur;
- la disponibilité de la liaison radioélectrique, par exemple 99,999%;
- la fiabilité, par exemple via des *meilleures pratiques*, ou des *bonnes pratiques*, et la résilience des opérations;
- la durée d'alimentation de secours requise, par exemple 96 heures;
- l'obligation de licence ou non sur les fréquences envisagées;
- la nécessité d'un routage redondant distinct, indépendant et diversifié;
- la longévité des équipements et la durée d'assistance requises, par exemple 20 ans; et
- la sécurité des infrastructures et des sites.

L'UIT-R a élaboré la Recommandation UIT-R M.2002 «Objectifs, caractéristiques et spécifications fonctionnelles des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN)», et le Rapport UIT-R M.2224 «System design guidelines for wide area sensor and/or actuator network (WASN) systems» (Lignes directrices concernant la conception des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN)).

Le Comité IEEE 802 s'occupant des normes relatives aux réseaux LAN/MAN a élaboré plusieurs normes hertziennes qui sont actuellement utilisées pour prendre en charge les applications de réseaux intelligents.

Ces solutions sont les suivantes:

- Normes hertziennes prenant en charge des systèmes hertziens point à multipoint:
  - IEEE 802.11
  - IEEE 802.16
  - IEEE 802.20
  - IEEE 802.22
- Normes hertziennes prenant en charge des systèmes hertziens pour réseaux maillés:
  - IEEE 802.15.4
  - IEEE 802.11

Voir le paragraphe A1.2 pour de plus amples renseignements sur ces normes.

D'autres technologies de communication hertziennes peuvent contribuer à répondre aux exigences des réseaux intelligents, comme les technologies cellulaires, la radiodiffusion sonore et les systèmes par satellites. Les réseaux cellulaires relevant du 3GPP (GSM/EDGE, WCDMA/HSPA et LTE), qui fournissaient au départ des services téléphoniques, ont évolué et assurent aujourd'hui un large éventail d'applications de données, avec prise en charge intégrée de la sécurité et de la qualité de service. Dans des versions récentes de normes 3GPP, des améliorations ont été apportées pour les communications de type machine (MTC), avec la prise en charge de la gestion des encombrements, d'une durée de vie

des batteries des dispositifs plus longue, de dispositifs extrêmement peu complexes, d'un plus grand nombre de dispositifs et d'une meilleure couverture en intérieur, comme précisé au paragraphe 9. Les compteurs intelligents offrent des fonctions de surveillance et de commande individuelles assurées grâce aux technologies 3GPP.

Voir le paragraphe A1.4 pour de plus amples renseignements sur les normes 3GPP.

Le groupe 3GPP2 a élaboré diverses normes hertziennes pouvant être appliquées aux systèmes de gestion des réseaux intelligents; voir le paragraphe A1.5.

En outre, depuis plusieurs dizaines d'années, les réseaux de radiodiffusion à modulation de fréquence aux États-Unis et le service de radiodiffusion à 198 kHz en ondes kilométriques couvrant tout le territoire du Royaume Uni sont utilisés pour transmettre des sous-porteuses sans signal audio qui permettent de passer simplement, dans des zones étendues, d'un tarif à l'autre en fonction de la consommation.

Les technologies à bande étroite en ondes métriques et en ondes décimétriques sont également employées pour la surveillance des réseaux d'électricité, de gaz et d'eau intelligents. Ces technologies reposent principalement sur des systèmes à largeur de bande 12,5 kHz et 25 kHz dans des configurations de type mobile et point à multipoint. Certaines normes de portée nationale comme les normes MPT 1411 et MPT 1327 sont peu à peu remplacées par des systèmes fondés sur les normes harmonisées de l'ETSI (par exemple Tetra et DMR).

Ces systèmes à bande étroite fonctionnent en conformité avec un certain nombre de normes ETSI, par exemple l'EN 300 113 et l'EN 302 561, relatives aux arrangements de fréquences applicables au point à point et au point à multipoint.

Les systèmes de communication vocale d'urgence ou d'importance stratégique fonctionnent sur des canaux de 6,25 kHz (dPMR), des canaux de 12,5 kHz (DMR) et des canaux de 25 kHz (TETRA). Dans certains cas, les nouveaux déploiements intègrent la voix et les données opérationnelles critiques au sein du même réseau de communication.

Les réseaux fixes et mobiles par satellites – géosynchrones, en orbite terrestre moyenne et en orbite terrestre basse – jouent un rôle complémentaire dans les réseaux intelligents de voix et de données, en particulier dans les zones reculées où ils constituent la solution la plus rentable et où leur indépendance par rapport aux services basés sur l'infrastructure au sol offre une résilience et une redondance accrues.

## **8 Considérations liées aux brouillages associées à la mise en œuvre de technologies hertziennes ou filaires de transmission de données utilisées pour les systèmes de gestion des réseaux de distribution d'électricité**

### **8.1 IEEE**

Le Comité des normes LAN/MAN IEEE 802 a élaboré de nombreuses technologies hertziennes qui assurent des communications résilientes en cas de brouillages permettant de gérer les réseaux de distribution d'électricité sans causer de brouillages.

Les caractéristiques types des normes IEEE 802 sont les suivantes:

- Par exemple, il est établi depuis de nombreuses années que les technologies IEEE 802.11 (Wi-Fi™) et IEEE 802.15.1 (Bluetooth™) peuvent coexister tout en fonctionnant dans la même bande.

- Même si des milliers de dispositifs de réseaux intelligents seront déployés, les exigences en matière de débits de données qui leur seront associées seront peut-être faibles et, selon toute vraisemblance, ces dispositifs n'émettront pas tous en même temps. Par conséquent, ils peuvent partager efficacement les mêmes fréquences.
- Les technologies cognitives de partage des fréquences mises au point dans le cadre du Comité des normes IEEE 802 peuvent utiliser le spectre en s'efforçant, autant que faire se peut, de ne pas nuire aux autres utilisateurs fonctionnant déjà dans ces bandes ou dans les bandes adjacentes.
- Les fonctionnalités intégrées dans les appareils fondés sur les normes IEEE 802, comme la détection du spectre, les étiquettes relatives au spectre, la gestion d'ensembles de canaux et la coexistence, permettront de faire en sorte que les brouillages que ces appareils se causent mutuellement ou causent à d'autres appareils soient réduits au minimum.

## 8.2 3GPP

Les technologies cellulaires mises au point par le 3GPP utilisent des bandes soumises à obligation de licence et, par conséquent, produisent des brouillages maîtrisés. En outre, des techniques évoluées de gestion des brouillages pour de multiples dispositifs sont en place, par exemple la suppression évoluée des brouillages.

Ces solutions 3GPP, qui proposent des technologies pour réseaux de télécommunication cellulaires, comme l'accès radioélectrique, le réseau de transport central et les fonctionnalités de service (et traitent également des codecs, de la sécurité ou de la qualité de service), contiennent des spécifications système complètes. Ces spécifications définissent en outre des points de raccordement pour assurer un accès non radioélectrique au réseau central ainsi que l'interfonctionnement avec les réseaux WiFi.

Les principaux objectifs de toutes ces normes publiées par le 3GPP sont les suivants:

- Rendre le système compatible avec les versions antérieures et ultérieures dans toute la mesure possible, afin de veiller à ce que l'exploitation de l'équipement utilisateur ne soit jamais interrompue.
- Mener des études approfondies sur la coexistence et élaborer des spécifications afin de garantir l'utilisation en partage des bandes de fréquences par les systèmes employant différentes technologies d'accès 3GPP, avec des incidences minimales sur la qualité de fonctionnement.
- Respecter les exigences réglementaires mondiales en matière d'émission.
- Fournir et tenir à jour des technologies d'accès prenant en charge une large gamme de débits et de capacités de données.

En outre, les technologies 3GPP peuvent utiliser des techniques de diversité, par exemple les sauts de fréquences, pour renforcer la protection contre les brouillages et réduire les brouillages causés à d'autres systèmes fonctionnant dans la même bande. Ces technologies utilisent également des techniques de planification et de coordination pour les brouillages, comme la planification des fréquences à l'échelle d'un système et la coordination intercellulaire relative aux brouillages, pour garantir l'utilisation efficace du spectre. Des techniques évoluées de suppression des brouillages sont par ailleurs utilisées au niveau des récepteurs, afin de renforcer la protection contre les brouillages.

## 8.3 3GPP2

Le 3GPP2 a élaboré de nombreuses technologies hertziennes qui assurent des communications résilientes en cas de brouillages permettant la gestion des réseaux de distribution d'électricité sans causer de brouillages. Les normes de la famille cdma2000 multiporteuses 3GPP2 sont les suivantes:

- cdma2000 1x;
- cdma2000 à haut débit de données en paquets (HRPD/EV-DO);
- cdma2000 à haut débit de données en paquets étendue (xHRPD).

Les normes de la famille cdma2000 multiporteuses 3GPP2 sont reconnues par l'UIT comme des technologies IMT telles qu'elles sont décrites dans la Recommandation UIT-R M.1457. Leurs fonctionnalités types sont les suivantes:

- Technologies éprouvées avec commande d'accès sophistiquée permettant de prendre en charge un grand nombre d'utilisateurs en mode accès aléatoire comme en mode trafic avec des brouillages minimales.
- Technologie déjà déployée partout dans le monde pour fournir la connectivité dans une zone géographique étendue.
- Chaque station de base est conçue pour avoir une grande zone de couverture.
- Ensemble complet de spécifications comprenant des spécifications se rapportant aux réseaux, à la sécurité, aux tests et à la qualité de fonctionnement.

#### **8.4 PMR/PAMR à bande de 12,5/25 kHz**

Il est possible de mettre en place des systèmes à bas débit de données ayant une utilisation très efficace du spectre sur les fréquences soumises à licence et fonctionnant 24 h/24 sur un canal à bande étroite de 12,5/25 kHz, ces systèmes étant destinés à la télésurveillance et au pilotage à distance de sites en grand nombre dans un rayon de 30 km.

Les techniques habituelles de planification des systèmes standard à bande étroite et de gestion des brouillages sur la bande des 400 MHz permettent de bénéficier typiquement d'une disponibilité de 99,9% sur chaque liaison radioélectrique. Des taux de disponibilité plus élevés et une meilleure protection contre les brouillages peuvent être obtenus en mettant en œuvre des techniques de diversité.

À titre d'exemple de techniques de planification de système et de gestion des brouillages, le système de commande central des réseaux de gaz et d'électricité britanniques ne mobilise que 48 canaux à bande étroite de 12,5 kHz sur la bande des 400 MHz. (On notera que des débits de données plus élevés sont typiquement pris en charge au moyen de liaisons radioélectriques fixes hyperfréquences et dans la bande des 1,4 GHz).

### **9 Incidences sur la disponibilité du spectre du déploiement à grande échelle des réseaux filaires et hertziens utilisés pour les systèmes de gestion du réseau de distribution d'électricité**

Les technologies hertziennes cellulaires 3GPP et les normes de la famille IEEE 802 ont notamment pour objectif que la disponibilité du spectre ne soit pas affectée par les brouillages associés au déploiement à grande échelle de ces technologies et dispositifs lorsque des technologies similaires sont déployées au même endroit ou dans des zones adjacentes, et sur un même canal de fréquences.

Cet aspect est essentiel pour les raisons suivantes:

- Des millions de dispositifs hertziens pour réseaux intelligents sont actuellement en place dans différents pays et dans différentes régions (par exemple en Europe, en Australie et en Amérique du Nord) et fonctionnent dans des bandes utilisées en partage. Ces dispositifs sont de plus en plus nombreux et leur nombre devrait continuer d'augmenter dans ces régions car ils sont performants et efficaces.

- Les réglementations existantes portées par exemple par la Commission fédérale des communications (FCC) aux États-Unis ont autorisé des millions d'appareils sans fil pour réseaux intelligents (à l'intérieur de l'habitation), tandis que l'Ofcom UK a permis à des millions d'appareils sans fil pour compteurs intelligents (à l'intérieur de l'habitation) de fonctionner sans se nuire mutuellement.

Les appareils mobiles hertziens grand public sont largement utilisés dans le monde. Chaque appareil peut transférer des gigabits de données chaque mois. En revanche, les dispositifs hertziens pour réseaux intelligents transfèrent des volumes de données beaucoup moins importants au regard des capacités des réseaux hertziens mobiles modernes.

- Les fréquences hertziennes mobiles soumises à licence, généralement gérées par les opérateurs hertziens, pourraient donc facilement faire face à l'accroissement du trafic dans les zones de disponibilité du service, sous réserve du caractère jugé critique du trafic.
- À l'inverse, les pays dont les réseaux sont surveillés et contrôlés à l'aide de quelques MHz de spectre à bande étroite pourraient avoir besoin d'une petite quantité de spectre supplémentaire pour répondre à ce besoin de transfert de données supplémentaires.

Les prédictions établies par le Conseil européen des télécommunications et des services collectifs (EUTC)<sup>8</sup> suggèrent que 2 bandes de 3 MHz sur la bande des 400 MHz sous licence exclusive (sous la forme par exemple de 120 canaux duplex de 25 kHz ou de 2 canaux LTE duplex de 1,4 MHz) devraient suffire.

NOTE – Le maintien de l'accès à la bande des 400 MHz signifie que l'infrastructure existante du système radioélectrique, y compris les mesures de résilience telles que l'alimentation de secours des stations de base pendant 72 heures, peut être réutilisée.

La continuité de l'utilisation d'une bande existante s'applique également aux systèmes actuels de réseaux électriques à bande élargie et large bande qui fonctionnent en Europe continentale. Nombre d'entre eux cherchent à obtenir un accès plus large au spectre dans la bande des 450 à 470 MHz, par exemple la bande 72 (bande 451-456 MHz appariée à la bande 461-466 MHz). Un schéma des arrangements de fréquence pour l'accès au spectre dans cette bande pour plusieurs pays européens est présenté au paragraphe A3.3.

Il convient de noter qu'en raison du volume relativement faible du trafic de données de nature critique requis par les entreprises de services collectifs pour la gestion et le contrôle de leurs réseaux, le besoin global de spectre prévu par la plupart de ces entreprises au niveau mondial n'excède pas 20 MHz, ce qui représente environ 1% du spectre susceptible d'être attribué aux services mobiles à l'horizon 2020. En outre, les entreprises de services collectifs peuvent faire un usage important du spectre existant disponible pour les services mobiles terrestres professionnels en dessous de 500 MHz.

D'autres aspects à prendre en considération sont les suivants:

- Les normes hertziennes IEEE 802 font appel à différentes technologies, par exemple les sauts de fréquences, le routage maillé, la fragmentation, le codage et le haut débit de transmission par salves, associées à des techniques d'annulation et de réduction des brouillages et aux systèmes à entrées/sorties multiples (MIMO) qui permettent de disposer de réseaux hertziens fiables pour les réseaux intelligents.
- En outre, les réseaux intelligents hertziens peuvent être conçus pour répondre à des exigences de résilience accrues et ainsi faire face aux pertes de liaison de courte durée, en recourant à des techniques de diversité des liaisons, et aux coupures de courant grâce à des solutions d'alimentation de secours.

---

<sup>8</sup> <http://eutc.org/wp-content/uploads/2016/04/EUTC-Spectrum-Position-Paper.pdf>.

- Les technologies hertziennes cellulaires 3GPP ont recours à différentes techniques comme la modulation et le codage de haut niveau, l'attribution des blocs de ressources, la suppression et l'atténuation des brouillages et la technique MIMO, pour utiliser efficacement le spectre attribué. En outre, le fonctionnement en mode coordonné multipoints assure une robustesse accrue.
- Les nouvelles technologies cognitives de partage des fréquences mises au point dans le cadre du Comité des normes IEEE 802 peuvent utiliser efficacement le spectre sans nuire aux autres utilisateurs primaires fonctionnant dans ces bandes.
- Les fonctionnalités intégrées dans les appareils fondés sur les normes IEEE 802, comme la détection du spectre, les étiquettes relatives au spectre, la gestion d'ensembles de canaux et la coexistence, contribueront à faire en sorte que les brouillages que ces appareils se causent mutuellement ou causent à d'autres appareils soient réduits au minimum lorsque les technologies sont déployées au même endroit ou dans des zones adjacentes, et sur un même canal de fréquences.
- Les technologies hertziennes cellulaires 3GPP évoluent en permanence et de nouvelles fonctionnalités présentant un intérêt pour le comptage intelligent ont été définies dans les publications 3GPP (voir le paragraphe A1.4).
- Les liaisons Ethernet filaires n'utilisent pas les fréquences et doivent généralement être conformes aux codes locaux et nationaux applicables à la limitation du brouillage électromagnétique dans le cas de systèmes n'émettant pas. À ce titre, il ne devrait pas y avoir d'autres considérations liées aux brouillages en ce qui concerne les radiocommunications associées au recours à l'Ethernet dans la mise en œuvre des technologies et des dispositifs hertziens et filaires utilisés pour appuyer les systèmes de gestion des réseaux de distribution d'électricité.

L'un des objectifs des normes de la série 3GPP est que la disponibilité du spectre ne soit pas affectée par les brouillages associés au déploiement à grande échelle de ces technologies et dispositifs compte tenu des éléments suivants:

- déploiement à grande échelle partout dans le monde de systèmes assurant l'itinérance mondiale de millions d'équipements d'utilisateur;
- couverture fiable du réseau cellulaire presque partout dans les zones peuplées du monde.

## 10 Résumé

Ce Rapport aborde principalement l'exemple des services collectifs de distribution d'électricité, mais les similarités le rendent directement applicable aux services collectifs de distribution de gaz et d'eau.

On appelle «réseau intelligent» un réseau de distribution d'énergie électrique bidirectionnel connecté à un réseau d'information et de commande via des capteurs et des dispositifs de commande. Une telle architecture permet l'optimisation intelligente et efficace du réseau électrique, à savoir les réseaux de production, de transport et de distribution, ainsi que les réseaux des utilisateurs finaux.

Un compteur intelligent est un dispositif électronique qui enregistre la consommation d'énergie électrique à des intervalles périodiques d'une heure (ou moins) et transmet ces informations à la compagnie d'électricité à des fins de suivi et de facturation. Un compteur intelligent permet une communication bidirectionnelle entre le compteur et la compagnie d'électricité. Outre la fonction de relevé automatique des indices, le compteur peut également recevoir et traiter des informations de pilotage relatives à la gestion de l'énergie transmises par la compagnie d'électricité, et communiquer des informations de surveillance de la qualité de l'énergie. Le compteur intelligent ne permet pas aux utilisateurs d'accéder librement à ses fonctionnalités, quel que soit son lieu d'installation physique (à l'extérieur de l'usine, à l'intérieur des bâtiments, à l'intérieur du domicile, etc.).

Les réseaux intelligents permettront aux industries de l'énergie électrique de faciliter les flux bidirectionnels dans les réseaux existants qui n'ont pas été conçus pour ce mode de fonctionnement. En particulier, les réseaux intelligents permettront aux réseaux de distribution d'électricité de faciliter le raccordement de la production à leurs réseaux là où se trouvent la plupart des sources de production renouvelables, et d'ouvrir la voie à de nouveaux modes d'exploitation tels que la gestion de la demande. De nouveaux concepts en plein essor, comme les miniréseaux (*microgrids*), les réseaux fonctionnant en mode îlotage, les systèmes de stockage et les véhicules électriques, ainsi que le transport d'énergie par des systèmes continus haute tension (SCHT) pourront alors être intégrés aux réseaux futurs.

L'objectif général est qu'il soit possible de surveiller et de piloter les réseaux intelligents interactifs afin d'accroître l'efficacité, la fiabilité et la sécurité des réseaux de distribution d'électricité, de gaz et d'eau, tout en garantissant aux consommateurs une fourniture ininterrompue. Il convient de distinguer clairement deux activités totalement séparées:

- la surveillance et le contrôle des activités de transport et de distribution des services collectifs, qui nécessitent une interactivité dynamique très rapide et un niveau de fiabilité et de sécurité extrêmement élevé, au moyen de systèmes capables de fonctionner plusieurs jours sans électricité dans des environnements difficiles, mais qui offrent beaucoup moins de points d'interactivité et qui traitent des volumes de données relativement faibles; et
- la collecte de renseignements sur les consommateurs et l'interactivité, c'est-à-dire le «réseau intelligent» de flux d'informations au niveau du consommateur, constitué de quantités relativement faibles de données provenant de compteurs intelligents individuels, mais agrégées pour des millions de ménages.

## Annexe 1

### Exemples de normes existantes concernant les systèmes de gestion des réseaux de distribution d'électricité

#### A1.1 Normes ETSI

L'ETSI a élaboré plusieurs normes hertziennes qui peuvent être appliquées aux systèmes de gestion des réseaux intelligents. On trouvera dans le Tableau A1.1 ci-après un récapitulatif des caractéristiques techniques des normes hertziennes ETSI pertinentes.

À titre d'information, le document ETSI TR 103 401 V1.1.1 «Smart Grid and Other Radio Systems suitable for Utility Operations, and their long-term spectrum requirements» fournit de plus amples renseignements sur les réseaux intelligents et les autres systèmes radioélectriques destinés aux services de distribution collectifs, notamment les besoins en spectre sur le long terme.



TABLEAU A1.1

## Fonctionnalités techniques des normes ETSI

Norme	Canal (kHz)	Débit de données (kbit/s)	Sélectivité du récepteur vis-à-vis des canaux adjacents (dBm)	Suppression des brouillages dans le même canal (dB)	Sensibilité du récepteur pour les tests de qualité de fonctionnement (dBm)
EN 301 166	6,25	Jusqu'à 4,8	-50	Supérieur à -15	-107
EN 301 166	Le niveau de blocage du récepteur ne doit pas être inférieur à 90,0 dB $\mu$ V (-68 dBm).				
EN 300 113	12,5	9,6 à 16	-47	Entre 17 et 0	-105
EN 300 113	12,5	>16 jusqu'à 38,4	-47	Entre 24 et 0	-98
EN 300 113	12,5	Supérieur à 38,4	-47	Entre 29 et 0	-93
EN 300 113	25	9,6 à 38,4	-37	Entre 12 et 0	-105
EN 300 113	25	>38,4 jusqu'à 76,8	-37	Entre 19 et 0	-98
EN 300 113	25	Supérieur à 76,8	-37	Entre 24 et 0	-93
EN 300 113	Le niveau de blocage du récepteur ne doit pas être inférieur à -23 dBm, quelle que soit la largeur du canal.				
EN 302 561	25	38,5 à 76,8	-63	-19	-104
EN 302 561	25	Supérieur à 76,8	-63	-24	-99
EN 302 561	50	76,9 à 153,6	-66	-19	-101
EN 302 561	50	Supérieur à 153,6	-66	-24	-95
EN 302 561	100	153,7 à 307,2	-67	-19	-98
EN 302 561	100	Supérieur à 307,2	-67	-24	-93
EN 302 561	150	230,5 à 460,8	-67	-19	-97
EN 302 561	150	Supérieur à 460,8	-67	-24	-91
EN 302 561	Le niveau de blocage du récepteur ne doit pas être inférieur à -27 dBm, quelle que soit la largeur du canal.				

## A1.2 Normes IEEE

Le Comité IEEE 802 a élaboré différentes normes hertziennes pour les applications du premier kilomètre pour les systèmes de gestion des réseaux de distribution d'électricité. On trouvera dans les tableaux ci-après un récapitulatif des caractéristiques techniques et opérationnelles des normes hertziennes IEEE 802 pertinentes. Voir le Tableau 2-1 de la Recommandation UIT-R M.1450 pour les paramètres techniques associés aux normes IEEE Std 802.11.

TABLEAU A1.2

**Fonctionnalités techniques et opérationnelles de la norme IEEE 802.15.4**

<b>Fonction</b>	<b>Valeur</b>
Bandes de fréquences prises en charges, avec ou sans licence (MHz)	Sans licence: 169, 450-510, 779-787, 863-870, 902-928, 950-958, 2 400-2 483,5 Avec licence: 220, 400-1 000, 1427
Portée opérationnelle nominale	MROF – 2 km MDF-MR – 5 km DSSS – 0,1 km
Fonctionnalités de mobilité (nomade/mobile)	Nomade et mobile
Débit de données de crête (sens amont/sens aval si différent)	MROF – 860 kb/s MDF-MR – 400 kb/s DSSS – 250 kb/s
Méthode duplex (DRF, DRT, etc.)	DRT
Largeur de bande RF nominale	MROF – de 200 kHz à 1,2 MHz MDF-MR – de 12 kHz à 400 kHz DSSS – 5 MHz
Techniques de diversité	Spatiale et temporelle
Prise en charge de la technique MIMO (oui/non)	Non
Orientation/conformation du faisceau	Non
Retransmission	ARQ
Correction d'erreur directe	Convolutionnelle
Gestion des brouillages	LBT («écouter avant de parler»), sélection des canaux, étalement de spectre par saut de fréquence, agilité en fréquence
Gestion de la puissance	Oui
Topologie de connexion	Point à point, à bonds multiples, en étoile
Méthodes d'accès au support	CSMA/CA
Méthodes d'accès multiple	CSMA/TDMA/FDMA (dans les systèmes avec sauts)
Découverte et méthode d'association	Balayage actif et passif
Méthodes de qualité de service	Étiquetage des données de transfert et priorité de trafic
Détection de l'emplacement	Oui
Téléométrie	Oui
Chiffrement	AES-128
Authentification/protection contre les réexecutions	Oui
Échange de clés	Oui
Détection des nœuds malveillants	Oui
Identification unique de l'équipement	Identifiant unique à 64 bits

TABLEAU A1.3  
Caractéristiques de la norme IEEE 802.16

Fonction	Valeur
Bandes de fréquences prises en charge (avec ou sans licence)	Bandes de fréquences avec licence entre 200 MHz et 6 GHz
Portée opérationnelle nominale	Optimisée pour une portée allant jusqu'à 5 km dans un environnement point à multipoint type, fonctionnelle jusqu'à 100 km
Fonctionnalités de mobilité (nomade/mobile)	Nomade et mobile
Débit de données de crête (sens amont/sens aval si différent)	802.16-2012: 34,6 sens amont/60 sens aval Mbit/s avec 1 antenne de station de base d'émission (10 MHz BW) 69,2 sens amont/120 sens aval Mbit/s avec 2 antennes de station de base d'émission (10 MHz BW) 802.16.1-2012: 66,7 sens amont/120 sens aval Mbit/s avec 2 antennes de station de base d'émission (10 MHz BW), 137 sens amont/240 sens aval Mbit/s avec 4 antennes de station de base d'émission (10 MHz BW)
Méthode duplex (DRF, DRT, etc.)	DRT et DRT définies, DRT le plus souvent utilisée, DRT adaptative pour le trafic asymétrique
Largeur de bande RF nominale	Ajustable: de 1,25 MHz à 10 MHz
Techniques de diversité	Spatiale et temporelle
Prise en charge de la technique MIMO (oui/non)	Oui
Orientation/conformation du faisceau	Oui
Retransmission	Oui (ARQ et ARQ hybride (HARQ))
Correction d'erreur directe	Oui (codage convolutionnel)
Gestion des brouillages	Oui (réutilisation partielle des fréquences)
Gestion de la puissance	Oui
Topologie de connexion	Point à multipoint, point à point, retransmission à bonds multiples
Méthodes d'accès au support	La contention coordonnée suivie d'une qualité de service orientée connexion est prise en charge grâce à l'utilisation de cinq disciplines de service.
Méthodes d'accès multiple	AMROF
Découverte et méthode d'association	Découverte autonome, association par CID/SFID
Méthodes de qualité de service	Différentiation de la qualité de service (cinq classes prises en charge) et prise en charge de la qualité de service orientée connexion
Détection de l'emplacement	Oui
Téléométrie	Facultative
Chiffrement	AES128 – CCM et CTR
Authentification/protection contre les réexecutions	Oui

TABLEAU A1.3 (*fin*)

Fonction	Valeur
Échange de clés	PKMv2 (Section 7.2.2)
Détection des nœuds malveillants	Oui, calcul de la clé par code d'authentification de message basé sur un chiffrement (CMAC)/code d'authentification de message haché (HMAC) pour protéger l'intégrité des messages de commande. En outre, valeur ICV des clés pour protéger l'intégrité des unités MPDU.
Identification unique de l'équipement	Adresse MAC, certificats X.509, carte SIM facultative

TABLEAU A1.4

**Fonctionnalités techniques et opérationnelles de la norme IEEE 802.20, mode 625k-MC**

Fonction	Valeur
Bandes de fréquences prises en charge (avec ou sans licence)	Bandes avec licence au-dessous de 3,5 GHz
Portée opérationnelle nominale	12,7 km (max)
Fonctionnalités de mobilité (nomade/mobile)	Mobile
Débit de données de crête (sens amont/sens aval si différent)	Débit maximal de données d'utilisateur de 1 493 Mbit/s dans le sens aval et de 571 kbit/s dans le sens amont dans une largeur de bande de porteuse de 625 kHz.
Méthode duplex (DRF, DRT, etc.)	DRT
Largeur de bande RF nominale	2,5 MHz (prend en charge quatre porteuses espacées de 625 kHz), 5 MHz (prend en charge huit porteuses espacées de 625 kHz)
Modulation/rendement de codage – sens amont et sens aval	Modulation et codage adaptatifs, MDP-2, MDP-4, MDP-8, MDP-12, MAQ16, MAQ24, MAQ32 et MAQ64
Techniques de diversité	Diversité spatiale
Prise en charge de la technique MIMO (oui/non)	Oui
Orientation/conformation du faisceau	Sélectivité spatiale du canal et traitement adaptatif du réseau d'antennes.
Retransmission	ARQ rapide
Correction d'erreur directe	Codage par bloc et codage convolutionnel/décodage Viterbi
Gestion des brouillages	Traitement adaptatif des signaux d'antenne
Gestion de la puissance	Mécanisme de commande adaptative de puissance (boucle ouverte et boucle fermée). La commande de puissance permettra d'augmenter la capacité du réseau et de réduire la consommation d'électricité dans les sens amont et aval.
Topologie de connexion	Point à multipoint
Méthodes d'accès au support	Accès aléatoire AMRT-DRT
Méthodes d'accès multiple	AMRF-AMRT-AMRS
Découverte et méthode d'association	Par authentification mutuelle station de base – terminal utilisateur

TABLEAU A1.4 (*fin*)

Fonction	Valeur
Méthodes de qualité de service	Le mode 625k-MC définit trois classes de qualité de service qui mettent en œuvre le model DiffServ de l'IETF: les comportements par saut de réexpédition accélérée (EF), de réexpédition assurée (AF) et de meilleur effort fondés sur les points de code DiffServ.
Détection de l'emplacement	Oui
Téléométrie	Oui
Chiffrement	Chiffrement de flux RC4 et AES
Authentification/protection contre les réexecutions	Authentification de la station de base et authentification du terminal utilisateur fondées sur l'utilisation de certificats numériques signés conformément à la norme ISO/CEI 9796 à l'aide de l'algorithme Rivest, Shamir et Adleman (RSA).
Échange de clés	Cryptographie à courbe elliptique (en utilisant les courbes K 163 et K-233 de la norme FIPS-186-2)
Détection des nœuds malveillants	Protégée contre les nœuds malveillants
Identification unique de l'équipement	Oui

TABLEAU A1.5

**Fonctionnalités techniques et opérationnelles de la norme IEEE 802.22**

Fonction	Valeur
Bandes de fréquences prises en charge (avec ou sans licence)	54-862 MHz
Portée opérationnelle nominale	Optimisée pour une portée allant jusqu'à 30 km dans un environnement point à multipoint type, fonctionnelle jusqu'à 100 km
Fonctionnalités de mobilité (nomade/mobile)	Nomade et mobile
Débit de données de crête (sens amont/sens aval si différent)	22-29 Mb/s, supérieur à 40 Mb/s avec technique MIMO
Méthode duplex (DRF, DRT, etc.)	DRT
Largeur de bande RF nominale	6, 7 ou 8 MHz
Techniques de diversité	Spatiale, temporelle, codes par bloc, multiplexage spatial
Prise en charge de la technique MIMO (oui/non)	Oui
Orientation/conformation du faisceau	Oui
Retransmission	ARQ, HARQ
Correction d'erreur directe	Convolutionnelle, Turbo et LDPC
Gestion des brouillages	Oui

TABLEAU A1.5 (*fin*)

Fonction	Valeur
Gestion de la puissance	Oui, différents états de faible puissance
Topologie de connexion	Point à multipoint
Méthodes d'accès au support	AMRT/DRT AMROF, MAC fondé sur la réservation
Méthodes d'accès multiple	AMROF
Découverte et méthode d'association	Oui, via ID MAC, CID et SFID de l'équipement
Méthodes de qualité de service	Différentiation de la qualité de service (cinq classes prises en charge) et prise en charge de la qualité de service orientée connexion
Détection de l'emplacement	Géolocalisation
Téléométrie	Oui
Chiffrement	AES128 – CCM, ECC et TLS
Authentification/protection contre les réexecutions	AES128 – CCM, ECC, EAP et TLS, protection contre les réexecutions par chiffrement, authentification et étiquetage des paquets.
Échange de clés	Oui, PKMv2
Détection des nœuds malveillants	Oui
Identification unique de l'équipement	Identifiant unique de l'équipement à 48 bits, certificat X.509

Les normes IEEE 802.3 relatives au fonctionnement des réseaux locaux Ethernet s'appliquent à des débits de 1 Mb/s à 100 Gb/s sur divers supports à fibre optique ou à fil de cuivre à usage séparé, sur des distances variables.

- IEEE 802.3 EPON
- IEEE 802.3 Ethernet en distribution

### A1.3 Normes UIT-T

Les Recommandations UIT-T de la série G.990x (UIT-T G.9901, UIT-T G.9902, UIT-T G.9903, UIT-T G.9904) relatives aux courants porteurs en ligne à bande étroite ont été élaborées pour prendre en charge la connectivité et les communications pour réseaux intelligents. Le Tableau A1.6 dresse la liste des Recommandations UIT-T relatives aux communications dans les réseaux intelligents.

TABLEAU A1.6

**Recommandations UIT-T relatives aux communications dans les réseaux intelligents**

<b>Recommandation/Document technique</b>	<b>Titre</b>
G.9901	Émetteurs-récepteurs de courants porteurs en ligne avec multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM) à bande étroite – Spécification de la densité spectrale de puissance
G.9902	Émetteurs-récepteurs OFDM à bande étroite utilisant les courants porteurs en ligne – G.hnem
G.9903	Émetteurs-récepteurs OFDM à bande étroite utilisant les courants porteurs en ligne – G3-PLC
G.9904	Émetteurs-récepteurs OFDM à bande étroite utilisant les courants porteurs en ligne – PRIME
G.9905	Routage selon la source basé sur des indicateurs centralisés
G.9958	Architecture générique des réseaux domestiques pour la gestion de l'énergie
G.9959	Émetteurs-récepteurs de radiocommunication numériques à bande étroite à courte portée – Spécifications des couches PHY, MAC, SAR et LLC
Document technique UIT-T	Applications des émetteurs-récepteurs UIT-T G.9960 et UIT T G.9961 pour applications de réseaux intelligents: Infrastructure de comptage évoluée, gestion de l'énergie au domicile et dans les véhicules électriques
Document technique UIT-T GSTP-HNSG	GSTP-HNSG – Document technique sur l'utilisation de la technologie G.hn pour les réseaux intelligents

On trouvera dans le tableau ci-après un récapitulatif des fonctionnalités techniques et opérationnelles des deux technologies NB-PLC décrites par l'UIT-T et au fonctionnement démontré sur le terrain.

TABLEAU A1.7

**Fonctionnalités techniques et opérationnelles des Recommandations UIT-T G.9903 et G.9904**

<b>Fonction</b>	<b>Valeur G.9903</b>	<b>Valeur G.9904</b>
Bandes de fréquences prises en charge	35-488 kHz	42-89 kHz
Débit de données de crête	42 kbit/s	128 kbit/s
Méthodes d'accès multiple	OFDM	OFDM
Correction d'erreur directe	Reed Solomon, convolutionnelle, embrouilleur, entrelaceur, code de répétition	Convolutionnelle, embrouilleur, entrelaceur
Topologie de réseau	Maillé	Arborescence
Retransmission	ARQ	ARQ
Méthodes d'accès au support	CSMA et priorité	CSMA et sans contention ou priorité



TABLEAU A1.7 (*fin*)

Fonction	Valeur G.9903	Valeur G.9904
Découverte et méthode d'association	6loWPAN et fondée sur EAP-PSK	Procédures spécifiques d'enregistrement sur le réseau
Méthodes de qualité de service	Différentiation de la qualité de service avec deux priorités	Différentiation de la qualité de service avec quatre priorités
Chiffrement	AES128 – CCM	AES128 – GCM
Authentification/protection contre les réexecutions	Mécanismes d'authentification et mécanisme anti-réexécution	Mécanismes d'authentification et mécanisme anti-réexécution
Échange de clés	Oui	Oui
Identification unique de l'équipement	Identifiant d'équipement unique à 64 bits	Identifiant d'équipement unique à 64 bits

#### A1.4 Normes 3GPP

Le 3GPP a élaboré différentes normes hertziennes pour les applications du premier kilomètre pour les systèmes de gestion des réseaux de distribution d'électricité. Dans les versions récentes des normes 3GPP, des améliorations ont été apportées pour les communications de type machine (MTC), par exemple:

Version 10:

- Introduction de la cause d'établissement de l'accès pouvant tolérer des retards et indication d'accès faiblement prioritaire pour permettre au système d'exercer un contrôle sur les dispositifs MTC ayant des exigences assouplies en termes de temps de latence. Cela peut être particulièrement utile en cas de surcharge (GSM/EDGE, UMTS, HSPA+, LTE).
- Interdiction d'accès étendue et rejet implicite pour pouvoir interdire les dispositifs pouvant tolérer des retards qui sont configurés pour un accès faiblement prioritaire (GSM/EDGE).

Version 11:

- Interdiction d'accès étendue (UMTS, HSPA+, LTE)

Version 12:

- Mode économie d'énergie pour l'équipement d'utilisateur pour assurer une longue durée de vie de la batterie, jusqu'à plusieurs années, dans le cas de dispositifs caractérisés par une transmission peu fréquente de faibles quantités de données (GSM/EDGE, UMTS, HSPA+, LTE).
- Catégorie d'équipement d'utilisateur peu complexe pour réduire le coût des dispositifs et prendre en charge une utilisation souple pour tout un éventail d'applications MTC (LTE).

Versions 13 et 14:

- Réception discontinue (DRX) étendue pour assurer une longue durée de vie de la batterie tout en maintenant l'accessibilité des terminaux mobiles sous le contrôle du réseau (GSM/EDGE, UMTS, HSPA+, LTE).
- Internet des objets GSM à couverture étendue (EC-GSM-IoT) (GSM/EDGE), améliorations de la couche physique LTE pour les communications MTC (eMTC) (LTE), Internet des objets à bande étroite (NB-IoT) pour prendre en charge des dispositifs peu complexes, affaiblissement de couplage de 164 dB, durée de vie de la batterie de 10 ans, temps de latence de 10 secondes et prise en charge d'au moins 60 000 dispositifs par kilomètre carré.

Version 15:

- améliorations eMTC et NB-IoT destinées à améliorer les capacités du système, la latence côté utilisateur, le débit de données et l'efficacité énergétique. Cette version décrit également un fonctionnement NB-IoT de type duplex par répartition dans le temps (TDD).

On trouvera dans le tableau ci-après un récapitulatif des caractéristiques techniques et opérationnelles des normes hertziennes pertinentes du 3GPP jusqu'à la version 15 incluse, y compris les améliorations indiquées ci-dessus pour les communications MTC.

TABLEAU A1.8

## Fonctionnalités techniques et opérationnelles des technologies 3GPP

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Capacité d'établir de manière fiable une liaison satisfaisante avec le dispositif	% du temps	Dépend du déploiement (type > 99%)	Dépend du déploiement (type > 99%)	Dépend du déploiement (type > 99%)	Dépend du déploiement (type > 99%)	Dépend du déploiement (type > 99%)	Dépend du déploiement (type > 99%)	Dépend du déploiement (type > 99%)
Capacité de maintenir une connexion satisfaisante	Taux d'échec pour 1 000 sessions	Dépend du déploiement (type < 1%)	Dépend du déploiement (type < 1%)	Dépend du déploiement (type < 1%)	Dépend du déploiement (type < 1%)	Dépend du déploiement (type < 1%)	Dépend du déploiement (type < 1%)	Dépend du déploiement (type < 1%)
Voix		Oui	Messagerie vocale prise en charge	Oui	Oui	Oui	Oui (éventuellement avec une couverture réduite)	Messagerie vocale prise en charge

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Données	Débit de données d'utilisateur maximal admissible par utilisateur en Gbit/s, Mbits/s ou kbit/s	GPRS: 172 kbit/s sens amont/sens aval EGPRS: 491 kbit/s sens amont/sens aval EGPRS2-A: 811 kbit/s sens aval 638 kbit/s sens amont	98 kbit/s sens amont/sens aval (compte tenu des limitations du protocole)	1,92 Mbit/s sens aval 0,96 Mbit/s sens amont (dans l'hypothèse d'une connexion de données uniquement)	294 Mbit/s sens aval 58,65 Mbit/s sens amont (dans l'hypothèse d'une réduction de 15% du débit par rapport aux débits de données de crête en liaison hertzienne)	Sens aval: entre 0,85 Mbit/s et 21,2 Gbit/s en fonction de la catégorie d'équipement d'utilisateur. Sens amont: entre 0,85 Mbit/s et 11,6 Gbit/s en fonction de la catégorie d'équipement d'utilisateur. (dans l'hypothèse d'une réduction de 15% du débit par rapport aux débits de données de crête en liaison hertzienne)	Cat. M1: DRF-FD: 800 kbit/s – 1 Mbit/s sens aval 1 Mbit/s – 2,98 Mbit/s sens amont DRF-FD: 300 kbit/s – 588 kbit/s sens aval 375 kbit/s – 1 119 kbit/s sens amont (compte tenu des limitations du protocole) Cat. M2: DRF-FD: 4 Mbit/s sens aval 7 Mbit/s sens amont DRF-FD: 1,2 Mbit/s – 2,35 Mbit/s sens aval 2,6 Mbit/s sens amont	Cat. NB1: 21,3 kbit/s sens aval 62,5 kbit/s sens amont (compte tenu des limitations du protocole) Cat NB2 avec 2 proces sus HARQ: 126,8 kbit/s sens aval 158,5 kbit/s sens amont (compte tenu des limitations du protocole)

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
							(compte tenu des limitations du protocole)	
Vidéo		Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui (éventuellement avec une couverture réduite)	Non
Zone géographique de couverture	km <sup>2</sup>	Rayon de 35 km avec une avance de synchronisation normale; rayon de 120 km avec une avance de synchronisation rallongée	Rayon de 35 km avec une avance de synchronisation normale	Rayon de 120 km pour les cellules à portée étendue	Rayon de 120 km pour les cellules à portée étendue	Rayon de 100 km	Rayon de 100 km	Rayon de 4 120 km
Bilan de liaison	dB	EGPRS (Veh A50): 146,36/133,39 dB GPRS/EGPRS/E GPRS2-A: 144 dB	164 dB (dans l'hypothèse d'une classe de puissance de station mobile de 33 dBm. Voir 3GPP TR 45.820 pour d'autres hypothèses)	Jusqu'à 147 dB	Jusqu'à 147 dB	Jusqu'à 143 dB sens aval; jusqu'à 133 dB sens amont	155,7 dB (dans l'hypothèse d'une classe de puissance d'équipement utilisateur de 20 dBm. Voir 3GPP TR 36.888 pour d'autres hypothèses)	164 dB (dans l'hypothèse d'une classe de puissance d'équipement utilisateur de 23 dBm. Voir 3GPP TR 45.820 pour d'autres hypothèses)

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Vitesse maximale de mouvement relatif	km/s	350 km/h	~100 km/h (pas de prise en charge du transfert)	350 km/h	350 km/h	350 km/h	~ 100 km/h	~ 100 km/h (pas de prise en charge du transfert)
Doppler maximum	Hz	1 000 avec égaliseur de poursuite de canaux		648	648	648	70	
Débit de données de crête dans le sens amont en liaison hertzienne	Débit de données de crête instantané en Gbit/s, Mbits/s ou kbit/s	GPRS: 172 kbit/s EGPRS: 491 kbit/s EGPRS2-A: 638 kbit/s (basé sur le nombre de bits d'information par bloc radio, voir 3GPP TS 45.003)	491 kbit/s (basé sur le nombre de bits d'information par bloc radio, voir 3GPP TS 45.003)	1,024 Mbit/s sens amont (dans l'hypothèse de connexions voix (64 kbit/s) et données (0,96 Mbit/s) simultanées)	69 Mbit/s sens amont (dans l'hypothèse de deux porteuses, MAQ64 et deux couches MIMO)	Entre 1 Mbit/s et 13,6 Gbit/s en fonction de la catégorie d'équipement d'utilisateur. (voir 3GPP TS 36.306 pour les catégories d'équipement d'utilisateur)	Cat M1: DRF-FD: 1–2,98 Mbit/s DRF-HD: 1–2,98 Mbit/s Cat. M2: DRF-FD: 6,97 Mbit/s DRF-HD: 6,97 Mbit/s (voir 3GPP TS 36.306 pour les catégories d'équipement d'utilisateur)	Cat. NB1: 250 kbit/s  Cat NB2: 258 kbit/s (voir 3GPP TS 36.306 pour les catégories d'équipement d'utilisateur)

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Débit de données de crête dans le sens aval en liaison hertzienne	Débit de données de crête instantané en Gbit/s, Mbits/s ou kbit/s	GPRS: 172 kbit/s EGPRS: 491 kbit/s EGPRS2-A: 811 kbit/s (basé sur le nombre de bits d'information par bloc radio, voir 3GPP TS 45.003)	491 kbit/s (basé sur le nombre de bits d'information par bloc radio, voir 3GPP TS 45.003)	2,048 Mbit/s sens aval (dans l'hypothèse de connexions voix (128 kbit/s) et données (1,92 Mbit/s) simultanées)	346 Mbit/s sens aval (dans l'hypothèse de 15 codes HS-PDSCH, quatre porteuses, MAQ64 et quatre couches MIMO)	Entre 1 Mbit/s et 25 Gbit/s en fonction de la catégorie d'équipement d'utilisateur (voir 3GPP TS 36.306 pour les catégories d'équipement d'utilisateur)	Cat. M1: DRF-FD: 1 Mbit/s DRF-FD: 1 Mbit/s Cat. M2: DRF-FD: 4,01 Mbit/s DRF-FD: 4,01 Mbit/s (voir 3GPP TS 36.306 pour les catégories d'équipement d'utilisateur)	Cat. NB1: Fonctionnement LTE dans la bande: 170 kbit/s Fonctionnement autonome: 226,7 kbit/s  Cat. NB2: Fonctionnement LTE dans la bande: 174,4 kbit/s Fonctionnement autonome: 258 kbit/s (voir 3GPP TS 36.306 pour les catégories d'équipement d'utilisateur)

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Débit de données utile de crête dans le sens amont	Débit de données d'utilisateur maximal admissible en Gbit/s, Mbits/s ou kbit/s	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données
Débit de données utile de crête dans le sens aval	Débit de données d'utilisateur maximal admissible en Gbit/s, Mbits/s ou kbit/s	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données	Voir la ligne Données
Normes pour les radiocommunications publiques fonctionnant dans les bandes sans obligation de licence	GHz sens aval/sens amont	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Oui (accès facilité sous licence)	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement
Normes pour les radiocommunications publiques fonctionnant dans les bandes avec obligation de licence	GHz sens aval/sens amont	Bandes multiples conformément à 3GPP 45.005	Bandes multiples conformément à 3GPP 45.005	Bandes multiples conformément à 3GPP 25.101	Bandes multiples conformément à 3GPP 25.101	Bandes multiples conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Bandes multiples conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Bandes multiples conformément à 3GPP 36.101 et 36.104



TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Normes pour les radiocommunications privées fonctionnant dans les bandes avec obligation de licence	GHz sens aval/sens amont	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Oui, y compris avec fonction «push to talk» (communication vocale instantanée) et technologie directe de dispositif à dispositif	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement	Peut être mise en œuvre mais pas spécifiée actuellement
Méthode duplex	DRT/DRF	DRF semi-duplex	DRF semi-duplex	DRF et DRT	DRF et DRT	DRF et DRT, y compris DRF duplex intégral et semi-duplex	DRF et DRT, y compris DRF duplex intégral et semi-duplex	DRF semi-duplex, DRT
Largeur de bande de la porteuse	kHz	200 kHz	200 kHz	5 MHz pour DRF	5 MHz pour DRF	1,4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz Jusqu'à 640 MHz de largeur de bande cumulée avec regroupement de porteuses	1,4 MHz, 5 MHz	180 kHz

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Espacement des canaux	kHz	200 kHz	200 kHz	5 MHz pour DRF	5 MHz pour DRF	Espacement nominal des canaux = $(BWChannel(1) + BWChannel(2))/2$ , où $BWChannel(1)$ et $BWChannel(2)$ sont les largeurs de bande de canal des deux porteuses respectives.	Espacement nominal des canaux = $(BWChannel(1) + BWChannel(2))/2$ , où $BWChannel(1)$ et $BWChannel(2)$ sont les largeurs de bande de canal	Fonctionnement LTE dans la bande: 180 kHz Fonctionnement autonome: 200 kHz
Nombre de canaux qui ne se chevauchent pas dans la bande de fonctionnement		Voir 3GPP 45.005	Voir 3GPP 45.005	Voir 3GPP 25.101	Voir 3GPP 25.101	Voir 3GPP 36.101 et 36.104		Voir 3GPP 36.101 et 36.104

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Efficacité spectrale de crête	bits/s/Hz	GPRS: 0,86 bit/s/Hz EGPRS: 2,46 bit/s/Hz EGPRS2-A: 4,05 bit/s/Hz sens aval 3,19 bit/s/Hz sens amont	2,46 bit/s/Hz	0,2048 bit/s/Hz sens amont; 0,4096 bit/s/Hz sens aval	2,2 bit/s/Hz sens amont; 5,6 bit/s/Hz sens aval	15 bit/s/Hz sens amont; 40 bit/s/Hz sens aval	Cat. M1: Fonctionnement LTE dans la bande: 1,56-2,77 bit/s/Hz sens amont 1,56 bit/s/Hz sens aval Fonctionnement autonome: 1,56-2,77 bit/s/Hz sens amont 1,56 bit/s/Hz sens aval	Cat. NB1: Fonctionnement LTE dans la bande: 1,39 bit/s/Hz sens amont 0,94 bit/s/Hz sens aval Fonctionnement autonome: 1,25 bit/s/Hz sens amont 1,13 bit/s/Hz sens aval Cat. NB2: Fonctionnement LTE dans la bande: 1,43 bit/s/Hz sens amont 0,97 bit/s/Hz sens aval Fonctionnement autonome: 1,29 bit/s/Hz sens amont 1,29 bit/s/Hz sens aval

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Efficacité spectrale moyenne des cellules	bits/s/Hz/cellule	1,1760 Mbit/s /MHz/cellule (Veh A50) (EGPRS)	Dépend du scénario de déploiement	0,67 sens aval (avec diversité); 0,47 sens amont (piéton A)	Dépend du scénario de déploiement, exemples de plage: 1,1-1,6 sens aval; 0,7-2,3 sens amont	Dépend du scénario de déploiement, exemples de plage pour la version 8: 1,8-3,2 sens aval; 0,7-1,05 sens amont	Dépend du scénario de déploiement	Dépend du scénario de déploiement
Durée de la trame	ms	120/26 ms Trame AMRT GPRS: 20 ms TTI EGPRS EGPRS2-A 10, 20 ms TTI	20-80 ms TTI	10 ms(2 ms TTI)	10 ms(2 ms TTI)	10 ms(1 ms TTI)	10 ms(1 ms TTI)	10 ms(1 ms minimum TTI)

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Taille maximale des paquets	Octets	1 560 octets à l'interface RLC	1 560 octets à l'interface RLC	Pas de taille fixe pour DRF (dépend du niveau de modulation et du nombre de codes de découpage des canaux); DRT (3,84 Mbit/s) = 12 750 octets (voir 3GPP 25.321)	42 192 bits par flux dans le sens aval; 22 996 bits dans le sens amont	8 188 octets dans le sens aval/sens amont	8 188 octets dans le sens aval/sens amont	1 600 octets dans le sens aval/sens amont
Prise en charge de la segmentation	Oui/Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Technique de diversité	Antenne, polarisation, spatiale, temporelle	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Orientation du faisceau	Oui/Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non



TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Indicateur d'intensité du signal à la réception (RSSI)		Oui; 64 niveaux entre -110 dBm + échelle et -48 dBm + échelle	EC-GSM-IoT indique le signal utile reçu en 75 niveaux entre -122 dBm et -48 dBm	Oui; 77 niveaux entre -100 dBm et -25 dBm	Oui; 77 niveaux entre -100 dBm et -25 dBm	LTE indique la puissance du signal de référence reçu (RSRP) pour les cellules LTE voisines et RSSI (77 niveaux entre -100 dBm et -25 dBm) pour les cellules HSPA et EDGE voisines. Voir 3GPP TS 36.133.	LTE indique la puissance du signal de référence reçu (RSRP) pour les cellules LTE voisines. Voir 3GPP TS 36.133.	NB-IoT mesure la puissance du signal de référence reçu (RSRP) sur la base des signaux de référence de bande étroite, du signal de synchronisation secondaire de bande étroite, ou des émissions sur le canal de radiodiffusion physique de bande étroite Voir 3GPP TS 36.214.
Paquets perdus		Dépend du point de fonctionnement mais, en général, 1% d'erreur résiduelle sur les blocs après HARQ	Dépend du point de fonctionnement mais, en général, 1% d'erreur résiduelle sur les blocs après HARQ	Taux d'erreur résiduelle sur les blocs (BLER) = 1% après HARQ	Dépend du point de fonctionnement mais, en général, 1% d'erreur résiduelle sur les blocs après HARQ	Dépend du point de fonctionnement mais, en général, 1% d'erreur résiduelle sur les blocs après HARQ	Dépend du point de fonctionnement mais, en général, 1% d'erreur résiduelle sur les blocs après HARQ	Dépend du point de fonctionnement mais, en général, 1% d'erreur résiduelle sur les blocs après HARQ

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Mécanismes de réduction de la consommation d'énergie		Oui, par exemple DTX, DRX, DRX étendue, mode économie d'énergie et commande de puissance	Oui, par exemple DRX étendue et mode économie d'énergie	Oui, par exemple DTX, DRX, DRX étendue et mode économie d'énergie	Oui, par exemple DTX, DRX, DRX étendue et mode économie d'énergie	Oui, par exemple DTX, DRX, DRX étendue et mode économie d'énergie	Oui, par exemple DRX étendue, mode économie d'énergie, signal de réveil, transmission précoce de données, signal de resynchronisation et fin précoce de transmission sur canal PUSCH	Oui, par exemple DRX étendue, mode économie d'énergie, signal de réveil et transmission précoce de données
Prise en charge des états de faible puissance		Oui, par exemple DRX étendue et mode économie d'énergie.	Oui, par exemple DRX étendue et mode économie d'énergie.	Oui	Oui, par exemple cycles DTX/DRX plus longs dans tous les états	Oui, par exemple DRX étendue et mode économie d'énergie.	Oui, par exemple DRX étendue, mode économie d'énergie et prise en charge des architectures d'équipement utilisateur avec récepteur de signal de réveil	Oui, par exemple DRX étendue, mode économie d'énergie et prise en charge des architectures d'équipement utilisateur avec récepteur de signal de réveil
Point à point		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Point à multipoint		Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui



TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Radiodiffusion		Oui	Non	Oui	Oui	Oui	ETWS, CMAS, info temporelle SIB16	Info temporelle SIB16
Transfert		Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Méthode d'accès au support		AMRT/AMRF à commutation de circuits AMRT/AMRF programmé par paquets	AMRT/AMRF programmé par paquets	AMDC à commutation de circuits	AMDC programmé par paquets	AMROF programmé par paquets	AMROF programmé par paquets	AMROF programmé par paquets
Découverte		Synchronisation et canal de diffusion	Synchronisation et canal de diffusion	Synchronisation et canal de diffusion	Synchronisation et canal de diffusion	Synchronisation et canal de diffusion	Synchronisation, canal de diffusion et signal de réveil	Synchronisation, canal de diffusion et signal de réveil
Association		Flux de blocs temporaires (TBF)	Flux de blocs temporaires (TBF)	Par différents identificateurs RNTI	Par l'identificateur HRNTI et ERNTI attribué aux équipements utilisateurs	Par l'identificateur CRNTI	Par l'identificateur CRNTI	Par l'identificateur CRNTI
Priorité du trafic	diffserv, re reserv	Priorités définies par le 3GPP	Priorités définies par le 3GPP	Priorités définies par le 3GPP	Priorités définies par le 3GPP	Priorités définies par le 3GPP	Priorités définies par le 3GPP	Priorités définies par le 3GPP
Priorité par file d'attente		Programmateur dans la station de base	Programmateur dans la station de base	Oui, au niveau du programmateur du Nœud B	Oui, au niveau du programmateur du Nœud B	Oui, au niveau du programmateur du e-Nœud B	Oui, au niveau du programmateur du e-Nœud B	Oui, au niveau du programmateur du e-Nœud B

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Détection de l'emplacement (coordonnées x, y, z)		Méthodes aGPS et UTDOA décrites par le 3GPP	Méthode par avance de synchronisation décrite par le 3GPP	Méthodes aGPS et OTDOA décrites par le 3GPP	Méthodes aGPS et OTDOA décrites par le 3GPP	Méthodes A-GNSS, OTDOA, E-CID, UTDOA décrites par le 3GPP	Méthodes A-GNSS, E-CID et OTDOA décrites par le 3GPP	Méthodes A-GNSS, E-CID et OTDOA décrites par le 3GPP
Téléométrie (indication des distances)								
Chiffrement	Algorithmes pris en charge	A5/3, A5/4, GEA3	KASUMI et SNOW 3G	KASUMI	KASUMI et SNOW 3G	SNOW 3G, AES, ZUC	SNOW 3G, AES, ZUC	SNOW 3G, AES, ZUC
Authentification		UE-NW (2G AKA) et mutuelle (3G AKA)	Mutuelle	UE-NW (2G AKA) et mutuelle (3G AKA)	UE-NW (2G AKA) et mutuelle (3G AKA)	Mutuelle	Mutuelle	Mutuelle
Protection contre les réexecutions dans le protocole d'échange de clés		Non (2G AKA) et oui (3G AKA)	Oui	Non (2G AKA) et oui (3G AKA)	Non (2G AKA) et oui (3G AKA)	Oui	Oui	Oui
Échange de clés	Protocoles et algorithmes pris en charge	Propriétaire, 2G MILENAGE (2G AKA) et propriétaire, MILENAGE, TUAK (3G AKA)	Propriétaire, MILENAGE, TUAK	Propriétaire, 2G MILENAGE (2G AKA) et Propriétaire, MILENAGE, TUAK (3G AKA)	Propriétaire, 2G MILENAGE (2G AKA) et Propriétaire, MILENAGE, TUAK (3G AKA)	Propriétaire, MILENAGE, TUAK	Propriétaire, MILENAGE, TUAK	Propriétaire, MILENAGE, TUAK



TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Niveau des brouillages causés aux autres technologies de radiocommunication</li> <li>– Sensibilité aux émissions radioélectriques des lignes électriques</li> </ul>								
Adresse MAC				Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Carte SIM		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Autre identité		IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI
Détection des activités malveillantes		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Norme de base, organisation de normalisation	Nom de l'organisation de normalisation	ATIS (organisation partenaire du 3GPP)	ATIS (organisation partenaire du 3GPP)	ATIS (organisation partenaire du 3GPP)	ATIS (organisation partenaire du 3GPP)	ATIS (organisation partenaire du 3GPP)	ATIS (organisation partenaire du 3GPP)	ATIS (organisation partenaire du 3GPP)
Organisations d'établissement des profils et d'applications	Nom de l'association/du forum							

TABLEAU A1.8 (suite)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Plage de température		Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104
Sources de bruits radioélectriques – autres équipements de radiocommunication		Conformément à 3GPP 45.005 et 45.050	Conformément à 3GPP 45.005 et 45.050	Conformément à 3GPP 25.942	Conformément à 3GPP 25.942	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104
Sources de bruits radioélectriques – autres équipements électriques		Conformément à 3GPP 45.005 et 45.050	Conformément à 3GPP 45.005 et 45.050	Conformément à 3GPP 25.943	Conformément à 3GPP 25.943	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104
Sensibilité du récepteur	dBm	Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104
Puissance de crête de l'émetteur	dBm	Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Classe de puissance la plus basse de l'équipement utilisateur de 14 dBm Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Classe de puissance la plus basse de l'équipement utilisateur de 14 dBm Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104
Paliers de puissance de l'émetteur	dB	Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104

TABLEAU A1.8 (fin)

Caractéristique de la fonctionnalité	Unité de mesure	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Gain de l'antenne	dBi	Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 45.005	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104
Bruit de fond	dBm	Conformément à 3GPP 45.050	Conformément à 3GPP 45.050	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 25.101 et 25.102	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104	Conformément à 3GPP 36.101 et 36.104
Modulation	MDFG, MROF, MDP-2, MDMG	MDMG, MDP-8 MAQ16/MAQ32 ajouté dans EGPRS2-A	MDMG, MDP-8	MDP-2/MDP-4	MDP-4, MAQ16/MAQ64	MDP-4, MAQ16/MAQ64/MAQ256	MDP-2-pi/2, MDP-4, MAQ16, MAQ64	MDP-2-pi/2, MDP-4-pi/4, MDP-4
Correction d'erreur directe		Code convolutionnel poinçonné	Code convolutionnel poinçonné	Convolutionnel et Turbo	Convolutionnel et Turbo	Turbo; convolutionnel avec bit d'extrémité sur BCH	Turbo; convolutionnel avec bit d'extrémité sur BCH	Turbo dans sens amont; convolutionnel avec bit d'extrémité dans sens aval

### A1.5 Normes 3GPP2

Le 3GPP2 a élaboré diverses normes hertziennes applicables aux systèmes de gestion des réseaux de distribution d'électricité

La famille de technologies multiporteuses cdma2000 du 3GPP2 peut également être utilisée pour des applications de gestion de ces réseaux de distribution. Les bandes applicables sont définies dans le document C.S0057-E v1.0 «Band Class Specification for cdma2000 Spread Spectrum Systems» du 3GPP2.

On trouvera dans le Tableau A1.9 ci-après un récapitulatif des caractéristiques techniques des normes hertziennes pertinentes du 3GPP2.

TABLEAU A1.9

#### Caractéristiques techniques et opérationnelles prévues dans les normes de la famille cdma2000 multiporteuses 3GPP2

Fonction	Valeur		
	cdma2000 1x	Communications de données par paquets à haut débit cdma2000 (HRPD/EV-DO)	Communications de données par paquets à haut débit étendues (xHRPD)
Bandes de fréquences prises en charges (avec ou sans licence)	Avec licence, multiples bandes possibles (voir 3GPP2 C.S0057-E)	Avec licence, multiples bandes possibles (voir 3GPP2 C.S0057-E)	Avec licence, multiples bandes possibles (voir 3GPP2 C.S0057-E)
Portée opérationnelle nominale	Affaiblissement sur le trajet de 160 dB (Dans le cas des déploiements en zones urbaines, la portée maximale type est de 5,7 km à 2 GHz selon la méthode d'évaluation 3GPP2 C.R.1002-B. Pour les déploiements particuliers, on peut atteindre une portée maximale de 144 km en optimisant la configuration des paramètres.)	Affaiblissement sur le trajet de 160 dB (Dans le cas des déploiements en zones urbaines, la portée maximale type est de 5,7 km à 2 GHz selon la méthode d'évaluation 3GPP2 C.R.1002-B. Pour les déploiements particuliers, on peut atteindre une portée maximale de 144 km en optimisant la configuration des paramètres.)	Amérique du Nord couverte dans le cas d'un déploiement à satellite géostationnaire; 11,4km en cas de déploiements de Terre; 2 GHz

TABLEAU A1.9 (suite)

Fonction	Valeur		
	cdma2000 1x	Communications de données par paquets à haut débit cdma2000 (HRPD/EV-DO)	Communications de données par paquets à haut débit étendues (xHRPD)
Fonctionnalités de mobilité (nomade/mobile)	Nomade et mobile	Nomade et mobile	Nomade et mobile
Débit de données de crête (sens amont/sens aval si différent)	3,1 Mbit/s (porteuse de 1,23 MHz) dans le sens aval 1,8 Mbit/s (porteuse de 1,23 MHz carrier) dans le sens amont	4,9 Mbit/s par porteuse de 1,23 MHz, avec jusqu'à 16 porteuses possibles dans le sens aval; 1,84 Mbit/s par porteuse de 1,23 MHz, avec jusqu'à 16 porteuses possibles dans le sens amont	3,072 Mbit/s par porteuse de 1,23 MHz dans le sens aval; 0,0384 Mbit/s par canal de 12,8 kHz, jusqu'à 96 canaux de 12,8 kHz pris en charge dans 1,23 MHz dans le sens aval
Méthode duplex (DRF, DRT, etc.)	DRF	DRF	DRF
Largeur de bande RF nominale	1,25 MHz	1,25 à 20 MHz (de 1 à 16 porteuses)	1,25 MHz
Techniques de diversité	Antenne, polarisation, spatiale, temporelle	Antenne, polarisation, spatiale, temporelle	Antenne, polarisation, spatiale, temporelle
Prise en charge de la technique MIMO (oui/non)	Non	Oui	Non
Orientation/conformation du faisceau	Oui	Non	Non
Retransmission	HARQ	HARQ	HARQ
Correction d'erreur directe	Convolutionnel et Turbo	Convolutionnel et Turbo	Convolutionnel et Turbo
Gestion des brouillages	Oui, plusieurs techniques, comme suppression des brouillages au niveau du récepteur, commande de puissance, etc.	Oui, plusieurs techniques, comme suppression des brouillages au niveau du récepteur, commande de puissance, etc.	Oui, plusieurs techniques, comme suppression des brouillages au niveau du récepteur, commande de puissance, etc.
Gestion de la puissance	Oui, différents états de faible puissance	Oui, différents états de faible puissance	Oui, différents états de faible puissance
Topologie de connexion	Point à multipoint	Point à multipoint	Point à multipoint
Méthodes d'accès au support	AMRC	AMRC (RL)/AMRT (FL)	AMRF (RL)/AMRT (FL)



TABLEAU A1.9 (suite)

Fonction	Valeur		
	cdma2000 1x	Communications de données par paquets à haut débit cdma2000 (HRPD/EV-DO)	Communications de données par paquets à haut débit étendues (xHRPD)
Découverte et méthode d'association	Oui, le dispositif mobile recherche en permanence la station de base qui émet le plus fort. Il s'enregistre auprès d'un groupe de stations de base et s'associe à celle qui émet le plus fort lorsqu'il transmet/reçoit des données. Il s'enregistre et éventuellement reçoit un identifiant MAC.	Oui, le dispositif mobile recherche en permanence la station de base qui émet le plus fort. Il s'enregistre auprès d'un groupe de stations de base et s'associe à celle qui émet le plus fort lorsqu'il transmet/reçoit des données. Il s'enregistre et reçoit un identifiant MAC.	Oui, le dispositif mobile recherche en permanence la station de base qui émet le plus fort. Il s'enregistre auprès d'un groupe de stations de base et s'associe à celle qui émet le plus fort lorsqu'il transmet/reçoit des données
Méthodes de qualité de service	Oui, priorités définies selon 3GPP2	Oui, priorités définies selon 3GPP2	Oui, priorités définies selon 3GPP2
Détection de l'emplacement	Oui, GNSS et AFLT	Oui, GNSS et AFLT	Non
Téléométrie	Oui, fondée sur le temps de propagation aller-retour	Oui, fondée sur le temps de propagation aller-retour	Non précisée
Chiffrement	Algorithme de chiffrement de message cellulaire (CMEA); AES	AES	AES
Authentification/protection contre les réexecutions	Oui; CAVE et AKA	Oui; CHAP et AKA	Oui; CHAP et AKA
Échange de clés	CAVE, SHA-1 & SHA-2 pour AKA	SHA-1, SHA-2 et MILENAGE	SHA-1, SHA-2 et MILENAGE

TABLEAU A1.9 (*fin*)

Fonction	Valeur		
	cdma2000 1x	Communications de données par paquets à haut débit cdma2000 (HRPD/EV-DO)	Communications de données par paquets à haut débit étendues (xHRPD)
Détection des nœuds malveillants	Oui, la station de base peut être authentifiée.	Oui, la station de base peut être authentifiée.	Oui, la station de base peut être authentifiée.
Identification unique de l'équipement	Utilisation d'identifiants MEID de 60 bits et carte SIM (facultatif)	Utilisation d'identifiants MEID de 60 bits et carte SIM (facultatif)	Utilisation d'identifiants MEID de 60 bits et carte SIM (facultatif)

## Annexe 2

### Réseaux intelligents en Amérique du Nord

#### A2.1 Introduction

Aux États-Unis et au Canada, les organismes publics ont reconnu que les fonctionnalités haute capacité en temps réel d'un réseau intelligent permettront aux entreprises de services collectifs et aux utilisateurs finals de bénéficier de tous les avantages économiques et environnementaux qu'offrent les ressources renouvelables, en particulier les ressources renouvelables décentralisées<sup>9</sup>. De même, ces fonctionnalités devraient permettre de profiter pleinement des avantages que peuvent offrir des grilles tarifaires dynamiques et des applications permettant d'ajuster l'offre en fonction de la demande, qui ont besoin de pouvoir interagir avec plusieurs milliers de dispositifs en temps réel<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Fin 2008, le Conseil des ressources éoliennes de Californie (CARB) a déclaré qu'«un réseau de distribution et une infrastructure de communication intelligents et interactifs permettraient la circulation bidirectionnelle de l'énergie et des données, qui est nécessaire pour déployer à grande échelle des ressources renouvelables décentralisées de production d'énergie, des véhicules hybrides ou électriques et des dispositifs d'utilisateur final efficaces. Les réseaux intelligents peuvent prendre en charge un volume croissant de ressources de production décentralisées, situées à proximité des lieux de consommation, d'où une diminution des pertes dans l'ensemble du système électrique et une réduction des émissions de gaz à effet de serre correspondantes. Grâce à un tel système, la production décentralisée deviendrait courante, ... les véhicules électriques pourraient servir de dispositifs de stockage de l'énergie ... [et] les opérateurs des réseaux de distribution auraient à leur tour une plus grande marge de manœuvre pour faire face aux variations de la production, ce qui peut contribuer à résoudre les problèmes que pose actuellement l'intégration des ressources intermittentes comme l'éolien.» Plan-cadre du Conseil des ressources éoliennes de Californie, Appendice, Vol. I à C-96, 97, CARB (déc. 2008).

<sup>10</sup> Voir par exemple *Enabling Tomorrow's Electricity System – Rapport de l'Ontario Smart Grid Forum* à 34, Ontario Smart Grid Forum (février, 2009), selon lequel «les initiatives en matière de conservation, de production d'énergie renouvelable et de comptage intelligent marquent le début du passage à un nouveau système de fourniture de l'électricité, mais elles ne pourront produire tous leurs effets sans les technologies évoluées grâce auxquelles il est possible de mettre en place le réseau intelligent.»

## A2.2 Objet du déploiement des réseaux intelligents

Aux États-Unis et au Canada, les autorités reconnaissent déjà qu'un réseau de communication pleinement intégré fait partie intégrante d'un réseau intelligent. Par exemple, il a été établi dans le cadre de l'initiative Modern Grid soutenue par le Département de l'énergie américain que «*la mise en œuvre de communications intégrées est un besoin incontournable [pour un réseau de distribution intelligent], motivé par les autres technologies clés qui en ont besoin et essentiel pour le réseau de distribution d'énergie moderne...*».<sup>11</sup>

Il est en outre précisé que «*des technologies de communications bidirectionnelles haut débit et parfaitement intégrées permettront les indispensables échanges d'informations et d'énergie en temps réel*»<sup>12</sup>.

Les autorités de plusieurs États<sup>13</sup>, ainsi que d'autres parties prenantes du secteur, mettent eux aussi en avant des fonctionnalités de communication avancées. Par exemple, en Ontario, le Smart Grid Forum a récemment déclaré que «les technologies de communication sont au cœur du réseau intelligent. [Ces technologies] font parvenir les données fournies par les compteurs, les capteurs, les régulateurs de tension, les unités mobiles et tout un éventail d'autres dispositifs sur le réseau de distribution, vers les systèmes informatiques et les autres équipements nécessaires pour transformer ces données en renseignements décisionnels»<sup>14</sup>.

---

<sup>11</sup> Voir «A System view of the Modern Grid», B1.2 et B1.11, Integrated Communications, élaboré par le National Energy Technology Laboratory pour le Bureau de la fourniture d'électricité et de la fiabilité énergétique du Département de l'énergie américain (février 2007). Ces communications intégrées «[raccorderont] les composants à une architecture ouverte d'information et de commande en temps réel, ce qui permettra à chaque élément du réseau à la fois de «parler» et «d'écouter». The Smart Grid: The smart grid: An Introduction, page 29, Département de l'énergie des États-Unis (2008).

<sup>12</sup> *Id.*

<sup>13</sup> «Modernizing the electric grid with additional two-way communications, sensors and control technologies, key components of a smart grid, can lead to substantial benefits for consumers». Décision de la PUC de Californie établissant les procédures appliquées par la Commission pour l'examen de projets et des investissements des entreprises de services collectifs à capitaux privés recherchant un financement au titre de la Loi sur la reprise à 3 (10 sept. 2009), disponible à l'adresse: [http://docs.cpuc.ca.gov/word\\_pdf/FINAL\\_DECISION/106992.pdf](http://docs.cpuc.ca.gov/word_pdf/FINAL_DECISION/106992.pdf). Voir également *California Energy Commission on the Value of Distribution Automation*, California Energy Commission Public Interest Energy Research Final Project Report à 51 (avril 2007), disponible à l'adresse: <http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-100-2007-008/CEC-100-2007-008-CTF.PDF>. «[Les] communications constituent la base de presque toutes les applications et comprennent les communications bidirectionnelles haut débit dans l'ensemble du système de distribution et à l'intention des différents clients.»)

<sup>14</sup> Voir *Enabling Tomorrow's Electricity System – Rapport de l'Ontario Smart Grid Forum* à 34, Ontario Smart Grid Forum (février 2009). Ce rapport indique en outre que «les systèmes de communication que les entreprises de services collectifs mettent actuellement au point pour les compteurs intelligents ne permettront pas de prendre en charge le développement plein et entier des réseaux intelligents. Les besoins de communication associés à la collecte des données de comptage sont différents de ceux associés au fonctionnement des réseaux. Le fonctionnement des réseaux nécessitera une largeur de bande supplémentaire et un service redondant vu la quantité de données opérationnelles, le débit requis pour les utiliser et leur sensibilité. *Id.* page 35.

## Annexe 3

### Réseaux intelligents en Europe

#### A3.1 Introduction

L'Union européenne a achevé en 2019 une refonte complète de son cadre réglementaire en matière de politique énergétique<sup>15</sup>. Le train de mesures «Une énergie propre pour tous les Européens» comporte les huit actes législatifs ci-après:

- Directive (UE) 2018/844 sur la performance énergétique des bâtiments;
- Directive (UE) 2018/2001 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables;
- Directive (UE) 2018/2002 relative à l'efficacité énergétique;
- Règlement (UE) 2018/1999 sur la gouvernance de l'union de l'énergie et de l'action pour le climat;
- Directive (UE) 2019/944 concernant des règles communes pour le marché intérieur de l'électricité;
- Règlement (UE) 2019/943 sur le marché intérieur de l'électricité;
- Règlement (UE) 2019/941 sur la préparation aux risques dans le secteur de l'électricité;
- Règlement (UE) 2019/942 instituant l'agence de coopération des régulateurs de l'énergie (ACER).

L'Europe a beaucoup investi en termes de compétences techniques et de ressources pour comprendre et promouvoir les réseaux intelligents en tant que solution pour surmonter les difficultés qu'elle rencontre en matière de changements climatiques et d'efficacité énergétique, notamment grâce aux initiatives suivantes:

- Plate-forme européenne d'innovation technologique Réseaux intelligents pour la transition énergétique (ETIP SNET)<sup>16</sup>, chargée d'orienter la recherche, le développement et l'innovation en vue d'accompagner la transition énergétique en Europe. Le document Vision 2050 de l'ETIP SNET présente les points de vue qualitatifs consolidés des parties prenantes de la plateforme en ce qui concerne le système énergétique de 2050, et il dresse l'inventaire des défis de haut niveau que devra relever le secteur de la recherche, du développement et de l'innovation (RD&I) pour y parvenir. Ce document décrit également le cadre dans lequel les travaux de RD&I devraient être menés ces prochaines décennies.<sup>17</sup>
- BRIDGE<sup>18</sup>: cette initiative de la Commission européenne unifie les projets Horizon 2020 et Horizon Europe en matière de réseaux intelligents et de stockage de l'énergie pour faire émerger une vue structurée qui met en relief les problématiques transversales rencontrées dans les projets pilotes, et qui pourraient faire obstacle à l'innovation dans ces domaines.

---

<sup>15</sup> <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>.

<sup>16</sup> <https://www.etip-snet.eu/>.

<sup>17</sup> «ETIP SNET VISION 2050 – Integrating Smart Networks for the Energy Transition: Serving Society and Protecting the Environment», disponible à l'adresse:  
<https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2018/05/VISION2050-v10PTL.pdf>.

<sup>18</sup> <https://www.h2020-bridge.eu/>.

### A3.2 Activités européennes menées dans certains États Membres<sup>19</sup>

Le Centre commun de recherche (JRC), qui est le service de la Commission européenne chargé des connaissances scientifiques, indique en conclusion de son rapport intitulé «Smart grid projects outlook 2017 »<sup>20</sup> qu'il existe des différences importantes entre les États membres de l'UE en termes de quantité de projets, de sommes investies et de rythme des investissements. Cette étude s'accompagne d'outils interactifs qui permettent de visualiser, au moyen de cartes, de courbe et de graphiques, les avancées des projets de réseau intelligent dans les États membres de l'UE ainsi qu'au Royaume-Uni, en Suisse et en Norvège.<sup>21</sup>

Le JRC a également publié l'inventaire 2018 des laboratoires de réseaux intelligents<sup>22</sup>, qui recense des informations relatives à 89 laboratoires dans le monde. Ce document présente, sous une forme agrégée, les sujets de recherche dans le domaine des réseaux intelligents ainsi que les technologies, les normes et les infrastructures utilisées par les principaux acteurs qui mènent des activités expérimentales sur les réseaux intelligents.

Le programme Smart Grids Plus<sup>23</sup> de l'ERA-Net SES soutient le partage de connaissances entre les initiatives régionales et européennes de réseaux intelligents, en encourageant et en finançant des projets communs et des activités annexes conjointes, en développant une base de connaissances et en soutenant les activités de R&D et les sites de recherche et de démonstration qui existent déjà aux niveaux régional, national et européen.

#### A3.2.1 Initiative industrielle européenne pour les réseaux électriques

L'initiative industrielle européenne pour les réseaux électriques<sup>24</sup> a été lancée par la Commission européenne dans le cadre du plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (SET)<sup>25</sup>.

---

<sup>19</sup> Source pour l'ensemble de cette section: European Regulators' Group for Electricity and Gas Position Paper on Smart Grids – Réf: E09-EQS-30-04, Annexe III [https://www.ceer.eu/documents/104400/3751729/E09-EQS-30-04\\_SmartGrids\\_10+Dec+2009\\_0.pdf/c481db2a-3cfb-6d6f-4b58-da3dee68de4a?version=1.0&previewFileIndex=](https://www.ceer.eu/documents/104400/3751729/E09-EQS-30-04_SmartGrids_10+Dec+2009_0.pdf/c481db2a-3cfb-6d6f-4b58-da3dee68de4a?version=1.0&previewFileIndex=)

<sup>20</sup> Disponible à l'adresse:  
[https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2017/sgp\\_outlook\\_2017-online.pdf](https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2017/sgp_outlook_2017-online.pdf).

<sup>21</sup> <https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2017/org.html>.

<sup>22</sup> [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC114966/jrc114966\\_kjna29649enn\\_track\\_changes\\_v12.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC114966/jrc114966_kjna29649enn_track_changes_v12.pdf).

<sup>23</sup> [https://www.eranet-smartenergysystems.eu/Calls/SG\\_Plus\\_Calls/Focus\\_Initiative\\_Smart\\_Grids\\_Plus](https://www.eranet-smartenergysystems.eu/Calls/SG_Plus_Calls/Focus_Initiative_Smart_Grids_Plus).

<sup>24</sup> Références: Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions du 22 novembre 2007 intitulée: «Un plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (Plan SET) – Pour un avenir moins pollué par le carbone», COM(2007) 723 final, 22 novembre 2007 Commission européenne, «Energy for the Future of Europe: The Strategic Energy Technology (SET) Plan», MEMO/08/657, 28 octobre 2008.

<sup>25</sup> Références: Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions du 22 novembre 2007 intitulée: «Un plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (Plan SET) – Pour un avenir moins pollué par le carbone», COM(2007) 723 final, 22 novembre 2007 Commission européenne, «Energy for the Future of Europe: The Strategic Energy Technology (SET) Plan», MEMO/08/657, 28 octobre 2008.

Le plan SET a été déployé en 2007 pour améliorer la coordination des actions engagées en matière recherche et d'innovation aux niveaux national et européen, en encourageant la coopération entre les pays de l'UE, les entreprises et les instituts de recherche d'une part, et entre organes de l'UE d'autre part. Le plan soutient les technologies à fort impact qui contribueront à transformer le système énergétique européen; il stimule également les activités conjointes, en particulier celles qui impliquent les pays inscrits au plan SET.

En septembre 2015, la Commission européenne a publié une nouvelle stratégie pour le plan SET<sup>26</sup>, comportant 10 actions structurées cohérentes avec les priorités de l'Union de l'énergie en matière de recherche et d'innovation. La nouvelle stratégie repose sur deux éléments principaux: une approche plus intégrée qui dépasse le concept de «silos technologiques» et un partenariat renforcé au sein de la communauté du plan SET, composée de la Commission européenne, des pays du plan SET et des parties prenantes de l'industrie et de la recherche.

En 2016, la communauté du plan SET Plan s'est accordée sur des objectifs ambitieux dans le cadre des 10 actions R&I. Les principaux progrès enregistrés à ce jour sont détaillés dans l'édition 2016 du rapport sur le plan SET intégré, intitulé «Transforming the European Energy System through INNOVATION»<sup>27</sup>. Toujours en 2016, une impulsion supplémentaire a été donnée aux activités menées dans le cadre du plan SET par la communication «Accélérer l'innovation dans le domaine des énergies propres»<sup>28</sup>, qui établit un cadre favorable à une adoption plus rapide des résultats R&I par les marchés. Les résultats des plans de mise en œuvre du programme SET en 2018 ont été publiés.<sup>29</sup>

Le plan SET porte sur les initiatives industrielles européennes suivantes:

- énergie éolienne (initiative européenne pour l'énergie éolienne);
- énergie solaire (initiative européenne pour l'énergie solaire – électricité photovoltaïque et énergie solaire concentrée);
- réseaux électriques (initiative européenne pour les réseaux électriques);
- piégeage et stockage du carbone (initiative européenne pour la capture, le transport et le stockage du CO<sub>2</sub>);
- fission nucléaire (initiative pour la fission nucléaire durable);
- bioénergie (initiative européenne pour la bioénergie industrielle);
- villes intelligentes (efficacité énergétique – initiative «villes intelligentes»);

ainsi que sur les thèmes suivants:

- piles à combustible et hydrogène (initiative technologique conjointe);
- fusion nucléaire (programme international et communautaire – ITER).

Les initiatives industrielles européennes sont des projets conjoints de développement technologique à grande échelle entre le monde universitaire, le secteur de la recherche et l'industrie. Leur objectif est de concentrer et d'harmoniser les efforts menés par la Communauté, par les États membres et par l'industrie en vue d'atteindre des objectifs communs et de créer une masse critique d'activités et d'acteurs, ce qui aura pour effet de renforcer la recherche et l'innovation dans le domaine de l'énergie industrielle sur les technologies susceptibles de bénéficier de la plus grande valeur ajoutée de travaux menés au niveau communautaire.

---

<sup>26</sup> [https://setis.ec.europa.eu/system/files/Communication\\_SET-Plan\\_15\\_Sept\\_2015.pdf](https://setis.ec.europa.eu/system/files/Communication_SET-Plan_15_Sept_2015.pdf).

<sup>27</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan\\_progress\\_2016.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan_progress_2016.pdf).

<sup>28</sup> COM/2016/0763 final: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52016DC0763>.

<sup>29</sup> [https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/setis%20reports/setplan\\_delivering\\_results\\_2018.pdf](https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/setis%20reports/setplan_delivering_results_2018.pdf).

### A3.2.2 Plate-forme technologique nationale – réseaux intelligents en Allemagne

L'Allemagne encourage actuellement divers projets et activités visant à soutenir la transformation du réseau de distribution en un réseau intelligent. En 2016, le déploiement des compteurs intelligents, une importante source de données dans le domaine de la basse tension, a été inscrit dans la loi sur le passage au numérique dans la transition énergétique («*Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende*»). Le module de communication de ces appareils, appelé «passerelle de compteur intelligent», doit respecter des critères élevés en termes de protection et de sécurité des données et prouver également son aptitude à l'interopérabilité. Ainsi, les fabricants ont dû soumettre ces appareils à un processus de certification poussé. Si la première passerelle de compteur intelligent a été certifiée en 2018, la campagne de déploiement obligatoire n'a commencé qu'en février 2020, le gouvernement ayant imposé de pouvoir bénéficier de passerelles certifiées provenant de trois fabricants indépendants. La première phase du déploiement des compteurs intelligents a concerné tous les consommateurs dans la tranche des 6 000 kWh à 100 000 kWh de consommation électrique annuelle, ce qui représentait environ 3,7 millions d'installations. Les consommateurs de la tranche de consommation supérieure à 100 000 kWh/a, les consommateurs équipés de dispositifs de consommation flexibles et les systèmes de production feront l'objet d'une campagne ultérieure, car ces catégories nécessitent le développement d'autres passerelles de compteurs intelligents ou l'adaptation du cadre juridique.

La connexion des compteurs intelligents en vue de la transmission d'information impose en premier lieu la création des ressources de télécommunication adéquates. Jusqu'à présent, les opérateurs d'infrastructures critiques ne disposaient pas de fréquences à large bande ou de gammes de fréquences exclusives. Il a donc été décidé de réserver la bande de fréquences des 450 MHz aux infrastructures critiques, l'attribution effective de la fréquence étant subordonnée à la mise en place d'un réseau de communication pour les infrastructures d'importance critique et les compteurs intelligents. L'allocation de la bande de 450 MHz aux infrastructures d'importance critique permet d'engager la transition énergétique sur la voie e la transformation numérique. Ces fréquences sont particulièrement adaptées à la mise en place d'une infrastructure complète de réseau de radiocommunication assurant une disponibilité élevée tout en étant résistant aux coupures de courant, dans les domaines de la distribution d'électricité, de gaz et d'eau, de la gestion des eaux usées et du chauffage urbain. Plusieurs projets pilotes ont déjà été menés à bien.

En parallèle, le Ministère fédéral des Affaires économiques et de l'Énergie a mis en œuvre le programme de financement sous l'appellation «Smart Energy Showcases – Digital Agenda for the Energy Transition (SINTEG)» qui se poursuivra jusqu'en 2021. Ce programme fournit le cadre nécessaire à la mise en place de régions vitrines à grande échelle pour le développement et la démonstration de modèles aptes à assurer un approvisionnement en énergie sûr, efficace et respectueux de l'environnement, l'électricité étant produite dans une large mesure à partir de sources volatiles telles que l'énergie éolienne ou l'énergie solaire. Les solutions développées pourraient ensuite être déployées à plus grande échelle.

Le programme met clairement l'accent sur la construction de réseaux intelligents reliant l'offre et la demande d'énergie, et sur l'utilisation de technologies de réseau et de stratégies d'exploitation innovantes. Il répond ainsi aux principaux défis posés par la transition énergétique, notamment l'intégration des énergies renouvelables dans le système, la flexibilité, le passage au numérique, la sécurité des systèmes, l'efficacité énergétique, la mise en place de systèmes énergétiques intelligents et la structuration du marché. Le projet contribue de manière importante à faire avancer la transformation numérique et la transition énergétique.

### A3.2.3 Pilotage des réseaux de distribution, réseaux intelligents et comptage intelligent au Royaume-Uni

Le Royaume-Uni emploie des systèmes de télémétrie par balayage (ST) à bandes étroites de 12,5 kHz pour surveiller et commander les systèmes collectifs de distribution d'électricité. Ces systèmes à bande étroites fonctionnent généralement de manière très efficace: les canaux disponibles occupent uniquement les fréquences minimum nécessaires, le contrôle et la surveillance étant généralement assurés 24h/24. Par exemple, un tel système peut n'utiliser qu'un seul canal de 12,5 kHz et couvrir une zone de 35 km de rayon.

Les réseaux centraux britanniques qui commandent les systèmes de pilotage intelligents existants des réseaux d'électricité, de gaz et d'eau se partagent deux bandes de 1 MHz dans la gamme de fréquences allant de 450 à 470 MHz. L'Ofcom a récemment annoncé le gel des attributions sur cette gamme de fréquences pour une période de dix ans, de façon à permettre aux utilisateurs des réseaux d'électricité, de gaz et d'eau d'accéder sans interruption aux applications de contrôle et de commande des réseaux intelligents sur la bande des 400 MHz (de 406,2 à 470 MHz).

Dans chaque cas, les systèmes de commande centraux des réseaux de distribution existants au Royaume-Uni fonctionnent sur des canaux à bande étroite de 12,5 kHz. On se référera au document OfW49 publié par l'autorité britannique de régulation des télécommunications (Ofcom), qui a récemment été mis à jour pour permettre l'utilisation de systèmes à bande étroite de 25 kHz. Ce changement permettra entre autres d'augmenter les débits de données de 9,6 kbit/s à 64 kbit/s. Il ne sera donc plus nécessaire d'abandonner la bande des 400 MHz.

Les systèmes de télémétrie par balayage à bande étroite de 12,5 kHz sont des systèmes point à multipoint et peuvent constituer le cœur d'un système SCADA. À titre d'exemple de critère type appliqué au Royaume-Uni, les services collectifs de distribution d'énergie (gaz et électricité) et d'eau bénéficient d'un accès principal à 80 canaux de 12,5 kHz pour les systèmes de télémétrie par balayage.

Les paramètres de base pour ces systèmes sont les suivants:

- disponibilité du système de l'ordre de 99,9%;
- rayon de 25 km pour chaque cellule;
- six canaux par cellule, soit deux canaux pour un service collectif de distribution;
- 12 cellules par grappe, ce qui se traduit par une distance de réutilisation de 150 km sur le même canal.

Un canal peut être réutilisé 23 fois sur le territoire britannique. L'expansion du réseau intelligent à environ 250 000 sites, contre environ 10 000 sites actuellement, portera à plus d'un million d'équipements les besoins du système de contrôle du réseau électrique intelligent existant. Il est prévu d'y inclure les sous-stations basse tension (11 kV, 240 V) qui alimentent l'utilisateur final. Cette expansion nécessitera une transition vers une solution de réseau à plus grande largeur de bande qui augmentera le nombre de liaisons à bande étroite, mais permettra de surveiller et de contrôler la consommation d'électricité de bout en bout du réseau. Il sera ainsi possible de mesurer avec précision les besoins en énergie, presque en temps réel, et d'établir des cycles de demande d'énergie très localisés sur l'ensemble du réseau. (Les compteurs intelligents à bande étroite et les compteurs intelligents fonctionnant sur les réseaux mobiles publics déjà installés au Royaume-Uni peuvent également être mis à contribution pour aider à identifier ces besoins énergétiques localisés ou les confirmer. On notera toutefois que les retours d'information fournis par ces compteurs ne le seront pas en temps réel.) À cette fin, diverses technologies à large bande sont également testées dans la bande des 400 MHz réservée aux systèmes de réseaux intelligents au Royaume-Uni. La largeur de bande de ces technologies à large bande varie de  $2 \times 3$  MHz à  $2 \times 5$  MHz.



Il est à noter que le Royaume-Uni a une responsabilité qui lui est propre, dans la mesure où il doit protéger le fonctionnement d'un système radar opérant dans la bande des 400 MHz. Les systèmes de réseau intelligent à large bande situés à proximité géographique de ce radar pourraient ne pas être utilisables dans la bande des 400 MHz. L'extension prévue du système à bande étroite existant est peut-être la seule solution dans cette bande.

De plus amples informations concernant les systèmes de réseau intelligent figurent dans le document ETSI TR 103 401 V1.1.1.

On trouvera à l'Annexe 8 des informations relatives aux systèmes de communication par radio mobile privée (PMR) destinés aux communications techniques.

### A3.3 Arrangements de fréquences pour les réseaux intelligents sur le territoire européen

De nombreux pays européens disposent déjà d'un accès à  $2 \times 3$  MHz sur la bande des 400 MHz pour les réseaux intelligents, ce qui permet généralement à deux canaux ARMC adjacents de fonctionner.

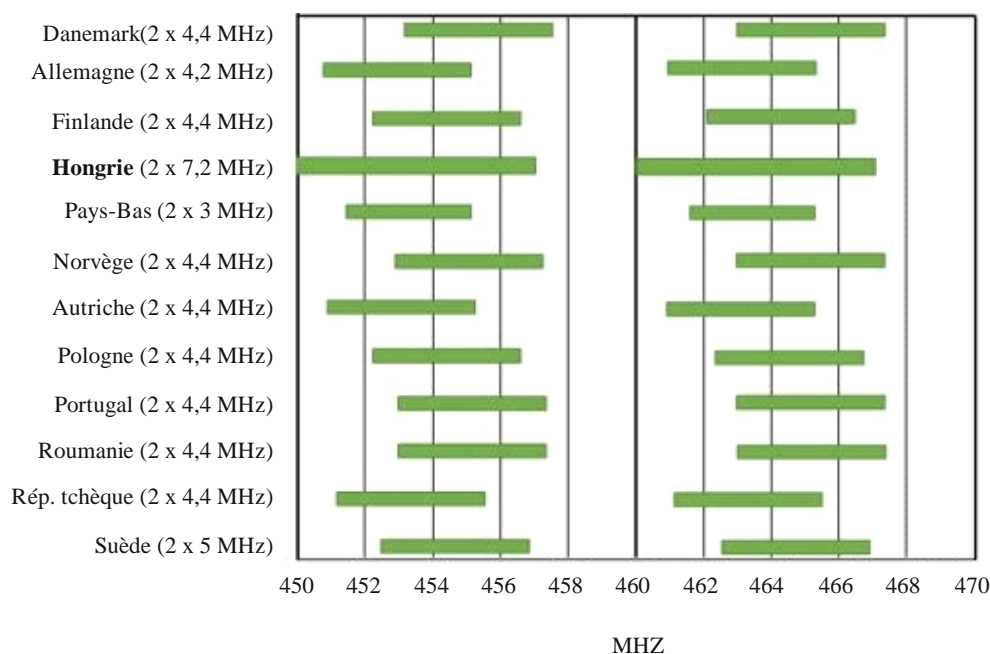
La Figure A3-1 présente l'attribution des fréquences dans la bande de 450-470 MHz aux services à large bande dans plusieurs pays européens.

La Figure A3-2 indique les bandes 3GPP correspondantes harmonisées pour la bande de 450-470 MHz.

FIGURE A3-1

#### Exemple d'arrangements de fréquences sur la bande des 400 MHz en Europe

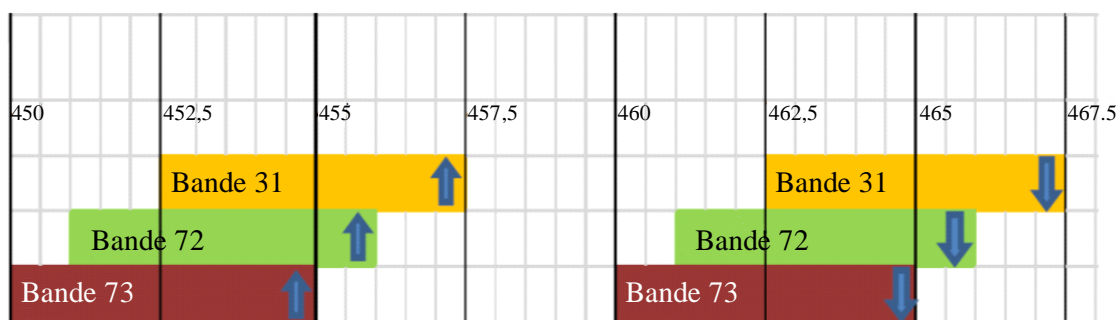
UTILISATION DE LA BANDE DE 450-470 MHz PAR LES SERVICES COLLECTIFS EN EUROPE



Report SM.2351-A3-01

Plusieurs opérateurs de réseaux intelligents dans ces pays cherchent à migrer vers des systèmes LTE de  $2 \times 5$  MHz. Pour simplifier, ils cherchent généralement à obtenir une augmentation de la largeur de bande de leur spectre actuel, par exemple dans la bande 72 (bande de 451-456 MHz appariée à la bande de 461-466 MHz).

FIGURE A3-2  
Bandes 3GPP harmonisées pour le spectre de 450-470 MHz



Report SM.2351-A3-02

## Annexe 4

### Réseaux intelligents au Brésil

#### A4.1 Introduction

Le Ministère des mines et de l'énergie a encouragé les études relatives aux technologies qui pourraient être utilisées pour le concept de réseau intelligent. Ces études étaient motivées par la nécessité de réduire les pertes techniques et non techniques et d'accroître l'efficacité du système tout entier pour améliorer la fiabilité, la résilience, la sécurité, etc. Il y a eu, un groupe d'étude bénéficiant de l'appui du Ministère brésilien a mis en avant plusieurs problèmes liés au système d'électricité actuel et a présenté des technologies et des solutions qui pourraient permettre de réduire les pertes et d'améliorer l'efficacité de ces systèmes. Les études menées tenaient également compte des aspects économiques, en particulier du coût qui pourrait être acceptable pour l'installation de plus de 45 millions de compteurs dans le pays.

En outre, d'autres études ont été menées par des institutions privées grâce à des financements publics, par exemple celle effectuée par l'ABRADEE et l'APTEL, associations à but non lucratif du secteur de l'électricité.

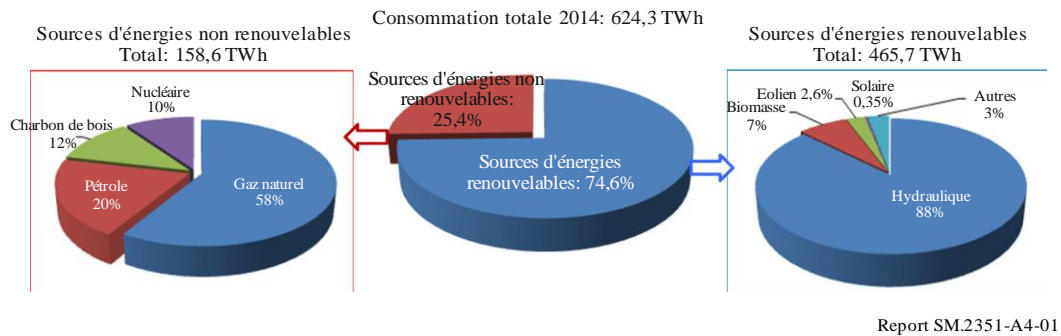
- APTEL – Association des entreprises privées propriétaires d'infrastructures et de systèmes de télécommunication, créée le 7 avril 1999.
- ABRADEE – Association brésilienne des fournisseurs d'électricité, créée en août 1975.

#### A4.2 Secteur brésilien de l'électricité

Le Brésil dispose actuellement d'une capacité de production de plus de 142 GW pour plus de 75 millions de clients. Comme le montre la Fig. A4.1 [1], la consommation d'énergie au Brésil (2014) s'élève à environ 624,3 TWh

La part des énergies renouvelables dans la production totale s'élève à 74,6%, tandis que celle des énergies non renouvelables s'élève à 25,4%.

FIGURE A4-1



La consommation moyenne au Brésil est de 68 GW, avec des pics à plus de 80 GW. Récemment, le secteur de l'électricité a annoncé qu'il prévoyait une augmentation de la consommation d'environ 44%, ce qui suppose un système électrique efficace sur le plan énergétique.

À titre de première étape pour atteindre cette efficacité, le Ministère estime qu'il faut en priorité réduire les pertes techniques et non techniques dans les systèmes d'électricité. Les pertes techniques s'élèvent à 5% dans le système de transmission et à 7% dans le système de distribution. En outre, les pertes non techniques, par exemple les raccordements non autorisés aux systèmes de distribution, s'élèvent à 7%.

Vu ces chiffres, le Brésil risque de rencontrer d'importantes difficultés pour mettre au point un système d'électricité permettant d'accroître l'efficacité et de réduire les pertes.

#### A4.3 Groupe d'étude brésilien sur le réseau intelligent

Afin de comprendre le concept de réseau intelligent, le Ministère des mines et de l'énergie a créé en mai 2010 un groupe d'étude composé de membres des secteurs de l'électricité et des télécommunications. Ce groupe a notamment pour objectif d'évaluer la possibilité d'appliquer ce concept au réseau de distribution d'électricité brésilien afin d'accroître l'efficacité du système.

Mi-mars 2011, un rapport a été présenté au Ministre des mines et de l'énergie concernant les technologies les plus modernes dans ce domaine. Il contenait des renseignements sur les concepts de réseau intelligent, ainsi que des informations techniques sur des questions économiques, de facturation et de télécommunication.

S'agissant des télécommunications, l'étude tenait compte des technologies et des ressources disponibles au Brésil et des types de technologies utilisés dans d'autres pays qui pourraient être appliqués au Brésil. L'électricité sur une période de dix ans et à établir des prévisions concernant les investissements et les bénéfices associés à ces projections. Dans un premier temps, la stratégie adoptée par le Gouvernement brésilien consiste à s'intéresser en particulier au déploiement d'une infrastructure de comptage évolué.

Dans le cadre de cette étude, un groupe technique s'est rendu aux États-Unis en octobre 2010, pour recueillir des informations sur les questions liées aux réseaux intelligents. En général, il a été constaté que la quasi-totalité des technologies de télécommunication déployées pour prendre en charge les fonctionnalités de réseaux intelligents pourraient être appliquées dans le cas du Brésil.

En décembre 2011, la Commission d'études ABRADÉE-APTEL a présenté le rapport de son étude à l'agence nationale de régulation, l'ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Cette étude visait à faire une projection du déploiement des fonctionnalités de réseau de distribution intelligent dans l'ensemble du secteur brésilien de l'électricité sur une période de dix ans et à établir des prévisions concernant les investissements et les bénéfices associés à ces projections. Pour ce faire, la commission a utilisé une base de données rassemblant plus de 50 entreprises de services d'électricité associées aux responsables du projet et les projections reposent sur la situation réelle des entreprises brésiliennes.

#### A4.4 Questions liées aux télécommunications

Il a été constaté que plusieurs types de technologies de télécommunication peuvent être appliqués dans le même but. Par exemple, il est possible d'utiliser les technologies Zig-Bee et Mesh Grid pour relever les compteurs de consommation d'énergie des utilisateurs finals. Pour les liaisons de raccordement, les technologies WiMAX, GPRS, 3G, 4G, etc., peuvent toutes être utilisées. Chaque solution est choisie en fonction d'aspects techniques comme le spectre disponible, les conditions de propagation, le débit, etc.

On ne connaît pas actuellement avec certitude le débit de raccordement nécessaire pour les applications de réseaux intelligents. Il s'agit pourtant d'une information capitale dans le cadre des projets de réseau intelligent pour choisir la solution adaptée et définir les exigences en ce qui concerne les ressources spectrales, comme la largeur de bande, les limites des brouillages préjudiciables causés à d'autres services, les limites de puissance et les aspects liés à la propagation. Jusqu'à présent, aucune étude n'a été consacrée aux exigences pour le système de télécommunication qui pourrait être appliqué pour les réseaux intelligents.

Nous nous intéressons aux techniques de mesure des champs électriques dans le cadre de l'utilisation des courants porteurs en ligne dans la bande d'ondes kilométriques pour les applications de réseaux intelligents. Il y a peu, plusieurs entreprises au Brésil ont indiqué qu'elles souhaitaient faire certifier des équipements CPL utilisant des porteuses aux environs de 80 kHz et une largeur de bande de 20 kHz pour le comptage intelligent. La réglementation prévoit des restrictions des émissions aux environs de cette fréquence et la valeur limite du champ électrique est donnée pour des mesures faites à 300 m de la source.

L'étude réalisée par l'ABRADÉE/APTEL a montré qu'il faut investir environ 19 milliards de reais dans les équipements de télécommunication et 3 milliards de reais dans les équipements de technologies de l'information pour déployer les fonctionnalités de base de réseau de distribution intelligent comme le comptage intelligent, l'automatisation du réseau de distribution, l'auto-rétablissement, les sources décentralisées d'énergie renouvelable et les voitures électriques.

Le modèle de référence de l'architecture de communication utilisée est celui proposé par le projet P2030 de l'IEEE. L'architecture suggérée définit une hiérarchie logique et une interface normalisée d'interconnexions interopérables pouvant être déployées avec plusieurs technologies de réseaux de communication, par exemple celles utilisées dans l'étude: hertziennes (WiFi 802.11, WiMAX 802.16), GPRS, 3G, MPLS, VPN et liaisons à fibre optique ou liaisons radioélectriques pour les réseaux de jonction extérieure (FAN) et les liaisons de raccordement.

Une étude sur les réseaux de télécommunication utilisés actuellement au Brésil par les fournisseurs de services d'électricité a montré que 69% des systèmes de raccordement utilisent la fibre optique, que la technologie GPRS est celle qui est le plus utilisée pour l'accès sur le dernier kilomètre et que les liaisons hyperfréquences (400 MHz et 900 MHz) sont utilisées dans 44% des entreprises, principalement pour raccorder les équipements de données installés sur des poteaux. Quelque 50% des entreprises de services d'électricité utilisent des lignes dédiées fournies par des opérateurs de télécommunication publics.

#### **A4.5 Données techniques**

Il est essentiel de présenter des données sur le débit de raccordement, le temps de latence, la résilience, la fiabilité, etc., que l'on jugerait adaptés pour le réseau intelligent pour pouvoir planifier les ressources nécessaires en termes d'infrastructure et de spectre et éviter l'obsolescence et le gaspillage des ressources.

Sur la base du modèle d'informations commun (CIM) adopté par la CEI et défini dans les normes de la CEI de la série 61970, l'étude ABRADDEE/APTEL a mis en lumière la nécessité d'élaborer une stratégie spéciale en matière de cybersécurité des réseaux de distribution intelligents compte tenu des risques potentiels liés aux aspects suivants:

- grande complexité du réseau électrique;
- nouvelles formes de vulnérabilités dans les réseaux interconnectés;
- exploitation du nombre de points d'accès;
- protection de la vie privée des consommateurs.

#### **A4.6 Mesures dans la bande d'ondes kilométriques**

En outre, aux fins de l'application de la loi, en vue d'éviter les procédures compliquées de mesure des champs électriques en zones urbaines et compte tenu de la réglementation stricte, il est reconnu que d'autres procédures, comme la mesure de la puissance, seraient moins lourdes que l'utilisation d'analyseurs de spectre raccordés à une antenne en ondes kilométriques.

#### **A4.7 Conclusion**

Vu la nature stratégique de la mise en œuvre des réseaux intelligents dans les pays en développement, nous demandons aux autres administrations de soumettre des contributions sur les données techniques et les mesures en ondes kilométriques comme indiqué ci-dessus.

Compte tenu de la taille et de la complexité du réseau de télécommunication nécessaire pour prendre en charge le déploiement du concept de réseau intelligent à l'échelle du réseau d'électricité au Brésil, l'étude ABRADDEE/APTEL préconise, entre autres choses, une analyse approfondie de l'utilisation du spectre, en vue d'identifier des bandes de fréquences spécifiques dont l'utilisation serait réservée aux applications dans les zones rurales et urbaines.

### **Référence**

- [1] Présentation: Distributed Generation, Rodrigo Campos de Souza – Séminaire de l'APTEL sur la production d'électricité à mini et micro-échelle – Rio de Janeiro – RJ – 8 décembre 2015.

## Annexe 5

### Réseau intelligent en République de Corée

#### A5.1 Feuille de route de la Corée pour un réseau intelligent

Afin de lutter contre les changements climatiques, la Corée a reconnu qu'il est nécessaire de déployer un réseau intelligent qui servira d'infrastructure dans l'optique d'un passage à une industrie verte à faible empreinte carbone et du respect des obligations du pays en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Dans ce contexte, le Gouvernement coréen met en œuvre l'initiative sur le réseau de distribution intelligent, qui fait partie des politiques nationales mises en œuvre pour parvenir à une «croissance verte à faible empreinte carbone».

En 2009, la Commission pour une croissance verte de la Corée a présenté son projet «Construire un pays vert évolué»<sup>30</sup> et elle a exposé les grandes lignes de la feuille de route pour un réseau intelligent.

Les premiers programmes de base en vue de l'établissement d'un réseau intelligent ont été élaborés en 2012. Conformément à ces programmes, le pays a construit des infrastructures dans le domaine des énergies renouvelables, des systèmes de stockage de l'énergie et du comptage intelligent. Dans ce même but de concrétiser le réseau intelligent sur le terrain 6 000 foyers de Gujwa-eup sur l'île de Jeju bénéficient désormais d'une infrastructure de comptage évoluée (AMI), d'énergies renouvelables, de véhicules électriques, de systèmes de stockage de l'énergie et d'un marché virtuel de l'énergie.

En 2018, la Corée a mis en place un second train de programmes de base en vue de l'établissement d'un réseau intelligent. Couvrant les cinq prochaines années, ces programmes mettent l'accent sur les quatre axes d'action suivants pour rationaliser la consommation énergétique, produire l'énergie de manière efficace et mettre sur pied un secteur neuf de l'énergie:

- 1) promotion de nouveaux services en lien avec le réseau intelligent;
- 2) construction d'un centre de découverte du réseau intelligent par l'expérience;
- 3) expansion de l'infrastructure et des installations pour le réseau intelligent;
- 4) pose des bases nécessaires à l'expansion du réseau intelligent.

S'agissant du premier objectif visant à promouvoir de nouveaux services en lien avec le réseau intelligent, les actions suivantes ont été dégagées:

- proposer des systèmes de puissance différents en fonction des saisons et des fuseaux horaires;
- transformer le marché des transactions de ressources actuel, qui inclut uniquement les grandes centrales de production, en un marché de ressources décentralisées à l'échelle nationale;
- fournir aux acteurs économiques des données sur la consommation d'énergie à l'échelle nationale, stockées dans une plate-forme centrale de mégadonnées;
- administrer un marché de courtage de l'énergie sur lequel peuvent être échangées des ressources énergétiques de petite échelle, telles que les énergies renouvelables, les systèmes d'énergie renouvelable et les véhicules électriques.

S'agissant du deuxième objectif, les autorités ont prévu de construire un centre de découverte du réseau intelligent par l'expérience qui permettra au grand public de tester les nouveaux services.

---

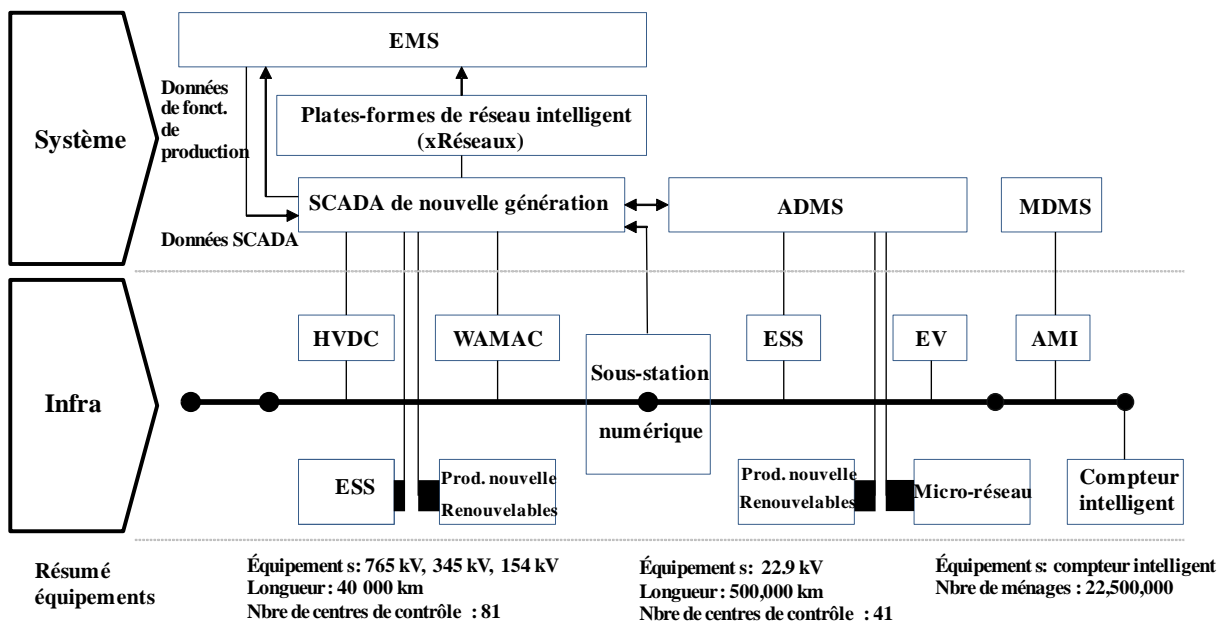
<sup>30</sup> [http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Koreas-Green-Growth-Experience\\_GGI.pdf](http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Koreas-Green-Growth-Experience_GGI.pdf).

S'agissant du troisième objectif, les lignes de transport et de distribution, les sous-stations, l'AMI et l'infrastructure TIC vont être étendues et un système public de contrôle des ressources d'énergie décentralisées (DER) sera mis en place.

Enfin, s'agissant du quatrième objectif, les autorités formeront un groupe consultatif composé d'acteurs des secteurs public et privé dont la mission sera d'encourager les experts à mettre au point des technologies fondamentales comme l'IA et les chaînes de blocs.

Pour le pays, le projet de réseau intelligent vise à accroître l'efficacité énergétique et à mettre en œuvre une infrastructure utilisant les énergies vertes en construisant une infrastructure respectueuse de l'environnement qui produit moins d'émissions de dioxyde de carbone. Pour l'industrie, ce projet vise à garantir un nouveau moteur de croissance qui permettra à la Corée d'entrer dans l'ère de la croissance verte. Pour les habitants, l'objectif de ce projet est de mettre en place un mode de vie écologique à faible empreinte carbone, en améliorant la qualité de vie moyennant l'adoption d'habitudes écologiques à faible empreinte carbone.

FIGURE A5-1  
Diagramme théorique du système de réseau intelligent

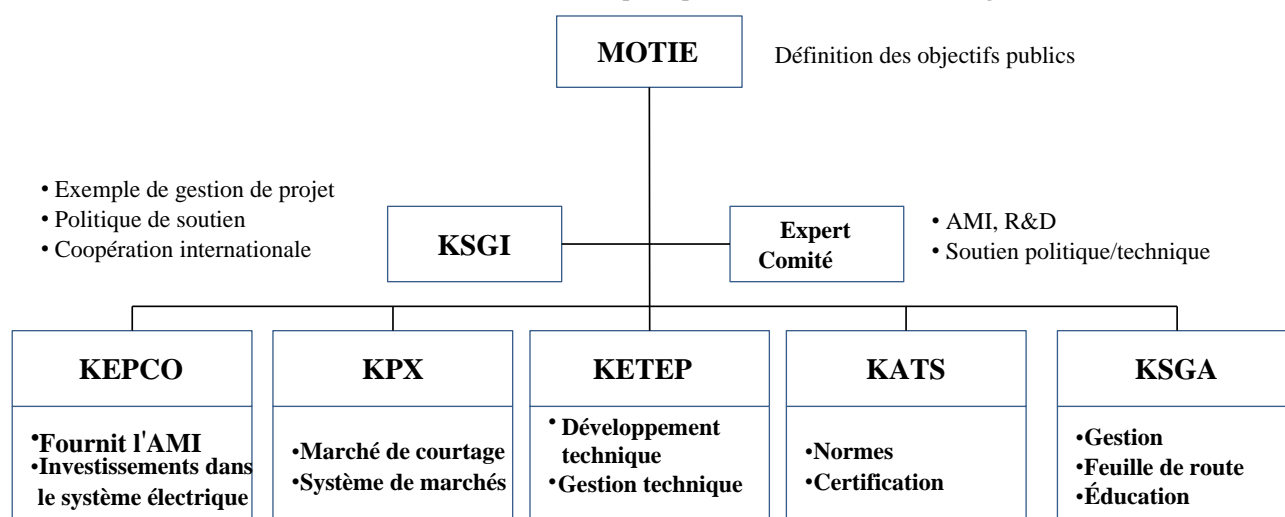


Rep ort SM.2351-A5-01

- \* EMS: système de gestion de l'énergie (*energy management system*)
- \* SCADA: télésurveillance et acquisition de données (*supervisory, control, and data acquisition*)
- \* ADMS: système évolué de gestion de la distribution (*advanced distribution management system*)
- \* MDMS: système de gestion des données de comptage (*meter data management system*)
- \* HVDC: courant continu haute tension (*high-voltage, direct current*)
- \* WAMAC: contrôle-commande étendu (*wide area monitoring and control*)
- \* ESS: système de stockage de l'énergie (*energy storage system*)
- \* EV: véhicule électrique (*electric vehicle*)
- \* AMI: infrastructure de comptage évoluée (*advanced metering structure*)

FIGURE A5-2

## Conseil consultatif en matière de politiques relatives au réseau intelligent



\* MOTIE: Ministère du Commerce, de l'Industrie et de l'Énergie

\* KSGI: Institut coréen pour le réseau intelligent

\* KATS: Agence coréenne chargée de la technologie et de la normalisation

\* KSGA: Association coréenne pour le réseau intelligent

Le conseil consultatif sur les politiques est composé de la KEPCO (Compagnie nationale d'électricité coréenne), de la KPX (Bourse coréenne de l'électricité), d'un groupe de travail sur les réseaux intelligents, du KETEP (Institut coréen d'évaluation et de planification des technologies de l'énergie), d'associations et d'experts. Les principales missions du conseil sont de servir d'organe de surveillance des programmes de réseaux intelligents, de définir les orientations politiques et les stratégies de mise en œuvre, d'examiner les performances de chaque institut et d'identifier les réglementations à améliorer et les opportunités d'exportation.

## A5.2 Réseau de communication

L'expansion des réseaux intelligents entraîne une demande croissante en communications hertziennes. En particulier, l'environnement de communication actuel des réseaux intelligents est composé d'une zone de système de commande dans laquelle la fiabilité, la sécurité et la vitesse doivent être garanties, et d'une zone IoT dans laquelle divers terminaux communiquent les uns avec les autres. Ces réseaux s'appuient actuellement sur une méthode de communication mixte, associant des communications filaires et hertziennes. À mesure que le portefeuille de services proposés s'élargit, il devient nécessaire de mettre en place un réseau de communication optimal adapté au nouvel environnement.

TABLEAU A5.1

### Méthodes de communication du réseau intelligent

Classification	Réseau câblé	Réseau hertzien
Régulation de puissance	Optique	TRS (380 ~399,9 MHz)
Comptage intelligent	CPL, HPGP	Wi-SUN (917 ~ 923,5 MHz)
		LTE (800 MHz, 900 MHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz, 2,6 GHz)
Production d'électricité nouvelle et renouvelable	Optique	TRS (380 ~399,9 MHz)



Le réseau câblé à fibre optique sert principalement à la régulation de la puissance, qui nécessite une grande fiabilité. Le CPL filaire et un certain nombre de méthodes de communication hertziennes sont utilisés pour les compteurs intelligents et le procédé de communication optique. La communication sans fil TRS intervient dans le domaine de pour la production d'énergie renouvelable.

Enfin, divers procédés de communication hertzienne sont employés et la bande des 320 MHz sera utilisée afin de satisfaire la demande en matière de communication hertzienne sur la bande de fréquences de l'IoT.

## Annexe 6

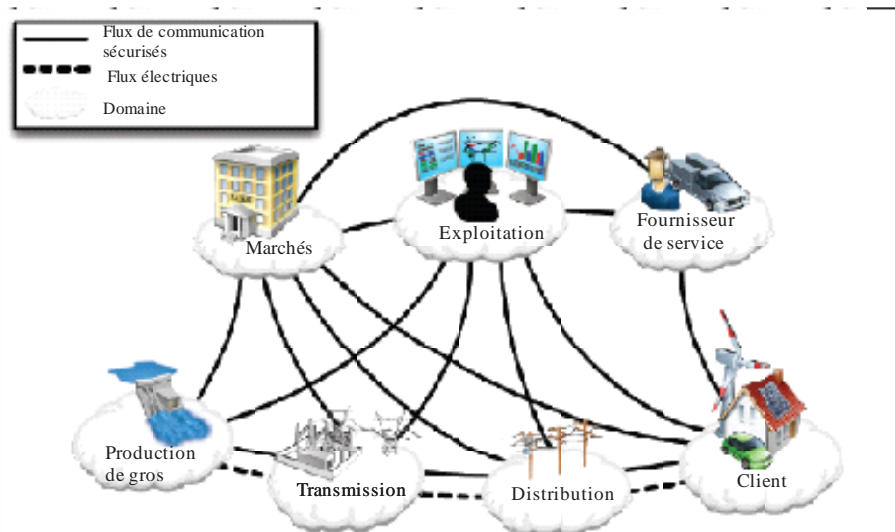
### Réseaux intelligents en Indonésie

#### A6.1 Introduction

La mise en œuvre d'un réseau intelligent a nécessité des équipements technologiques modifiant le flux de service depuis la centrale électrique vers les clients, avec sept grands domaines: production de gros, transmission, distribution, clients, exploitation, marché et fournisseur de services. Pour chaque domaine, des éléments de réseaux intelligents sont connectés entre eux grâce à des technologies analogiques ou numériques de communications bidirectionnelles qui permettent de rassembler des informations et servent à faire circuler l'information et l'électricité. La connexion est un élément essentiel dans le réseau intelligent pour pouvoir accroître l'efficacité, la fiabilité, la sécurité, la rentabilité et la pérennité de la production et de la distribution d'électricité.

FIGURE A6-1

Interactions entre les acteurs du réseau intelligent



Report SM.2351-A6-01

Un réseau intelligent est un réseau de système à système, qui comprend trois couches principales: couche électricité et énergie, couche communication et couche technologies de l'information. Ces couches sont des éléments essentiels pour les flux électriques et les flux de communication.

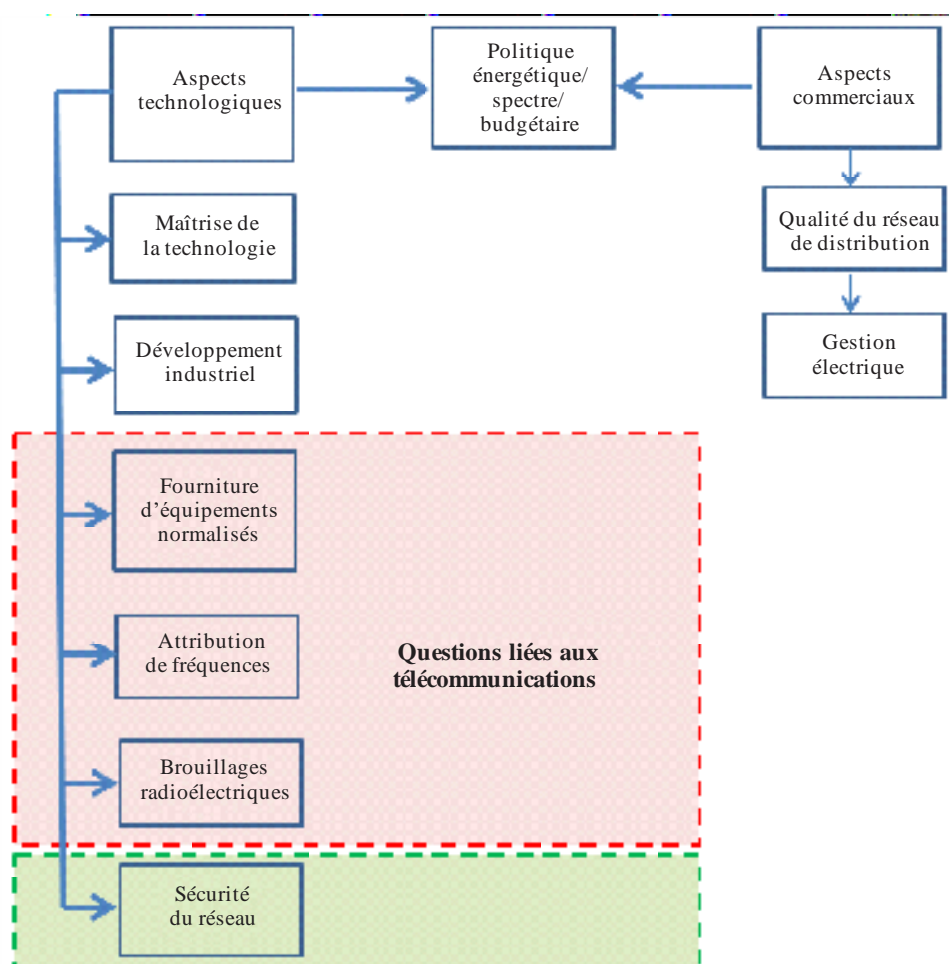
La consommation d'électricité/d'énergie et les prix correspondants sont orientés à la hausse, tout comme le nombre d'abonnés au service mobile.

## A6.2 Développement du réseau intelligent et questions à résoudre

Le Gouvernement indonésien a conscience qu'un réseau intelligent pourrait offrir une nouvelle solution pour utiliser efficacement électricité. L'organisme public compétent a donc élaboré un projet pilote de mise en œuvre d'un réseau intelligent dans l'est de l'Indonésie. Ce projet a été mené par l'agence pour l'évaluation et l'application des technologies, en coopération avec PLN (la compagnie nationale d'électricité).

Le développement du réseau intelligent suppose de résoudre plusieurs questions. Certains aspects technologiques et commerciaux pourraient servir de base dans le cadre de l'élaboration de la politique et de la réglementation.

FIGURE A6-2  
Questions à résoudre



En ce qui concerne la Fig. A6.2 et les deux principales questions ayant une incidence sur le développement du réseau intelligent, plusieurs points liés aux télécommunications et aux technologies de l'information nous préoccupent, à savoir

- a) La fourniture d'équipement normalisé:  
Donner une description succincte des spécifications techniques des équipements afin de vérifier la compatibilité.
- b) Les ressources spectrales:  
Mettre au point un plan stratégique concernant l'attribution du spectre et la largeur de bande nécessaire pour cette application. Cette question est importante si l'on veut utiliser efficacement les ressources limitées.
- c) Les brouillages radioélectriques:  
S'assurer que la mise en œuvre de cette technologie ne cause pas de brouillages aux autres services.
- d) La sécurité des réseaux:  
Garantir la sécurité des flux de données.

Étant donné que cette application pourrait être mise en œuvre dans différents services mobiles (large bande), il est proposé que la commission d'études examine plus avant les exigences liées aux télécommunications, afin d'aider les pays en développement à élaborer un plan stratégique qui les aidera à définir des politiques et des réglementations adaptées concernant la mise en œuvre des réseaux intelligents

## Annexe 7

### Activités de recherche sur les technologies d'accès hertzien pour les réseaux intelligents en Chine

#### A7.1 Introduction

La technologie hertzienne représente un élément important du système de gestion de l'électricité, grâce auquel différentes informations relatives à la gestion et au contrôle sont transmises dans le cadre d'interactions bidirectionnelles en temps réel. Au départ, les capacités de communication requises par les réseaux de communication utilisés pour la distribution et l'utilisation d'électricité sont généralement faibles. Les dispositifs classiques de communication hertziens à bande étroite, qui utilisent des fréquences attribuées au service fixe, servent très souvent de moyens de communication hertziens privés pour les systèmes de gestion de l'électricité. Avec le développement des réseaux intelligents, la commande précise de l'ordre de la milliseconde, l'acquisition de données relatives à l'énergie électrique, la gestion de la demande de charges et les services de vidéosurveillance sur place que suppose le réseau de communication utilisé pour la distribution et l'utilisation de l'électricité se traduisent par des exigences plus importantes en termes de largeur de bande pour les communications, de délais de transmission et de fiabilité. Dans ce contexte, la Chine mène des activités de recherche et construit une nouvelle génération de réseau de communication en même temps qu'elle bâtit le réseau intelligent.

## **A7.2 Technologies d'accès hertzien pour le réseau intelligent en Chine**

### **A7.2.1 Introduction**

En Chine, les applications hertziennes associées au réseau intelligent s'appuient sur deux technologies: le système SWIN (communication hertzienne de puissance à porteuses multiples discrètes sur la bande des 230 MHz: SWIN) et le système IoT-G 230 (communication hertzienne électrique à porteuses multiples discrètes sur la bande des 230 MHz: IoT-G 230). En autorisant la mise en place des transmissions large bande par agrégation de porteuses discrètes à bande étroite (25 kHz) sur la bande de fréquences 223-235 MHz (appelée bande des 230 MHz dans le présent contexte), ces technologies dotent le réseau intelligent de services hertziens. La bande des 230 MHz offre de bonnes caractéristiques de propagation, aptes à répondre aux besoins de couverture étendue nécessaire à de nombreuses applications des réseaux intelligents.

Le système SWIN et le système IoT-G sont tous deux conçus pour répondre pleinement aux besoins de services du réseau intelligent; ils présentent de nombreux avantages par rapport aux systèmes de communication hertziens à bande étroite, par exemple une grande couverture, des capacités d'accès d'abonnés considérables, une grande efficacité spectrale, un fonctionnement en temps réel, une sécurité et une fiabilité considérables, des fonctionnalités performantes de gestion du réseau, etc.

### **A7.2.2 Principales caractéristiques techniques**

Le Ministère chinois de l'Industrie et des Technologies de l'information a procédé à des attributions dans la bande 223-235 MHz par tranches de 25 kHz. Le réseau SWIN tout comme l'IoT G offrent des avantages décisifs en ce qui concerne les caractéristiques particulières relatives au spectre.

Le réseau SWIN permet l'agrégation de plusieurs fréquences à bande étroite discrètes pour assurer la transmission de données large bande. Par ailleurs, la technologie de détection du spectre qui permet de détecter des brouillages entre technologies d'accès radioélectrique dans les bandes adjacentes pour améliorer les possibilités de coexistence est l'une des technologies clés utilisées par le réseau SWIN. Il est ainsi possible de garantir la coexistence avec les systèmes à bande étroite exploités dans la même bande de fréquences 223-235 MHz.

L'IoT-G 230 prend également en charge la transmission large bande; il agrège pour ce faire plusieurs porteuses à bande étroite de 25 kHz pour chaque transmission. Pour étendre encore la couverture, l'IoT-G 230 peut également adopter un fonctionnement multi-antenne de manière à gagner en diversité spatiale et à combiner les puissances. En outre, pour garantir la sûreté et la sécurité du réseau électrique, l'IoT-G 230 prend en charge l'isolation de bout en bout des services dans les zones de production I/II et des services dans les zones de gestion III/IV. Enfin, pour assurer la coexistence avec d'autres systèmes à bande étroite, l'IoT-G 230 accepte les sauts de fréquence entre porteuses sur l'ensemble de la bande des 230 MHz, avec une granularité de 10 ms, afin d'améliorer la fiabilité et la robustesse des communications.

TABLEAU A7.1

## Fonctionnalités techniques et opérationnelles des réseaux SWIN et IoT-G 230

Fonction	SWIN	IoT-G 230
Bandes de fréquences prises en charges, avec ou sans licence (MHz)	Bandes de fréquences avec licence: 223-235 MHz	Bandes de fréquences avec licence: 223-235 MHz
Portée opérationnelle nominale	De 3 à 30 km	De 3 à 30 km
Durée de la trame	25 ms	10 ms
Espacement des sous-porteuses	2 kHz	3,75 kHz
Fonctionnalités de mobilité (nomade/mobile)	Mobile	Mobile
Débit de données de crête (sens amont/sens aval si différent)	1,5 sens amont/0,5 sens aval Mbit/s (largeur de bande 1 M) 13 sens amont/5 sens aval Mbit/s (largeur de bande 8,5 M)	11,27 sens amont/9,92 sens aval Mbit/s (largeur de bande 7 M)
Méthode duplex (DRF, DRT, etc.)	DRT	DRT
Largeur de bande RF nominale	Ajustable: 25 kHz – 12 MHz	Ajustable: 25 kHz – 12 MHz
Prise en charge de la technique MIMO	Non	Oui
Retransmission	HARQ	HARQ
Correction d'erreur directe	Convolutionnelle, Turbo	Convolutionnelle, Turbo
Gestion des brouillages	Réutilisation partielle des fréquences, détection du spectre	Saut de fréquence sur la bande entière, détection du spectre
Gestion de la puissance	Oui	Oui
Topologie de connexion	Point à multipoint	Point à multipoint
Méthodes d'accès au support	Accès aléatoire (fondé ou non sur la contention)	Accès aléatoire (fondé ou non sur la contention)
Méthodes d'accès multiple	SC-AMRF (sens amont) et AMROF (sens aval)	AMRT et AMRF
Codage du canal	Codage turbo, codage convolutif avec bit d'extrémité	Codage turbo, codage convolutif avec bit d'extrémité, codage Reed-Muller
Modulation	MDP-4/ MAQ16/MAQ64	MDP-4/ MAQ16/MAQ64
Découverte et méthode d'association	Découverte autonome, association grâce au support	Découverte autonome, association grâce au support

TABLEAU A7.1 (fin)

Fonction	SWIN	IoT-G 230
Méthodes de qualité de service	Différentiation de la qualité de service (cinq classes prises en charge, modulable)	Différentiation de la qualité de service (cinq classes prises en charge, modulable)
Détection de l'emplacement	Oui	Oui
Chiffrement	ZUC	ZUC/SNOW3G/AES
Authentification/protection contre les réexecutions	Oui	Oui
Échange de clés	Oui	Oui
Détection des nœuds malveillants	Oui	Oui
Identification unique de l'équipement	Identificateur à 15 chiffres (IMEI)	Identificateur à 15 chiffres (IMEI)

### A7.2.3 Production et application industrielles

Actuellement, le système SWIN est composé de puces en bande de bases, de terminaux, de station de base, d'un réseau central et des équipements de gestion du réseau. Un réseau SWIN expérimental a été déployé dans les réseaux de communication utilisés pour la distribution et l'utilisation d'électricité de plusieurs provinces de Chine et il fournit au réseau intelligent des services d'acquisition d'informations relatives à l'électricité, de commande de la charge, d'automatisation de la distribution, etc. Après une période de test, il est établi que le système SWIN peut répondre aux besoins de services du comptage intelligent et de l'automatisation de la distribution.

Les essais en laboratoire du système IoT-G 230 se sont achevés en octobre 2018, puis le système a été testé sur le terrain au mois de novembre de la même année à Suzhou, dans la province chinoise du Jiangsu. L'IoT-G 230 a passé avec succès tous les essais sur le terrain, y compris les essais de brouillage, les essais de sécurité, les essais de sécurité et autres.

### A7.2.4 Normalisation

Les technologies SWIN et IoT-G 230 relèvent toutes deux de la série de spécifications Q/GDW11806.

Les spécifications ci-après, relatives au système SWIN, ont été publiées en novembre 2018: Q/GDW11806.2 – 230 MHz discrete multi-carrier electric wireless communication system – Part 2: Technical specification for LTE-G 230 MHz et Q/GDW11806.3 – 230 MHz discrete multi-carrier electric wireless communication system – Part 3: Test specification for LTE-G 230 MHz.

Les spécifications ci-après, relatives au système IoT-G 230, sont à l'étude: Q/GDW11806.4 – 230 MHz discrete multi-carrier electric wireless communication system – Part 4: Technical specification for IoT-G 230 MHz et Q/GDW11806.5 – 230 MHz discrete multi-carrier electric wireless communication system – Part 5: Test specification for IoT-G 230 MHz.

### A7.3 Conclusion

Les activités de recherche menées par la Chine sur les technologies d'accès hertzien pour le réseau intelligent sont en cours. Le système SWIN et le système IoT-G 230 peuvent tous deux permettre de répondre aux besoins de communications hertziennes du réseau intelligent et, ainsi, de réduire le coût de sa construction et de son exploitation.

## Annexe 8

### Systèmes (voix/données) PMR/PAMR pour les communications techniques

#### A8.1 Description générale des systèmes PMR/PAMR de largeur de bande 25 kHz, 12,5 kHz et 6,25 kHz

La technologie PMR de radiocommunications mobiles privées ou professionnelles peut former la base des systèmes de communication de routine ou d'urgence utilisés par les équipes techniques.

Cette technologie présente plusieurs caractéristiques: l'accès aux systèmes PMR est privé (soumis à autorisation individuelle), ces systèmes répondent aux besoins de communication spécifiques d'un groupe au sein d'un secteur professionnel, ils sont conçus sur mesure et emploient des stations de base portables et mobiles et des stations fixes distantes (terminaux de données et systèmes SCADA, par exemple). Les systèmes PMR permettent aux utilisateurs autorisés de garder le contrôle total de leurs tâches et ils permettent de fournir des applications essentielles à la mission ou à l'entreprise, comme des communications vocales instantanées et des communications de groupe, pour optimiser leur fonctionnement opérationnel.

#### A8.2 Services utilisant des largeurs de bande de canal de 25 kHz ou moins

Les services PMR/PAMR comprennent des services d'appel de groupe vocal (également appelés *all informed net* ou encore *talk group call* en anglais). Ce type de service peut être mis en œuvre dans un environnement de radiocommunications portables au moyen d'un casque ou d'écouteurs à commande vocale (VOX), pour permettre à l'utilisateur de garder les mains libres tout en communiquant; c'est le cas par exemple dans les centrales nucléaires.

Il est également possible de bénéficier des services suivants: appels prioritaires préemptifs d'urgence (*Pre-Emptive Priority Call*), rétention d'appel (*Call Retention*), appels prioritaires (*Priority Call*), allocation dynamique des numéros de groupe (DGNA), écoute d'ambiance (*Ambience Listening*), appels soumis à autorisation du répartiteur (*Call Authorized by Dispatcher*), choix de la zone (*Area Selection*), entrée en cours d'appel (*Late Entry*), mode direct, envoi de messages courts (Short Data Service) et transmission de données par paquets (*Packet Data Services*).

Lorsque cela est nécessaire et expressément autorisé, des canaux de communication chiffrés peuvent également être utilisés.

Un secteur spécialisé dessert ce marché en proposant des solutions allant de très petits systèmes monosites à de vastes réseaux PMR/PAMR d'échelle nationale, qui bénéficient généralement d'une personnalisation poussée en fonction des besoins spécifiques des utilisateurs de ces réseaux (par exemple des systèmes sur site dans des postes électriques individuels jusqu'à des systèmes à grande échelle couvrant l'ensemble d'une région d'un réseau électrique).

Les fonctions principales de ces systèmes de radiocommunication mobile terrestre PMR/PAMR sont les suivantes:

- poussoir d'émission-réception – l'actionnement d'un bouton de conversation active la communication sur un canal radiofréquence;
- zones de couverture étendues;
- groupes d'utilisateurs fermés;
- possibilité de faire fonctionner de nombreux systèmes avec des stations distantes ou mobiles capables d'entendre tous les appels en cours. Cela n'est pas toujours satisfaisant et un système d'appel sélectif peut s'avérer nécessaire;

- temps d'établissement des communications généralement courts par rapport aux systèmes cellulaires.

### A8.3 Systèmes utilisant des largeurs de bande de canal de 25 kHz ou moins

Ces systèmes à bande étroite sont presque exclusivement utilisés par la PMR. Ils comprennent des systèmes analogiques, le système MPT 1327 et des systèmes numériques (dPMR, DMR, TETRA et TETRAPOL).

Les réseaux PMR/PAMR essentiels aux missions de l'organisation qui les met en œuvre nécessitent normalement un certain degré de personnalisation en fonction des besoins de l'organisation. Ces besoins peuvent être les suivants:

- une très grande disponibilité de la couverture dans la zone de service définie, y compris, dans certains cas, dans des zones éloignées et non peuplées;
- un système conçu pour répondre à des exigences techniques précises, plutôt que pour un gain économique;
- un système conçu pour couvrir les zones requises, y compris les régions isolées et non peuplées non desservies par la téléphonie mobile, etc.;
- un système offrant une résilience du niveau des meilleures pratiques et un fonctionnement M2M également résilient;
- un accès instantané et garanti au canal;
- un système et des données bénéficiant de niveaux élevés de sécurité et d'intégrité, ce qui peut se traduire par une absence de connexion aux systèmes de communication externes ou publics tels que les réseaux mobiles publics et l'Internet;
- un réseau renforcé, de façon à permettre un fonctionnement fiable dans les environnements difficiles sujets aux perturbations électromagnétiques dues par exemple à la foudre;
- jusqu'à 96 heures d'autonomie sur batteries de secours;
- des équipements durables et une durée d'assistance correspondante, par exemple 10 à 20 ans.

### A8.4 Normes PMR/PAMR

On trouvera dans le Tableau A8.1 ci-après les normes habituellement applicables aux systèmes PMR à bande étroite de 6,25/12,5/25 kHz.

TABLEAU A8.1

#### Normes PMR habituellement employées par les compagnies d'électricité

Technologie	Largeur de canal (kHz)	Norme/Spécification
Numérique	6,25	ETSI EN 301 166
Analogique	12,5	ETSI EN 300 086
Numérique	12,5	ETSI EN 300 113
Numérique	25	ETSI EN 300 113, ETSI EN 302 561



## Annexe 9

### Exemples de bandes de fréquences utilisées pour les systèmes hertziens de comptage intelligent et de réseaux intelligents

Le Tableau A9.1 présente une liste d'exemples de bandes utilisées pour les systèmes hertziens de comptage intelligent et de réseaux intelligents dans certaines parties du monde.

TABLEAU A9.1

#### Exemples de bandes de fréquences utilisées pour les systèmes de gestion Comptage intelligent et systèmes de réseaux intelligents

Fréquence (MHz)	Zone/région	Observations concernant l'utilisation effective
40-230 (partie de), 470-694/698	Amérique du Nord, Royaume-Uni, Europe (nombreuses parties), Afrique et Japon	Espace blanc de la télévision, les règles ont été établies aux États-Unis et au Royaume-Uni et sont en cours d'élaboration en Europe.
169,4-169,8125	Europe	M-Bus hertzien.
220-222	Certaines parties de la Région 2 de l'UIT	Dans la Région 1 de l'UIT et en Iran, cette gamme fait partie de la bande utilisée pour la radiodiffusion de Terre conformément à l'Accord GE06; n'est pas utilisée par les systèmes AMR/AMI.
223-235	Chine	Bande soumise à licence.
410-430	Parties de l'Europe	Royaume-Uni: bande de 412-414 MHz appariée avec la bande de 422-424 MHz.
450-470	Amérique du Nord et de nombreuses parties de l'Europe	Europe: comprend Autriche, Danemark, Finlande, Hongrie, Pays-Bas, Norvège, Pologne, Portugal, Roumanie et Suède. Royaume-Uni: bande de 457,5-458,5 MHz appariée avec la bande de 463-464 MHz.
470-510	Chine	Bande utilisée par les dispositifs à courte portée (SRD).
470-698	Amérique du Nord et Europe	Dans la Région 1 de l'UIT et en Iran, cette gamme fait partie de la bande utilisée pour la radiodiffusion de Terre conformément à l'Accord GE06; n'est pas utilisée par les systèmes AMR/AMI.
868-870	Europe	Recommandation 70-03 du Comité européen des radiocommunications (ERC).
873-876	Parties de l'Europe	Recommandation ERC 70-03. Royaume-Uni: réseaux mobiles publics intégrant les bandes 868 et 870 MHz sans obligation de licence pour l'extension de la gamme dévolue au comptage intelligent dans le centre et le sud du pays.
896-901	Amérique du Nord	Bande soumise à licence, Partie 90 aux États-Unis.

TABLEAU A9.1 (*fin*)

Fréquence (MHz)	Zone/région	Observations concernant l'utilisation effective
901-902	Amérique du Nord	Bande soumise à licence, Partie 24 aux États-Unis.
902-928	Amérique du Nord, Amérique du Sud, Australie	Bande ISM sans obligation de licence. En Australie et dans certains pays d'Amérique du Sud, seule la moitié supérieure de la bande est attribuée.
915-921	Parties de l'Europe	Recommandation ERC 70-03.
917-923,5	Corée	
920-928	Japon	
928-960	Amérique du Nord	Bande soumise à licence, Parties 22, 24, 90 et 101 aux États-Unis.
950-958	Japon	Partagée avec les systèmes RFID passifs.
1 427-1 518	États-Unis et Canada	Dans des parties de la Région 1, à savoir en Europe: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Il est prévu d'utiliser la gamme 1 452-1 479,2 MHz pour la radiodiffusion de Terre conformément à l'accord Ma02revCO07 (enregistré à l'UIT en tant qu'accord régional) et pour le service mobile pour la capacité additionnelle de liaisons descendantes uniquement, conformément à la décision pertinente de la CE.</li> <li>– La gamme 1 492-1 518 MHz est utilisée pour les microphones sans fil conformément à l'Annexe 10 de la Recommandation ERC 70-03.</li> <li>– N'est pas utilisée pour les systèmes AMR/AMI</li> </ul>
2 400-2 483,5	À l'échelle mondiale	
3 550-3 700	États-Unis	Licences régionales.
5 250-5 350	Amérique du Nord, Europe, Japon	
5 470-5 725	Amérique du Nord, Europe, Japon	
5 725-5 850	Amérique du Nord	Bande ISM sans obligation de licence.

## Annexe 10

### Recommandations et rapports UIT-R d'intérêt

Rapport UIT-R M.2440 – *Utilisation de la composante de Terre des Télécommunications mobiles internationales (IMT) pour les communications de type machine à bande étroite et à large bande*. Le paragraphe 5 traite des «aspects techniques et opérationnels des réseaux et des systèmes radioélectriques utilisant la composante de Terre des IMT pour prendre en charge les applications pour les communications de type machine (MTC)».

Rapport UIT-R M.2479 – *The use of land mobile systems, excluding IMT, for machine-type communications*.

Rapport UIT-R M.2441 – *Utilisation future de la composante de Terre des Télécommunications mobiles internationales (IMT)*. Le paragraphe 5.4 de ce rapport comporte des renseignements sur les réseaux intelligents.

Recommandation UIT-R M.1036 – *Arrangements de fréquences applicables à la mise en œuvre de la composante de Terre des Télécommunications mobiles internationales (IMT) dans les bandes identifiées pour les IMT dans le Règlement des radiocommunications*.

Les Recommandations UIT-R M.1457 et UIT-R M.2012 détaillent respectivement les spécifications des IMT pour les IMT-2000 et les IMT évoluées.

Recommandation UIT-R M.2002 – *Objectifs, caractéristiques et spécifications fonctionnelles des systèmes de réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs (WASN)*.

Rapport UIT-R M.2224 – *System design guidelines for wide area sensor and/or actuator network (WASN) systems*.

## Appendice

### Acronymes et sigles

3G	troisième génération ( <i>third generation</i> )
3GPP	projet de partenariat de troisième génération ( <i>third generation partnership project</i> )
3GPP2	projet 2 de partenariat de troisième génération ( <i>third generation partnership project 2</i> )
4G	quatrième génération ( <i>fourth generation</i> )
ABRADEE	association brésilienne des distributeurs d'électricité ( <i>Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica</i> )
AES	norme de cryptage évoluée ( <i>advanced encryption standard</i> )
AES-CCM	norme de cryptage évoluée – codage et modulation constants ( <i>advanced encryption standard – constant coding and modulation</i> )
AKA	authentification et concordance de clés ( <i>authentication and key agreement</i> )
AMI	infrastructure de comptage évoluée ( <i>advanced metering infrastructure</i> )
AMM	gestion automatique des compteurs ( <i>automated meter management</i> )
AMR	relevé automatique des compteurs ( <i>automated meter reading</i> )

ANEEL	agence nationale de l'énergie électrique du Brésil ( <i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i> )
APTEL	association brésilienne des entreprises propriétaires d'infrastructures et de systèmes de télécommunication ( <i>Associação de Empresas Proprietárias de Infra-estrutura e de Sistemas Privados de Telecomunicações</i> )
ARIB	association des industries et entreprises radioélectriques ( <i>Association of Radio Industries and Businesses</i> )
ARQ	demande de répétition automatique ( <i>automatic repeat request</i> )
AS	réacheminement assuré ( <i>assured forwarding</i> )
BE	au mieux ( <i>best effort</i> )
BPSK	modulation par déplacement de phase bivalente (MDP-2) ( <i>binary phase shift keying</i> )
BS	station de base ( <i>base station</i> )
CA	accès par porteuse ( <i>carrier access</i> )
CARB	agence pour la qualité de l'air en Californie ( <i>California air resources board</i> )
CAVE	authentification et cryptage de la parole pour systèmes cellulaires ( <i>cellular authentication and voice encryption</i> )
CC	changements climatiques
CCM	codage et modulations constants ( <i>constant coding and modulation</i> )
CCSA	Association chinoise d'élaboration des normes de communication ( <i>China Communications Standards Association</i> )
CCTV	télévision en circuit fermé ( <i>closed-circuit television</i> )
CDMA	accès multiple par répartition en code (AMRC) ( <i>code-division multiple access</i> )
CE	Commission européenne
CEC	commission de l'énergie de Californie ( <i>California energy commission</i> )
CEI	Commission électrotechnique internationale
CENELEC	Comité européen de normalisation électrotechnique
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
CHAP	protocole d'authentification par dialogue à énigme ( <i>challenge handshake authentication protocol</i> )
CID	identificateur de cellule ( <i>cell identifier</i> )
CIM	modèle d'information commun ( <i>common information model</i> )
CISPR	Comité international spécial des perturbations radioélectriques
CMAC	code d'authentification de message à chiffrement ( <i>cypher-based message authentication code</i> )
CMEA	algorithme de chiffrement de message cellulaire ( <i>cellular message encryption algorithm</i> )
CSMA	accès multiple avec détection de porteuse (AMDP) ( <i>carrier sense multiple access</i> )
DA	automatisation répartie ( <i>distributed automation</i> )
DAM	gestion dynamique des ressources ( <i>dynamic asset management</i> )

DAP	point d'agrégation données ( <i>data aggregation point</i> )
dB	décibel
DECC	ministère britannique de l'énergie et des changements climatiques ( <i>United Kingdom department of energy and climate change</i> )
DER	ressources d'énergie décentralisées ( <i>distributed energy resources</i> )
DGNA	allocation dynamique des numéros de groupe ( <i>dynamic group number assignment</i> )
DSSS	synchroniseur de symboles à travers le spectre ( <i>cross-spectrum symbol synchronizer</i> )
DMR	radiocommunications mobiles numériques ( <i>digital mobile radio</i> )
DMS	système de gestion de la distribution ( <i>distribution management system</i> )
DOE	ministère américain de l'énergie ( <i>U.S. department of energy</i> )
dPMR	radiocommunications mobiles numériques privées ( <i>digital private mobile radio</i> )
DSCP	séquence codée de services différenciés ( <i>differentiated service code point</i> )
EAP	protocole d'authentification extensible ( <i>extensible authentication protocol</i> )
ECC	comité européen des communications électroniques ( <i>European communications committee</i> )
EDGE	débits binaires améliorés pour les GSM de demain ( <i>enhanced data GSM environment</i> )
EF	transmission express ( <i>expedited forwarding</i> )
EII	initiatives industrielles européennes ( <i>European industrial initiatives</i> )
eMTC	communications de type machine évoluées ( <i>enhanced machine-type communications</i> )
EPON	réseau optique passif Ethernet ( <i>Ethernet passive optical network</i> )
EPRI	Electric Power Research Institute
ERC	Comité européen des radiocommunications
ESFF	cadre pour le secteur de l'électricité futur ( <i>electricity sector framework for the future</i> )
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication
EUTC	Conseil européen des télécommunications et des services collectifs ( <i>European Utilities Telecom Council</i> )
EV	véhicule électrique ( <i>electric vehicle</i> )
EVDO	évolution par paquet optimisé ( <i>evolution-data optimized</i> )
E3	Energy and environmental economics, Inc.
FAN	réseau de terrain ( <i>field area network</i> )
FCC	Commission fédérale des communications des États-Unis ( <i>Federal Communications Commission</i> )
FDD	duplex à répartition en fréquence (DRF) ( <i>frequency division duplex</i> )
FDMA	accès multiple par répartition en fréquence (AMRF) ( <i>frequency division multiple access</i> )
FEP	processeur frontal ( <i>front-end processor</i> )
FG	groupe spécialisé ( <i>focus group</i> )

FM	modulation de fréquence ( <i>frequency modulation</i> )
GNSS	système mondial de navigation par satellite ( <i>global navigation satellite system</i> )
GPRS	service général de radiocommunication en mode paquet ( <i>general packet radio service</i> )
GSi	initiative stratégique mondiale ( <i>global strategic initiative</i> )
GSM	système mondial de communications mobiles ( <i>global system for mobile communications</i> )
GW	gigawatt
HAN	réseau domestique ( <i>home area network</i> )
HARQ	demande de répétition automatique hybride ( <i>hybrid automatic repeat request</i> )
HMAC	code d'identification de message avec hachage ( <i>hashed message authentication code</i> )
HN	mise en réseau domestique ( <i>home networking</i> )
HRPD	mode paquet à haut débit ( <i>high-rate packet data</i> )
HSPA	accès rapide en mode paquet ( <i>high speed packet access</i> )
HVDC	courant continu haute tension (CCHT) ( <i>high voltage direct current</i> )
ICV	valeur de contrôle d'intégrité ( <i>integrity check value</i> )
ID	identité
IEEE	Institut des ingénieurs de l'électricité et de l'électronique ( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> )
IoT	Internet des objets ( <i>Internet of things</i> )
IoT-G	Internet des objets pour le réseau intelligent ( <i>Internet of things-grid</i> )
ISM	industriel, scientifique et médical
ISO	Organisation internationale de normalisation ( <i>International organisation for standardisation</i> )
IT	technologie de l'information ( <i>information technology</i> )
ITS	systèmes de transport intelligents ( <i>intelligent transport systems</i> )
JCA	activité de coordination commune ( <i>joint co-ordination activity</i> )
JRC	centre commun de recherche ( <i>joint research centre</i> )
kHz	kilohertz
LDPC	contrôle de parité à faible densité ( <i>low-density parity-check</i> )
LF	ondes kilométriques ( <i>low frequency</i> )
LTE	évolution à long terme ( <i>long-term evolution</i> )
MAC	code d'authentification de message MAC ( <i>MAC message authentication code</i> )
MEID	identificateur d'équipement mobile ( <i>mobile equipment identifier</i> )
MEP	membre du Parlement européen ( <i>member of the European parliament</i> )
MHz	mégahertz
MIMO	entrées multiples, sorties multiples ( <i>multiple input multiple output</i> )

MPDU	unité de données de protocole de commande d'accès au support physique ( <i>media access control protocol data unit</i> )
MPLS	commutation multiprotocolaire par étiquetage ( <i>multi-protocol label switching</i> )
MPT	ministère britannique des Postes et des Télécommunications (devenu l'Ofcom) ( <i>Ministry of Posts and Telecoms</i> )
MR-FSK	modulation par déplacement de fréquence multirégion ( <i>multi-regional frequency shift keying</i> )
MTC	communication de type machine ( <i>machine-type communication</i> )
MW	mégawatt
M2M	de machine à machine ( <i>machine to machine</i> )
NAN	réseau de proximité ( <i>neighbourhood area network</i> )
NB	bande étroite ( <i>narrow band</i> )
NB-PLC	courant porteur en ligne à bande étroite (CPL-BE) ( <i>narrow band power line communications</i> )
NISTIR	rapport interne de l'Institut national américain des normes et de la technologie ( <i>National Institute of Standards and Technology Interagency/Internal Report</i> )
OFDM	multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MRFO) ( <i>orthogonal frequency division modulation</i> )
PAMR	réseau mobile public ( <i>public access mobile radio</i> )
PHY	(couche) physique
PKMv2	gestion de clés de confidentialité, version 2 ( <i>privacy key management version 2</i> )
PLC	courants porteurs en ligne ( <i>power line communications</i> <sup>31</sup> )
PLT	transmission sur lignes électriques ( <i>power line telecommunications</i> <sup>31</sup> )
PMP	point à multipoint ( <i>point to multipoint</i> )
PMR	radiocommunications mobiles privées ou professionnelles ( <i>professional/private mobile radio</i> )
PRIME	évolution du comptage intelligent par courants porteurs en ligne ( <i>powerline intelligent metering evolution</i> )
PSK	modulation par déplacement de phase (MDP) ( <i>phase shift keying</i> )
PUC	commission des services publics de distribution aux États-Unis ( <i>public utilities commission</i> )
QAM	modulation d'amplitude en quadrature ( <i>quadrature amplitude modulation</i> )
QoS	qualité de service ( <i>quality of service</i> )
RF	radiofréquence
RFID	identification par radiofréquence ( <i>radio frequency identification</i> )
RM2M	machine à machine résilient ( <i>resilient machine to machine</i> )
RSA	algorithme de Rivest, Shamir et Adleman

---

<sup>31</sup> En anglais, les acronymes PLT et PLC sont souvent employés de manière interchangeable.

SCADA	télesurveillance et acquisition de données ( <i>supervisory, control, and data acquisition</i> )
SDO	organisme de normalisation ( <i>standards developing organization</i> )
SDMA	accès multiple par répartition spatiale (AMRS) ( <i>space division multiple access</i> )
SET	plan stratégique européen pour les technologies énergétiques ( <i>European strategic energy technology plan</i> )
SFID	identificateur de flux de service ( <i>service flow identifier</i> )
SG	réseau intelligent ( <i>smart grid</i> )
SGIP	groupe sur l'interopérabilité des réseaux intelligents ( <i>smart grid interoperability panel</i> )
SHA	algorithme de hachage sûr ( <i>secure hash algorithm</i> )
SIM	module d'identification de l'abonné ( <i>subscriber identity module</i> )
SRD	dispositif à courte portée ( <i>short range device</i> )
ST	téléométrie par balayage ( <i>scanning telemetry</i> )
SWIN	réseau hertzien intelligent à portée étendue et orientation industrielle ( <i>smart and wide-coverage industry-oriented wireless network</i> )
TDD	duplex par répartition dans le temps (DRT) ( <i>time division duplex</i> )
TDMA	accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) ( <i>time division multiple access</i> )
TETRA	Trans European Trunked Radio
TIC	technologies de l'information et de la communication
TLS	sécurité dans la couche transport ( <i>transport layer security</i> )
TR	rapport technique ETSI
TSAG	groupe consultatif de la normalisation des télécommunications (GCNT) ( <i>telecommunications standardization advisory group</i> )
UE	Union européenne
UHF	ondes décimétriques ( <i>ultra-high frequency</i> )
UIT	Union internationale des télécommunications
UIT-R	Union internationale des télécommunications – Radiocommunications
UIT-T	Union internationale des télécommunications – Télécommunications
UK	Royaume-Uni ( <i>United Kingdom</i> )
UMTS	système de télécommunications mobiles universelles ( <i>universal mobile telecommunications system</i> )
USA	États-Unis d'Amérique ( <i>United States of America</i> )
UT	terminal d'utilisateur ( <i>user terminal</i> )
UTC	conseil sur les technologies des services collectifs ( <i>utilities technology council</i> )
VHF	ondes métriques ( <i>very high frequency</i> )
VOX	commutation commandée par signaux vocaux ( <i>voice operated switch</i> )
VPN	réseau privé virtuel ( <i>virtual private network</i> )
WAN	réseau étendu ( <i>wide area network</i> )



WASN	réseau étendu de capteurs et/ou d'actionneurs ( <i>wide-area sensor and/or actuator network</i> )
WCDMA	accès multiple à répartition en code à bande élargie ( <i>wide band code-division multiple access</i> )
Wh	wattheure
xHRPD	communications de données par paquets à haut débit étendues ( <i>extended high-rate packet data</i> )

---