

# **Rapport UIT-R SM.2303-4 (06/2023)**

Série SM: Gestion du spectre

## **Transmission d'énergie sans fil au moyen de techniques autres que la transmission par faisceau radiofréquence**

## 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: <https://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 mobile, 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>
<b>TF</b>	Émissions de fréquences étalon et de signaux horaires

*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, 2024

© UIT 2024

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.2303-4

**Transmission d'énergie sans fil au moyen de techniques autres  
que la transmission par faisceau radiofréquence**

(Question UIT-R 210-4/1)

(2014-2015-2017-2021-2023)

## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction .....	7
2 Applications mises au point pour utiliser les techniques TESH .....	8
2.1 Dispositifs portables et mobiles .....	8
2.2 Appareils domestiques et applications logistiques .....	8
2.3 Véhicules électriques .....	10
3 Techniques employées dans les applications TESH ou liées à ces applications.....	12
3.1 Pour les dispositifs portables et mobiles.....	12
3.2 Pour les appareils domestiques .....	17
3.3 Pour les véhicules électriques .....	18
3.4 Pour les robots et les véhicules VGA .....	21
4 État d'avancement de la normalisation de la TESH dans le monde .....	22
4.1 Organisations de normalisation nationales .....	22
4.2 Organisations internationales et régionales .....	24
5 Situation en matière de spectre.....	32
5.1 TESH: distinction entre les bandes de fréquences utilisables pour les applications ISM, et pour les dispositifs à courte portée .....	32
5.2 Bandes non ISM utilisées à l'échelle nationale pour la TESH .....	33
5.3 Bandes ISM utilisées à l'échelle nationale pour la TESH .....	35
6 Exemples de réglementations nationales.....	38
6.1 En Corée .....	38
6.2 Au Japon .....	39
6.3 Chine.....	46
7 Études d'impact entre les systèmes TESH et les services de radiocommunication .....	46
7.1 Résultats des études et activités en cours dans certaines administrations .....	46

7.2	Études TESH génériques concernant l'incidence sur les services de radiodiffusion et résultats .....	59
7.3	Gammes de fréquences 100/110-300 kHz pour la TESH .....	73
7.4	Gamme de fréquences 300-405 kHz pour la TESH pour les dispositifs mobiles et portables.....	73
7.5	Gamme de fréquences 1 700-1 800 kHz pour la TESH pour les dispositifs mobiles et les dispositifs portables .....	73
7.6	Gamme de fréquences 2 000-2 170 kHz pour la TESH pour les dispositifs mobiles et les dispositifs portables .....	74
7.7	Gamme de fréquences 6 765-6 795 kHz pour la TESH.....	74
7.8	Incidence sur les services des fréquences étalon et des signaux horaires.....	74
7.9	Expériences de la CEPT pour protéger les services contre les émissions des dispositifs SRD par induction.....	75
8	Résumé .....	76
9	Références .....	77
Annexe 1 – Lignes directrices relatives à l'évaluation de l'exposition aux radiofréquences dans diverses organisations et administrations.....		77
Annexe 2 – Exemple d'utilisation de la bande ISM 6 765-6 795 kHz pour la recharge de dispositifs mobiles .....		83
Annexe 3 – Données de mesure du bruit par rayonnement et du bruit par conduction émanant des systèmes TESH .....		86
1	Introduction .....	86
2	Modèles et méthodes de mesure.....	87
2.1	Système TESH pour la recharge de véhicules électriques .....	87
2.2	Dispositifs mobiles, dispositifs portables et c appareils domestiques .....	90
3	Limites cibles des rayonnements fixées par le BWF.....	92
3.1	Limites applicables aux systèmes TESH pour la recharge de véhicules électriques .....	92
3.2	Limites pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique.....	93
3.3	Limites pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique.....	94
3.4	Limites pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif .....	94

4	Résultats de mesures du bruit par rayonnement et du bruit par conduction.....	95
4.1	Système TESH pour la recharge de véhicules électriques .....	95
4.2	Dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique .....	100
4.3	Appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique .....	103
4.4	Dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif ....	107
	Annexe 4 – Non utilisée.....	110
	Annexe 5 – Résultats de test de la perturbation par rayonnement électromagnétique causée par la TESH .....	111
5.1	Introduction.....	111
5.2	Configuration générales des mesures et conditions.....	111
5.3	Limites des émissions .....	112
5.4	Perturbations électromagnétiques .....	112
	Annexe 6 – Planification de la radiodiffusion .....	115

## Abréviations/Glossaire

A4WP	Alliance for Wireless Power
AFA	AirFuel Alliance
APT	Télécommunauté Asie-Pacifique
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses (Japon)
ATS	systèmes d'arrêt automatique des trains ( <i>automatic train stop systems</i> )
AWG	Groupe sur les communications hertziennes de l'APT ( <i>APT wireless group</i> )
BBC	British Broadcasting Corporation
BEM	brouillage électromagnétique
BWF	Broadband Wireless Forum (Japon)
CATR	China Academy of Telecommunication Research
CCSA	China Communications Standards Association
CEC	Centres européens des consommateurs
CEI	Commission électrotechnique internationale
CEM	compatibilité électromagnétique
CENELEC	Comité européen de normalisation électrotechnique
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications
CIPRNI	Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants
CISPR	Comité international spécial des perturbations radioélectriques
CJK	Chine-Japon-Corée ( <i>China-Japan-Korea</i> )
CMR	Conférence mondiale des radiocommunications
CTA	Consumer Technology Association
DdC	déclaration de conformité
DGPS	système mondial de radiorepérage différentiel ( <i>differential global positioning system</i> )
DRL	limite de référence dosimétrique ( <i>dosimetric reference limit</i> )
DRM	Digital Radio Mondiale
EDM	électroérosion ( <i>electrical discharge machining</i> )
EGP	électronique grand public
EMF	champs électromagnétiques ( <i>electromagnetic fields</i> )
ENAP	procédure d'approbation des normes européennes ( <i>EN approval procedure</i> )
ERC	Comité européen des radiocommunications ( <i>european radiocommunications Committee</i> )
ERL	niveau d'exposition de référence ( <i>exposure reference level</i> )
ETSI TC ERM	Comité technique Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM) de l'ETSI ( <i>ETSI Technical Committee (TC) EMC and Radio Spectrum Matters (ERM)</i> )

ETSI	Institut européen des normes de télécommunication ( <i>European Telecommunications Standards Institute</i> )
FCC	Federal Communications Commission
GAH	groupe ad hoc
GT	groupe de travail
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISM	industriel, scientifique et médical
ISO	Organisation internationale de normalisation ( <i>international organization for standardization</i> )
ITRS	systèmes radioélectriques par induction pour les trains ( <i>inductive train radio systems</i> )
JARI	Institut de recherche automobile du Japon ( <i>japan automobile research institute</i> )
JTC	comité technique mixte ( <i>joint technical committee</i> )
KAIST	Institut supérieur des sciences et de la technologie de Corée ( <i>korea advanced institute of science and technology</i> )
KATS	agence coréenne pour la technologie et les normes ( <i>korean agency for technology and standards</i> )
KWPF	Forum sur la puissance hertzienne de Corée ( <i>korea wireless power Forum</i> )
LCC	topologie de correspondance inductance (L) – condensateur (C) – condensateur (C) ( <i>Inductor(L) Capacitor(C) Capacitor(C) matching topology</i> )
LCD	affichage à cristaux liquides ( <i>liquid crystal display</i> )
LDC	convertisseur courant continu/courant continu basse tension ( <i>low voltage DC/DC converter</i> )
LED	diode électroluminescente ( <i>light emitting diode</i> )
LF	basse fréquence ( <i>low frequency</i> )
LORAN	navigation à longue portée ( <i>long-range navigation</i> )
MF	fréquence moyenne ( <i>medium frequency</i> )
MIC	Ministère des affaires internationales et des communications (Japon)
MIIT	Ministère de l'industrie et des technologies de l'information (Chine)
MSIT	Ministère des sciences et des TIC (Corée)
NAVDAT	données de navigation ( <i>navigational data</i> )
NAVTEX	messages textuels de navigation ( <i>navigation telex</i> )
NI	norme internationale
OLEV	véhicule électrique en ligne ( <i>online electric vehicle</i> )
OMS	Organisation mondiale de la santé
OOB	hors bande ( <i>out-of-band</i> )
PAS	spécification publiquement disponible ( <i>publicly available specification</i> )
PFC	correction de facteur de puissance ( <i>power factor correction</i> )
PHEV	véhicule électrique hybride rechargeable ( <i>plug-in hybrid electric vehicle</i> )

PMA	Power Matters Alliance
RED	directive concernant les équipements radioélectriques ( <i>radio equipment directive</i> )
RF	radiofréquence
RFI	brouillage radioélectrique ( <i>radio frequency interference</i> )
RP	rapport de protection
RR	Règlement des radiocommunications
RRA	Agence nationale de recherche en radiocommunications (Corée) ( <i>national radio research agency (Korea)</i> )
SAC	China National Standardization Administration Commission
SAE	Society of Automotive Engineers
SAR	débit d'absorption spécifique ( <i>specific absorption rate</i> )
SCRD	dispositif d'horloge radiopilotée ( <i>standard clock radio device</i> )
SDO	organisation élaboratrice de normes ( <i>standards developing organization</i> )
SMFIR	champ magnétique à forme contrôlée en résonance ( <i>shaped magnetic field in resonance</i> )
SMPS	alimentation électrique en mode commutation ( <i>switched-mode power supply</i> )
SRD	dispositif à courte portée ( <i>short range device</i> )
TC	comité technique ( <i>technical committee</i> )
TCAM	Comité pour l'évaluation de la conformité et la surveillance du marché des télécommunications ( <i>telecommunications conformity assessment and market surveillance committee</i> )
TELEC	Centre d'ingénierie des télécommunications (Japon) ( <i>Telecom engineering center (Japan)</i> )
TESF-CM	transmission d'énergie sans fil utilisant un champ magnétique
TG	groupe d'action ( <i>task group</i> )
TIR	rapport d'information technique ( <i>technical information report</i> )
TTA	Association des technologies de télécommunication (Corée) ( <i>telecommunications technology association</i> )
UER	Union européenne de radiodiffusion
UIT-R	Secteur des radiocommunications de l'UIT
UIT-T	Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT
VE	véhicule électrique
VGA	véhicule à guidage automatique
WD	document de travail ( <i>working document</i> )
WPC	Wireless Power Consortium
WPS	alimentation électrique sans fil ( <i>wireless power supply</i> )
WPT	transmission d'énergie sans fil ( <i>wireless power transmission</i> )
WPT-GT	groupe de travail sur la transmission d'énergie sans fil ( <i>wireless power transmission working group</i> )

## 1 Introduction

Le présent Rapport donne des informations sur la transmission d'énergie sans fil (TESF) au moyen de techniques autres que la transmission par faisceau radioélectrique, en tant qu'éléments de réponse à la Question UIT-R 210-4/1.

Il contient des informations sur des réglementations nationales, mais ces informations n'ont pas d'incidence sur la réglementation au niveau international. Il contient également les données d'expérience des pays qui y sont mentionnés et reflète simplement le point de vue de ces pays.

Le présent Rapport traite des gammes de fréquences et des niveaux potentiels associés pour les émissions hors bande, qui n'ont pas été approuvés au sein de l'UIT-R et nécessitent un complément d'étude pour déterminer si la protection des services de radiocommunication est assurée sur la base de critères de protection dans le même canal, dans les canaux adjacents et dans les bandes adjacentes. Le Rapport donne un aperçu de l'état actuel d'avancement des activités de recherche et de développement et des travaux entrepris dans certaines régions.

La mise au point de la première technique de transmission d'énergie sans fil – la technique d'induction – remonte au XIXe siècle. Depuis 2006 et l'innovation du Massachusetts Institute of Technology relative à une technique de transmission d'énergie sans fil n'utilisant pas de faisceau, de nombreuses techniques de transmission d'énergie sans fil (TESF) sont étudiées, par exemple la transmission par faisceau radiofréquence, par induction d'un champ magnétique, par résonance, etc. Les applications de la TESF vont des dispositifs mobiles et portables aux véhicules électriques en passant par les appareils domestiques et les équipements de bureau. De nouvelles caractéristiques sont définies, offrant par exemple une certaine latitude pour le positionnement des chargeurs. Certaines techniques permettent de recharger simultanément plusieurs dispositifs. Aujourd'hui, les techniques TESF par induction sont largement disponibles sur le marché, tandis que les techniques TESF par résonance font leur apparition sur le marché grand public. L'industrie automobile envisage d'utiliser la TESF pour les véhicules électriques (VE) dans un avenir proche.

Les spécifications portent principalement sur les fréquences adaptées pour la TESF pour pouvoir atteindre le niveau de puissance d'émission et l'efficacité énergétique requises, et sur les dimensions physiques des bobines et des antennes. Toutefois, les études sur la coexistence de la TESF avec les systèmes radio existants sont maintenant examinées avec soin et font apparaître de nombreux problèmes qu'il convient de résoudre rapidement. Certains pays et certaines organisations internationales s'occupant de radiocommunications examinent actuellement la réglementation des radiocommunications nécessaire en vue de l'introduction des techniques TESF. Certains résultats et certains examens en cours sont désormais accessibles à tous.

La plupart des informations importantes sur la transmission d'énergie sans fil n'utilisant pas de faisceau figurent dans les références suivantes:

- Recommandation UIT-R SM.2110 – Orientations relatives aux gammes de fréquences pour l'exploitation des systèmes de transmission d'énergie sans fil n'utilisant pas de faisceau pour les véhicules électriques.
- Recommandation UIT-R SM.2129 – Orientations relatives aux gammes de fréquences pour l'exploitation des systèmes de transmission d'énergie sans fil n'utilisant pas de faisceau pour les dispositifs mobiles et portables.
- Rapport UIT-R SM.2449 – Caractéristiques techniques des systèmes de transmission d'énergie sans fil par induction n'utilisant pas de faisceau pour les dispositifs mobiles et portables et analyse des incidences de ces systèmes sur les services de radiocommunication.
- Rapport UIT-R SM.2451 – Évaluation des incidences de la transmission d'énergie sans fil pour le chargement des véhicules électriques (WPT-EV) sur les services de radiocommunication.

## 2 Applications mises au point pour utiliser les techniques TESH

### 2.1 Dispositifs portables et mobiles

#### 2.1.1 TESH par induction pour les dispositifs mobiles tels que les téléphones cellulaires et les dispositifs multimédias portables

La TESH par induction utilise des techniques d'induction. Les applications sont les suivantes:

- dispositifs mobiles et portables: téléphones cellulaires, smartphones, tablettes, ordinateurs bloc-notes;
- matériel audiovisuel: appareils photonumériques;
- équipements professionnels: outils numériques pratiques, systèmes de prise de commande à table;
- autres: matériel d'éclairage (par exemple LED), robots, jouets, dispositifs installés à bord de véhicules, matériel médical, dispositifs de soins de santé, etc.

Certaines techniques de ce type peuvent nécessiter que le dispositif soit positionné exactement sur la source d'énergie. En général, le dispositif à recharger doit être en contact avec la source d'énergie, par exemple le socle de recharge. La puissance de fonctionnement est supposée être comprise entre plusieurs watts et plusieurs dizaines de watts.

#### 2.1.2 TESH par résonance pour les dispositifs mobiles tels que les téléphones cellulaires et les dispositifs multimédias portables tels que les smartphones et les tablettes

La TESH par résonance utilise des techniques de résonance, pour lesquelles la latitude spatiale est plus grande que pour les techniques d'induction. Les applications sont les suivantes, pour une orientation quelconque (x, y et z) sans techniques d'alignement:

- téléphones cellulaires, smartphones, tablettes, ordinateurs bloc-notes, dispositifs à porter sur soi;
- appareils photo numériques, caméscopes numériques, lecteurs de musique, téléviseurs portables;
- outils numériques pratiques, systèmes de prise de commande à table, matériel d'éclairage (par exemple LED), robots, jouets, dispositifs installés à bord de véhicules, matériel médical, dispositifs de soins de santé, etc.

L'Annexe 2 décrit un exemple de ce type de technique TESH.

### 2.2 Appareils domestiques et applications logistiques

Il est possible que les caractéristiques et aspects nécessaires dans ce cas soient analogues à ce qu'ils sont dans le cas de la TESH pour les dispositifs portables et multimédias. Toutefois, la puissance utilisée est généralement plus élevée. Par conséquent, il se peut que certains pays exigent que des dispositions réglementaires supplémentaires soient respectées.

Plus la puissance de fonctionnement des dispositifs électroniques grand public tels que les téléviseurs grand écran est élevée, plus la TESH pour ces produits nécessite une puissance de recharge élevée, supérieure à 100 W, pour laquelle la certification ne pourra pas être obtenue dans certains pays au vu des catégories réglementaires et des politiques en matière de radiocommunications qui existent.

Les méthodes d'induction magnétique et de résonance magnétique peuvent être utilisées en fonction du type d'applications de la TESH – appareils domestiques ou applications logistiques. Les applications sont les suivantes:

- appareils domestiques: appareils électroménagers, mobilier, cuisinière, mixeur, téléviseur, petit robot, matériel audiovisuel, matériel d'éclairage, dispositifs de soins de santé, etc.;
- applications logistiques: matériel de stockage dans un entrepôt logistique, matériel médical, transmission aérienne sur des lignes de produits LCD et à semi-conducteurs, véhicules à guidage automatique (VGA), etc.

La puissance de fonctionnement devrait être comprise entre plusieurs centaines de watts et plusieurs kW en raison de la consommation d'énergie des dispositifs. Les fréquences adaptées sont inférieures à 6 780 kHz si l'on tient compte des émissions RF, des performances du système et d'autres facteurs connexes.

### 2.2.1 Appareils domestiques

Des appareils domestiques à alimentation sans fil sont mis au point pour remplacer les appareils de cuisine par induction et certaines organisations de normalisation extérieures prévoient de publier des normes (par exemple Ki v1.0 du Wireless Power Consortium<sup>1</sup>) pour les appareils de cuisine à alimentation sans fil. Certaines entreprises ont présenté des prototypes de produits lors de salons professionnels, mais les produits commerciaux ne sont pas encore disponibles. Alors que les appareils domestiques utilisant la TEF se diversifient, le CISPR et d'autres organisations de normalisation examinent les méthodes de mesure pour l'évaluation de la compatibilité électromagnétique (CEM) et des champs électromagnétiques. La Figure 1 montre un échantillon d'appareils de cuisine dotés d'équipements de transmission d'énergie sans fil, comprenant un robot culinaire, un mixeur et un cuiseur à riz, notamment. Il s'agit d'une scène d'exposition présentée à la manifestation Mini CES, qui s'est tenue au siège social d'Exhibit Concepts Inc., à Vandalia, Ohio, du 9 au 11 mai 2022.

FIGURE 1

Exposition de prototypes d'appareils de cuisine du WPC



### 2.2.2 Applications logistiques

Les robots et les véhicules à guidage automatique (VGA) sont activement utilisés dans la logistique, et les grands entrepôts logistiques utilisant un grand nombre de ces robots et véhicules. Pour les recharger, on utilise généralement le chargement autonome et le chargement sans fil, car il est impossible, pour des humains, de charger manuellement chacun des appareils, un par un.

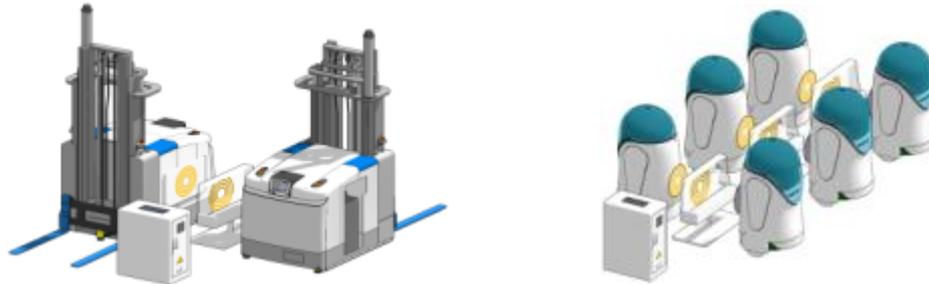
La puissance de charge des petits robots est comprise entre 200 W et 600 W environ, tandis que les grands robots d'usine et les véhicules VGA nécessitent de 1 kW à 4 kW. La méthode de chargement type consiste à poser un émetteur sur le sol, mais dans des lieux tels que des usines ou des entrepôts

---

<sup>1</sup> On trouvera des informations sur le Wireless Power Consortium (WPC) dans le § 4.2, Tableau 2.

logistiques, où tout objet étranger peut être source de gêne, on utilise généralement un dispositif de charge horizontal. La Figure 2 représente le schéma conceptuel d'un chargeur double et d'un chargeur à six emplacements pour la recharge sans fil des robots et des véhicules VGA dans une usine intelligente.

FIGURE 2  
Configuration de charge sans fil double et à six emplacements



### 2.3 Véhicules électriques

Le principe de la TESH pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables est de recharger lesdits véhicules sans câble d'alimentation lorsque la TESH est disponible. L'énergie transférée dans le véhicule sera utilisée pour la conduite, l'alimentation de dispositifs supplémentaires dans le véhicule, comme la climatisation, et d'autres besoins liés au véhicule. Les techniques et applications TESH sont examinées à la fois lorsque le véhicule est en stationnement et lorsqu'il circule.

Les systèmes de TESH pour véhicules électriques sont une technologie naissante très prometteuse, qui pourrait permettre d'accélérer l'adoption des véhicules électriques et de réduire les effets des émissions des véhicules sur l'environnement. Ils sont en cours de développement et l'on prévoit que cette technologie sera commercialisée d'ici à 2020.

Parallèlement, pour réaliser cet objectif, il est nécessaire de prévoir les stations de recharge publiques pour ces véhicules électriques. Par conséquent, ces systèmes TESH devront avoir été normalisés quelques années avant cette échéance (en 2018 par exemple) afin de garantir la compatibilité de cette infrastructure de recharge publique avec les systèmes installés dans les véhicules électriques ainsi que l'interopérabilité des différents types de systèmes. En Europe, la Commission européenne a publié la directive sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs (2014/94/UE) en octobre 2014. Puis, au vu de cette directive, la Commission européenne a publié en mars 2015 la décision d'exécution de la Commission relative à une demande de normalisation (M/533) adressée aux organisations européennes de normalisation en vue de l'élaboration de normes européennes applicables à l'infrastructure pour carburants alternatifs. Près de 20 éléments sont énumérés dans ce document, parmi lesquels la normalisation de l'alimentation en électricité, en hydrogène et en gaz naturel. La normalisation du système TESH pour les véhicules électriques figure en tête. Dans ce document, le CENELEC est invité à publier une norme européenne contenant des spécifications techniques assorties d'une solution unique permettant de recharger sans fil les voitures de tourisme et les véhicules utilitaires légers et compatible avec la spécification contenue dans la norme CEI 61980-3, avant le 31/12/2019.

La puissance de recharge peut varier en fonction des exigences des utilisateurs.

En général, pour des véhicules de tourisme à usage personnel, une puissance de 3,3 kW, 7,7 kW ou 11 kW est utilisée. Toutefois, pour un usage public, certains utilisateurs souhaitent que la recharge soit rapide, où il se peut que leur véhicule nécessite une puissance beaucoup plus élevée pour un usage particulier. Une puissance de 22 kW ou plus est également envisagée aujourd'hui pour les véhicules de tourisme.

Pour les poids lourds, une puissance initiale équivalente à 75 kW peut être nécessaire. Une puissance de 100 kW ou plus est également envisagée.

Les projets de normalisation des systèmes TESH a commencé il y a déjà quelques années. Le CEI/TC69/WG7 élabore actuellement la série CEI 61980, qui porte sur les spécifications de l'équipement du côté de l'alimentation, et l'ISO/TC22/SC37/JPT19363 met actuellement au point la norme ISO 19363, qui porte sur les spécifications du côté du véhicule électrique; les deux équipes travaillent en étroite collaboration. L'échéancier de mise au point de ces normes est indiqué dans le tableau ci-dessous.

Numéro	Titre	Statut de publication	Date de publication
CEI 61980-1	Systèmes de transfert d'énergie sans fil pour véhicules électriques – Partie 1: Exigences générales	Norme internationale 2ème éd.	19/11/2020
CEI 61980-2	Systèmes de transport d'énergie sans fil pour véhicules électriques – Partie 2: Exigences spécifiques en matière de communication entre un véhicule électrique routier et l'infrastructure par rapport aux systèmes de transport d'énergie sans fil	Projet final de Norme internationale, 1ère éd.	2022/2023 (estimation) (norme internationale, 1ère éd.)
CEI 61980-3	Systèmes de transport d'énergie sans fil pour véhicules électriques – Partie 3: Exigences spécifiques relatives aux systèmes de transport d'énergie sans fil à base de champs magnétiques	Projet final de Norme internationale, 1ère éd.	2022/2023 (estimation) (norme internationale, 1ère éd.)
ISO 19363	Véhicules routiers électriques – Transmission d'énergie sans fil par champ magnétique	Norme internationale, 1ère éd.	04/2020

S'agissant de la fréquence du système TESH applicable aux voitures de tourisme et aux véhicules utilitaires légers, plusieurs bandes de fréquences possibles ont été évaluées en considérant des paramètres tels que la difficulté à répondre aux exigences en matière de compatibilité électromagnétique et de champ électromagnétique, le conditionnement à bord du véhicule, la masse et le volume, le coût comparatif de l'électronique de puissance, etc. À l'issue de cette évaluation, le secteur industriel a conclu que la bande 79-90 kHz (dite «bande des 85 kHz») était le choix le plus approprié pour ces applications.

Dans les normes CEI 61980-3 et ISO 19363, qui portent expressément sur les systèmes de transfert d'énergie sans fil utilisant un champ magnétique (TESF-CM), la bande des 85 kHz est spécifiée comme étant la bande de fréquences du système pour le TESH-CM jusqu'à 11,1 kW.

### 3 Techniques employées dans les applications TESH ou liées à ces applications

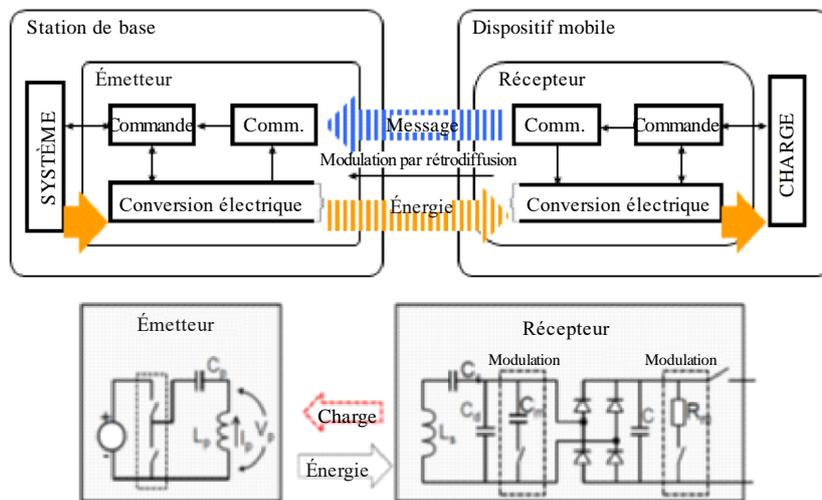
#### 3.1 Pour les dispositifs portables et mobiles

##### 3.1.1 Technique TESH par induction magnétique

La TESH par induction magnétique est une technique bien connue, qui est utilisée depuis longtemps dans les transformateurs, dans lesquelles une bobine primaire et une bobine secondaire sont couplées par induction, par exemple grâce à l'utilisation d'un noyau magnétique perméable commun. La transmission d'énergie par induction dans l'air, dans laquelle la bobine primaire et la bobine secondaire sont séparées physiquement, est également une technique connue depuis plus d'un siècle. Également appelée TESH à couplage étroit, cette technique est caractérisée par le fait que le rendement de la transmission d'énergie chute si la distance dans l'air est supérieure au diamètre de la bobine et si les bobines ne sont pas alignées en deçà de la distance de décalage. Le rendement de la transmission d'énergie dépend du facteur de couplage ( $k$ ) entre les inducteurs et de leur qualité ( $Q$ ). Cette technique permet d'obtenir un rendement plus élevé que la méthode de résonance magnétique. Elle est commercialisée pour la recharge des smartphones. Avec un réseau de bobines, cette technique offre par ailleurs une certaine souplesse concernant l'emplacement de la bobine du récepteur par rapport à l'émetteur.

FIGURE 3

Exemple de schéma de système TESH par induction magnétique



Rapport SM.2303-03

##### 3.1.1.1 Système Qi

Le transfert d'énergie est fondé sur l'induction magnétique en champ proche entre bobines. Les dispositifs fonctionnent généralement à une distance inférieure à 2 mm. Ces applications génèrent des champs magnétiques élevés à proximité de la bobine de l'émetteur pour atteindre un rendement de transfert de puissance élevé, supérieur à 90%. Les applications n'étant pas conçues pour produire un champ électrique rayonnant intentionnellement, les bobines d'émission  $Q_i$  sont des émetteurs de champ électrique extrêmement inefficaces, avec une puissance apparente rayonnée type de  $2,9 \mu\text{W}$ .

Un système de commande simple est utilisé pour lancer, gérer et arrêter le transfert d'énergie. La détection des corps étrangers est intégrée dans les fonctionnalités de sécurité.

Le dispositif mobile contient un récepteur de puissance (PRx) qui fonctionne lorsqu'il est placé au-dessus d'un émetteur de puissance (PTx), comme indiqué sur la Fig. 4.

FIGURE 4

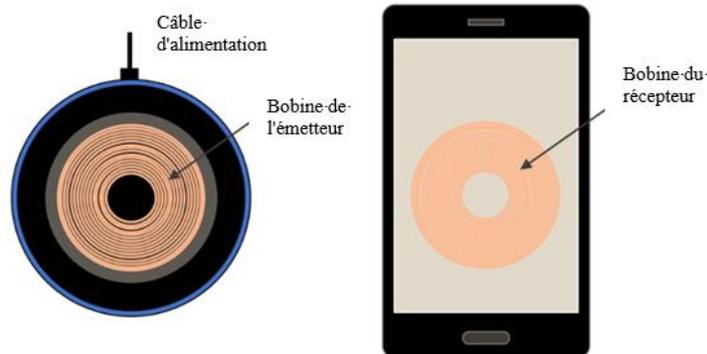
Un smartphone sans fil sur une station de charge



L'émetteur et le récepteur contiennent tous deux des bobines, comme indiqué dans le diagramme conceptuel présenté dans la Fig. 5, ainsi que des circuits gérant la communication et le transfert d'énergie entre eux.

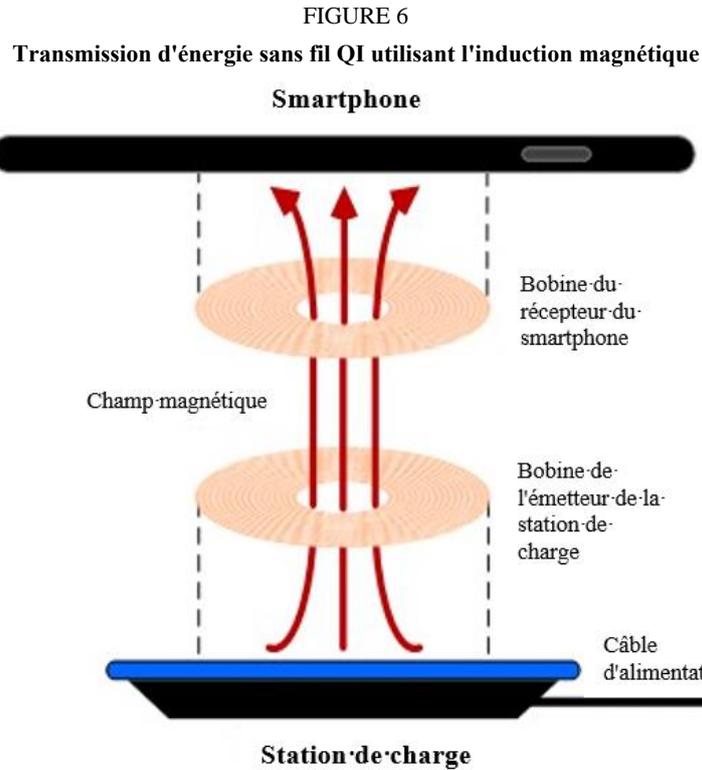
FIGURE 5

Bobines dans le chargeur et le smartphone



Dans le système illustré dans la Fig. 5, l'énergie est transférée de l'émetteur contenu dans le chargeur à un récepteur contenu dans le smartphone. Avant le début de la charge, l'émetteur et le récepteur communiquent entre eux pour déterminer si le dispositif mobile est compatible et peut être rechargé, s'il doit être rechargé, quelle est la puissance requise, etc. En résumé, la communication assure un transfert d'énergie approprié de l'émetteur de puissance au récepteur de puissance.

Lorsque la charge commence, l'émetteur de puissance fait circuler un courant alternatif dans sa bobine, qui génère un champ magnétique alternatif conformément à la loi de Faraday (voir la Fig. 6). Ce champ magnétique est à son tour capté par la bobine située à l'intérieur du récepteur de puissance et retransformé par un convertisseur de puissance en un courant alternatif qui, après redressement, peut être utilisé pour recharger la batterie.



### 3.1.2 Technique TESF par résonance magnétique

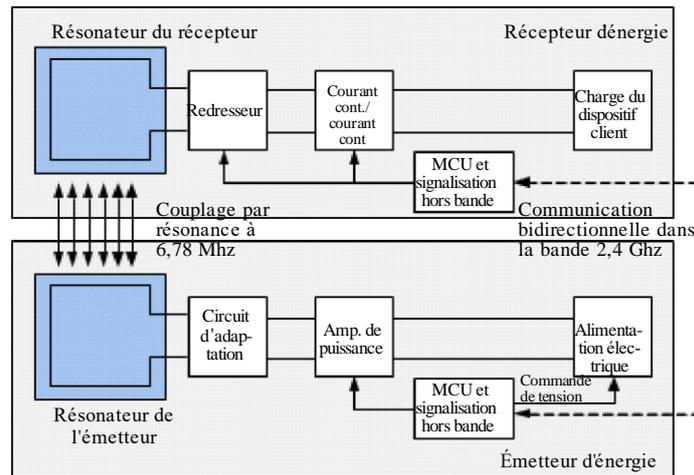
La TESF par résonance magnétique est également appelée TESF à faible couplage. Le principe théorique de cette méthode de résonance magnétique a commencé à être élaboré en 2005 par le Massachusetts Institute of Technology, et a été validé expérimentalement en 2007<sup>2</sup>. La méthode utilise une bobine et un condensateur en tant que résonateur, l'énergie électrique étant transmise par résonance électromagnétique entre la bobine de l'émetteur et celle du récepteur (couplage par résonance magnétique). En faisant correspondre la fréquence de résonance des deux bobines avec un facteur Q élevé, l'énergie électrique peut être transmise sur une grande distance sur laquelle le couplage magnétique entre les deux bobines est faible. La TESF par résonance magnétique permet de transmettre l'énergie électrique sur une distance pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres.

Cette technique offre également une certaine souplesse concernant l'emplacement de la bobine du récepteur par rapport à la bobine d'émission. On trouvera des détails techniques pratiques dans un grand nombre d'articles techniques, par exemple dans les références [http://www.mit.edu/~soljagic/wireless\\_power.html](http://www.mit.edu/~soljagic/wireless_power.html) et <http://www.rezence.com/>.

<sup>2</sup> [http://www.mit.edu/~soljagic/wireless\\_power.html](http://www.mit.edu/~soljagic/wireless_power.html).

FIGURE 7

## Exemple de schéma de système TESH par résonance magnétique



Rapport SM.2303- 07

### 3.1.2.1 Dispositifs TESH portables et mobiles dans la bande 13,553-13,567 MHz

Les lunettes intelligentes sont un type de dispositif portables intelligents généralement configurés avec des systèmes d'exploitation indépendants et une fonction audio intelligente. De plus, les lunettes intelligentes peuvent être rechargées avec la technologie de charge sans fil. Un type de lunettes intelligentes<sup>3</sup> est illustré à la Fig. 8. Ce type de dispositif utilise la technologie de charge sans fil à 13,56 MHz, tirant parti de la liaison de communication en champ proche (NFC) pour contrôler le transfert d'énergie. Comme le montre la Fig. 9, la recharge sans fil des lunettes intelligentes est effectuée avec l'étui à lunettes, ce boîtier faisant fonction d'émetteur et les lunettes intelligentes de récepteur pour la recharge sans fil NFC. La bobine d'émission est située sur le côté de l'étui à lunettes, et la bobine de réception est située dans la branche des lunettes. Lorsque les lunettes sont placées dans le boîtier, les deux bobines se trouvent proches l'une de l'autre et un couplage magnétique est établi. L'émetteur émet un champ magnétique alternatif à une fréquence de 13,56 MHz. Le flux du champ magnétique induit une tension alternative sur la bobine de réception, qui peut être utilisée pour entraîner la batterie dans les branches des lunettes, après redressement. La puissance de charge totale des branches des lunettes est inférieure à 1 W et les dispositifs peuvent fonctionner sur une portée inférieure à 1 cm.

FIGURE 8

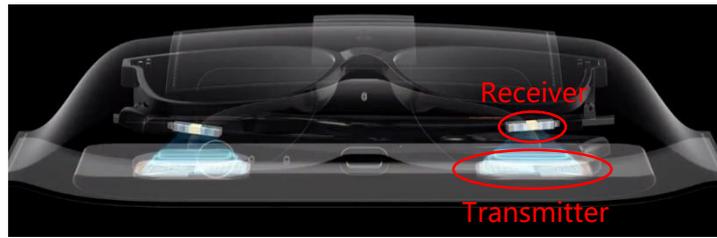
## Un type de lunettes intelligentes



<sup>3</sup> On trouvera des renseignements concernant ces lunettes intelligentes à l'adresse: <https://www.vmall.com/product/10086622420520.html>.

FIGURE 9

## Émetteur et récepteur des lunettes intelligentes

**Légende:**

Receiver = Récepteur

Transmitter = Émetteur

En utilisant les champs électromagnétiques dans la communication NFC pour transmettre de l'énergie, sans créer d'autres rayonnements électromagnétiques, la technologie de charge sans fil à 13,56 MHz permet aux dispositifs NFC de prendre en charge la recharge hertzienne à haute fréquence moyennant de légères modifications.

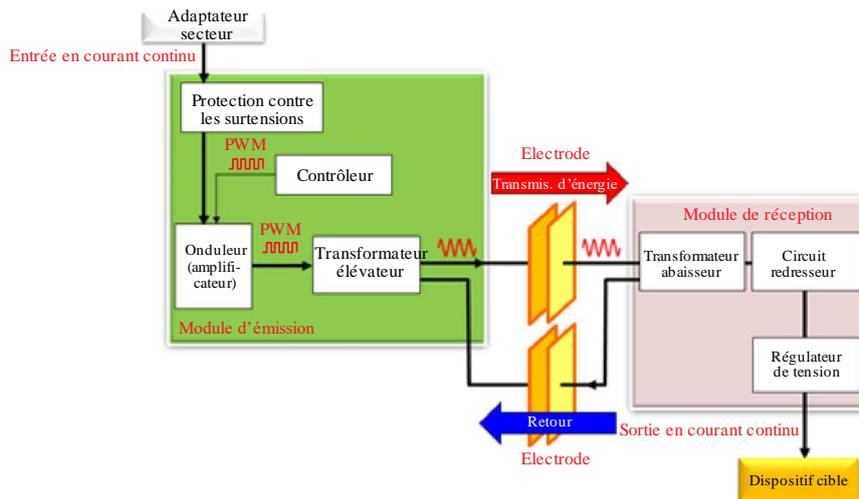
### 3.1.3 Technique TESH par couplage capacitif

Le système TESH par couplage capacitif possède deux ensembles d'électrodes et n'utilise pas de bobines comme dans le cas des systèmes TESH de type magnétique. L'énergie est transmise via un champ d'induction généré par le couplage des deux ensembles d'électrodes. Le système à couplage capacitif présente les avantages indiqués ci-après. Les Figures 10 et 11 représentent respectivement le schéma du système et sa structure type.

- 1) Le système à couplage capacitif offre une certaine latitude pour le positionnement horizontal avec un système de recharge facile à utiliser pour les utilisateurs finals.
- 2) Une électrode très mince (moins de 0,2 mm) peut être utilisée entre l'émetteur et le récepteur du système, ce qui permet de l'intégrer dans les dispositifs mobiles de faible épaisseur.
- 3) Pas de génération de chaleur dans la zone de transmission d'énergie sans fil. Autrement dit, la température ne s'élève pas dans cette zone, de sorte que la batterie est protégée contre la chaleur y compris lorsqu'elle est placée à proximité.
- 4) Le niveau d'émission du champ électrique est faible en raison de la structure du système de couplage. Le champ électrique émane des électrodes destinées à la transmission d'énergie.

FIGURE 10

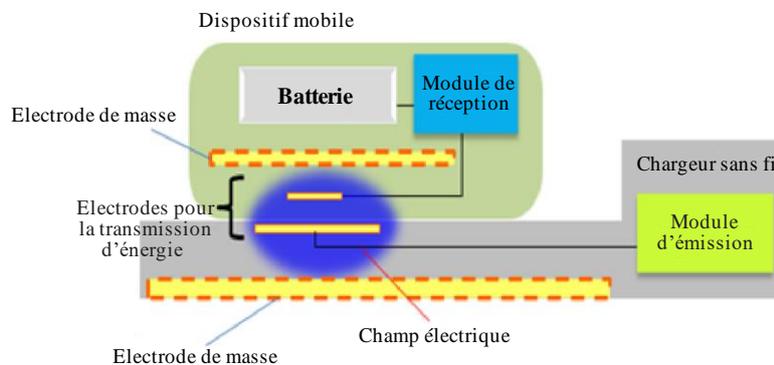
## Schéma du système TESH par couplage capacitif



Rapport SM.2303-04

FIGURE 11

## Structure type du système à couplage capacitif



Rapport SM.2303-05

### 3.2 Pour les appareils domestiques

Les sources de transmission d'énergie par induction (émetteurs) peuvent être interdépendantes ou être intégrées dans les plans de travail de la cuisine ou dans les tables de repas. Ces émetteurs pourraient permettre d'associer la TESH à un appareil avec un système classique de chauffage par induction.

Pour les appareils domestiques, le niveau de puissance va généralement jusqu'à plusieurs kilowatts, et pour la charge, on peut utiliser un moteur ou un système de chauffage. Les produits futurs prendront en charge une puissance de plus de 2 kW et un nouveau projet d'appareils de cuisine sans cordon est actuellement examiné.

Compte tenu de la forte utilisation d'énergie chez les particuliers, il est préférable d'utiliser des fréquences de l'ordre de plusieurs dizaines de kHz.

Des dispositifs très fiables tels que les transistors bipolaires à grille isolée (IGBT) sont généralement utilisés et ces dispositifs fonctionnent dans la gamme de fréquences 10-100 kHz.

Les produits utilisés dans la cuisine doivent respecter les exigences en matière de sécurité et de champs électromagnétiques. Et, outre le fait qu'il doit être peu onéreux, il est également essentiel que l'émetteur soit léger et de petite taille pour être installé dans la cuisine. La distance entre l'émetteur et le récepteur est censée être inférieure à 10 cm.

Les Figures 12 et 13 montrent des exemples d'appareils de cuisine à alimentation sans fil qui seront bientôt commercialisés.

FIGURE 12

## Appareils de cuisine à alimentation sans fil



Mixeur à couplage étroit

Cuiseur à riz à couplage étroit

Rapport SM.2303-06

Des systèmes TESF sont déjà intégrés dans les lignes de produits des panneaux à semi-conducteurs et LCD, les images ci-après en montrent des exemples.

FIGURE 13

## Cas d'utilisation sur des lignes de produits LCD et à semi-conducteurs et systèmes TESF pour la cuisine



(Transmission TESF aérienne sur une ligne de produits LCD)

(Transmission TESF aérienne sur une ligne de produits à semi-conducteurs)

(Ilot de cuisine TESF dans un appartement)

Rapport SM.2303-07

### 3.3 Pour les véhicules électriques

Il existe plusieurs types de méthodes TESF, mais la transmission d'énergie sans fil utilisant un champ magnétique (TESF-CM) est l'une des principales méthodes étudiées dans les groupes de normalisation (par exemple CEI TC69/WG7 et SAE J2954TF) en ce qui concerne la TESF pour les véhicules électriques, y compris les véhicules électriques hybrides rechargeables. La TESF-CM pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables utilise à la fois l'induction et la résonance magnétique. L'énergie électrique est transmise de la bobine primaire à la bobine secondaire efficacement par un champ magnétique en utilisant la résonance entre la bobine et le condensateur.

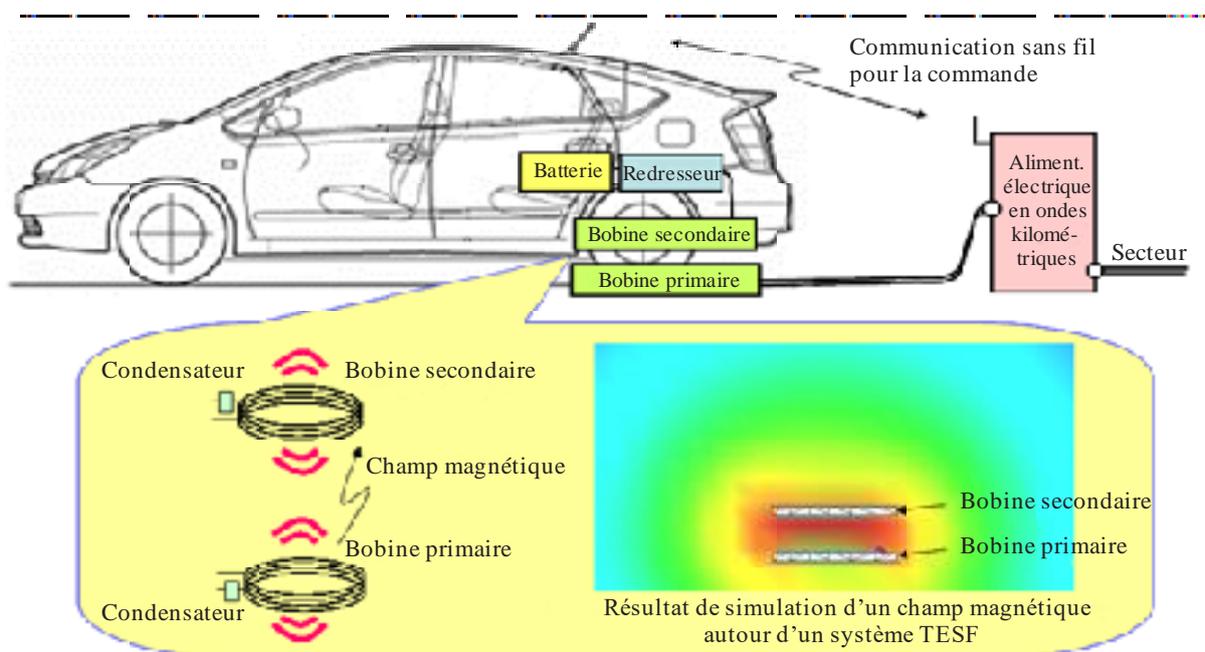
Les applications prévues pour les véhicules de tourisme reposent sur les aspects suivants:

- 1) Application de la TESF: transmission d'énergie électrique depuis une prise de courant d'une résidence ou d'un service public d'électricité vers les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables.

- 2) Cadre d'utilisation de la TESH: résidence, appartement, parking public, etc.
- 3) Utilisation de l'électricité dans les véhicules: tous les systèmes électriques, par exemple les batteries rechargeables, ordinateurs, climatiseurs, etc.
- 4) Exemples de cadre d'utilisation de la TESH: un exemple concernant les véhicules de tourisme est illustré sur la Fig. 8.
- 5) Méthode TESH: un système TESH pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables a au moins deux bobines, l'une dans le dispositif primaire et l'autre dans le dispositif secondaire. L'énergie électrique est transmise du dispositif primaire au dispositif secondaire par un flux/champ magnétique.
- 6) Emplacement des dispositifs (emplacement des bobines):
  - a) Dispositif primaire: sur ou dans le sol.
  - b) Dispositif secondaire: sous le véhicule.
- 7) Entrefer entre les bobines primaire et secondaire: moins de 30 cm.
- 8) Exemple de classe de puissance d'émission: 3 kW, 6 kW ou 20 kW.
- 9) Sécurité: le dispositif primaire ne peut commencer à transmettre de l'énergie que si le dispositif secondaire est situé au bon endroit pour la TESH. Le dispositif primaire doit cesser la transmission en cas de difficulté à maintenir une transmission en toute sécurité.

FIGURE 14

**Exemple de système TESH pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables**

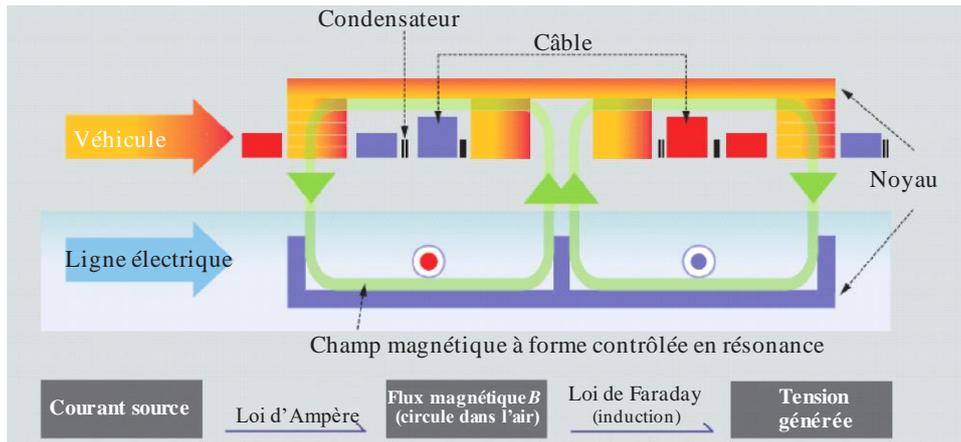


Rapport SM.2303-08

Pour mouvoir un poids lourd tel qu'un bus électrique, l'infrastructure du système doit incorporer des bandes électrifiées dans la chaussée qui transmettront magnétiquement de l'énergie audit véhicule électrique. Le bus se déplace le long de ces bandes sans s'arrêter pour recharger ses batteries: on parle de véhicule électrique en ligne (OLEV). Le bus peut aussi être rechargé à l'arrêt (arrêt de bus ou garage). Le bus en ligne dans un parc d'attractions ou en ville est le premier système exploité en tant que poids lourd électrique dans le monde.

FIGURE 15

## Caractéristiques techniques d'un véhicule électrique en ligne



Rapport SM.2303-09

La conception du champ magnétique entre la bobine d'émission et la bobine de réception est essentielle dans la conception du système TESF pour que l'énergie et le rendement soient les plus élevés possible.

En premier lieu, le champ magnétique doit être en résonance grâce à l'utilisation de bobines d'émission et de réception en résonance afin d'obtenir une énergie et un rendement élevés.

En second lieu, la forme du champ magnétique doit être contrôlée, grâce à l'utilisation d'un matériau magnétique comme un tore de ferrite, de manière qu'il y ait le moins de résistance magnétique possible sur le trajet du champ magnétique, afin de réduire les fuites de champ magnétique et d'augmenter l'énergie transmise.

On parle de technologie SMFIR (champ magnétique à forme contrôlée en résonance).

FIGURE 16

## Exemple de véhicule électrique en ligne



Rapport SM.2303-10

### 3.4 Pour les robots et les véhicules VGA

#### 3.4.1 Technologie de bobine d'émission-réception de charge sans fil d'un seul côté à 3,3 kW

Dans l'environnement d'émission de la classe 3,3 kW pour le chargement sans fil des robots, une bobine d'émission-réception à plusieurs couches, telle que celle illustrée dans la Fig. 17 est conçue en fonction de la taille de la bobine montable et de la distance entre les bobines d'émission et de réception. En outre, la perte et la production de chaleur au niveau de la bobine peuvent être réduites au minimum grâce à la conception structurelle du conducteur de mise à la terre.

FIGURE 17

Exemple de structure à deux couches d'une bobine d'émission/de réception



Une topologie de bobine pour la recharge sans fil en grappe de six récepteurs a été étudiée. À l'heure actuelle, une structure sans ferrite est utilisée dans la bobine d'émission, de sorte que le chargement sans fil est possible simultanément dans les deux directions d'une bobine d'émission. La conception d'une bobine de réception avec une structure en ferrite capable d'augmenter la directivité d'un champ magnétique permet de réduire l'influence des bobines de réception adjacentes. Par conséquent, pour la recharge sans fil simultanée de six appareils, on utilise trois bobines d'émission et six bobines de réception.

#### 3.4.2 Technologie de module d'émission-réception de recharge sans fil d'un seul côté de classe 3,3 kW

Afin d'optimiser le module d'émission-réception de recharge sans fil de classe 3,3 kW et d'obtenir une efficacité maximale, on a utilisé une source d'alimentation stable, sous la forme d'un système d'alimentation en courant continu (par exemple, alimentation en mode commutation (SMPS)) avec fonction intégrée de protection des circuits. À cette fin, on a utilisé une alimentation SMPS de classe 4 kW avec une topologie de correction de facteur de puissance (PFC) sans pont en totem pole, qui permet de garantir une efficacité maximale en minimisant les pertes d'éléments internes (inductance, diode, etc.) dans la structure existante. Une structure naturelle de dissipation thermique peut être souhaitable pour réduire la taille globale du système et simplifier la structure de dissipation thermique.

Dans la bande de 79 à 90 kHz, l'utilisation d'un module de transmission de classe 3,3 kW permet d'optimiser l'efficacité de la transmission d'énergie et la production de chaleur est minimisée grâce à l'utilisation d'une structure de correspondance inductance-condensateur-condensateur (LCC) à faibles pertes et d'un MOSFET double. De plus, ce module dispose d'une fonction intégrée de contrôle de la puissance d'émission utilisant la communication WiFi avec le module de réception.

Le module de réception permettant de charger une batterie de classe 100 V a été utilisé avec un circuit redresseur utilisant une diode de classe 400 V et un commutateur MOSFET pour la commande de charge marche/arrêt automatique. Une adaptation LCC à faibles pertes a également été appliquée au module de réception pour une charge en courant constant.

Il est prévu de fabriquer un convertisseur courant continu/courant continu basse tension (LDC) à haut rendement, afin de convertir la tension de la batterie (catégorie 100 V) en une source d'alimentation appropriée (25 V en courant continu) pour le robot de transport.

La bande de fréquences réservée aux véhicules WPT-EV (79-90 kHz) a été utilisée pour recharger les prototypes de robots. En 2022, l'Institut de recherche en électronique et en télécommunications (ETRI) (ETRI) de la République de Corée a mis au point un robot intégrant la charge sans fil de 1 kW, qui a démontré une efficacité de transmission courant continu/courant continu de plus de 90% tout en respectant les normes coréennes en matière de CEM et de champs électromagnétiques pour un espacement de 7 cm entre l'émetteur et le récepteur. L'ETRI met au point un chargeur multi-sans fil de 3,3 kW pour robots et véhicules VGA pour 2022. L'objectif du développement technologique est de produire un chargeur double face pour véhicule VGA capable de charger simultanément deux récepteurs de 1,75 kW chacun avec une bobine d'émission, et un chargeur sans fil à plusieurs emplacements capable de charger simultanément six robots avec une puissance de réception de 600 watts. Chaque chargeur vise un rendement courant alternatif/courant continu supérieur à 86% pour un espacement de 5 cm entre l'émetteur et le récepteur.

## 4 État d'avancement de la normalisation de la TESH dans le monde

### 4.1 Organisations de normalisation nationales

Les paragraphes ci-après contiennent des données d'expériences fournies à titre d'information uniquement et reflètent simplement les vues des pays concernés.

#### 4.1.1 Chine

En Chine, la CCSA (China Communication Standard Association) a étudié des normes TESH pour les dispositifs portables. D'autres rapports ont été élaborés par la CCSA, notamment des rapports intitulés «Recherche sur les problèmes liés aux systèmes de chargement hertziens à faible puissance», «Recherches sur les fréquences et la gestion de chargement hertzien – dispositifs mobiles basse fréquence de faible puissance» et «Recherche sur les spécifications radiofréquences et les réglementations pertinentes applicables aux dispositifs de TESH mobiles et portables».

En 2015, l'organisation nationale de normalisation de l'industrie automobile a été créée et a formulé trois normes nationales, sous la direction du Centre de recherche et de technologie automobile de Chine (CATARC). Depuis 2017, l'organisation nationale de normalisation du secteur de l'énergie, dirigée par le Conseil chinois de l'électricité (CEC), a élaboré des normes nationales pertinentes pour les véhicules WPT-EV. Certaines normes nationales relatives aux systèmes WPT-EV sont énumérées dans le tableau ci-dessous.

Numéro	Titre	Date de publication
GB/T 37132	Exigences générales et méthodes de tests de la compatibilité électromagnétique des équipements de transmission d'énergie sans fil	28/12/2018

#### 4.1.2 Japon

Au sein du Broadband Wireless Forum (BWF, Japon), le Groupe de travail sur la TESH est chargé de rédiger des normes techniques sur la TESH conformément aux protocoles de rédaction de l'Association of Radio Industries and Businesses (ARIB). Une série de projets de norme élaborée par le BWF a été envoyée à l'ARIB pour approbation. Le BWF a mené une étude technique approfondie relative au spectre pour la TESH pour toutes les applications et techniques. En 2015, les techniques TESH ci-après ont été approuvées par l'ARIB en tant que normes japonaises:

- ARIB STD-T113 V1.1 «*Wireless Power Transmission Systems*» (Systèmes de transmission de l'énergie sans fil).
- Partie 1 «*400 kHz Capacitive Coupling Wireless Power Transmission System*» (Système de transmission de l'énergie sans fil par couplage capacitif à 400 kHz).
- Partie 2 «*6.78 MHz Magnetic Coupling Wireless Power Transmission System for Mobile Devices*» (Système de transmission de l'énergie sans fil par couplage magnétique à 6,78 MHz pour les dispositifs mobiles).
- Partie 3 «*Microwave Electromagnetic Field Surface Coupling Wireless Power Transmission System for Mobile Devices*» (Système de transmission de l'énergie sans fil par couplage en surface par champ électromagnétique micro-ondes).

Outre l'élaboration et l'évaluation de spécifications sur les ondes radioélectriques pour la transmission d'énergie, les mécanismes de transmission de signalisation de commande sont étudiés. Une harmonisation des fréquences à l'échelle mondiale est examinée avec soin pour les systèmes destinés au marché mondial.

En juin 2013, le Ministère de l'intérieur et des communications (MIC) ayant décidé d'élaborer une nouvelle réglementation sur la TESH, un Groupe de travail sur la transmission d'énergie sans fil, relevant du Sous-Comité du MIC sur l'environnement électromagnétique lié à l'utilisation des ondes radioélectriques, a été créé. Il est essentiellement chargé d'étudier les bandes de fréquences pour la TESH et la coexistence avec les systèmes existants. Au vu des résultats obtenus par le Groupe de travail, le Rapport pour l'élaboration de règles relatives à la TESH a été approuvé par le Conseil de l'information et des communications du MIC et a été publié en 2015. On trouvera davantage d'informations dans le Chapitre 6. ARIB STD-T113 fait référence à ces nouvelles règles pour sa conformité.

#### 4.1.3 Corée

En Corée, le Ministère des sciences, des TIC et de la planification (MSIP) et l'Agence nationale de recherche en radiocommunications (RRA) associée sont les organismes publics s'occupant de la réglementation de la TESH. Les principales organisations de normalisation qui élaborent les normes relatives à la TESH sont indiquées dans le Tableau 1.

En 2022, deux normes ont été élaborées: la norme TTAK.KO-06.0578, intitulée «Exigences et modèle de référence pour la détection de corps étrangers assistée par la vision et la détection biométrique pour la transmission d'énergie sans fil dans les robots et les véhicules VGA», qui est une norme de détection de corps étrangers appliquée aux robots et aux véhicules VGA, et la norme TTAK.KO-06.0579, «Spécifications techniques pour les émetteurs-récepteurs de transmission de puissance sans fil pour les appareils mobiles jusqu'à plusieurs centaines de watts – Partie 1: Vélos électriques», qui est une norme sur les vélos électriques. Une norme relative à une méthode de mesure de l'exposition des personnes aux ondes électroniques, la Recommandation KS C 3380, «Méthode de mesure de l'intensité de l'exposition des personnes aux champs magnétiques basse fréquence générés dans les véhicules électriques et les systèmes de recharge», est également en cours d'élaboration.

TABLEAU 1

## Activités de normalisation en Corée

Nom	Adresse URL	État d'avancement
KATS	<a href="http://www.kats.go.kr/en_kats/">http://www.kats.go.kr/en_kats/</a>	En cours – Gestion des chargeurs multidispositifs
KWPF	<a href="http://www.kwpf.org">http://www.kwpf.org</a>	En cours – Spectre pour la TESH – Réglementation pour la TESH – TESH par résonance magnétique – TESH par induction magnétique Activités achevées – Cas d'utilisation – Scénario de service – Exigences fonctionnelles – Communications dans la bande pour la TESH – Commande pour la gestion de la TESH
TTA	<a href="http://www.tta.or.kr/English/index.jsp">http://www.tta.or.kr/English/index.jsp</a>	Activités achevées – Cas d'utilisation – Scénario de service – Efficacité – Évaluation – Communications dans la bande pour la TESH – Commande pour la gestion de la TESH En cours – TESH par résonance magnétique – TESH par induction magnétique

## 4.2 Organisations internationales et régionales

Le Tableau 2 présente certaines organisations internationales et régionales s'occupant de normalisation de la TESH et leurs activités dans ce domaine, à titre d'information.

TABLEAU 2

## Organisations internationales et régionales s'occupant de TESH

Nom de l'organisation	Activités
APT (Télécommunauté Asie-Pacifique)	Le Groupe des technologies sans fil (AWG) de l'APT a démarré, en février 2016, une étude en vue de l'élaboration d'une recommandation de l'APT sur les bandes de fréquences utilisables pour la TESH sans faisceau pour les dispositifs mobiles. Le Groupe AWG a commencé d'élaborer un Rapport de l'APT sur les gammes de fréquences utilisées pour la TESH sans faisceau pour les véhicules électriques. Ce Rapport devrait être achevé en septembre 2017 et le cadre initial a été adopté à la 20ème réunion du Groupe (septembre 2016). Par ailleurs, le Groupe AWG va mener des études pour fournir aux membres de l'APT les informations et le soutien dont ils ont besoin pour préparer la CMR-19, point A.I. 9.1, question 9.1.6.

TABLEAU 2 (suite)

Nom de l'organisation	Activités
	<p>Outre les activités susmentionnées, le document de travail intitulé «APT new Report on services and applications of «Wireless Power Transmission (WPT)» Technology» (nouveau Rapport de l'APT sur les services et les applications de la technologie de «transmission de l'énergie sans fil (TESF)») a été achevé en 2017. Il apporte quantité d'informations et de résultats d'études complémentaires.</p>
UIT-T CE 13	<p>L'UIT-T Q1/13 élabore actuellement un supplément à la série Y sur la TESH, services des applications de transfert d'énergie sans fil, qui porte sur les éléments suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Définition du concept de service d'application TESH</li> <li>– Modèle de service du service d'application TESH</li> <li>– Cas d'utilisation du service d'application TESH.</li> </ul> <p>UIT-T Y.TESH décrit plusieurs cas d'utilisation sur la façon de fournir un service utilisant la technologie TESH pour construire un cadre de services comprenant l'authentification utilisateur/dispositif, la gestion du service, la comptabilité, la sécurité du service, etc. L'objectif principal est de définir un cadre de services pour fournir un service TESH.</p>
CISPR (Comité international spécial des perturbations radioélectriques)	<p>La TESH est étudiée par le Sous-Comité B du CISPR (perturbations relatives aux appareils radioélectriques ISM, aux lignes électriques aériennes, etc.) et par les Sous-Comités D (appareils électriques ou électroniques embarqués sur les véhicules), F (appareils domestiques, appareils d'éclairage, etc.) et I (matériel de traitement de l'information, multimédia et récepteurs).</p> <p>Le Sous-Comité F a examiné l'application de la technologie TESH n'utilisant pas de faisceau aux appareils de cuisine et/ou aux outils alimentés par batterie et a déterminé que dans ces applications, la technologie des dispositifs de transmission d'énergie est commune aux appareils de cuisson par induction. En conséquence, le SC-F a décidé d'associer la TESH pour les appareils électroménagers avec les appareils de cuisson par induction, sous le concept plus large d'«appareils de transmission d'énergie par induction». Les valeurs limites d'émission des équipements IPT sont héritées de celles des appareils de cuisson à induction. L'édition 7.0 de la norme CISPR 14-1 a été publiée en 2020.</p>
CEI TC 100	<p>Le TC 100/TA 15 de la CEI élabore des publications internationales concernant le transfert d'énergie sans fil (TESF) pour les systèmes et matériels multimédias ainsi que l'interopérabilité entre les fonctions d'émission TESH et de réception TESH.</p> <p>La CEI a publié une norme concernant le transfert d'énergie sans fil (CEI PAS 63095 éd 1) et prévoit la publication imminente d'une seconde norme (CEI 63028 Ed 1). La norme CEI PAS 63095 spécifie l'utilisation des fréquences dans la bande 87-205 kHz, tandis que la norme CEI 63028 spécifie l'utilisation de la fréquence 6,78 MHz. Le TC 100/TA 15 de la CEI recommande à l'UIT de prendre en charge une gamme de fréquences harmonisée adaptée à la TESH qui soit pleinement conforme à ces deux normes CEI.</p>
CEI TC 106	<p>Deux nouveaux groupes de travail ont été constitués en lien avec la TESH: le GT 8 «Méthodes d'évaluation des courants de contact en lien avec l'exposition humaine aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques» et le GT 9 «Méthodes d'évaluation de la transmission d'énergie sans fil (TESF) en lien avec l'exposition humaine aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques».</p>

TABLEAU 2 (suite)

Nom de l'organisation	Activités
CEI 61980 (CEI TC 69/GT 7)	<p>Le GT 7 du TC 69 (véhicules routiers électriques et chariots de manutention électriques) de la CEI étudie, conjointement avec le TC 22 (véhicules routiers) de l'ISO, la TESH pour les véhicules.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– CEI 61980-1: Exigences générales (publiée en juillet 2015)</li> <li>– CEI 61980-2: Communication (en cours d'élaboration)</li> <li>– CEI 61980-3: Transfert d'énergie à base de champs magnétiques (en cours d'élaboration).</li> </ul> <p>La bande des 85 kHz (81,39-90 kHz) sera spécifiée comme fréquence système pour les voitures de tourisme et les véhicules utilitaires légers dans la norme CEI 61980-3. La publication des spécifications techniques des normes CEI 61980-3 et CEI 61980-2 est prévue pour la fin de l'année 2017. La publication de la deuxième édition de la norme CEI 61980-1 est prévue pour la fin de l'année 2018.</p>
ISO 19363 (ISO (TC22/SC 37/ JPT19363))	<p>ISO 19363: Transmission d'énergie sans fil par champ magnétique – Exigences de sécurité et d'interopérabilité.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Le JPT19363 a été constitué début 2014.</li> <li>– Objectif: création d'une norme précisant les exigences à respecter au niveau des véhicules.</li> <li>– Étroitement liée aux publications CEI 61980 et SAE J2954.</li> </ul> <p>La bande des 85 kHz (81,39-90 kHz) est spécifiée comme fréquence système pour les voitures de tourisme et les véhicules utilitaires légers. La spécification publiquement disponible (PAS) a été publiée en janvier 2017 et elle deviendra norme internationale (IS) à la fin de l'année 2018.</p>
ISO/CEI JTC 1 SC 6	<p>Le SC 6 du JTC 1 de l'ISO/CEI élabore actuellement le protocole de couche PHY et MAC dans la bande pour la TESH.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Le sujet d'étude a été approuvé en janvier 2012.</li> <li>– Diffusion dans un document de travail.</li> </ul>
ETSI TC ERM	<p>Le Comité ETSI TC ERM a publié un rapport technique (TR 103 409) intitulé «System reference document (SRdoc); Wireless Power Transmission (WPT) systems for Electric Vehicles (EV) operating in the frequency band 79-90 kHz» (Systèmes de transmission d'énergie sans fil (WPT) pour les véhicules électriques (EV) fonctionnant dans la bande de fréquences 79-90 kHz»). Ce document de référence système a été examiné par le Comité ECC de la CEPT, et le Rapport ECC 289 intitulé «Wireless Power Transmission (WPT) systems for electrical vehicles (EV) operating within 79-90 kHz» (Systèmes de transmission d'énergie sans fil (WPT) pour les véhicules électriques (EV) fonctionnant dans la bande de fréquences 79-90 kHz») a été publié. Une adjonction/un supplément au Rapport 289 du Comité ECC sur «les incidences des rayonnements non désirés provenant de la transmission d'énergie sans fil pour les véhicules électriques sur les services de radiocommunication» est en cours d'élaboration.</p> <p>En septembre 2017, le Comité ETSI TC ERM a publié une nouvelle norme harmonisée (<a href="#">EN 303 417</a>), qui couvre tous les types de systèmes TESH (en lieu et place de la norme EN 300 330 – Dispositifs à courte portée non spécifiques, qui était utilisée pour les systèmes TESH dans le passé, mais qui n'est plus applicable aux matériels TESH). La norme EN 303 417 spécifie les caractéristiques techniques et les méthodes de mesure applicables aux systèmes de transmission de l'énergie sans fil (TESF) utilisant des techniques autres que le faisceau radiofréquence dans les bandes 19-21 kHz, 59-61 kHz, 79-90 kHz, 100-300 kHz et 6 765-6 795 kHz.</p>

TABLEAU 2 (suite)

Nom de l'organisation	Activités
	Le rapport TR 103 493 de l'ETSI, publié en 2017, porte sur les spécifications techniques et les caractéristiques des systèmes TEF autres que véhicules électriques TEF, fonctionnant au-dessous de 30 MHz. Il est utilisé par le Groupe de travail CEPT/ECC/WG SE dans le cadre d'études de coexistence.
CTA (Consumer Technology Association)	Le Groupe de travail CTA R6-WG22 (transmission d'énergie sans fil) élabore des normes, des pratiques recommandées et des documents connexes concernant la transmission d'énergie sans fil. Il a élaboré la norme ANSI/CTA-2042.1-B «Wireless Power Glossary of Terms». Il élabore actuellement la norme CTA-2042.3 «Methods of Measurement for Efficiency and Standby Power of Wireless Power Systems».
SAE (Society of Automotive Engineers)	<p>Le Groupe d'étude international J2954™ de la SAE pour la transmission d'énergie sans fil (TEF) applicable aux véhicules électriques et aux véhicules électriques rechargeables a été créé en 2010.</p> <p>SAE International a publié la norme SAE J2954 «Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-In/Electric Vehicles and Alignment Methodology» en octobre 2020; cette norme spécifie la bande des 85 kHz (79-90 kHz) comme bande de fréquences commune pour la transmission d'énergie sans fil applicable à tous les systèmes de véhicules utilitaires légers jusqu'à 11,1 kW (il est envisagé d'aller jusqu'à 60 kW à l'avenir). La norme spécifie trois classes d'énergie (jusqu'à 3,7 kW, jusqu'à 7,7 kW et jusqu'à 11,1 kW). Deux autres classes de niveau d'énergie supérieur, jusqu'à 60 kW, sont indiquées en vue de révisions futures.</p> <p>SAE International est une association mondiale qui regroupe plus de 128 000 ingénieurs et experts techniques dans les domaines de l'aérospatiale, de l'automobile et des véhicules commerciaux.</p> <p>Voir <a href="https://www.sae.org/standards/content/j2954_202010">https://www.sae.org/standards/content/j2954_202010</a>.</p>
AirFuel Alliance	<p>AirFuel Alliance est un consortium mondial à but non lucratif issu de la fusion d'A4WP et de PMA en 2015.</p> <p>AirFuel Alliance (AFA) poursuit et élargit toutes les activités entreprises par A4WP et PMA. Les spécifications publiées par A4WP et PMA ont été directement adoptées en tant que spécifications d'AirFuel Alliance.</p> <p>AFA travaille sur la normalisation TEF dans les domaines suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Inductif (TEF par induction magnétique)</li> <li>– Résonant (TEF par résonance magnétique)</li> <li>– Non couplé</li> <li>– Infrastructure.</li> </ul> <p>Les spécifications de système de base (BSS) d'AirFuel pour la transmission d'énergie sans fil devraient être publiées en juillet 2017 sous la forme de la norme CEI 63028 éd. 1.</p>
A4WP	<p>A4WP a élaboré une spécification TEF utilisant le couplage par résonance magnétique en champ proche ou moyen non radiatif (couplage à forte résonance) (TEF à faible couplage).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Spécification technique de base achevée en 2012.</li> <li>– Spécification technique (ver.1) publiée en janvier 2013.</li> </ul> <p>La spécification spécifie un fonctionnement à 6,78 MHz.</p> <p>A4WP a été fusionné avec PMA pour former AirFuel Alliance en 2015.</p>

TABLEAU 2 (suite)

Nom de l'organisation	Nom de l'organisation
PMA	<p>Power Matters Alliance (PMA) est une organisation mondiale à but non lucratif du secteur industriel qui apporte sa coopération dans les technologies d'énergie sans fil, notamment la recharge des appareils équipés de batteries. Depuis sa création en 2012, PMA a connu une croissance rapide dans un ensemble de secteurs divers, notamment les télécommunications, les appareils grand public, l'automobile, le commerce de détail, l'ameublement et les surfaces. Sa croissance et sa réussite sont le fruit d'une démarche unique consistant à généraliser l'énergie sans fil dans les lieux où les consommateurs en ont le plus besoin, d'efforts importants et du dévouement envers ses membres.</p> <p>PMA a été fusionné avec A4WP pour former AirFuel Alliance en 2015.</p>
WPC	<p>Créé en 2008, le Wireless Power Consortium est un groupe de normalisation ouvert et collaboratif regroupant plus de 400 entreprises membres du monde entier. Les entreprises membres de WPC sont des concurrents de grande et petite taille et des partenaires de l'écosystème représentant des marques de toutes les parties de l'industrie et de toutes les régions du monde. Ses travaux portent essentiellement sur des solutions de couplage inductif étroit sur toute une gamme de niveaux d'énergie, qui va de 5 W pour la TESF mobile à plus de 1 kW pour les appareils ménagers et les applications industrielles. Le WPC propose plus de 5 000 produits de charge sans fil certifiés Qi sur le marché.</p> <p>En 2017, le WPC a commencé à développer la norme Ki Cordless Kitchen, pour fournir de l'énergie aux appareils sans fil et permettre une intégration transparente des plaques de cuisson dans les comptoirs et autres surfaces. La norme Ki s'appuie sur le succès du système Qi et permet le développement d'appareils de cuisine plus sûrs, plus intelligents et plus pratiques, garantissant l'interopérabilité et la sécurité. Cette norme définit des émetteurs et des tables de cuisson polyvalents qui fournissent jusqu'à 2 200 W de puissance aux appareils de cuisine sans fil intelligents. La nouvelle norme d'alimentation sans fil Ki Cordless Kitchen est en cours d'élaboration.</p> <p>Le consortium a publié la spécification technique (Qi ver.1) en juillet 2010 et la version 1.3 en août 2021.</p> <p>La spécification Qi a également été publiée sous la forme de la norme CEI PAS 63095 éd. 1. Des études sont en cours pour transformer ces spécifications publiques en normes internationales à part entière.</p> <p>Outre les normes Qi et Ki, le WPC travaille activement à l'élaboration de nouvelles normes dans les domaines suivants:</p> <p>i) Une norme sur les véhicules électriques légers (VEL), tels que les vélos et trottinettes électriques.</p> <p>Le nombre croissant de vélos électriques, de trottinettes électriques et d'autres véhicules électriques légers (VEL) stimule la demande de transports urbains flexibles, rapides et relativement peu coûteux. Une norme VEL est également en cours d'élaboration.</p> <p>ii) Une norme industrielle sur la transmission d'énergie sans fil pour la recharge des robots, des véhicules à guidage automatique (VGA) et d'autres machines d'automatisation industrielle dans le secteur industriel.</p> <p>Le WPC travaille également sur des normes pour les équipements robotisés sans pilote dans les environnements industriels et logistiques du monde entier. Il s'agit notamment des bras robotisés utilisés dans la fabrication lourde, des drones utilisés pour surveiller les gazoducs et les pylônes électriques et des véhicules VGA massivement utilisés dans la logistique, avec des niveaux de puissance allant jusqu'à plusieurs kW.</p>

TABLEAU 2 (*fin*)

Nom de l'organisation	Activités
CJK WPT WG	Lors de la réunion du CJK (Chine, Japon, Corée) sur les technologies de l'information, le Groupe de travail sur la TESH échange des informations émanant de la région en vue d'étudier la TESH faible puissance et forte puissance. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Rapport technique 1 du CJK sur la TESH publié en avril 2013.</li> <li>– Rapport technique 2 du CJK sur la TESH publié au printemps 2014.</li> <li>– Rapport technique 3 du CJK sur la TESH publié en mai 2015.</li> </ul>

#### 4.2.1 Non utilisé

#### 4.2.2 Informations sur l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques

L'exposition des personnes aux champs électromagnétiques est une question traitée par les administrations pour le compte de leur propre pays. Les administrations peuvent demander conseil sur cette question à des organisations internationales, par exemple l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (CIPRNI) et l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Ces organisations ont pour mission de déterminer les limites de sécurité relatives aux champs électromagnétiques, question qui n'entre pas dans le cadre des travaux de l'UIT-R.

Les lignes directrices pertinentes les plus récentes relatives à l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques qui ont été publiées par ces organisations pour les fréquences de fonctionnement de la TESH allant jusqu'à 100 kHz sont notamment les lignes directrices de la CIPRNI de 2010 [5] et la norme C95.1-2019 de l'IEEE [7]. Parmi les lignes directrices pertinentes relatives à l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques dans les fréquences de fonctionnement de la TESH au-dessus de 100 kHz figurent les lignes directrices de la CIPRNI de 2020 [6] et la norme C95.1-2019 de l'IEEE [7]. De plus, le GT 9 du TC 106 de la CEI fournit une documentation concernant les méthodes de mesure des champs électromagnétiques pour respecter les exigences de sécurité (voir le Tableau 2).

De nombreuses administrations ont adopté ces lignes directrices ou pourraient les adopter à un moment ou à un autre, et certaines les ont modifiées ou actualisées, en fonction d'études d'experts qu'elles ont menées. Les concepteurs, les fabricants et les opérateurs d'équipements TESH devraient envisager de prendre des mesures pour protéger comme il convient le public contre les effets nocifs des champs électromagnétiques et prendre en compte ces limites dans la planification et le déploiement des systèmes TESH. On trouvera d'autres références à des recommandations dans l'Annexe 1.

Des informations détaillées sur la surveillance des champs électromagnétiques sont données dans le Rapport UIT-R SM.2452 – Mesure des champs électromagnétiques pour évaluer l'exposition des personnes.

Les lignes directrices sur l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques décrivent les restrictions de base de la CIPRNI ou les limites de référence dosimétrique (DRL) équivalentes de l'IEEE, ainsi que les niveaux de référence de la CIPRNI ou les niveaux d'exposition de référence (ERL) équivalents de l'IEEE. Les limitations de l'exposition, qui sont fondées sur les grandeurs physiques liées directement aux effets avérés sur la santé, sont qualifiées de restrictions de base (ou de DRL). Afin d'évaluer l'exposition facilement, les lignes directrices de la CIPRNI et la norme C95.1 de l'IEEE fournissent des niveaux de référence (ou ERL) de l'exposition.

Pour définir les limites et les seuils à l'échelle nationale, de nombreux pays s'appuient sur les lignes directrices de la CIPRNI et la norme C95.1 de l'IEEE concernant l'exposition aux champs électriques et magnétiques.

Les opérateurs d'équipements TESH devraient envisager des mesures pour protéger convenablement le public contre les effets des champs électromagnétiques.

L'Annexe 3 rend compte des mesures de l'exposition à des rayonnements magnétiques émanant de systèmes TESH au Japon réalisées avant 2017. D'autres mesures de l'intensité des champs à proximité d'équipements TESH sont encouragées. Des résultats de mesures des champs électromagnétiques obtenus aux États-Unis sont présentés ci-dessous.

#### 4.2.3 Résultats de mesures des champs électromagnétiques

Les mesures ont été effectuées à l'aide du système normalisé WPT-EV WPT3 fonctionnant à environ 11 kW dans les conditions les plus défavorables en matière d'exposition aux champs électromagnétiques, qui se caractérisaient par un décalage maximal et un fonctionnement à pleine puissance. Le niveau de référence de l'exposition aux champs électromagnétiques est fixé à  $27 \mu\text{T}^4$  RMS pour 85 kHz dans les lignes directrices de 2010 de la CIPRNI. En outre, la norme ISO 14117 relative aux dispositifs électroniques cardiaques implantables contient des prescriptions concernant la tension induite dans une boucle conductrice de  $225 \text{ cm}^2$ , qui conduisent à limiter le niveau des champs magnétiques à  $15 \mu\text{T}$  RMS. Les images ci-dessous illustrent les plans de mesure et les valeurs de la densité du flux magnétique obtenues à l'aide d'une sonde mesurant les champs électromagnétiques, qui contient trois boucles orthogonales de  $100 \text{ cm}^2$  et calcule automatiquement la somme des valeurs quadratiques moyennes de tous les axes réunis. Un balayage large a été réalisé avec une résolution présentant un espacement de 7,5 cm pour déterminer l'emplacement du point d'accès. Une fois que la zone du champ le plus large a été identifiée, une résolution de balayage plus fine présentant un espacement de 3,75 cm a été utilisée. Ces mesures précises ont révélé que la valeur du champ le plus large mesuré s'élevait à  $4,226 \mu\text{T}$  RMS dans le plan XZ (sur le côté du véhicule). Les valeurs obtenues dans le plan YZ (à l'avant du véhicule) étaient environ quatre fois moins élevées que celles sur le plan XZ et ne sont pas présentées par souci de concision.

---

<sup>4</sup> La densité du flux magnétique est exprimée en tesla (T). Un gauss (unité déconseillée) est égal à  $10^{-4}$  T.

FIGURE 18

Conditions de décalage maximal pour les rayonnements correspondant au cas le plus défavorable d'un système WPT-EV utilisées pour la mesure des champs électromagnétiques et des rayonnements

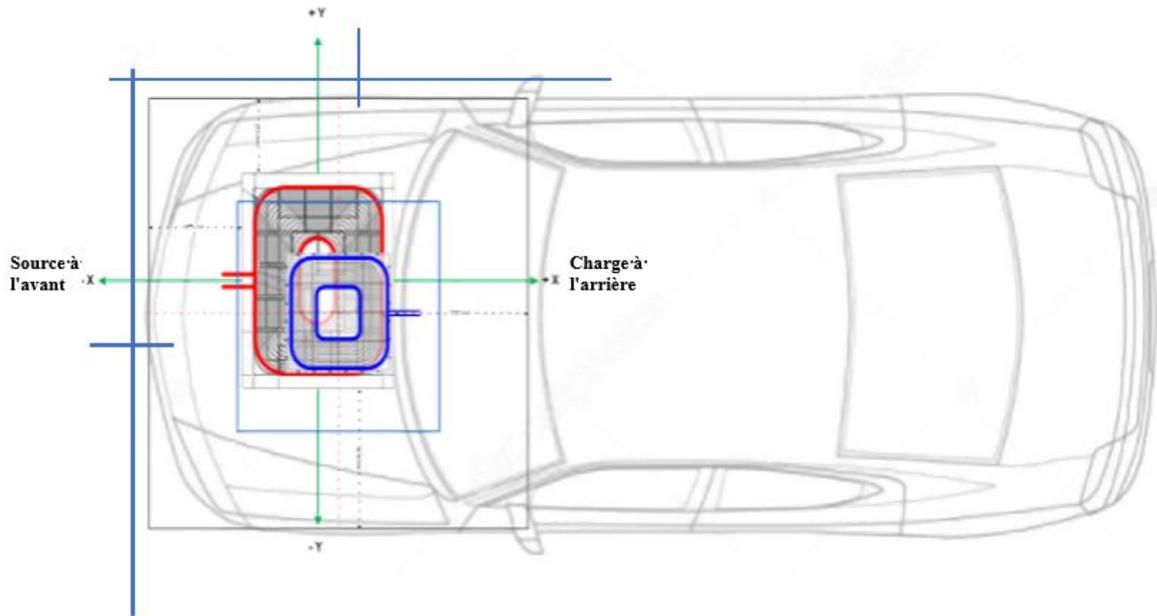


FIGURE 19

Mesures des champs électromagnétiques effectuées sur une grille large avec une résolution de 7,5 cm

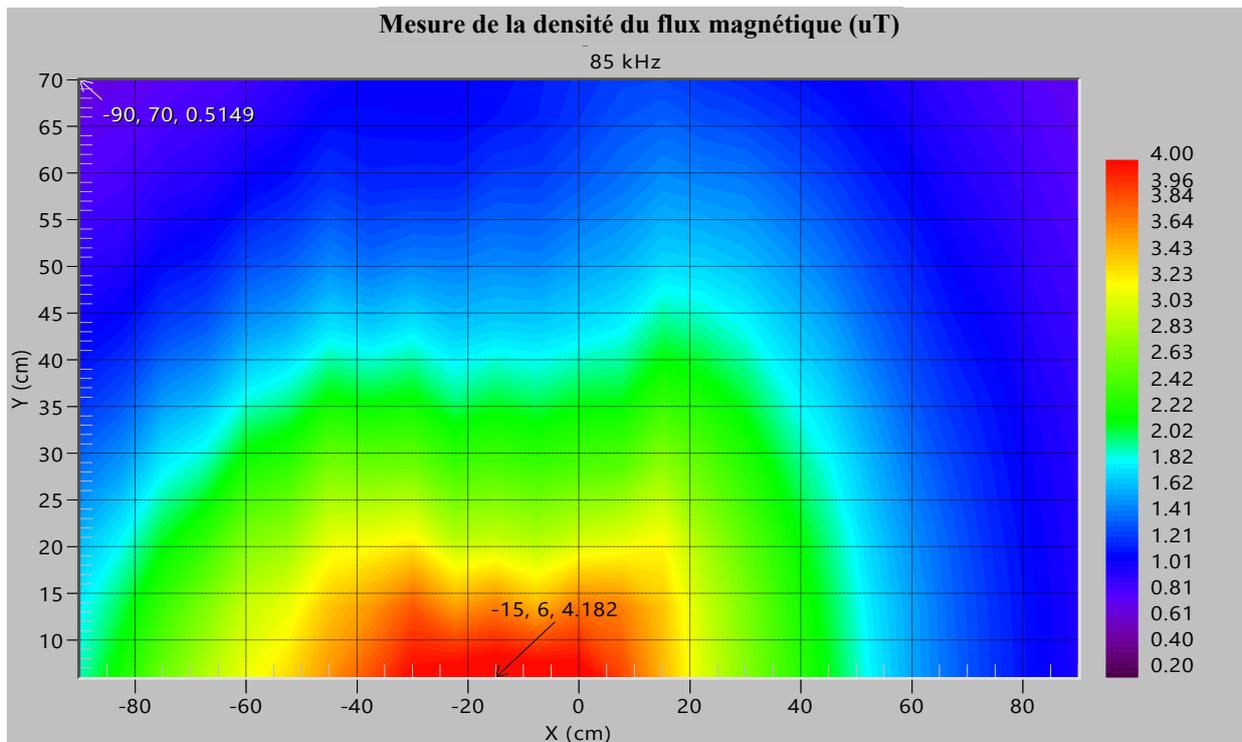
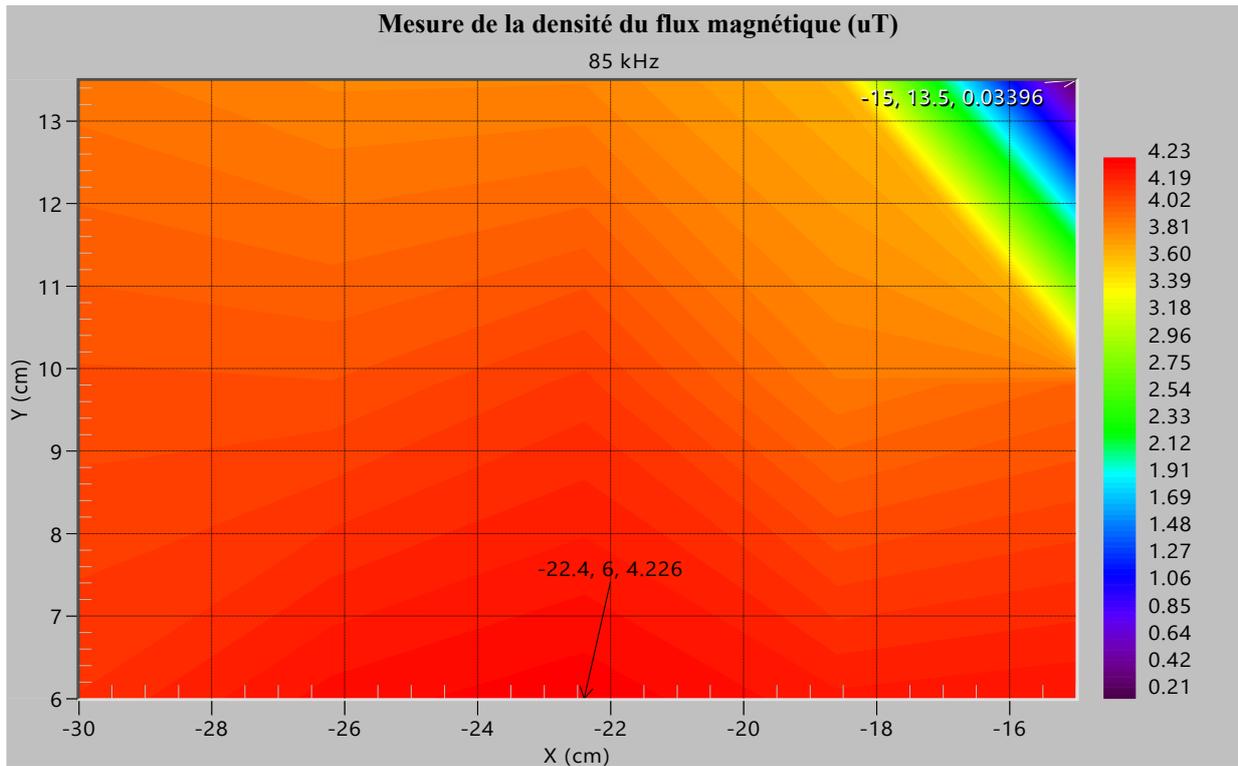


FIGURE 20

Mesures des champs électromagnétiques effectuées sur une grille fine dans la zone où la valeur du champ électromagnétique est la plus élevée avec une résolution de 3,75 cm



## 5 Situation en matière de spectre

### 5.1 TESH: distinction entre les bandes de fréquences utilisables pour les applications ISM, et pour les dispositifs à courte portée

Rappelons la disposition **1.15** du RR: utilisations industrielles, scientifiques et médicales (de l'énergie radioélectrique) (ISM): Mise en œuvre d'appareils ou d'installations conçus pour produire et utiliser, dans un espace réduit, de l'énergie radioélectrique à des fins industrielles, scientifiques, médicales, domestiques ou analogues, à l'exclusion de tout usage de télécommunication. Les bandes de fréquences attribuées aux ISM sont principalement utilisées pour ces applications autres que de télécommunications. Ainsi, les équipements TESH sont des dispositifs à courte portée (SRD) seulement s'il y a télécommunication (pour la transmission de données), par le biais des technologies Bluetooth ou Zigbee par exemple. La TESH émet des rayonnements de manière intentionnelle.

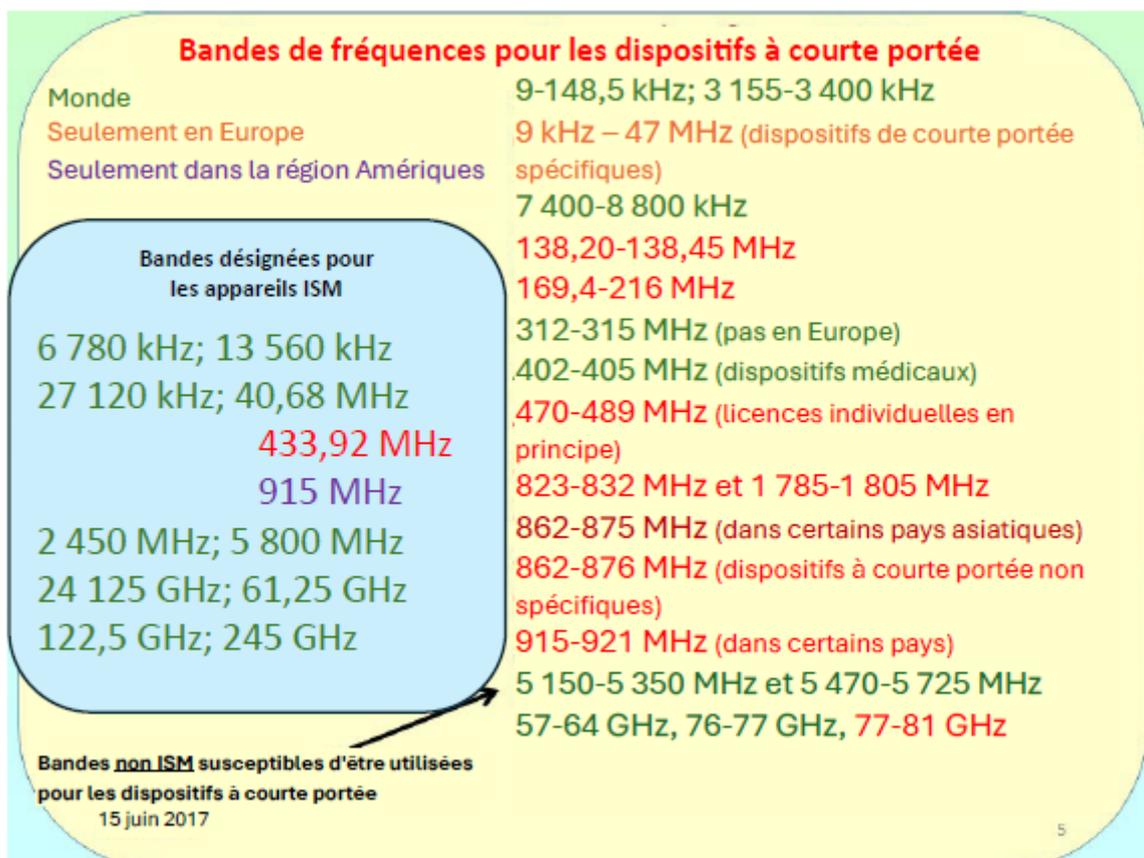
La fonction de transfert d'énergie de la TESH est de type ISM; le transfert de données est de type SRD. Le CISPR a déjà proposé de traiter la fonction TESH séparément de la fonction de télécommunications qui pourrait revenir aux dispositifs à courte portée (voir le § 4.2 du présent Rapport). Bien que des différences puissent exister entre les réglementations nationales, les dispositifs à courte portée fonctionnent généralement sans licence ni protection.

Les numéros **5.138** et **5.150** du Règlement des radiocommunications de l'UIT définissent les bandes utilisables pour les applications ISM. Les bandes utilisées pour les dispositifs à courte portée et pour les applications ISM sont des bandes différentes. D'après les Annexes 1 et 2 de la Recommandation UIT-R SM.1896 «Gamme de fréquences pour une harmonisation mondiale ou régionale des dispositifs de radiocommunication à courte portée (SRD)», la bande attribuée aux ISM constitue une condition suffisante, mais non obligatoire, pour une harmonisation des dispositifs SRD. L'ensemble des bandes attribuées aux ISM sont utilisées par les dispositifs à courte portée et électroniques.

Toutefois, les dispositifs SRD peuvent aussi être exploités dans d'autres bandes que celles attribuées aux ISM. La TESH peut exploiter les bandes attribuées aux ISM pour le transfert d'énergie; la TESH au niveau national, régional ou mondial peut privilégier l'exploitation des bandes attribuées aux dispositifs SRD. La Figure 21 montre les bandes attribuées aux ISM dans les différentes Régions de l'UIT, ainsi que les bandes non ISM susceptibles d'être utilisées pour les dispositifs SRD dans différentes Régions. Les SRD utilisent toutes les bandes de fréquences ISM, mais aussi d'autres bandes.

FIGURE 21

Bandes de fréquences ISM et non ISM utilisées pour les dispositifs à courte portée\*



## 5.2 Bandes non ISM utilisées à l'échelle nationale pour la TESH

42-48 kHz; 52-58 kHz; 79-90 kHz; 100-205 kHz; et 425-524 kHz.

Les gammes de fréquences à l'étude, assignées ou désignées, et les principaux paramètres pour ces applications sont récapitulés dans les Tableaux 7 et 8. Il est également fait mention dans ces tableaux des systèmes existants concernés avec lesquels la coexistence est requise.

La compatibilité avec tous les systèmes existants, en particulier ceux fonctionnant dans des attributions de sécurité comme le Service de radionavigation aéronautique, doit être étudiée de façon approfondie avant de publier des Rapports ou des Recommandations UIT sur la TESH fonctionnant dans les bandes de fréquences suivantes: 9-21/59-61 kHz, 79-90 kHz et 100/110-300 kHz.

### 5.2.1 Induction magnétique

Bon nombre de produits utilisant l'induction magnétique sont déjà proposés dans de nombreux pays. Le site web du Wireless Power Consortium indique qu'environ 150 millions d'émetteurs pour la recharge des smartphones conformes à la spécification CEI PAS 63095 Ed. 1, qui utilise cette gamme de fréquences à basse puissance (5 W-15 W), ont été vendus dans le monde à la mi-2017. De plus, des batteries d'outils de puissance rechargeables par TESH (50 W-100 W) et des appareils électroménagers alimentés par TESH (1 kW-2 kW), utilisant dans les deux cas des technologies d'induction magnétique, sont également proposés dans de nombreux pays depuis quelques années.

### 5.2.2 Induction magnétique forte puissance

La gamme de fréquences est analogue à ce qui est envisagé pour les véhicules électriques (voir ci-dessous).

De nombreux dispositifs et systèmes existants (y compris des horloges radiopilotées et des systèmes radio ferroviaires) fonctionnent sur des fréquences analogues à celles envisagées pour les applications par induction magnétique forte puissance; des études de coexistence seront donc nécessaires.

### 5.2.3 Couplage capacitif

Les systèmes TESH par couplage capacitif sont conçus au départ pour utiliser la gamme de fréquences 425-524 kHz. Le niveau de puissance de transmission est inférieur à 100 W. Plusieurs raisons expliquant le choix de ces fréquences sont présentées ci-après.

Il s'agit en premier lieu de concilier efficacité et taille de l'équipement. De nombreux éléments sont conçus pour utiliser cette bande, par exemple des onduleurs, redresseurs, etc.; un grand nombre de composants à faible perte sont donc disponibles, ce qui permet d'optimiser la conception des équipements TESH. Les transformateurs sont des éléments essentiels d'un système TESH à couplage capacitif. Leur performance dépend du facteur Q du matériau en ferrite, qui peut être optimisé dans cette gamme de fréquences. Par conséquent, l'efficacité totale du système à couplage capacitif est d'environ 70 à 85%.

La deuxième raison est liée à la capacité de supprimer les rayonnements non désirés associés au champ électrique en vue de la coexistence avec les systèmes existants qui utilisent les bandes de fréquences adjacentes, par exemple les systèmes de radiodiffusion à modulation en amplitude (MA). Le gabarit spectral des systèmes TESH à couplage capacitif dans la gamme de fréquences 425-524 kHz a été étudié et s'est avéré conforme aux conditions de coexistence avec, entre autres, les systèmes de radiodiffusion MA.

### 5.2.4 Véhicules de tourisme électriques

Dans le présent paragraphe, le terme «véhicules électriques» désigne les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables.

La TESH pour les véhicules électriques en stationnement a été examinée par le BWF, la CEI, la SAE et JARI. D'un commun accord, il a été admis que la gamme de fréquences 20-200 kHz permettrait d'obtenir une grande efficacité de transmission de l'énergie dans des circuits à forte puissance.

Au Japon, les sous-bandes 42-48 kHz, 52-58 kHz, 79-90 kHz et 140,91-148,5 kHz ont fait l'objet d'études de partage des fréquences et de discussions sur la coexistence avec les applications existantes. Une étude approfondie relative à l'utilisation actuelle du spectre dans le monde a été menée afin de restreindre les fréquences du spectre susceptibles d'être utilisées, de sorte à limiter le plus possible les brouillages qui pourraient être causés aux applications existantes. À la date de mai 2015, la gamme de fréquences 79-90 kHz a été choisie pour la recharge des véhicules électriques sans fil. De même, le Groupe d'étude de la SAE J2954 a identifié la gamme de fréquences 79-90 kHz pour les véhicules utilitaires légers fonctionnant avec la TESH.

### 5.2.5 Poids lourds électriques

En mai 2011, le Gouvernement coréen a attribué les fréquences 20 kHz (1 921 kHz) et 60 kHz (5 961 kHz) pour les véhicules électriques en ligne (OLEV). Ces fréquences peuvent être utilisées en Corée par n'importe quel type de véhicule, qu'il s'agisse de poids lourds ou de véhicules de tourisme. À l'heure actuelle, le système OLEV est en phase d'essai et dispose d'une licence sur un site.

### 5.3 Bandes ISM utilisées à l'échelle nationale pour la TESH

6 765-6 795 kHz; et 13,56 MHz.

#### 5.3.1 Résonance magnétique

La bande 6 765-6 795 kHz est utilisée pour la TESH faible puissance par résonance magnétique dans certains pays. C'est une bande ISM conformément au numéro **5.138** du Règlement des radiocommunications.

Au Japon, les équipements ISM dont la puissance RF émise ne dépasse pas 50 W peuvent utiliser cette bande sans qu'il faille demander une autorisation. De nouvelles règles sur la «spécification de l'homologation», qui permettent une utilisation des équipements TESH individuels sans autorisation avec une puissance d'émission supérieure à 50 W, sont entrées en vigueur en 2016.

Les raisons pour lesquelles la bande 6 765-6 795 kHz pourra être privilégiée pour la technique TESH par résonance magnétique sont résumées ci-après:

- bande ISM;
- plusieurs organisations de normalisation élaborent actuellement des normes relatives à l'utilisation de la TESH dans la bande 6 765-6 795 kHz;
- il est possible d'avoir des composants TESH de petites dimensions, par exemple des bobines d'émission et de réception d'énergie.

En Corée, la bande des 13,56 MHz est utilisée pour la recharge TESH de lunettes 3D pour regarder la télévision en 3D.

TABLEAU 3

**Gammes de fréquences assignées, désignées ou à l'étude, principaux paramètres et systèmes existants dans le cas de systèmes TESH pour les dispositifs mobiles/portables et les équipements domestiques/de bureau**

	<b>Induction magnétique (faible puissance)</b>	<b>Couplage par résonance magnétique</b>	<b>Induction magnétique (forte puissance)</b>	<b>Couplage capacitif</b>
Types d'application	Dispositifs mobiles, tablettes, ordinateurs bloc-notes	Dispositifs mobiles, tablettes, ordinateurs bloc-notes	Appareils domestiques, équipements de bureau (y compris les applications de plus forte puissance)	Dispositifs portables, tablettes, ordinateurs bloc-notes
Principe technologique	Induction par résonance magnétique	Forte résonance		TESF par champ électrique
Noms des pays intéressés	Systèmes commercialisés au Japon, Corée	Japon, Corée	Japon	Japon

TABLEAU 3 (suite)

	<b>Induction magnétique (faible puissance)</b>	<b>Couplage par résonance magnétique</b>	<b>Induction magnétique (forte puissance)</b>	<b>Couplage capacitif</b>
Gammes de fréquences envisagées	Japon: 110-205 kHz		Japon: 20,05-38 kHz 42-58 kHz 62-100 kHz	
Gammes de fréquences assignées ou désignées à l'échelle nationale	Corée: 100-205 kHz	Corée: 6 765-6 795 kHz Japon: 6 765-6 795 kHz		Japon: 425-471 kHz 480-489 kHz 491-494 kHz 506-517 kHz 519-524 kHz
Plage de puissance		Japon: Plusieurs W – jusqu'à 100 W	Japon: Plusieurs W – 1,5 kW	Japon: Jusqu'à 100 W
Avantages	Spectre harmonisé à l'échelle mondiale Plus grande efficacité de la transmission d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Disponibilité de spectre à l'échelle mondiale possible</li> <li>– Souplesse concernant l'emplacement et la distance par rapport au récepteur</li> <li>– L'émetteur peut alimenter en énergie plusieurs récepteurs dans un large rayon simultanément</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Puissance plus forte</li> <li>– Souplesse concernant l'emplacement et la distance par rapport au récepteur</li> <li>– L'émetteur peut alimenter en énergie plusieurs récepteurs dans un large rayon simultanément</li> </ul>	Haute efficacité (70-85%) <ul style="list-style-type: none"> <li>– Pas de production de chaleur au niveau de l'électrode</li> <li>– Faible niveau d'émission</li> <li>– Une certaine latitude pour le positionnement horizontal</li> </ul>
Domaines d'application	Dispositifs portables, équipements grand public, équipements industriels, domaines spécifiques	Dispositifs portables, tablettes, ordinateurs bloc-notes, appareils domestiques (faible puissance)	Appareils domestiques (forte puissance), équipements de bureau	Dispositifs portables, tablettes, ordinateurs bloc-notes, appareils domestiques et équipements de bureau
Alliances/normes internationales connexes	Wireless Power Consortium (WPC) [3]	A4WP (AirFuel Alliance) [4]		

TABLEAU 3 (fin)

	<b>Induction magnétique (faible puissance)</b>	<b>Couplage par résonance magnétique</b>	<b>Induction magnétique (forte puissance)</b>	<b>Couplage capacitif</b>
Systèmes existants concernés pour le partage de fréquences		Japon: systèmes radio mobiles/fixes Corée: bande ISM	Japon: Horloges radiopilotées (40 kHz, 60 kHz) systèmes radio de sécurité ferroviaire (10-250 kHz)	Japon: Radiodiffusion MA (525-1 606,5 kHz), systèmes maritimes/ NAVTEX (405-526,5 kHz), et systèmes radioamateur (472-479 kHz)

TABLEAU 4

**Gammes de fréquences assignées ou désignées, principaux paramètres et systèmes existants dans le cas de systèmes TESF pour les véhicules électriques**

	<b>Résonance et/ou induction magnétique pour les véhicules de tourisme électriques</b>	<b>Induction magnétique pour les poids lourds</b>
Types d'application	Recharge de véhicules électriques en stationnement (statique)	Véhicules électriques en ligne (OLEV) (recharge de véhicules électriques en déplacement ou à l'arrêt/en stationnement)
Principe technologique	Résonance et/ou induction magnétique	Induction magnétique
Pays intéressés	Japon	Corée
Gammes de fréquences assignées ou désignées au niveau national	79-90 kHz	19-21 kHz 59-61 kHz
Plage de puissance	Des classes jusqu'à 7,7 kW sont considérées pour les véhicules de tourisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puissance minimale: 75 kW</li> <li>- Puissance normale: 100 kW</li> <li>- Puissance maximale: à l'étude</li> <li>- Entrefer: 20 cm</li> <li>- Gain de temps et d'argent</li> </ul>
Avantages	Plus grande efficacité de la transmission d'énergie Travail d'harmonisation mondiale/régionale en cours	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efficacité de la transmission à plus forte puissance</li> <li>- Entrefer maximisé</li> <li>- Bruit audible réduit</li> <li>- Blindage efficace</li> <li>- Gain de temps et d'argent</li> </ul>
Alliance/normes internationales connexes	CEI 61980-1 (TC69) ISO PAS 19363 (TC22/SC37) SAE J2954	

TABLEAU 4 (*fin*)

	<b>Résonance et/ou induction magnétique pour les véhicules de tourisme électriques</b>	<b>Induction magnétique pour les poids lourds</b>
Systemes existants concernés pour le partage de fréquences		Corée: Systemes mobiles maritimes fixes (20,05-70 kHz) → Station de navire pour la radiotélégraphie Systemes limités à la radionavigation hyperbolique (DECCA) (84-86 kHz)

## 6 Exemples de réglementations nationales

Pour la Chine, le Japon et la Corée, les règles et conditions nationales applicables à la TESH et les travaux de réglementation en cours sont présentés dans la référence [1].

Le rapport d'enquête de la Télécommunauté Asie-Pacifique (APT) sur la TESH [1] et le Rapport de l'APT sur la TEST [8] contiennent les informations les plus récentes sur les discussions réglementaires tenues par les membres de la Télécommunauté Asie-Pacifique (APT) sur la TESH afin d'envisager l'utilisation de cette technologie.

Les exemples de réglementations nationales donnés ci-après sont présentés à titre d'information.

### 6.1 En Corée

Tous les équipements de radiocommunication y compris les dispositifs TESH doivent respecter trois réglementations dans le cadre de la loi relative aux ondes radioélectriques: 1) une réglementation technique; 2) une réglementation CEM; et 3) une réglementation relative aux champs électromagnétiques. Des explications complémentaires sont données ci-après concernant la réglementation technique en Corée.

Les équipements TESH sont considérés comme des équipements ISM selon la réglementation et les équipements de plus de 50 W ont besoin d'une licence d'exploitation. Les équipements de moins de 50 W doivent respecter la réglementation technique en matière de faible intensité du champ électrique et de CEM. Il y a peu, le gouvernement a révisé les critères de conformité et les caractéristiques de fonctionnement comme suit, tous les dispositifs TESH étant considérés comme des équipements ISM.

- Pour les équipements TESH exploités dans la gamme 100-205 kHz, l'intensité du champ électrique est inférieure ou égale à 500  $\mu\text{V}/\text{m}$  à 3 m. Un facteur de compensation de  $6\pi/\lambda$  doit être appliqué à la valeur de mesure (où  $\lambda$  est la longueur d'onde de la fréquence de mesure).
- Pour les équipements TESH exploités dans la gamme 6 765-6 795 kHz, l'intensité du champ électrique correspondant aux rayonnements non essentiels doit respecter les limites indiquées dans le Tableau 5.
- Pour les équipements TESH exploités dans les gammes 19-21 kHz et 59-61 kHz, l'intensité du champ électrique est inférieure ou égale à 100  $\mu\text{V}/\text{m}$  à 100 m.
- Pour les équipements WPT fonctionnant dans la gamme de fréquences 79-90 kHz, les valeurs des champs magnétique et électrique doivent respecter les limites indiquées dans le Tableau 6.

TABLEAU 5

**Limites de l'intensité de champ pour les équipements TESF exploités  
dans la gamme de fréquences 6 765-6 795 kHz en Corée**

Gamme de fréquences	Limite de l'intensité du champ (quasi-crête)	Largeur de bande de mesure	Distance de mesure
9-150 kHz	78,5-10 log( $f$ en kHz/9) dB $\mu$ V/m	200 Hz	10 m
0,15-10 MHz		9 kHz	
10-30 MHz	48 dB $\mu$ V/m	120 kHz	
30-230 MHz	30 dB $\mu$ V/m		
230-1 000 MHz	37 dB $\mu$ V/m		

TABLEAU 6

**Limites de l'intensité de champ pour les équipements TESF exploités  
dans la gamme de fréquences 79-90 kHz en Corée**

Gamme de fréquences	Limite de l'intensité du champ (quasi-crête)	Largeur de bande de mesure	Distance de mesure
9-150 kHz	27-15 dB $\mu$ A/m	200 Hz	10 m
0,15-4 MHz	de 14,5 à -7,7 dB $\mu$ A/m	9 kHz	
4-11 MHz	de -7,7 à -0,2 dB $\mu$ A/m		
11-30 MHz	de -0,2 à -7 dB $\mu$ A/m		
30-80,872 MHz	30 dB $\mu$ V/m	120 kHz	
80,872-81,848 MHz	50 dB $\mu$ V/m		
81,848-134,786 MHz	30 dB $\mu$ V/m		
134,786-136,414 MHz	50 dB $\mu$ V/m		
136,414-230 MHz	30 dB $\mu$ V/m		
230-1 000 MHz	37 dB $\mu$ V/m		

## 6.2 Au Japon

### 6.2.1 Gammes de fréquences et limites des émissions

En mars 2016, de nouvelles règles sur la «spécification d'homologation» applicables aux dispositifs TESF mobiles utilisant la fréquence 6,78 MHz, la fréquence 400 kHz et la gamme de fréquences 79-90 kHz dans le cas des véhicules électriques, moyennant une puissance d'émission intentionnelle supérieure à 50 W, sont entrées en vigueur. Ces nouvelles règles fournissent des spécifications permettant d'utiliser des équipements sans autorisation. Les systèmes qui respectent la «spécification d'homologation» peuvent être utilisés partout. Les normes citées et les conditions supplémentaires sont résumées dans le Tableau 7. Les limites d'émission sont données dans les Tableaux 8, 9 et 10 conformément aux gammes de fréquences désignées.

En 2015, le Conseil de l'information et des communications du MIC a achevé des études d'impact de chacun des systèmes TESF proposés sur les systèmes de radiocommunication existants. Dans un premier temps, une enquête portant sur les fréquences utilisées a été réalisée d'un point de vue national et mondial. Une fois déterminée la gamme de fréquences susceptible d'être retenue, les limites de

rayonnement pour lesquelles il n'y a pas de brouillage préjudiciable ont été calculées à partir d'une simulation de performances de TESH et de mesures effectuées du 4<sup>ème</sup> trimestre 2013 au 3<sup>ème</sup> trimestre 2015. Pour des raisons réglementaires de conformité et à des fins d'étude de la performance TESH, des modèles de mesure des émissions et des méthodologies de mesure ont été étudiés et fournis. Voir les Annexes 3 et 4 pour plus de détails.

Les normes CISPR ont été utilisées, en tenant compte de l'harmonisation réglementaire internationale, pour préciser les limites des émissions par rayonnement ou par conduction comme le montre le Tableau 7. Pour certains cas particuliers concernant les fréquences existantes utilisées, des conditions de coexistence supplémentaires pour les applications domestiques ont été proposées et approuvées.

Conformément à la réglementation japonaise, pour tous les dispositifs dont la puissance d'émission ne dépasse pas 50 W, il n'est pas nécessaire de demander une autorisation d'exploitation. Jusqu'à aujourd'hui, les technologies TESH pour les dispositifs mobiles utilisant la fréquence 6,78 MHz et celles utilisant la bande des 400 kHz fonctionnent avec une puissance d'émission ne dépassant pas 50 W. Les nouvelles règles autorisent les dispositifs utilisant ces technologies TESH à fonctionner avec une puissance d'émission supérieure à 50 W.

TABLEAU 7

## Normes citées et conditions pour la spécification de limites d'émissions au Japon

Technologie proposée	Émissions par conduction		Émissions par rayonnement			
	9-150 kHz	150 kHz-30 MHz	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1 GHz	1-6 GHz
a) TESH pour les véhicules électriques (classe 3 kW et classe 7 kW)	Non précisé à court terme (*1)	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1)	GT sur les conditions de coexistence (*1)	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) (*4) GT sur les conditions de coexistence	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1)	Non précisé
b) TESH pour les dispositifs mobiles exploitant la fréquence 6,78 MHz (< 100 W)	Non précisé, car la gamme exploitée par ces dispositifs est extérieure aux bandes de fréquences concernées	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) (*2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	Non précisé	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) (*2), (*3), (*4) GT sur les conditions de coexistence	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) (*2) CISPR 32 (Ed. 1.0) GT sur les conditions de coexistence	CISPR 32 (Ed. 1.0)
c) TESH pour les équipements domestiques ou de bureau (< 1,5 kW)	CISPR 14-1 Annexe B (Ed. 5.2)	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) CISPR 14-1 Annexe B (Ed. 5.2)	CISPR 14-1 Annexe B (Ed. 5.2) WG conditions de coexistence	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) (*2), (*3), (*4) CISPR 14-1 Annexe B (Ed. 5.2) GT sur les conditions de coexistence	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) (*2) CISPR 14-1 (Ed. 5.2)	Non précisé

TABLEAU 7 (*fin*)

Technologie proposée	Émissions par conduction		Émissions par rayonnement			
	9-150 kHz	150 kHz-30 MHz	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1 GHz	1-6 GHz
d) TESH pour les dispositifs mobiles 2 (couplage capacitif) (< 100 W)	Non précisé, car la gamme exploitée par ces dispositifs est extérieure aux bandes de fréquences concernées	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) <sup>(*2)</sup> CISPR 32 (Ed. 1.0)	Non précisé	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) <sup>(*2), (*3), (*4)</sup> GT sur les conditions de coexistence	CISPR 11 Groupe 2 (Ed. 5.1) <sup>(*2)</sup> CISPR 32 (Ed. 1.0)	CISPR 32 (Ed. 1.0)

Notes du Tableau 7:

- (\*1) Spécification à discuter à nouveau lorsque cette précision aura été apportée à la norme CISPR 11.
- (\*2) Si le dispositif TESH fonctionne sans le dispositif hôte, la publication CISPR 11 doit être appliquée en priorité, et les autres publications doivent être appliquées de manière secondaire.
- (\*3) Sauf indication contraire concernant la fréquence à utiliser, la norme CISPR 11 doit être appliquée en priorité, et les autres publications doivent être appliquées de manière secondaire.
- (\*4) Pour les appareils du Groupe 2, Classe B de la norme CISPR 11, les limites d'émissions à une distance de 10 m indiquées sont fondées sur la limite d'émission à une distance de 3 m.
- (\*5) Les classes A et B sont conformes à la définition du CISPR.
- (\*6) Pour les cas précisés dans les parties b) et d) de la norme CISPR 32, cette norme est pertinente et doit être appliquée lorsque nécessaire.

TABLEAU 8

**Limites des émissions pour les dispositifs mobiles TESH utilisant la fréquence 6,78 MHz (couplage magnétique) au Japon**

Application cible TESH	Limites des émissions par conduction		Limites des émissions par rayonnement de l'onde fondamentale	Limites des émissions par rayonnement dans d'autres bandes			
	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	6,765-6,795 MHz	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1 GHz	1-6 GHz
b) TESH pour les dispositifs mobiles utilisant la fréquence 6,78 MHz	Non précisé	0,15-0,50 MHz: Quasi-crête 66-56 dB $\mu$ V (décroît linéairement en fonction de log(f)) Moyenne 56-46 dB $\mu$ V (décroît linéairement en fonction de log(f)) 0,50-5 MHz: Quasi-crête 56 dB $\mu$ V, Moyenne 46 dB $\mu$ V 5-30 MHz: Quasi-crête 60 dB $\mu$ V, Moyenne 50 dB $\mu$ V, sauf bandes ISM	6,765-6,776 MHz: 44,0 dB $\mu$ A/m à 10 m (quasi-crête); 6,776-6,795 MHz: 64,0 dB $\mu$ A/m à 10 m (quasi-crête)	Non précisé	D'après la norme CISPR 11 Ed. 5.1, en convertissant dans des valeurs à 10 m, la limite d'émission décroît linéairement en fonction de log(f) de 39 dB $\mu$ A/m à 0,15 MHz, à 3 dB $\mu$ A/m à 30 MHz. Exception-1: 20,295-20,385 MHz: 4,0 dB $\mu$ A/m à 10 m (quasi-crête). Exception-2: 526,5-1 606,5 kHz: -2,0 dB $\mu$ A/m à 10 m (quasi-crête)	D'après la norme CISPR 11 Ed. 5.1, les limites suivantes s'appliquent: 30-80,872 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dB $\mu$ V/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dB $\mu$ V/m; 136,414-230 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 230-1 000 MHz: 37 dB $\mu$ V/m Dans le cas où la norme CISPR 32 (Ed. 1.0) doit être appliquée, les limites à 3 m indiquées dans le Tableau A.5 s'appliquent. Exception: 33,825-33,975 MHz: 49,5 dB $\mu$ V/m à 10 m (quasi-crête)	Dans le cas où la norme CISPR 32 (Ed. 1.0) doit être appliquée, les limites à 3 m indiquées dans le Tableau A.5 s'appliquent.

TABLEAU 9

**Limites d'émissions pour les dispositifs mobiles TESF exploitant la bande des 400 kHz (couplage capacitif) au Japon**

Application cible TESF	Limites des émissions par conduction		Limites des émissions par rayonnement de l'onde fondamentale	Limites des émissions par rayonnement dans d'autres bandes			
	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz		9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1 GHz	1-6 GHz
d) TESF pour les dispositifs mobiles utilisant la bande des 400 kHz (couplage capacitif)	Non précisé	0,15-0,50 MHz: Quasi-crête 66-56 dB $\mu$ V (décroît linéairement en fonction de log(f)) Moyenne 56-46 dB $\mu$ V (décroît linéairement en fonction de log(f)) 0,50-5 MHz: Quasi-crête 56 dB $\mu$ V, Moyenne 46 dB $\mu$ V 5-30 MHz: Quasi-crête 60 dB $\mu$ V, Moyenne 50 dB $\mu$ V, sauf bandes ISM	D'après la norme CISPR 11 Ed. 5.1, en convertissant dans des valeurs à 10 m, la limite d'émission décroît linéairement en fonction de log(f) de 39 dB $\mu$ A/m à 0,15 MHz, à 3 dB $\mu$ A/m à 30 MHz	Non précisé	D'après la norme CISPR 11 Ed. 5.1, en convertissant dans des valeurs de 10 m, la limite d'émission décroît linéairement en fonction de log(f) de 39 dB $\mu$ A/m à 0,15 MHz, à 3 dB $\mu$ A/m à 30 MHz. Exception: 526,5 kHz-1 606,5 kHz: -2,0 dB $\mu$ A/m à 10 m (quasi-crête)	D'après la norme CISPR 11 Ed. 5.1, les limites suivantes s'appliquent: 30-80,872 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dB $\mu$ V/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dB $\mu$ V/m; 136,414-230 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 230-1 000 MHz: 37 dB $\mu$ V/m Dans le cas où la norme CISPR 32 (Ed. 1.0) doit être appliquée, les limites à 3 m indiquées dans le Tableau A.5 s'appliquent.	Dans le cas où la norme CISPR 32 (Ed. 1.0) doit être appliquée, les limites à 3 m indiquées dans le Tableau A.5 s'appliquent.

TABLEAU 10

## Limites des émissions TEF pour les véhicules électriques au Japon

Application cible TEF	Limites des émissions par conduction		Limites des émissions par rayonnement de l'onde fondamentale	Limites des émissions par rayonnement dans d'autres bandes			
	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz		79-90 kHz	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1 GHz
TEF pour la recharge de véhicules électriques	Non précisé	0,15-0,50 MHz: Quasi-crête 66-56 dB $\mu$ V (décroit linéairement en fonction de log(f)) Moyenne 56-46 dB $\mu$ V (décroit linéairement en fonction de log(f)), 0,50-5 MHz: Quasi-crête 56 dB $\mu$ V, Moyenne 46 dB $\mu$ V 5-30 MHz: Quasi-crête 60 dB $\mu$ V, Moyenne 50 dB $\mu$ V, sauf bandes ISM	68,4 dB $\mu$ A/m à 10 m. (quasi-crête)	23,1 dB $\mu$ A/m à 10 m. (quasi-crête), sauf 79-90 kHz	D'après la norme CISPR 11 Ed. 5.1, en convertissant dans des valeurs de 10 m, la limite d'émission décroît linéairement en fonction de log(f) de 39 dB $\mu$ A/m à 0,15 MHz, à 3 dB $\mu$ A/m à 30 MHz (1). Exception-1: Pour 158-180 kHz, 237-270 kHz, 316-360 kHz, et 3 965-450 kHz, les limites d'émission sont supérieures à (1) de plus de 10 dB. Exception-2: Pour 526,5-1 606,5 kHz, -2,0 dB $\mu$ A/m (quasi-crête)	D'après la norme CISPR 11 Ed. 5.1, les limites suivantes s'appliquent: 30-80,872 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dB $\mu$ V/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dB $\mu$ V/m; 136,414-230 MHz: 30 dB $\mu$ V/m; 230-1 000 MHz: 37 dB $\mu$ V/m	Non précisé

### 6.2.2 Évaluation de l'exposition aux fréquences radioélectriques

Au Japon, on applique les lignes directrices relatives à la radioprotection (RRPG) pour contrôler le niveau d'exposition des personnes aux rayonnements émis par les systèmes TESH. Ces lignes directrices fournissent des principes généraux à adopter lorsqu'une personne utilise des ondes radioélectriques et est exposée à un champ électromagnétique, dans une gamme de fréquences allant de 10 kHz à 300 GHz, afin de s'assurer que ce dernier ne représente pas un danger et n'est pas susceptible d'avoir un effet biologique néfaste sur le corps. Les lignes directrices RRPG sont constituées de valeurs numériques relatives à la force électromagnétique, à la méthode d'évaluation du champ électromagnétique, et à la méthode de protection à employer pour minimiser l'irradiation due au champ électromagnétique.

Les valeurs appliquées aux systèmes TESH indiquées dans les lignes directrices sont des valeurs administratives et concernent l'environnement général. Dans le cas où il est impossible de déceler l'exposition des personnes aux champs magnétiques, on ne peut pas mettre en place de contrôle approprié, ce qui implique l'existence d'un certain nombre d'inconnues, comme dans le cas de l'exposition des personnes à un champ magnétique dans leur lieu de résidence.

Toutefois, pour le cas d'une personne située à moins de 20 cm d'un système TESH fonctionnant à des fréquences comprises entre 10 kHz et 100 kHz, à qui les lignes directrices concernant l'absorption partielle par le corps ne sont pas applicables, les lignes directrices de base des RRPG s'appliquent.

Les lignes directrices de base ne distinguent pas l'environnement général de l'environnement professionnel. Ainsi, lorsque les lignes directrices générales s'appliquent, les valeurs indiquées tiennent compte d'un facteur de sécurité de 1/5 ( $1/\sqrt{5}$  du champ électromagnétique et de densité du courant électrique).

La méthodologie d'évaluation fournit des modèles d'évaluation de la conformité aux lignes directrices RRPG et aux valeurs qu'elles indiquent. Un modèle d'évaluation examine l'association de certains des paramètres de la liste qui suit. Chaque technologie TESH cible (par exemple la TESH exploitant la fréquence 6,78 MHz pour les mobiles ou la TESH pour les véhicules électriques) possède ses propres modèles d'évaluation.

- 1) Corps humain pouvant être situé à moins de 20 cm du système TESH ou situé entre les bobines émettrice et réceptrice.
- 2) Protection contre les risques liés au contact.
- 3) Non-mise à la terre.
- 4) Taux d'absorption spécifique moyen du corps entier.
- 5) Taux d'absorption spécifique partiel du corps.
- 6) Densité du courant induit.
- 7) Courant de contact.
- 8) Champ électrique externe.
- 9) Champ magnétique externe.

Parmi les modèles d'évaluation de toutes les technologies TESH cibles, le plus simple est constitué des points 8) et 9) de la liste ci-dessus; il s'agit de la plus petite combinaison de paramètres possible. Le modèle d'évaluation le plus simple est censé fournir le taux maximum d'absorption de l'énergie des ondes radioélectriques par le corps. Autrement dit, la valeur limite d'exposition aux fréquences radioélectriques estimée est largement supérieure à la valeur réelle d'exposition du corps. En conséquence, la puissance d'émission admissible des systèmes TESH est largement inférieure aux valeurs limites.

Les autres modèles tiennent compte d'un plus grand nombre de paramètres. L'augmentation du nombre de paramètres choisis implique, au niveau méthodologique, une évaluation plus approfondie, ce qui permet d'estimer l'exposition aux fréquences radioélectriques avec plus de précision. Certains modèles conçus pour réaliser une évaluation approfondie prévoient l'application d'un facteur de couplage que l'on multiplie par le champ magnétique maximal, afin de s'assurer que l'exposition aux fréquences radioélectriques est bien inférieure aux valeurs limites indiquées dans les lignes directrices. Le calcul du facteur de couplage est aussi fourni.

Si un système utilisant l'une des technologies TESH cibles s'avère conforme aux valeurs définies par l'un des modèles, on considère alors le système conforme aux lignes directrices RRPG.

À l'avenir, de nouvelles méthodologies d'évaluation pourront être exploitées si elles sont validées par des ingénieurs qualifiés ou bien si elles s'avèrent apporter une amélioration aux méthodologies actuelles.

Pour finir, observons que les lignes directrices de la CIPRNI publiées en 2010 ont été approuvées dans les lignes directrices RRPG pour les basses fréquences. Par conséquent, le niveau d'exposition devrait permettre d'obtenir un taux d'absorption spécifique pour les fréquences situées entre 100 kHz et 10 MHz qui empêche la stimulation excessive du système nerveux et l'échauffement des tissus.

### 6.3 Chine

La réglementation nationale sur la TESH est à l'étude en Chine.

## 7 Études d'impact entre les systèmes TESH et les services de radiocommunication

Cette partie contient des informations détaillées sur l'état d'avancement des études d'impact entre les systèmes TESH et les services de radiocommunication, y compris le service de radioastronomie<sup>5</sup>.

Certaines des études visées au présent paragraphe s'appliquent aux émissions TESH provenant de dispositifs mobiles et portables et sont également traitées dans le Rapport UIT-R SM.2449, par exemple les études visées au § 7.2 et dans l'Annexe 3. Toutefois, de par leur nature générale, elles s'appliquent également au contexte des dispositifs portables et mobiles.

### 7.1 Résultats des études et activités en cours dans certaines administrations

Compte tenu des champs de forte intensité qui peuvent être produits par les systèmes TESH, il existe un risque de brouillage des signaux de communication dans les bandes voisines. Pour déterminer les caractéristiques requises des signaux RF TESH, il faut d'abord étudier le risque que les systèmes TESH causent des brouillages aux autres services. Ces études et la détermination résultante des caractéristiques doivent être achevées avant que des fréquences soient désignées ou assignées pour les systèmes TESH.

Les Figures 22 et 23 montrent les bandes de fréquences désignées pour la TESH au Japon et assignées en Corée [1] ainsi que celles qui ont été approuvées par des organisations internationales pour les systèmes TESH n'utilisant pas de faisceaux. Des fréquences additionnelles peuvent également être utilisées pour la transmission TESH, conformément aux Recommandations UIT-R SM.2110 «Orientations concernant les gammes de fréquences pour la transmission d'énergie hertzienne sans faisceau pour les véhicules électriques» et UIT-R SM.2129 «Orientations relatives aux gammes de fréquences pour l'exploitation des systèmes de transmission d'énergie sans fil n'utilisant pas de faisceau pour les dispositifs mobiles et portables». Des études de partage du spectre doivent être

---

<sup>5</sup> Cette partie pourra être revue ultérieurement compte tenu des révisions en cours des Rapports UIT-R SM.2449 et SM.2451.

réalisées entre les systèmes concernés et les systèmes TESH afin de préciser les possibilités de coexistence. Certains équipements TESH sont considérés comme des équipements ISM qui ne doivent pas causer de brouillages préjudiciables aux autres stations ni demander à être protégés vis-à-vis de ces stations. Le Tableau 11 indique l'utilisation du spectre par les systèmes sans fil existants au-dessous de 1,6 MHz, qui devrait être envisagée dans les études d'impact des systèmes TESH dans le cas des véhicules électriques.

TABLEAU 11

## Utilisation du spectre par les systèmes sans fil existants

Systèmes radioélectriques	Bandes de fréquences	Techniques de communication	Remarques
Service des fréquences étalon et des signaux horaires	19,95-20,05 kHz (20 kHz, mondial) 39-41 kHz (40 kHz, Japon) 49,25-50,75 kHz (50 kHz, Russie) 59-61 kHz (60 kHz, Royaume-Uni, États-Unis et Japon) 65,85-67,35 kHz (66,6 kHz, Russie) 68,25-68,75 kHz (68,5 kHz, Chine) 74,75-75,25 kHz (75 kHz, Suisse) 77,25-77,75 kHz (77,5 kHz, Allemagne) 99,75-102,5 kHz (100 kHz, Chine) 128,6-129,6 kHz (129,1 kHz, Allemagne) 157,5-166,5 kHz (162 kHz, France)	Modulation d'amplitude, Codage binaire décimal (BCD)	Horloges et montres qui reçoivent périodiquement les signaux numériques du temps étalon émis par les stations émettrices du signal de temps étalon en vue de se synchroniser et d'ajuster leur heure.
Service de contrôle des ondulations	128,6-129,6 kHz (129,1 kHz, Europe) 138,5-139,5 kHz (139 kHz, Europe)	—	Système de gestion de la charge/demande utilisé dans les centrales électriques et pour leur réseau électrique

TABLEAU 11 (*fin*)

Systèmes radioélectriques		Bandes de fréquences	Techniques de communication	Remarques
Systèmes radioélectriques des trains	Systèmes d'arrêt automatique des trains (ATS)	10-250 kHz (Japon)	—	Système de télécommunication consistant à appliquer un courant électrique dans des bobines installées le long des voies ferrées pour détecter le courant électrique qui circule dans des bobines installées dans les wagons afin de contrôler les trains
		425-524 kHz (Japon)		
	Systèmes radioélectriques par induction pour les trains (ITRS)	100-250 kHz (Japon)	—	
		80 kHz, 92 kHz (Japon, une station seulement)		
Radioamateur		135,7-137,8 kHz	Modulation d'amplitude, modulation de fréquence, modulation BLU, etc.	Service radioélectrique à base de dispositifs d'émission et de réception utilisé pour la recherche et pour la formation des opérateurs radioamateurs
		472-479 kHz		
Radio maritime		90-110 kHz (LORAN)	Impulsion, MDF, etc.	Système radio assurant la sécurité des opérations de navire dans les ports ou en mer
		424 kHz, 490 kHz, 518 kHz (NAVTEX)		
		495-505 kHz (NAVDAT)		
Radiodiffusion sonore		148,5-283,5 kHz (Région 1) 525-526,5 kHz (Région 2) 526,5-1 606,5 kHz (mondial) 1 605,5-1 705 kHz (Région 2)	Modulation d'amplitude/DRM	Service de radiodiffusion sonore dont les dispositifs de réception utilisent les ondes moyennes

FIGURE 22  
Fréquences envisagées pour la TESH et systèmes existants (10-300 kHz)

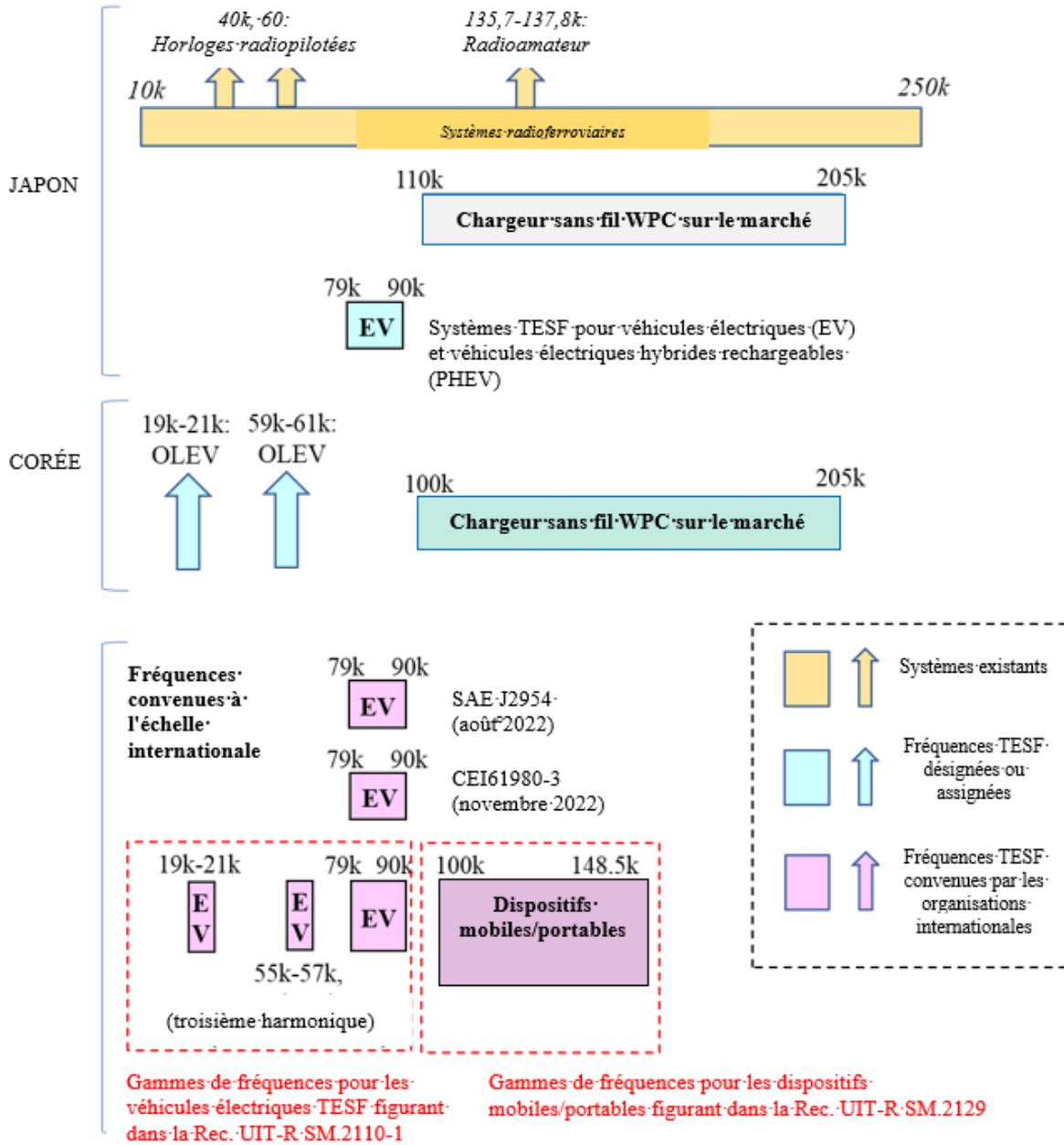
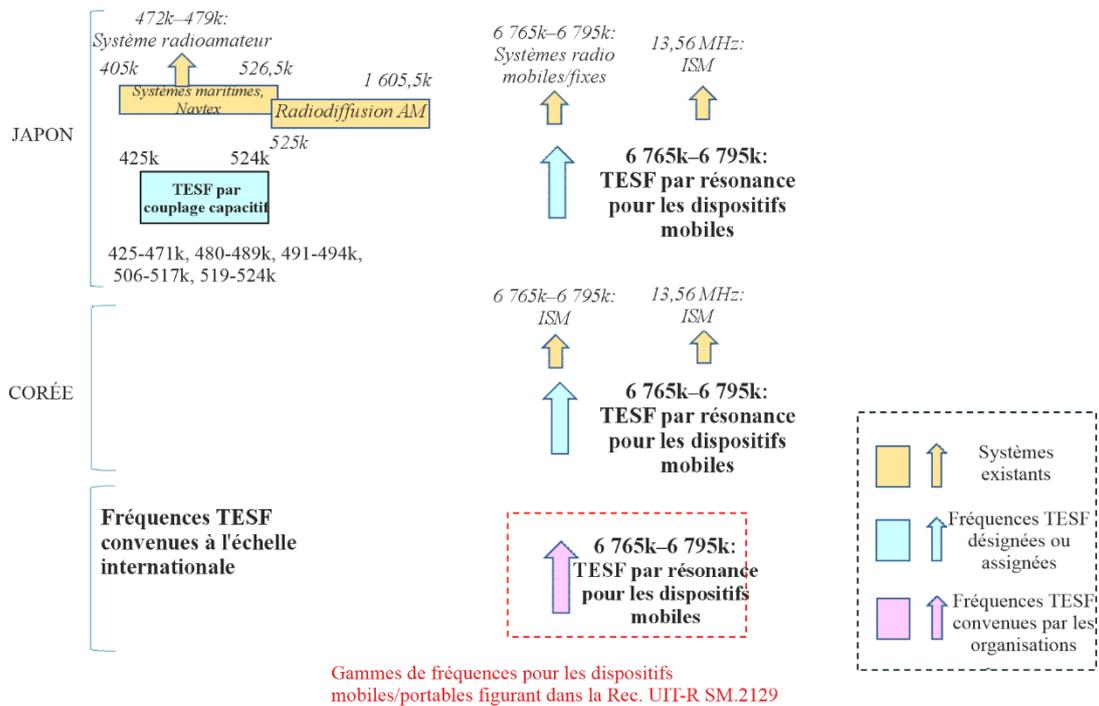


FIGURE 23

## Fréquences envisagées pour la TESH et systèmes existants (400 kHz – 13,56 MHz)



Rapport SM.2303-23

S'agissant du Japon, le Tableau 12 récapitule les gammes de fréquences envisagées et les systèmes TESH cibles avec les paramètres fondamentaux.

TABLEAU 12

## Techniques TESH examinées par le Groupe de travail du MIC sur la TESH au Japon

Applications TESH cibles	a) TESH pour les véhicules électriques	b) TESH pour les dispositifs mobiles et portables (1)	c) TESH pour les appareils domestiques et les équipements de bureau	d) TESH pour les dispositifs mobiles et portables (2)
Technique TESH	Transmission d'énergie utilisant le champ magnétique (induction, résonance)			Couplage capacitif
Puissance de transmission	Jusqu'à environ 3 kW (max 7,7 kW)	Plusieurs W – environ 100 W	Plusieurs W-1,5 kW	Environ 100 W
Gammes de fréquences envisagées pour la TESH	42-48 kHz (bande des 45 kHz), 52-58 kHz (bande des 55 kHz), 79-90 kHz (bande des 85 kHz), 140,91-148,5 kHz (bande des 145 kHz)	6 765-6 795 kHz	20,05-38 kHz, 42-58 kHz, 62-100 kHz	425-524 kHz
Distance de transmission	0 – environ 30 cm	0 – environ 30 cm	0 – environ 10 cm	0 – environ 1 cm

Les informations figurant dans ce tableau pourront évoluer en fonction de l'évolution de la normalisation de la TESH au niveau national et au niveau mondial.

### 7.1.1 Japon

Dans le cadre de ses études de partage du spectre et de ses études de coexistence, le Groupe de travail sur la TESH du Comité du MIC sur l'environnement électromagnétique pour l'utilisation des ondes radioélectriques a retenu de nombreux cas possibles et concrets où la combinaison de systèmes radioélectriques existants avec des systèmes TESH cibles serait susceptible de provoquer des brouillages préjudiciables dans des circonstances précises liées à l'utilisation de ces systèmes. Dans ces situations, l'onde radioélectrique fondamentale du système TESH peut être située dans le même spectre que celui des systèmes radioélectriques existants, lorsque la distance séparant celui-ci du système TESH est inférieure à la distance nécessaire ou en l'absence de mesure d'atténuation de puissance adéquate. Une harmonique du système TESH pourrait elle aussi être située dans le même spectre que le système radioélectrique existant et provoquer une dégradation de la qualité du signal au niveau du récepteur radio existant. Puisque toutes sortes de cas peuvent se présenter, le Groupe de travail a choisi de déterminer les configurations les plus défavorables afin d'évaluer l'impact de la TESH. Différents scénarios d'utilisation ont été examinés, après quoi on a réalisé des simulations et des expériences de terrain. Le Groupe de travail a déterminé un critère de coexistence, qui indique les conditions d'utilisation d'un système TESH avec les systèmes existants, en se fondant sur les sensibilités actuelles des récepteurs et sur les cas d'utilisation considérés.

En décembre 2014, il a été démontré que les dispositifs TESH par couplage magnétique exploitant la fréquence 6,78 MHz et les dispositifs TESH par couplage capacitif pouvaient coexister dans les conditions définies.

La coexistence de dispositifs TESH par couplage magnétique exploitant la fréquence 6,78 MHz avec les systèmes de radiocommunication publics a été évaluée sur de petits segments de fréquences dans la gamme 6,765-6,795 MHz, en prenant pour hypothèse la puissance de transmission maximale, soit 100 W. Des limites d'émission spécifiques ont été obtenues (voir le Tableau 8) et spécifiées afin de respecter les critères de coexistence dans ces petits segments.

L'évaluation de la coexistence pour les dispositifs TESH par couplage capacitif a été effectuée par le biais de calculs théoriques et d'expériences de terrain. Les résultats montrent qu'il faut un champ magnétique largement inférieur à la limite d'émissions requise pour pouvoir coexister avec les systèmes existants concernés. On a ainsi démontré la possibilité de coexistence d'un dispositif TESH par couplage capacitif dont la puissance d'émission est inférieure à 100 W. Il est toutefois important d'observer que les gammes de fréquences utilisées pour les dispositifs radiomaritimes et les dispositifs du service de radioamateur ont été exclues des gammes de fréquences envisagées, s'agissant de l'utilisation internationale du spectre des fréquences.

Une autre technologie TESH par couplage magnétique fonctionnant dans la gamme des kHz pour les appareils électroménagers n'a toujours pas validé l'ensemble des tests de l'évaluation de coexistence.

Les applications TESH pour les véhicules électriques fonctionnant dans la bande comprise entre 79 et 90 kHz ont réussi les tests de coexistence avec les horloges radiopilotées, les dispositifs de radiodiffusion MA et les systèmes radioamateurs. Les conditions de coexistence ne sont toujours pas respectées pour les applications fonctionnant dans les autres bandes de fréquences envisagées. C'est la raison pour laquelle les gammes de fréquences envisagées pour les véhicules électriques ont convergé vers la gamme 79-90 kHz.

Le Groupe de travail a également effectué des évaluations afin de confirmer la coexistence avec les systèmes ferroviaires hertziens, c'est-à-dire les systèmes d'arrêt automatique des trains (ATS), déployés dans l'ensemble des réseaux ferroviaires au Japon, et les systèmes radioélectriques par induction pour les trains (ITRS), dans des cas d'utilisation très spécifiques. Enfin, le Groupe de travail a déterminé les critères techniques de coexistence avec les systèmes ferroviaires hertziens.

À la suite des études de coexistence qui ont été menées, le Japon souhaiterait attirer l'attention de la communauté mondiale sur l'étude relative à la coexistence avec les systèmes ferroviaires hertziens, et en particulier avec les systèmes ATS. A l'heure actuelle, des systèmes ATS sont exploités autour de 100 kHz et sont déployés sur le réseau ferroviaire japonais, mais aussi dans de nombreuses régions et de nombreux réseaux dans le monde. À l'avenir, dans le cadre du déploiement de systèmes ATS, de nombreux pays pourront être amenés à devoir démontrer les possibilités de coexistence avec les systèmes TESH, afin de garantir la sécurité des passagers. Cette étude devrait donc être prise en compte dans le monde entier plutôt que dans le cadre d'une approche spécifique à un pays seulement. Le Japon estime que l'UIT-R, en collaborant avec le CISPR, devrait prendre les mesures nécessaires concernant cette étude.

Les mécanismes de contrôle électromagnétique sont essentiels pour garantir le fonctionnement en toute sécurité des systèmes ferroviaires hertziens. La résistance des systèmes aux rayonnements non désirés est fondamentale et les caractéristiques de cette résistance peuvent varier d'un système à l'autre. Par conséquent, les critères de coexistence pour les systèmes diffèrent d'un pays ou d'une région à l'autre. Les limites d'émissions qu'il revient au CISPR de spécifier devraient tenir compte de cette variabilité et de la fiabilité des systèmes.

Le Groupe de travail a conclu que les systèmes TESH pour véhicules électriques exploitant la bande de fréquences 79-90 kHz pour les classes de puissance 3 kW et 7,7 kW pouvaient être utilisés sans risque de brouillage préjudiciable aux systèmes et services existants choisis dans des conditions pratiques. Les nouvelles règles applicables aux systèmes TESH pour véhicules électriques, au couplage magnétique à la fréquence 6,78 MHz et au couplage capacitif ont été publiées et sont entrées en vigueur en mars 2016.

Le Tableau 13 A), B), C) et le Tableau 14 résument les résultats des études de coexistence.

TABLEAU 13

**Résultats des études sur la coexistence des applications TESH pour les dispositifs mobiles et électroménagers au Japon**

**A) Coexistence avec les dispositifs d'horloges radiopilotées, les systèmes d'arrêt automatique des trains (ATS) et les systèmes radio par induction pour les trains (ITRS)**

TESF pour dispositifs mobiles et électroménagers		Systèmes existants		
Technologies	Gammes de fréquences envisagées	Horloges radiopilotées <sup>(1)</sup> (40 kHz, 60 kHz)	Systèmes ATS <sup>(2)</sup> (10-250 kHz)	Systèmes ITRS <sup>(3)</sup> (10-250 kHz)
Couplage magnétique (faible puissance pour les dispositifs mobiles)	6,765-6,795 kHz	Sans objet	Sans objet	Sans objet
Couplage magnétique (faible-forte puissance pour les appareils électroménagers)	20,05-38 kHz	Conforme aux critères de coexistence. Remarques:	Nécessité d'une évaluation plus approfondie.  • Une distance de séparation doit être fixée afin d'éviter tout brouillage préjudiciable.	Conforme aux critères de coexistence
	42-58 kHz	• Les 2ème et 3ème harmoniques ne doivent pas chevaucher les bandes de fréquences exploitées par les horloges radiopilotées.		Conforme aux critères de coexistence
	62-100 kHz	• Nous attirons l'attention de l'utilisateur sur le fait que les horloges radiopilotées peuvent subir des brouillages.		Nécessité d'une évaluation plus approfondie.  • Une distance de séparation doit être fixée afin d'éviter tout brouillage préjudiciable.
Couplage capacitif (faible puissance pour les dispositifs mobiles)	425-524 kHz	Sans objet	Conforme aux critères de coexistence du fait d'une réduction du champ électromagnétique de 12 dB	Sans objet

Critères de coexistence évalués:

<sup>(1)</sup> Horloges radiopilotées: les dispositifs TESH ne causent pas de brouillage préjudiciable dans les situations simulées.

- Une distance de séparation de 10 m a été utilisée comme critère de coexistence. Outre les caractéristiques de l'onde fondamentale, ont également été examinées les harmoniques entières qui sont situées dans les bandes de fonctionnement des horloges radiopilotées.
- Une mesure supplémentaire concernant une condition relative à l'horaire de fonctionnement est examinée, car la TESH n'est pas ou peu utilisée pour les appareils domestiques et les équipements de bureau à minuit, heure à laquelle il est fréquent que les horloges radiopilotées reçoivent leurs signaux. L'annonce du risque radio émanant de la TESH pour les appareils domestiques peut conduire à un brouillage moins important en cas de partage des mêmes fréquences, car les horaires d'utilisation ne se chevauchent pas entièrement.

TESF pour dispositifs mobiles et électroménagers		Systèmes existants		
Technologies	Gammes de fréquences envisagées	Horloges radiopilotées <sup>(1)</sup> (40 kHz, 60 kHz)	Systèmes ATS <sup>(2)</sup> (10-250 kHz)	Systèmes ITRS <sup>(3)</sup> (10-250 kHz)

• Certaines harmoniques générées à partir des ondes fondamentales des systèmes TESF à 20,05 kHz et 30 kHz se situent dans les bandes de fonctionnement des horloges radiopilotées, d'où des difficultés importantes pour garantir l'absence de brouillages préjudiciables.

<sup>(2), (3)</sup> Systèmes ATS et ITRS: les dispositifs TESF ne causeront pas de brouillage préjudiciable dans les conditions réelles d'utilisation. Les critères de coexistence sont les suivants:

- la bande de fréquences TESF ne doit pas chevaucher les bandes utilisées pour les systèmes de signalisation des trains y compris les systèmes ATS; ou
- la distance de séparation avec les dispositifs ATS/ITRS, à laquelle un dispositif TESF ne génère pas de brouillage préjudiciable, doit être inférieure au seuil minimum (1,5 m environ) spécifié dans les normes de construction des systèmes pour les trains;
- les critères indiqués ci-dessus devraient être respectés dans tous les types d'aménagements de systèmes ferroviaires au Japon.

## B) Étude sur la coexistence avec les dispositifs de radiodiffusion en modulation d'amplitude et les dispositifs de radiocommunication maritimes

TESF pour dispositifs mobiles et électroménagers		Systèmes existants	
Technologies	Gammes de fréquences envisagées	Radiodiffusion en modulation d'amplitude <sup>(1)</sup> (526,5-1 606,5 kHz)	Dispositifs de radiocommunication maritimes <sup>(2)</sup> (405-526,5 kHz)
Couplage magnétique (faible puissance pour les dispositifs mobiles)	6,765-6,795 kHz	Sans objet	Sans objet
Couplage magnétique (faible-forte puissance pour les appareils électroménagers)	20,05-38 kHz	Non conforme aux critères de coexistence: la distance de séparation requise dépasse largement la distance de séparation de 10 m recommandée pour les dispositifs cibles.	Sans objet
	42-58 kHz		Sans objet
	62-100 kHz		Conforme aux critères de coexistence. Remarques: • Éviter l'utilisation des systèmes TESF qui émettent dans la gamme de fréquences du système LORAN-C <sup>(3)</sup> .
Couplage capacitif (faible puissance pour les dispositifs mobiles)	425-524 kHz	Conforme aux critères de coexistence. Remarques: • Nous attirons l'attention de l'utilisateur sur le fait que les dispositifs de radiodiffusion en modulation d'amplitude peuvent subir des brouillages.	Conforme aux critères de coexistence. Remarques: • Éviter l'utilisation des systèmes TESF qui émettent dans la gamme de fréquences des systèmes NAVTEX et NAVDAT.

TESF pour dispositifs mobiles et électroménagers		Systèmes existants	
Technologies	Gammes de fréquences envisagées	Radiodiffusion en modulation d'amplitude <sup>(1)</sup> (526,5-1 606,5 kHz)	Dispositifs de radiocommunication maritimes <sup>(2)</sup> (405-526,5 kHz)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Si des brouillages préjudiciables sont observés, des mesures concernant les dispositifs TESF devraient être prises en conséquence.</li> </ul>	

Critères de coexistence évalués:

- <sup>(1)</sup> Radiodiffusion MA: les dispositifs TESF ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable à un récepteur de radiodiffusion MA à une distance de 10 m au moins, d'après la définition de l'environnement résidentiel établie par le CISPR. Le modèle de système utilisé comporte plusieurs dispositifs TESF, ainsi qu'un récepteur de radiodiffusion MA intérieur. Des essais sur le terrain ont été menés dans les conditions d'utilisation les plus défavorables définies avec des fréquences, un nombre de dispositifs TESF et des distances de séparation variables, dans des zones urbaines à fort ou faible bruit de fond. La Classe B du Groupe 2 de la norme CISPR 11 a aussi été prise en compte.
- <sup>(2)</sup> Dispositifs de radiocommunication maritimes: les dispositifs TESF ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable. D'après les résultats de l'évaluation, les systèmes TESF proposés ont largement la possibilité de coexister avec les systèmes de radiocommunication maritimes. Toutefois, il convient de noter que les fréquences ci-après de la gamme de fréquences considérée dans cette étude sont utilisées pour assurer la sécurité de la navigation maritime. Par conséquent, ces mêmes fréquences ne peuvent plus être utilisées. i) NAVTEX: 518 kHz (424 kHz, 490 kHz); et ii) NAVDAT: 495-505 kHz. En outre, les harmoniques ne doivent pas se situer dans la bande en ondes métriques (156-162 MHz) utilisée à l'échelle internationale par les dispositifs de radiocommunication maritimes.
- <sup>(3)</sup> LORAN-C, eLORAN (90-100 kHz): Les opérateurs de systèmes de radiocommunication maritimes ont signalé qu'il convenait de ne pas mettre ces fréquences à la disposition des systèmes TESF.

### C) Coexistence avec les dispositifs radioamateurs et les systèmes de radiocommunication publics

TESF pour dispositifs mobiles et électroménagers		Systèmes existants	
Technologies	Gammes de fréquences envisagées	Dispositifs radioamateurs <sup>(1)</sup> (135,7-137,8 kHz, 472-479 kHz)	Systèmes de radiodiffusion publics <sup>(2)</sup> (6,765-6,795 kHz)
Couplage magnétique (faible puissance pour les dispositifs mobiles)	6,765-6,795 kHz	Conforme aux critères de coexistence. Remarques: <ul style="list-style-type: none"> <li>Éviter l'utilisation des systèmes TESF qui émettent dans la gamme de fréquences du service radioamateur</li> </ul>	Conforme aux critères de coexistence, limites d'émissions spécifiques fournies
Couplage magnétique (faible-forte puissance pour les appareils électroménagers)	20,05-38 kHz		Sans objet
	42-58 kHz		Sans objet
	62-100 kHz		Sans objet
Couplage capacitif (faible puissance pour les dispositifs mobiles)	425-524 kHz		Sans objet

Critères de coexistence évalués:

- <sup>(1)</sup> Dispositifs radioamateurs: pour le couplage capacitif, la bande de fréquences 472-479 kHz est un cas dans la bande (partage des mêmes fréquences). Pour les systèmes radioamateur, il n'est trouvé ni règle ni critère officiel

TESF pour dispositifs mobiles et électroménagers		Systèmes existants	
Technologies	Gammes de fréquences envisagées	Dispositifs radioamateurs <sup>(1)</sup> (135,7-137,8 kHz, 472-479 kHz)	Systèmes de radiodiffusion publics <sup>(2)</sup> (6,765-6,795 kHz)

concernant le niveau de brouillage causé par les autres systèmes. Néanmoins, un accord a été conclu afin d'exclure cette bande attribuée pour les systèmes radioamateur de la gamme de fréquences de fonctionnement des systèmes TESF et de fixer un décalage de fréquence approprié.

- <sup>(2)</sup> Systèmes de radiocommunication publics: La bande 6 765-6 795 kHz n'est pas désignée comme étant une bande pour les applications ISM au Japon. Toutefois, la réglementation prévoit la possibilité d'utiliser des applications TESF dans la bande. De nouvelles limites d'émissions pour les produits TESF ont été fixées, qui pourront leur permettre de coexister avec les systèmes existants et d'utiliser une puissance d'émission plus élevée dans cette bande.

TABLEAU 14

### Résultats des études sur la coexistence des systèmes TESF pour véhicules électriques au Japon

TESF pour véhicules électriques	Systèmes existants				
	Gammes de fréquences envisagées	Horloges radiopilotées <sup>(1)</sup> (40 kHz, 60 kHz)	Systèmes ATS <sup>(2)</sup> (10-250 kHz)	Systèmes ITRS <sup>(3)</sup> (10-250 kHz)	Radiodiffusion MA <sup>(4)</sup> (526,5-1 606,5 kHz)
42-48 kHz	Non conforme aux critères de coexistence	Non évalué, car un autre critère n'est pas respecté	Conforme aux critères de coexistence	Conforme aux critères de coexistence.	Conforme aux critères de coexistence. Remarque:
52-58 kHz	Non conforme aux critères de coexistence	Non évalué, car un autre critère n'est pas respecté	Conforme aux critères de coexistence	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nous attirons l'attention de l'utilisateur sur le fait que les dispositifs de radiodiffusion MA peuvent subir des brouillages.</li> <li>En cas de brouillage préjudiciable, des mesures concernant les dispositifs TESF doivent être prises en conséquence.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Éviter l'utilisation des systèmes TESF qui émettent dans la gamme de fréquences attribuée aux dispositifs radioamateurs.</li> </ul>

TABLEAU 14 (fin)

TESF pour véhicules électriques	Systèmes existants				
	Horloges radiopilotées <sup>(1)</sup> (40 kHz, 60 kHz)	Systèmes ATS <sup>(2)</sup> (10-250 kHz)	Systèmes ITRS <sup>(3)</sup> (10-250 kHz)	Radiodiffusion MA <sup>(4)</sup> (526,5-1 606,5 kHz)	Dispositifs radioamateurs <sup>(5)</sup> (135,7-137,8 kHz)
79-90 kHz	Conforme aux critères de coexistence. Remarque: <ul style="list-style-type: none"> <li>Attirer l'attention de l'utilisateur sur le risque de brouillage imputable aux horloges radiopilotées.</li> </ul>	Conforme aux critères de coexistence, mais nécessité de respecter l'exigence suivante: <ul style="list-style-type: none"> <li>Respect d'une distance de séparation minimale de 4,8 m par rapport au rail.</li> </ul>	Conforme aux critères de coexistence, mais nécessité de respecter l'exigence suivante: <ul style="list-style-type: none"> <li>Respect d'une distance de séparation minimale de 45 m par rapport au rail.</li> <li>Une voie seulement exploite les fréquences 80 kHz et 92 kHz; cette exigence technique doit s'appliquer dans ce cas.</li> </ul>		
140,91-148,5 kHz		Non évalué, car un autre critère n'est pas respecté	Non conforme aux critères de coexistence		

Critères de coexistence évalués:

- (1) Horloges radiopilotées: les dispositifs TESF ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable défini par le rapport  $C/I$  obtenu avec la sensibilité minimale du récepteur des horloges radiopilotées dans les situations d'utilisation convenues. Une distance de séparation de 10 m a été utilisée comme critère de coexistence. Des mesures supplémentaires visant à éviter le chevauchement des horaires de fonctionnement des dispositifs TESF et des horloges radiopilotées, concernant la variation de la direction de propagation des ondes radioélectriques, et relatives aux possibilités d'amélioration de la performance, ont été examinées.
- (2), (3) Systèmes ATS et ITRS: les dispositifs TESF ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable en situation de fonctionnement réel. Le critère de coexistence est: i) la bande de fréquences TESF ne doit pas chevaucher les bandes utilisées pour les systèmes de signalisation des trains, y compris les systèmes ATS; ou ii) la distance de séparation doit être inférieure au seuil critique (1,5 m environ) spécifié dans les normes de construction des systèmes pour les trains. Les points i) et ii) doivent être respectés dans tous les types d'aménagements de systèmes ferroviaires au Japon.
- (4) Radiodiffusion MA: les dispositifs TESF ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable à un récepteur de radiodiffusion MA à une distance de 10 m au moins, d'après la définition de l'environnement résidentiel établie par le CISPR. Des essais sur le terrain ont été réalisés en plaçant un émetteur et un récepteur TESF sur un wagon factice en simulant les conditions d'utilisation les plus défavorables, soit une situation où la septième harmonique rayonnée par le dispositif TESF, de  $F_c = 85,106$  kHz se situe dans le canal de 594 kHz attribué au système de radiodiffusion MA desservant une vaste partie de la région de Kanto au Japon. Des évaluations auditives ont également été réalisées.

- <sup>(5)</sup> Dispositifs radioamateurs: il s'agit d'un cas «hors bande» (absence de partage des mêmes fréquences). Les gammes de fréquences envisagées pour les systèmes TESH pour les véhicules électriques présentent un décalage approprié (bande de garde) par rapport à la bande dans laquelle fonctionnent les dispositifs radioamateurs. Par conséquent, il n'y a pas de perte de sensibilité du récepteur (hors bande) due au brouillage, mais il est tenu compte des niveaux des harmoniques rayonnées (rayonnements non essentiels) par les dispositifs TESH lorsque ces harmoniques se situent dans la bande dans laquelle fonctionnent les dispositifs radioamateurs. En se fondant sur les limites d'émissions spécifiées dans la réglementation japonaise relative aux radiocommunications ainsi que sur d'autres règles associées, les conjectures actuelles indiquent que les systèmes TESH pour les véhicules électriques présentent des paramètres acceptables pour pouvoir éviter de causer des brouillages préjudiciables aux dispositifs radioamateurs.

### 7.1.2 Corée

En Corée, les bandes de fréquences 19-21 kHz et 59-61 kHz sont utilisées pour les systèmes TESH des poids lourds depuis 2009. Le niveau de puissance utilisé pour recharger sans fil les bus électriques est de 100 kW. À partir de 2011, la Corée prévoit d'élargir le système TESH à plusieurs villes, notamment Séoul (navettes Grand Park), Daejeon (navettes KAIST), Sejong (nouveau bus administratif intra-urbain) et Gumi (bus intra-urbain du complexe industriel). De plus, en mai 2011, le Gouvernement coréen a attribué les bandes de fréquences 19-21 kHz et 59-61 kHz à divers équipements parmi lesquels ceux utilisant la TESH, et a appuyé une étude d'impact visant à protéger les fréquences existantes et/ou les services utilisant des fréquences de la bande adjacente.

Les résultats des tests réalisés sur des sites d'exploitation réels selon la méthode de mesure déjà proposée figurent à l'Annexe 4. Ils indiquent les résultats obtenus *in situ* pour des distances de 10 m, 30 m, 50 m et 100 m par rapport à la station fixe de recharge des bus (environ 100 kW).

Les résultats d'une étude d'impact concernant une horloge japonaise radiopilotée à 60 kHz ainsi que la bande des ondes kilométriques de l'UER (148,5-283,5 kHz), réalisée dans les mêmes conditions sur des sites commerciaux réels, sont également indiqués.

En conclusion, il est difficile de détecter des brouillages de corrélation directe entre le système TESH fixe pour poids lourds et l'horloge japonaise radiopilotée dans la bande de l'UER dans le cas d'une grande distance de 100 m. Cette distance de 100 m suppose l'application d'une technique de mesure traditionnelle du champ électrique et se rapporte à la législation sur les radiocommunications, qui dispose que les autres services utilisant des fréquences doivent être protégés. Par conséquent, lors de l'utilisation du système TESH fixe à forte puissance, la distance de séparation doit être strictement respectée.

Dans l'Annexe 5, les dispositifs TESH mobiles coréens exploitant la bande 100-300 kHz sont spécifiés comme étant des dispositifs à champ électromagnétique faible d'après la loi sur les ondes radioélectriques. Pour être commercialisés sur le marché coréen, les dispositifs TESH exploitant la bande 100-300 kHz doivent respecter les exigences réglementaires correspondantes afin d'éviter que les autres systèmes ne subissent des brouillages préjudiciables. En substance, une fréquence TESH, y compris dans la bande 100-300 kHz, est autorisée dès lors qu'elle respecte les exigences réglementaires applicables aux dispositifs à faible champ électromagnétique, à l'exception de certaines fréquences interdites.

L'Annexe 5 fournit les mesures de perturbation par rayonnement électromagnétique émis par des systèmes TESH dans le cas des dispositifs mobiles utilisant la technique d'induction magnétique et indique la conformité de ces systèmes avec les normes européennes, les dispositions de la norme CISPR 11 et la réglementation coréenne.

### 7.1.3 Allemagne

L'Allemagne a effectué des mesures sur un système TESF utilisé pour recharger des voitures, dans une chambre anéchoïque, et a diffusé les résultats en janvier 2016. Le champ produit par le système TESF exploité à 85 kHz a été mesuré pour des fréquences comprises entre 20 kHz et 1,5 MHz environ, puis comparé aux limites indiquées dans la norme ETSI EN 300 330-1 applicable aux dispositifs SRD par induction.

Les mesures ont été prises dans différents plans de polarisation, mais seul les résultats correspondant au plan présentant des émissions maximales sont considérés. Pour permettre les comparaisons directes avec les limites définies dans la norme ETSI EN 300 330, seules sont prises en compte les mesures effectuées à la distance normative définie dans cette norme, à savoir 10 m.

Il ressort des résultats des mesures réalisées à 10 m les constatations suivantes:

- En règle générale, les rayonnements non essentiels sont légèrement supérieurs lorsque le véhicule n'est pas placé exactement au centre de la bobine de chargement (décalage maximum). Cela étant, la différence mesurée est inférieure à celle observée lorsque l'on effectue des mesures dans les différentes directions (avant/arrière/gauche/droite).
- Les niveaux de rayonnements non essentiels sont généralement plus élevés à l'avant et à l'arrière que sur les côtés.
- Le champ (puissance porteuse) à l'intérieur du canal testé est compris entre 71 dB $\mu$ A/m environ (sans décalage) et 75 dB $\mu$ A/m (décalage maximal). Ces valeurs dépassent les limites fixées dans la norme ETSI EN 300 330-1 de 4 et 8 dB respectivement. L'ETSI a publié la norme EN 303 417 «Systèmes de transmission d'énergie sans fil utilisant des techniques autres que le faisceau radioélectrique dans les gammes de fréquence 19-21 kHz, 59-61 kHz, 79-90 kHz, 100-300 kHz et 6 765-6 795 kHz; Norme harmonisée reprenant les exigences essentielles de l'article 3.2 de la Directive 2014/53/EU».
- Les niveaux de rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences des signaux horaires étalon (au-dessous de 85 kHz) sont très inférieurs à la limite fixée par la norme ETSI EN 300 330-1, habituellement de 20 dB.
- Les niveaux de rayonnements non essentiels aux fréquences harmoniques au-dessous de 1,5 MHz dépassent la limite fixée dans la norme ETSI EN 300 330-1 d'une valeur pouvant atteindre 20 dB. Il convient de noter que le système TESF testé était un prototype qui est encore en phase de développement et qu'il ne représente pas nécessairement le produit final.

## 7.2 Études TESF génériques concernant l'incidence sur les services de radiodiffusion et résultats

Le service de radiodiffusion bénéficie des attributions à titre primaire dans les bandes des ondes kilométriques et hectométriques suivantes:

148,5-283,5 kHz dans la Région 1

526,5-1 606,5 kHz dans les Régions 1 et 3

525-1 705 kHz dans la Région 2.

Les deux attributions sont utilisées pour la radiodiffusion sonore MA et/ou pour la DRM (Digital Radio Mondiale).

Toutefois, l'analyse ci-dessous porte uniquement sur la radiodiffusion sonore MA.

Pour les études de coexistence entre les systèmes TESF et les services de radiodiffusion, l'incidence sur ces derniers doit être examinée dans tous les environnements radioélectriques, notamment en milieu rural, dans les zones résidentielles et en milieu urbain.

Le paragraphe 7.2.1 décrit une étude fondée sur une approche analytique qui utilise les critères de protection du service de radiodiffusion figurant dans des Recommandations et des Rapports UIT-R. Cette étude a permis d'établir le champ magnétique maximum tolérable émis par un système TESH au niveau d'un récepteur de radiodiffusion dans les bandes des ondes kilométriques et hectométriques. Les champs magnétiques maximums tolérables obtenus sont quasiment au même niveau que le bruit ambiant en zone rurale calme tel que décrit dans la Recommandation UIT-R P.372.

Le paragraphe 7.2.2 décrit une étude d'impact en milieu urbain et suburbain menée par un comité de l'Administration du Japon. Dans cette étude, les conditions de base à respecter pour qu'il puisse y avoir coexistence entre des systèmes TESH et les services de radiodiffusion sont que le niveau de rayonnement causé par la TESH au niveau des récepteurs de radiodiffusion soit inférieur au bruit ambiant observé dans un «quartier urbain» tel que décrit dans la Recommandation UIT-R P.372. Les limites du rayonnement causé par les récepteurs TESH dans la bande de radiodiffusion MF à 10 m sont déterminées en suivant une démarche différente de celle appliquée dans l'étude analytique susmentionnée; cette démarche comprend des mesures d'émission ainsi que des tests d'audibilité des brouillages causés au service de radiodiffusion sur un site de test.

## **7.2.1 Analyse de l'impact de systèmes TESH sur les services de radiodiffusion**

### **7.2.1.1 Critères de protection et brouillages acceptables**

La Recommandation UIT-R BS.703, Caractéristiques de récepteurs de référence de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude à des fins de planification, définit la sensibilité minimale d'un récepteur de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude à des fins de planification:

- Bande 5 (ondes kilométriques): 66 dB $\mu$ V/m
- Bande 6 (ondes hectométriques): 60 dB $\mu$ V/m.

La Recommandation UIT-R BS.560, Rapports de protection en radiofréquence pour la radiodiffusion en ondes kilométriques, hectométriques et décamétriques, décrit les rapports de protection en vigueur pour les brouillages entre signaux de radiodiffusion en modulation d'amplitude. Bien que la TESH ne soit pas un signal de radiodiffusion, elle peut prendre la forme d'une porteuse (quasiment) non modulée et, en ce sens, elle est très proche d'un signal de radiodiffusion en modulation d'amplitude au cours d'une pause ou d'un passage calme capté par le récepteur. Ces rapports de protection peuvent donc être considérés comme un bon point de départ pour calculer les limites du rayonnement causé par la TESH.

### **7.2.1.2 Calcul du champ magnétique maximum acceptable rayonné par des installations TESH au niveau d'un récepteur de radiodiffusion**

Les limites de rayonnement sont en partie spécifiées par la distance, par rapport à la source de brouillage, à laquelle une limite de champ donnée doit s'appliquer. Cette question peut être traitée totalement séparément de celle consistant à spécifier la valeur de la limite en question:

- La première étape du calcul consiste à examiner le champ désiré et le champ de brouillage au niveau du récepteur de radiodiffusion, quelle que soit la distance par rapport à la source de brouillage. Les distances ne sont éventuellement mentionnées que pour établir la valeur de champ présente.
- La seconde étape consiste à déterminer quelles hypothèses sont nécessaires en ce qui concerne la distance de séparation et les facteurs qui influent sur la propagation entre la source de brouillage et le récepteur de radiodiffusion, ainsi que les scénarios applicables aux cas d'utilisation de la TESH (depuis les chargeurs à faible puissance utilisés pour les téléphones mobiles jusqu'aux chargeurs à forte puissance utilisés pour les poids lourds électriques).

Les limites peuvent être déduites de la première étape ci-dessus pour des brouillages TESH tombant dans la bande d'un signal MA.

Il importe de noter que les perturbations dues aux rayonnements des équipements TESH peuvent se produire:

- sur les harmoniques d'une fréquence TESH fondamentale; par exemple, un chargeur TESH de véhicule électrique exploitant une fréquence de la bande 79-90 kHz peut produire des harmoniques qui tombent dans la bande de radiodiffusion en ondes kilométriques (148,5-283,5 kHz – deuxième harmonique) et dans les bandes de radiodiffusion MF (526,5-1 606,5 kHz et 525-1 705 kHz – sixième harmonique et supérieures); ou
- sur la fréquence fondamentale de la TESH elle-même; avec un chargeur TESH exploitant une fréquence d'une bande de radiodiffusion.

En prenant comme point de départ les considérations de planification recommandées et les critères de protection figurant dans les Recommandations UIT-R BS.703 et UIT-R BS.560, et notant que les récepteurs de radiodiffusion utilisés dans les habitations sont fréquemment dotés d'antennes à tige de ferrite qui répondent à la composante magnétique H de l'onde, il est pratique d'utiliser les valeurs de champ H correspondantes lorsque l'on examine les limites de rayonnement sur les équipements TESH. Dans l'hypothèse de conditions de propagation en espace libre et en champ lointain (qui s'appliquent au signal de radiodiffusion reçu au niveau de l'antenne du récepteur), la relation entre le champ électrique et le champ magnétique (d'après les équations de Maxwell) est donnée par:

$$\frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \Omega$$

où  $\mu_0$  est la perméabilité de l'espace libre et  $\epsilon_0$  la permittivité de l'espace libre.

Cela signifie que les facteurs de conversion suivants s'appliquent:

$$H_{\left(\frac{\mu A}{m}\right)} = E_{\left(\frac{\mu V}{m}\right)} \cdot \frac{1}{377}$$

Ce qui s'exprime également comme suit:

$$H_{dB\left(\frac{\mu A}{M}\right)} = E_{dB\left(\frac{\mu V}{m}\right)} - 51,5 \text{ dB}$$

Ainsi, les sensibilités du récepteur en ondes kilométriques et hectométriques (§ 7.2.1.1) peuvent aussi s'exprimer comme étant égales à 14,5 et 8,5 dB $\mu$ A/m respectivement.

Les rapports de protection applicables à la radiodiffusion MA comprennent deux composantes:

- Le rapport de protection «dans le même canal», qui est nécessaire lorsque la source de brouillage et la porteuse du signal utile sont fondamentalement à la même fréquence (de sorte que tout battement entre eux possède une fréquence inférieure à la gamme audible; dans ce cas, la modulation de la source de brouillage est la cause prédominante de la perturbation audible).
- Le rapport de protection «relatif» additionnel, qui doit être ajouté lorsque le signal utile et le signal brouilleur sont de fréquences différentes, donnant lieu à un battement sonore audible continu; cette correction dépend du décalage de fréquence, essentiellement parce que la réponse en fréquence de l'oreille humaine n'est pas «plate», tant s'en faut.

Le rapport de protection relatif additionnel correspondant au cas «pas dans le même canal» devra être ajouté, à moins que les fréquences du dispositif TESH ne soient soigneusement alignées sur la grille de fréquences de radiodiffusion. Dans l'hypothèse où la fréquence TESH n'est pas contrôlée, il faut considérer que l'on se trouve dans le cas le plus défavorable. La Figure 1 de la Recommandation UIT-R BS.560 montre que le rapport de protection relatif maximal est égal à 16 dB environ, ce qui correspond à des décalages de fréquence de 2 kHz environ.

Dans le cas le plus défavorable, ce rapport de protection relatif doit être ajouté au rapport de protection dans le même canal, soit 40 dB, afin d'obtenir un rapport de protection global pour le brouillage de la radiodiffusion MA par la TESH: on obtient  $(40 + 16) = 56$  dB.

Il ressort de ce qui précède que le champ TESH maximum acceptable au niveau du récepteur de radiodiffusion est obtenu en retranchant ce rapport de protection de la sensibilité du récepteur.

Le champ magnétique TESH maximum acceptable au niveau du récepteur de radiodiffusion est donc égal à:

- Bande 5 (ondes kilométriques):  $(14,5 - 56) = -41,5$  dB $\mu$ A/m
- Bande 6 (ondes hectométriques):  $(8,5 - 56) = -47,5$  dB $\mu$ A/m.

On verra que ces valeurs sont inférieures:

- aux bruits d'origine humaine et externe en ondes kilométriques; voir la Recommandation UIT-R P.372 «Bruit radioélectrique»; et
- à la valeur  $-15$  dB $\mu$ A/m à 10 m, dans une largeur de bande de 10 kHz, recommandée pour l'exploitation des dispositifs SRD dans la gamme 148,5 kHz – 5 MHz dans la Recommandation ERC 70-03 [3], Annexe 9.

Cela étant, il y a de bonnes raisons à cela:

- Le battement sonore qui se produit lorsque la porteuse d'une source de brouillage est décalée par rapport à la porteuse du signal de radiodiffusion reçu est plus gênant qu'un bruit de même niveau; cela apparaît clairement lorsque l'on compare les rapports de protection recommandés mentionnés ci-dessus avec les rapports porteuse/bruit considérés comme acceptables pour la radiodiffusion MA (voir la Note ci-dessous).
- Ces mêmes rapports de protection s'appliquent aux autres signaux de radiodiffusion potentiellement brouilleurs lors de la planification de la radiodiffusion (voir l'Annexe 6) – il ne serait pas admissible d'appliquer aux sources de brouillage autres que de radiodiffusion (non exploitées sous licence) des conditions moins strictes que celles appliquées aux services de radiodiffusion disposant d'une attribution à titre primaire dans cette gamme de fréquences en Région 1.
- Étant donné que les niveaux de bruit aux ondes kilométriques varient considérablement avec la position sur le globe, la saison et l'heure du jour, il faut être très prudent dans l'interprétation de la Recommandation UIT-R P.372; la radiodiffusion en ondes kilométriques est utilisée dans les régions du monde où les niveaux de bruit sont acceptables (par exemple, elle n'est pas utilisée sous les tropiques).
- Les limites applicables aux dispositifs SRD qui figurent dans la Recommandation ERC 70-03 [3] (pertinent pour l'Europe) auraient été obtenues dans l'hypothèse 1) d'une distance de séparation par rapport aux récepteurs de radiodiffusion qui paraissait logique compte tenu des types de SRD envisagés et 2) de leur probable utilisation par intermittence; ces hypothèses doivent être revues dans le cas des dispositifs domestiques ubiquitaires utilisés dans les habitations pendant des périodes significatives.

NOTE – L'intensité du signal d'une transmission radio MA est définie comme étant l'intensité de la porteuse. La Recommandation UIT-R BS.703 fixe le niveau minimal que doit afficher la porteuse pour que l'on puisse considérer qu'un service est fourni et définit donc les limites de la zone de service. Les radiodiffuseurs et les responsables de la planification des fréquences utilisent ce chiffre pour établir cette définition. Il repose sur un rapport signal audio utile/bruit aléatoire de 26 dB. La modulation n'engendre qu'une petite quantité d'énergie additionnelle dans les bandes latérales (qui acheminent de l'information). Dans l'hypothèse d'une profondeur de modulation de 0,2 (20%) (valeur

quadratique moyenne)<sup>6</sup>, la puissance dans la porteuse est supérieure de 14 dB environ à la puissance de modulation dans les bandes latérales. Par rapport à la porteuse, l'énergie acheminée par les bandes latérales est négligeable (moins de 4% globalement). Sur la base de ce rapport type bandes latérales/porteuse, la Recommandation UIT-R BS.560 fixe à 40 dB le rapport de protection que doit avoir un service donné pour se protéger contre une source de brouillage. Si les porteuses sont à la même fréquence et dans l'hypothèse où la profondeur de modulation des deux programmes est la même, on obtient un rapport signal audio utile/signal audio brouilleur (provenant de la station brouilleuse) de 40 dB. De toute évidence cette valeur est légèrement supérieure au rapport signal utile/bruit aléatoire; en effet, un signal audio brouilleur constitue une intrusion plus grande dans le signal utile et les signaux occupant les bandes latérales supérieure et inférieure sont corrélés, alors que le bruit aléatoire ne l'est pas.

Il ressort de ce qui précède qu'à la limite de la zone de service – définie comme étant le lieu où le critère de sensibilité est minimal à des fins de planification –, le signal brouilleur doit être inférieur de 40 dB. Dans le cas des ondes hectométriques, on a donc  $60 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  (tiré du § 7.2.1.1 ci-dessus – exprimé comme une tension) moins  $40 \text{ dB}\mu\text{V/m} = 20 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ . S'il existe un écart entre les porteuses, la porteuse elle-même constitue une source de brouillage beaucoup plus pernicieuse; en effet, elle est plus puissante de 14 dB que la modulation et elle est beaucoup plus intrusive à l'oreille. Comme indiqué plus haut, toute modulation devient négligeable dans cette situation et peut être ignorée. D'après la Recommandation UIT-R BS.560, une valeur supplémentaire de protection contre une onde sinusoïdale unique allant jusqu'à 16 dB est nécessaire. Dans tous les cas pratiques, le brouillage par une fréquence unique provenant d'un équipement TESH se manifestera, au niveau du récepteur, de la même façon qu'une autre porteuse brouilleuse, avec éventuellement un décalage en fréquence, et devra être traité comme tel. Le fait qu'il ne soit pas modulé est sans importance, comme ce serait le cas pour un autre service radio.

### 7.2.1.3 Considérations touchant à la distance et aux facteurs liés à la propagation

Il est nécessaire de classer les chargeurs TESH selon les caractéristiques suivantes:

- Usage (depuis les chargeurs à faible puissance utilisés pour les téléphones mobiles, etc., jusqu'aux chargeurs à forte puissance utilisés pour les poids lourds électriques)
- Utilisation en intérieur ou en extérieur
- Puissance de sortie
- Mécanisme de couplage
- Utilisation dans les habitations ou en dehors des habitations.

Cette classification facilite l'énonciation des hypothèses les plus appropriées concernant la distance de séparation minimale et les facteurs liés à la propagation.

Par exemple, les chargeurs de téléphone mobile à faible puissance et les récepteurs de radiodiffusion en ondes kilométriques/hectométriques sont destinés à être utilisés dans des environnements domestiques, vraisemblablement dans la même pièce. Par conséquent, de longues distances de séparation ne sont pas envisageables. Il est donc proposé d'appliquer les limites de champ magnétique indiquées plus haut à une distance de 1 m par rapport au dispositif TESH. Autre exemple: une distance de séparation de 10 m serait une hypothèse plus raisonnable dans le cas d'un chargeur de bus TESH et d'un récepteur de radiodiffusion domestique, sachant toutefois que dans les grands terminus de bus

---

<sup>6</sup> Des travaux menés par la BBC en 2007 montrent que la profondeur de modulation des transmissions MA (valeur quadratique moyenne) varie de 20% environ pour la parole à 40% environ pour la musique «pop» fortement comprimée. La radio en modulation d'amplitude étant essentiellement utilisée pour transmettre la parole, ce type d'usage doit donc être considéré comme étant le «cas le plus défavorable».

il y a des chances que plusieurs (beaucoup de) systèmes de recharge fonctionnent en même temps, chacun contribuant au bruit ambiant; dans ce cas, l'effet cumulatif doit être considéré également.

FIGURE 24

Immeuble d'appartements à Londres



La Figure 24 montre les étages inférieurs d'un immeuble d'appartements dans le sud-est de Londres. On voit que le rez-de-chaussée est constitué de garages et immédiatement surmonté d'appartements. La hauteur du plafond des garages est égale à 2,3 m environ. On peut raisonnablement faire l'hypothèse qu'un récepteur de radio installé dans l'un des appartements du premier étage se trouve à une distance inférieure à 3 m au-dessus du plancher d'un garage et donc à pas plus de 3 m d'au moins un chargeur TESF destiné à recharger des voitures garées dans leur box. Il peut y avoir trois chargeurs dans un rayon de 3 m et d'autres encore dans un rayon de 10 m. On peut envisager un scénario dans lequel une voiture est en cours de recharge et la distance entre le chargeur et un récepteur d'un appartement voisin n'est pas supérieure à 3 m. Le champ magnétique décroît avec l'inverse du cube de la distance par rapport à la source et, inversement, il croît à mesure que l'on se rapproche de la source. Le rapport des champs magnétiques à 3 m et 10 m est donc égal à  $(10/3)^3 = 37,0$ . En  $\text{dB}\mu\text{A/m}$ , cette différence est égale à  $20 \cdot \log_{10}(37) = 31 \text{ dB}$ . Ainsi, pour obtenir un champ équivalent à 10 m, il faut appliquer un facteur de correction de 31 dB. Plaçons-nous dans le cas d'un chargeur de voiture. Le champ magnétique admissible à 10 m du chargeur devra être de 31 dB inférieur à la valeur calculée pour protéger le récepteur. D'autres distances et d'autres facteurs de correction devront être utilisés pour d'autres scénarios.

Des expériences rapides (publiées en août 2015) ont confirmé que des dispositifs TESF pouvaient effectivement brouiller la réception de la radiodiffusion, même dans le cas de la TESF à faible puissance.

#### 7.2.1.4 Stratégies d'atténuation des brouillages

De toute évidence, il y a un grand écart entre les niveaux de brouillage qu'un récepteur de radiodiffusion peut tolérer et les niveaux autorisés pour les dispositifs ISM. En général, cela ne pose pas de problème, car ces dispositifs sont exploités dans des conditions contrôlées et parce qu'ils sont séparés des récepteurs de radiodiffusion (ou de tout autre type de récepteur radio) susceptibles d'être brouillés. Des mesures peuvent être prises pour s'assurer que les services de radio autorisés ne sont pas brouillés. Dans le cas des chargeurs TESF pour véhicule, l'utilisation contrôlée est plus difficile à garantir. Il semble improbable que les rayonnements parasites émis par un dispositif TESF puissent être ramenés aux niveaux nécessaires pour assurer la protection du service de radiodiffusion; il faut donc trouver une autre stratégie.

Pour commencer, les niveaux de protection du récepteur peuvent être assouplis de 16 dB (rapport de protection relatif) si la source de brouillage, y compris les harmoniques correspondantes, peut être réglée de façon à émettre dans les fréquences porteuses des transmissions en ondes hectométriques. Dans les Régions 1 et 3 de l'UIT, les fréquences porteuses des transmissions en ondes kilométriques et hectométriques sont alignées sur une grille fixe, chaque fréquence étant un multiple de 9 kHz. Dans la Région 2, les fréquences porteuses des transmissions sont alignées sur une grille fixe, chaque fréquence étant un multiple de 10 kHz. Par conséquent, si les fréquences du chargeur sont elles-mêmes fixées à des multiples de 9 kHz et 10 kHz respectivement, ces fréquences et toutes leurs harmoniques sont automatiquement alignées sur la grille de fréquences de la radiodiffusion.

Si cette solution peut suffire dans certains cas, elle ne permettra probablement pas de réduire l'écart entre les exigences du récepteur de radiodiffusion et, par exemple, celles d'un chargeur de véhicule utilisé dans un environnement domestique. Là encore, il est possible de résoudre le problème en choisissant soigneusement la fréquence d'exploitation du dispositif TESH, mais cette fois-ci, outre le positionnement de cette fréquence et (surtout) de ses harmoniques sur la grille de radiodiffusion, il faut aussi bien la séparer (sur le plan spectral) des fréquences utilisées par les services de radiodiffusion dans la zone où le dispositif TESH fonctionne. En effet, les fréquences utilisées pour les dispositifs TESH devront être «planifiées» selon le même principe que les transmissions de radiodiffusion pour éviter les brouillages mutuels. Il est à noter que cette stratégie est très simplifiée lorsque les fréquences TESH suivent la même grille que les fréquences de radiodiffusion. On trouvera à l'Annexe 6 une description du processus de planification de la transmission de radiodiffusion.

#### 7.2.1.5 Travaux complémentaires

Les techniques d'atténuation des brouillages décrites au paragraphe précédent constituent une «boîte à outils» de base, qui nécessiterait d'être détaillée. Domaines qu'il conviendrait de traiter:

Précision et stabilité en fréquence – L'idéal serait que la fréquence du dispositif TESH soit précisément et constamment alignée sur la grille à 9 kHz ou 10 kHz pour que cette fréquence et ses harmoniques soient correctement alignées sur les fréquences des stations de radiodiffusion. En pratique, il est probable qu'une petite variation statique et dynamique soit acceptable, mais il conviendrait de déterminer quels sont exactement les niveaux de tolérance. Deux facteurs interviennent ici. Premièrement, il est essentiel qu'un décalage de fréquence, quel qu'il soit, ne donne pas lieu à des «battements sonores» situés dans la gamme audible. Un battement se produirait à la fréquence correspondant à la différence entre le dispositif TESH et la station de radiodiffusion, et la limite inférieure de la gamme audible serait en partie déterminée par le filtrage audio effectué dans le récepteur. Dans la pratique, il est possible que la fréquence d'exploitation du dispositif TESH varie quelque peu, car ce dernier doit optimiser son fonctionnement pour corriger les éventuels problèmes d'alignement physique entre le chargeur et le dispositif à recharger.

Modulation du «champ» de chargement – Ce point fait suite au précédent. Il est proposé que le chargeur TESH puisse être utilisé pour transférer des données vers le dispositif à recharger en modulant le «champ» (magnétique) de chargement d'une façon ou d'une autre. La communication dans le sens inverse nécessiterait un système séparé. Toute tentative de modulation du «champ» de chargement se manifesterait par des bandes latérales. Il conviendrait alors de limiter l'énergie de ces bandes latérales pour éviter de brouiller les services de radiodiffusion même dans le cas où la fréquence de base se situe précisément sur la grille. À ce stade, il est nécessaire d'examiner les systèmes de modulation envisagés. Dans le cas d'un chargeur de forte puissance, on peut logiquement penser qu'il est possible de communiquer sur de très petites distances plus simplement qu'en modulant le «champ» de chargement.

Base de données des fréquences disponibles – La gamme des programmes de radiodiffusion en ondes hectométriques et kilométriques qui peuvent être reçus varie selon l'emplacement géographique. C'est pourquoi la gamme des fréquences (non brouilleuses) disponibles pour le chargeur TESH varie selon

la localisation. Le chargeur a donc besoin de savoir où il se trouve (géographiquement) et il doit avoir accès à une base de données des fréquences utilisables. De plus, il devra dans une certaine mesure être agile en fréquence.

Utilisation de fréquences «hors grille» – Si le chargeur connaît sa localisation ainsi que l'environnement de radiodiffusion en ondes hectométriques et kilométriques, il devrait être possible d'utiliser des fréquences qui ne sont pas sur la grille de radiodiffusion, à condition que les inconvénients de cette méthode soient reconnus et que la puissance du champ soit maintenue dans des limites appropriées. Les fréquences situées sur le point médian entre les fréquences de la grille de radiodiffusion pourraient présenter un intérêt particulier. Les harmoniques paires seraient toutes situées sur la grille et les harmoniques impaires se trouveraient à la frontière entre canaux adjacents, point où le filtrage du récepteur pourrait permettre de réduire significativement les effets audibles.

Contrôle des harmoniques – Dans la bande des ondes hectométriques, de façon certaine à l'extrémité supérieure de la bande, il est probable que seules les harmoniques d'ordre supérieur de la fréquence de chargement produiront des brouillages. Il sera d'autant plus facile de trouver une fréquence d'exploitation convenable pour le dispositif TESH que l'énergie dans ces harmoniques d'ordre supérieur sera limitée.

## **7.2.2 Étude japonaise concernant les répercussions sur les services de radiodiffusion en milieu urbain et suburbain et la compatibilité avec ces services**

Le paragraphe 7.1.1 décrivait les grandes lignes des études de partage des fréquences et de coexistence envisagées dans le nouveau processus de réglementation du Japon. La présente section décrit en détail la méthodologie adoptée dans l'étude de l'impact des dispositifs TESH pour véhicules électriques sur les services de radiodiffusion ainsi que les résultats des évaluations. L'étude a été menée par le Groupe de travail et approuvée par le Comité du MIC (voir § 7.1.1).

### **7.2.2.1 Le point de vue du Japon concernant les études d'impact**

En ce qui concerne les études d'impact, le Japon adopte une position caractérisée par les points suivants:

#### **1) La compatibilité des systèmes TESH avec les services de radiocommunication existants en milieu urbain peut être une question prioritaire**

Les systèmes TESH pour véhicule électrique seront commercialisés essentiellement pour un usage urbain. Par conséquent, l'environnement radioélectrique et les modèles d'utilisation en milieu urbain doivent être examinés avec soin afin de démontrer qu'une coexistence est possible. Les limites de rayonnement fixées dans la nouvelle réglementation japonaise sur la TESH ont été déterminées à partir des résultats d'une étude d'impact axée sur les zones urbaines.

D'après l'étude d'impact, pour protéger les services de radiodiffusion, les limites de rayonnement émis par les systèmes TESH doivent être inférieures au niveau de bruit ambiant tel que décrit dans la Recommandation UIT-R P.372, qui définit les différentes catégories d'environnement comme suit: «quartier urbain», «quartier résidentiel», «zone rurale» et «zone rurale calme». On considère qu'en milieu suburbain et rural, la distance de séparation est plus grande qu'en milieu urbain et le niveau de bruit d'origine humaine est inférieur.

Des hypothèses concernant les conditions détaillées de l'évaluation ont été formulées, parmi lesquelles:

- Distance de séparation requise pour l'évaluation entre les systèmes TESH et le récepteur de radiodiffusion MA le plus proche: 10 m (conformément aux normes du CISPR et autres).
- Affaiblissement de propagation dû aux murs des maisons et des bâtiments: 10 dB (d'après les résultats de l'étude japonaise).

- Auto-brouillage (le système TESH brouille les dispositifs sans fil du propriétaire): non pris en compte.
- 2) **Les limites des émissions par rayonnement applicables aux systèmes TESH dans la gamme de fréquences du service de radiodiffusion sont compatibles avec la réglementation existante sur les habitations**

Depuis que les cuisinières à induction conformes aux normes internationales telles que CISPR 11, Groupe 2, Classe B, et/ou CISPR 14-1 sont commercialisées et largement utilisées, aucune perturbation préjudiciable à d'autres systèmes sans fil n'a été signalée. Cette situation est la même dans de nombreux pays et de nombreuses régions. Pour éviter les brouillages préjudiciables dans la gamme de fréquences des services de radiodiffusion MA par les équipements TESH, les limites d'émission par rayonnement ont été déterminées par référence aux limites d'émission existantes. Les limites d'émission à spécifier dans la réglementation ont été fixées d'un commun accord entre les représentants de la radiodiffusion et les tenants de la technologie TESH.

### 3) **Évaluation en milieu suburbain et rural et protection des systèmes radio existants par le biais d'une réglementation**

En raison de diverses contraintes physiques relatives aux mesures effectuées pendant l'étude, le Groupe de travail n'a pas conclu que l'incidence sur les récepteurs de radiodiffusion en ondes moyennes était acceptable et permettait la coexistence lorsque des récepteurs sont utilisés dans des maisons de bois situées dans des zones où le bruit ambiant est moyen ou faible. Cela étant, même dans ces situations, il ne faut pas conclure de ce qui précède que le système TESH cause des brouillages préjudiciables à tout instant de son exploitation et de manière continue aux récepteurs situés à proximité, compte tenu des statistiques suivantes: temps moyen d'exploitation des systèmes TESH pour véhicule électrique (par exemple, moins d'une heure), proportion relativement élevée d'utilisateurs qui préfèrent des chargements de courte durée à leur retour chez eux (par exemple, plusieurs dizaines de minutes) et fréquence TESH déterminée à l'intérieur d'une certaine bande en fonction de l'environnement et des conditions d'installation.

Compte tenu des considérations précédentes, on estime peu probable le risque que la réception du service de radiodiffusion soit notablement perturbée, même dans les quelques cas où la condition requise pour la coexistence ne peut être respectée. Un avertissement du type «Cet équipement peut causer des brouillages préjudiciables aux récepteurs de radiodiffusion en ondes moyennes» inscrit dans le manuel de l'utilisateur du système TESH et/ou sur le produit peut rappeler aux utilisateurs que les récepteurs peuvent subir des brouillages préjudiciables.

Les industries de la TESH devraient prendre en continu des mesures d'atténuation de sorte que les brouillages restent inférieurs au seuil autorisé, et ce afin d'éviter les perturbations préjudiciables aux services de radiodiffusion en milieu suburbain et rural.

Si le système TESH cause des brouillages inadmissibles aux récepteurs, les administrations des radiocommunications doivent prendre des mesures réglementaires ou émettre des directives pour faire cesser l'exploitation des systèmes TESH qui causent des brouillages préjudiciables aux autres services de radiocommunication existants.

#### 7.2.2.2 **Spécifications de la transmission d'énergie aux fins de mesures**

Les spécifications des systèmes TESH pour véhicule électrique ont été fixées comme suit:

- Technique TESH: couplage magnétique (couplage par résonance magnétique).
- Application: recharge d'un véhicule de tourisme électrique en stationnement (statique).
- Bande de fréquences: 79-90 kHz (appelée «bande des 85 kHz»).

- La bande 79-90 kHz a été retenue comme bande de fréquences primaire en référence aux résultats d'une étude d'impact nationale réalisée au Japon ainsi qu'aux résultats de discussions menées par la CEI et la SAE en vue d'une harmonisation mondiale.
- Gamme de puissances de transfert: classes 3 kW et 7,7 kW; on considère que les classes s'appliquent aux véhicules de tourisme.

### 7.2.2.3 Limites d'émission pour l'évaluation

Les limites d'émission dans les gammes de fréquences de la transmission d'énergie pour les études des systèmes TESF ont été choisies par référence aux limites d'émission de la partie 18 des règles de la FCC. Les limites d'émission à l'extérieur de la gamme de fréquences de la transmission d'énergie ont été choisies par référence à une réglementation japonaise relative aux cuisinières à induction. Quant aux fréquences supérieures à 150 kHz, la norme CISPR 11, Groupe 2, Classe B a été utilisée. Les limites de rayonnement du champ magnétique prises par hypothèse sont décrites ci-dessous:

- a) Gamme de fréquences TESF (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie):
  - 68,4 dB $\mu$ A/m à 10 m pour une puissance d'émission de 3 kW
  - 72,5 dB $\mu$ A/m à 10 m pour une puissance d'émission de 7,7 kW
- b) Fréquences comprises entre 526,5 kHz et 1 606,5 kHz (gamme de fréquences de la radiodiffusion en modulation d'amplitude):
  - 2,0 dB $\mu$ A/m à 10 m
- c) Autres gammes de fréquences:
  - 23,1 dB $\mu$ A/m à 10 m

Les limites d'émission ci-dessus ont été fixées en premier dans les gammes de fréquences inférieures à 526,5 kHz et supérieures à 1 606,5 kHz. Cela étant, à des étapes ultérieures, le Comité a décidé d'adopter les limites définies dans la norme CISPR 11, Groupe 2, Classe B, pour les fréquences supérieures à 150 kHz à l'exception des gammes de fréquences de la radiodiffusion MA.

### 7.2.2.4 Étude analytique, résultats des mesures et test d'audibilité

Les systèmes TESF pour véhicule électrique ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable aux récepteurs de radiodiffusion MA situés à moins de 10 m minimum compte tenu des limites des émissions par rayonnement. Des mesures d'émission ont été réalisées au moyen d'un émetteur TESF et de récepteurs TESF situés sur un wagon factice, dans le cas le plus défavorable, qui correspond à un angle de rotation des récepteurs radio MA nul par rapport au signal de radiodiffusion, en considérant des diagrammes de rayonnement d'antenne directifs. De plus, les récepteurs MA ont été placés sur l'axe d'arrivée du signal TESF non désiré d'intensité maximale au vu des diagrammes d'émission des bobines TESF. La 7<sup>ème</sup> harmonique TESF de fréquence  $F_c = 85,106$  kHz tombe dans le canal de radiodiffusion MA 594 kHz, qui dessert une vaste zone de la région de Kanto au Japon.

Des évaluations auditives (audibilité) ont également été réalisées. Cette expérience a permis de confirmer un critère d'atténuation satisfaisante de l'incidence de la TESF pour véhicule électrique sur la radiodiffusion MA.

Les détails sont décrits ci-dessous:

- a) Conditions de base de l'étude d'impact
  - Dans un premier temps, le Groupe de travail TESF du MIC a précisé les conditions et les cas d'utilisation applicables à l'étude d'impact:

- L'émission maximale admissible (limite d'émission cible) est égale à  $-2,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  à 10 m, ce qui est compatible avec la limite d'émission existante des cuisinières à induction dans la bande de fréquences 526,5-1 606,5 kHz (gamme de fréquences de la radiodiffusion MA).
- L'auto-brouillage sort du cadre de cette étude d'impact. On entend par auto-brouillage le fait que le système TESH appartenant à une personne brouille le récepteur de radiodiffusion MA appartenant à cette même personne.
- Les récepteurs de radiodiffusion MA sont situés dans des maisons ou des bâtiments. Les systèmes TESH pour véhicule électrique sont, eux, situés à l'extérieur des maisons et des bâtiments. L'affaiblissement de propagation dû aux murs des maisons est pris en compte.
- La distance de séparation entre un système TESH et un récepteur de radiodiffusion MA est égale à 10 m, dans l'hypothèse où la maison la plus proche est située à plus de 10 m de la maison du propriétaire du système TESH.
- On suppose que les récepteurs sont situés dans une zone de champ fort (le champ électrique reçu est supérieur à  $80 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ ) ou dans une zone de champ moyen ( $66 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ ). Il est également important de protéger les utilisateurs recevant la radiodiffusion en zone de champ faible ( $48 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ ). Cela dit, l'étude d'impact du Groupe de travail s'est concentrée sur les zones de champ fort et moyen, car les systèmes TESH devraient dans un premier temps se populariser dans les zones urbaines, puis se généraliser aux autres zones.

b) Étude analytique

À l'étape suivante, l'incidence de la TESH pour véhicule électrique sur la radiodiffusion MA a été étudiée en appliquant une démarche analytique. Pour cette étape, les critères suivants ont été convenus d'un commun accord puis adoptés:

- Les limites d'émission par rayonnement acceptables doivent être inférieures au niveau de bruit ambiant dans une zone donnée. Une limite d'émission de  $26,0 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  à 594 kHz est adoptée par référence au bruit ambiant d'un «quartier urbain» selon la terminologie adoptée dans la Recommandation UIT-R P.372. Ce champ électrique ( $26,0 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ ), converti en champ magnétique ( $-25,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ ), fournit la valeur des rayonnements non désirés maximums acceptables au niveau du récepteur.
- On considère que l'affaiblissement de propagation dû aux maisons et aux bâtiments situés entre le système TESH et le récepteur de radiodiffusion MA est égal à 10 dB en se référant aux résultats de la table ronde du MIC sur la préaccentuation de la radiodiffusion MF (décembre 1983).

Cette analyse était destinée à calculer l'impact des rayonnements magnétiques sur le récepteur MA lors de l'émission de rayonnements non désirés mesurés. Pour ce faire, le modèle de système a simulé la condition figurant en a) et les autres conditions ont été convenues d'un commun accord; puis les rayonnements non désirés au niveau du récepteur ont été calculés. On a considéré que le système TESH pour véhicule électrique se trouvait à 10 m de la maison la plus proche dans laquelle le récepteur était situé. De plus, un récepteur de radiodiffusion MA a été placé à 50 cm d'une fenêtre à l'intérieur de la maison. Les paramètres TESH tels que les émissions par rayonnement ( $-15,6 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ ) et les conditions nécessaires étaient les mêmes que ceux du système TESH appelé «équipement de test B» pour véhicule électrique de l'Annexe 3.

Les hypothèses suivantes ont été faites dans l'étude analytique:

- L'intensité des rayonnements calculée à partir de l'intensité des rayonnements mesurée satisfait à la condition relative à l'intensité des rayonnements non désirés acceptable.

- L'intensité des rayonnements mesurée et utilisée dans les calculs est inférieure à la limite de rayonnement cible de  $-2,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  de plus de 10 dB, ce qui correspond à une marge substantielle entre les rayonnements et la limite. Le choix de ce chiffre était étayé par le fait que les industries prennent raisonnablement et couramment en compte un bilan d'incertitude de 10 dB ou plus pour leur marge de qualité de fonctionnement relative aux émissions pendant les phases de conception et de test.
- Dans des conditions réelles, les rayonnements non désirés provenant des systèmes TESH atteignent  $-25,6 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  ( $= -15,6 \text{ dB}\mu\text{A/m} - 10 \text{ dB}$ ), ce qui est quasiment égal ou inférieur à la valeur des rayonnements non désirés acceptables, soit  $-25,5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ .

Les considérations ci-dessus ont été acceptées par le Groupe de travail TESH du MIC. Par la suite, il a été confirmé que la limite de rayonnement cible convenue de  $-2,0 \text{ dB}\mu\text{A/m}$  dans la bande de fréquences de la radiodiffusion MA au Japon était le chiffre acceptable et cette limite a été approuvée comme étant la nouvelle valeur réglementaire concernant la TESH.

c) Mesure des rayonnements magnétiques

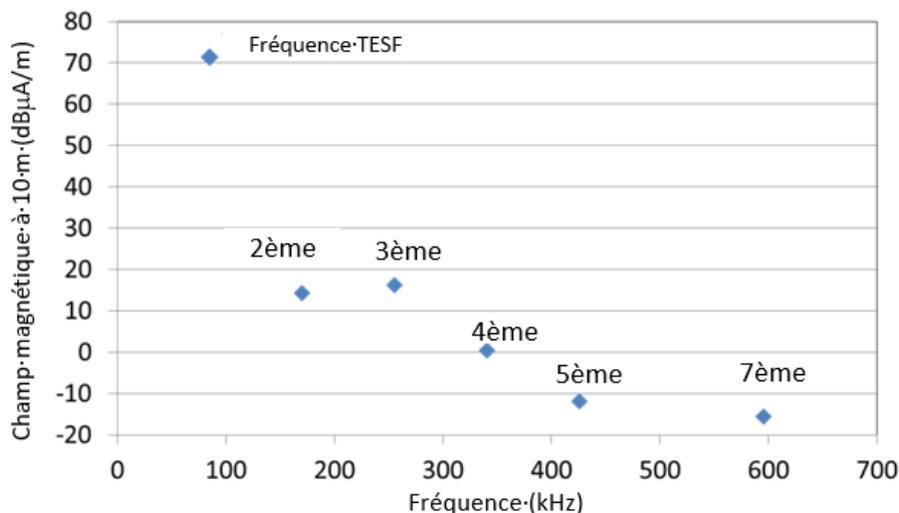
Pour confirmer le résultat de l'étude analytique précédente, des mesures de rayonnement ont été réalisées au moyen d'un équipement de test TESH et de récepteurs de radiodiffusion MA. Conditions et méthodes:

i) Configuration de mesure

Comme indiqué plus haut, l'«équipement de test B» pour les véhicules électriques décrit à l'Annexe 3 a été utilisé dans cet essai expérimental. La fréquence TESH de l'équipement de test a été fixée à 85,106 kHz. La puissance de transfert s'élevait à 3 kW à l'entrée de la bobine de transmission. La 7<sup>ème</sup> harmonique de l'équipement de test était située à la fréquence 595,742 kHz. Les niveaux d'émission par rayonnement mesurés pour la fréquence TESH et les harmoniques de l'«équipement de test B» sont représentés à la Fig. 25.

FIGURE 25

Champ magnétique mesuré de l'«équipement de test B» (valeur de quasi-crête)



NOTE – La 6<sup>ème</sup> harmonique n'est pas représentée, car elle est inférieure à la dernière valeur de l'axe des ordonnées.

## d) Test d'audibilité

## i) Choix du récepteur de radiodiffusion MA

Plusieurs types de récepteurs MA, dont un récepteur haut de gamme et un récepteur portable, ont été préparés pour cet essai expérimental.

## ii) Date et lieu

L'essai a eu lieu du 1er au 2 juillet 2014. Le site de test à l'air libre du laboratoire Matsudo du centre TELECOM (Telecom Engineering Center) a été utilisé. Ce laboratoire est situé dans une zone résidentielle type de la banlieue de Tokyo.

## iii) Canal et fréquence du service de radiodiffusion

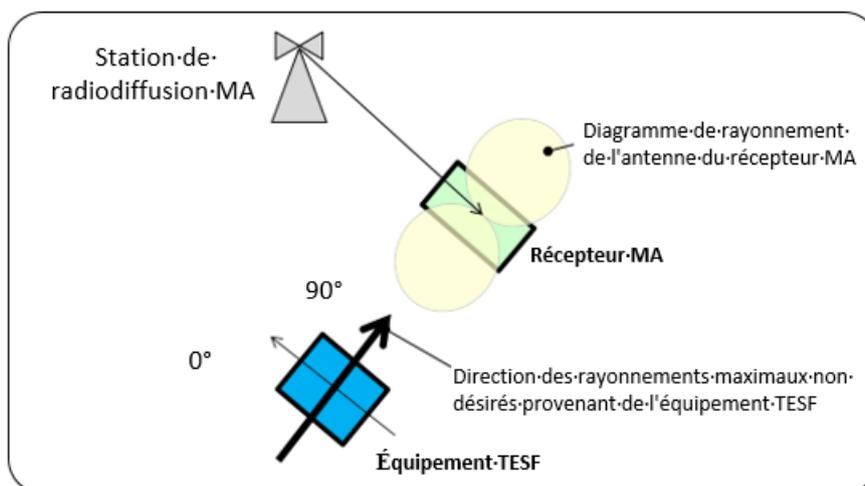
Dans la région de Tokyo, Radio 1 NHK émet en modulation d'amplitude à la fréquence 594 kHz. La différence fréquentielle entre Radio 1 NHK et la 7<sup>ème</sup> harmonique de l'«équipement de test B» est de 1,7 kHz environ. Si le niveau de la 7<sup>ème</sup> harmonique est supérieur au bruit ambiant, on peut entendre un bruit de 1,7 kHz.

La procédure de test s'est déroulée comme suit:

- Premièrement, le champ de radiodiffusion MA reçu, le niveau des émissions par rayonnement des harmoniques de l'équipement TESH et le niveau de bruit ambiant ont été mesurés au moyen d'un analyseur de spectre. Lors de la mesure, l'antenne de réception a capté les directions verticale et horizontale du champ magnétique. L'équipement TESH a été placé dans une direction de rotation de 90° afin de maximiser l'intensité des émissions par rayonnement reçues. Des opérations de contrôle portant sur la polarisation et la directivité des rayonnements provenant de l'équipement TESH ont été effectuées afin d'obtenir l'intensité maximale des rayonnements. La Figure 26 illustre les conditions du cas le plus défavorable, pour lequel l'incidence de l'équipement TESH sur les récepteurs de radiodiffusion est maximale dans cette expérience. Cette Figure montre l'emplacement de la station de radiodiffusion en modulation d'amplitude, des récepteurs radio MA et de l'équipement TESH. Elle montre aussi la relation entre le diagramme de rayonnement des antennes des récepteurs radio et la direction de l'émission maximale de l'équipement TESH.

FIGURE 26

## Configuration des mesures du test d'audibilité



- Ensuite, un test d'audibilité a été effectué par les participants, qui ont écouté les programmes radio en se plaçant à différentes distances de l'équipement TESH, notamment à 10 m et à 3 m. Dans ce test d'audibilité, la distance de séparation de 10 m répond aux conditions requises pour cette étude d'impact. Le test à 3 m a été réalisé pour référence seulement. Dans ce test, la direction de face et l'angle de rotation des récepteurs radio ont été choisis pour correspondre aux conditions les plus défavorables pour la réception de radiodiffusion compte tenu des diagrammes de rayonnement des antennes directives et des polarisations des récepteurs. Dans le même temps, la direction de face et l'angle de rotation des récepteurs radio ont été ajustés afin de maximiser les brouillages provenant de l'équipement TESH.

#### iv) Résultats de l'essai

Les résultats des mesures du champ électrique reçu sont présentés à la Fig. 27. Le champ de la radiodiffusion MA était égal à 100 dB $\mu$ V/m environ et le niveau de bruit ambiant s'élevait à 60 dB $\mu$ V/m environ, ce qui est très supérieur aux hypothèses formulées au point a). La Figure 16 montre les champs électriques présents lorsque l'équipement TESH est allumé et éteint. La différence entre ces deux conditions (équipement allumé/équipement éteint) n'apparaît pas clairement dans cette Figure, car le niveau de bruit ambiant est légèrement supérieur à la 7<sup>ème</sup> harmonique provenant de l'équipement TESH.

Résultats du test d'audibilité:

- Récepteurs de radiodiffusion MA situés à 10 m de l'équipement TESH  
Le bruit sonore est perçu comme un son de très faible intensité seulement lors de programmes radio très paisibles et jamais lors de programmes normaux. En général, le bruit sonore présent dans ces conditions de test ne gêne pas les auditeurs lambda.
- Récepteurs de radiodiffusion MA situés à 3 m de l'équipement TESH  
Le bruit sonore est facilement perceptible lorsque le programme est relativement peu bruyant (actualités par exemple). En revanche, lorsque le programme est relativement bruyant (programme musical par exemple), le bruit sonore est difficilement perceptible.

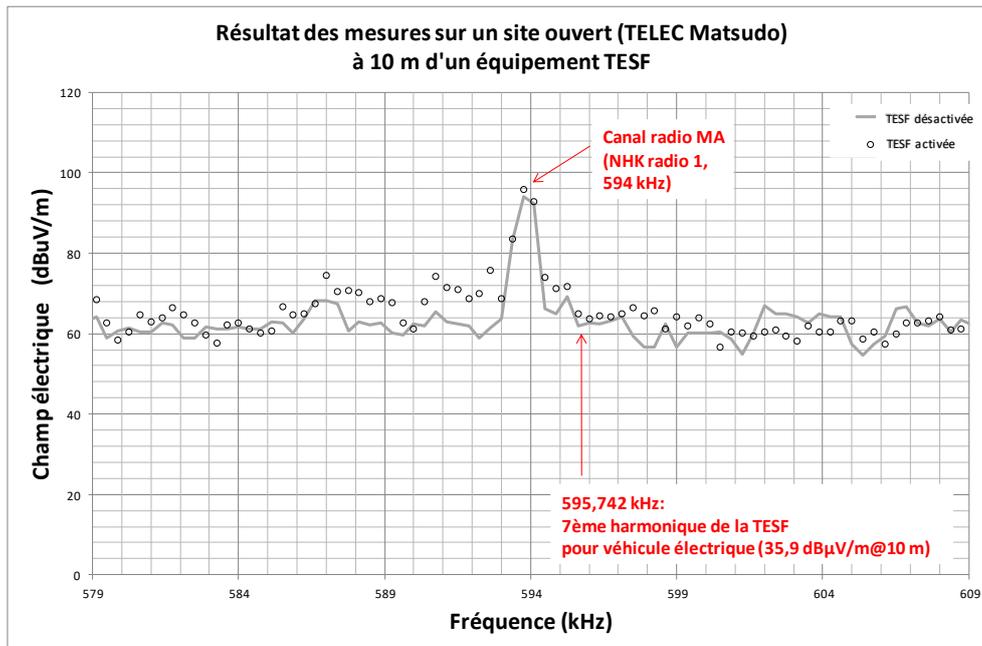
#### 7.2.2.5 Évaluation des résultats de l'étude

Dans les conditions de test convenues et dans les cas d'utilisation en milieu urbain, le rayonnement magnétique calculé par l'étude analytique ainsi que le rayonnement magnétique mesuré sur un équipement de test TESH pour véhicule électrique sur un site de mesure des champs affichent des niveaux reçus acceptables (c'est-à-dire non préjudiciables) avec une limite d'émission de -2,0 dB $\mu$ A/m dans la gamme des fréquences de la radiodiffusion MA. Lors de l'évaluation d'audibilité, il a été confirmé que le son produit par la 7<sup>ème</sup> harmonique TESH tombant dans le canal radio MA dans la bande des ondes hectométriques n'était pas perceptible à l'écoute des programmes radio, si ce n'est vaguement audible pendant les programmes très peu bruyants. Le test a montré que le service de radiodiffusion MA était peu impacté et qu'il ne subissait pas de brouillages préjudiciables. S'appuyant sur ce résultat, le Japon a retenu cette limite pour la nouvelle réglementation applicable aux systèmes TESH dans la gamme des fréquences du service de radiodiffusion en modulation d'amplitude.

Cette méthode de mesure et d'évaluation pourra être utile aux régulateurs des radiocommunications qui envisagent d'élaborer de nouvelles règles pour la TESH pour véhicule électrique en milieu urbain lorsque la catégorie d'environnement «quartier urbain» de la Recommandation UIT-R P.372 s'applique.

FIGURE 27

Mesure du champ électrique d'un canal de radiodiffusion MA  
lorsque la TESH est activée/désactivée



### 7.3 Gammes de fréquences 100/110-300 kHz pour la TESH

Les organisations de normalisation, les alliances de l'industrie et les fabricants encouragent l'utilisation des gammes des ondes kilométriques et myriamétriques pour la TESH; la bande de fréquences 100/110-300 kHz est également envisagée dans les études actuelles. Des problèmes ont été soulevés concernant:

- l'utilisation de fréquences des ondes kilométriques adjacentes à la bande attribuée au service de radiodiffusion en ondes kilométriques en Région 1, 148,5-255 kHz, ou tombant dans cette bande; et
- les effets indésirables sur les services de radiocommunication et de radionavigation utilisant les bandes des ondes kilométriques.

### 7.4 Gamme de fréquences 300-405 kHz pour la TESH pour les dispositifs mobiles et portables

On trouvera dans le Rapport UIT-R SM.2449 des études complémentaires, conformément à la Recommandation UIT-R SM.2129, «Orientations relatives aux gammes de fréquences pour l'exploitation des systèmes de transmission d'énergie sans fil n'utilisant pas de faisceau pour les dispositifs mobiles et portables».

### 7.5 Gamme de fréquences 1 700-1 800 kHz pour la TESH pour les dispositifs mobiles et les dispositifs portables

On trouvera dans le Rapport UIT-R SM.2449 des études complémentaires, conformément à la Recommandation UIT-R SM.2129, «Orientations relatives aux gammes de fréquences pour l'exploitation des systèmes de transmission d'énergie sans fil n'utilisant pas de faisceau pour les dispositifs mobiles et portables».

## 7.6 Gamme de fréquences 2 000-2 170 kHz pour la TESH pour les dispositifs mobiles et les dispositifs portables

On trouvera dans le Rapport UIT-R SM.2449 des études complémentaires, conformément à la Recommandation UIT-R SM.2129, «Orientations relatives aux gammes de fréquences pour l'exploitation des systèmes de transmission d'énergie sans fil n'utilisant pas de faisceau pour les dispositifs mobiles et portables».

## 7.7 Gamme de fréquences 6 765-6 795 kHz pour la TESH

D'autres Groupes de travail ont exprimé leur inquiétude concernant le risque de brouillage RF en relation harmonique avec des systèmes TESH exploitant, entre autres, la bande 6 765-6 795 kHz. Les Groupes de travail 7D et 6A en particulier s'inquiètent de la deuxième harmonique de l'énergie TESH dans la bande ISM (6 765-6 795 kHz  $\times$  2 = 13 530-13 590 kHz), qui chevauche la bande de radiodiffusion en ondes décimétriques 13 570-13 870 kHz et se situe à proximité de la bande 13 360-13 410 kHz, qui est attribuée au service de radioastronomie à titre primaire.

Selon des spécialistes travaillant sur la TESH, l'énergie dans cette bande serait, en règle générale, de type «spectres de raies» (et serait donc caractérisée par des largeurs de bande étroites). Cela étant, il y a un risque que des bandes latérales d'énergie non désirées apparaissent de chaque côté de l'émission primaire. Le niveau de ces bandes latérales serait très inférieur et dépendrait de plusieurs facteurs parmi lesquels: la conception de l'équipement TESH, les caractéristiques de la charge fournie, le filtrage/l'effet d'écran de la source et de la charge, le degré de couplage à la charge et peut-être d'autres facteurs.

Étant donné que la bande 6 765-6 795 kHz est désignée pour une utilisation ISM en vertu du numéro **5.138** du RR (sous réserve d'accord de l'Administration), et compte tenu des protections contre les brouillages prévues pour les services de radiocommunication au titre du numéro **15.13** du RR, des études complémentaires s'imposent pour garantir que l'énergie RF non désirée (y compris l'énergie des harmoniques) provenant de l'exploitation de systèmes TESH affiche un niveau tel qu'il ne cause pas de brouillage préjudiciable à un service de radiocommunication exploitant d'autres bandes de fréquences.

## 7.8 Incidence sur les services des fréquences étalon et des signaux horaires

Le Groupe de travail 7A a fourni des informations concernant des gammes de fréquences que les Conférences mondiales des radiocommunications ont attribuées au fil des ans au service des fréquences étalon et des signaux horaires: 19,95-20,05 kHz, 2 495-2 505 kHz (2 498-2 502 kHz en Région 1), 4 995-5 005 kHz, 9 995-10 005 kHz, 14 990-15 010 kHz, 19 990-20 010 kHz et 24 990-25 010 kHz. [...] En outre, les bandes de fréquences suivantes ont été attribuées au service des fréquences étalon et des signaux horaires par satellite:

- 400,05-400,15 MHz;
- 4 200-4 204 MHz (espace vers Terre);
- 6 425-6 429 MHz (Terre vers espace);
- 13,4-14 GHz (Terre vers espace);
- 20,2-21,2 GHz (espace vers Terre);
- 25,25-27 GHz (Terre vers espace);
- 30-31,3 GHz (espace vers Terre).

Des fréquences étalon et des signaux horaires supplémentaires sont émis dans d'autres bandes de fréquences, par exemple les bandes 14-19,95 kHz et 20,05-70 kHz et, dans la Région 1, également dans les bandes 72-84 kHz et 86-90 kHz, qui ont été désignées par d'autres conférences (voir le numéro **5.56** du RR).

La Recommandation ERC 70-03 [3] en usage en Europe spécifie des gammes de fréquences, leur champ maximum et les emplacements comme indiqué dans le Tableau 15.

TABLEAU 15

**Fréquences étalon et signaux horaires à protéger dans les gammes 9-90 kHz et 119-135 kHz (Recommandation ERC 70-03) [3]**

Stations	Fréquence	Largeur de bande de protection	Valeur maximale du champ à 10 m	Emplacement
MSF	60 kHz	±250 Hz	42 dB $\mu$ A/m	Royaume-Uni
RBU	66,6 kHz	±750 Hz	42 dB $\mu$ A/m	Fédération de Russie
HBG	75 kHz	±250 Hz	42 dB $\mu$ A/m	Suisse
DCF77	77,5 kHz	±250 Hz	42 dB $\mu$ A/m	Allemagne
DCF49	129,1 kHz	±500 Hz	42 dB $\mu$ A/m	Allemagne

NOTE 1 – La limite est réduite et portée à 42 dB $\mu$ A/m à 10 m.

Le paragraphe 7.1 et le Tableau 12 du présent Rapport fournissent des études de cas réelles réalisées au Japon sur l'impact sur les services des fréquences étalon et des signaux horaires.

### 7.9 Expériences de la CEPT pour protéger les services contre les émissions des dispositifs SRD par induction

Ce paragraphe donne des détails sur les expériences de la CEPT menées jusqu'à maintenant en ce qui concerne la protection des services contre les émissions des applications SRD par induction. En 2009, les limites des dispositifs SRD par induction ont été examinées pour prendre en compte des applications de SRD de puissance supérieure ainsi que des applications TESH. Une étude a été menée et ses résultats ont été publiés dans le Rapport 135 de la CCE intitulé «Inductive limits in the frequency range 9 kHz to 148.5 kHz».

Les résultats montrent qu'il est nécessaire de protéger les émetteurs de signaux horaires exploités dans les pays de la CEPT. Des coupures de filtre présentant un niveau de puissance émise maximale de 42 dB $\mu$ A/m à 10 m ont été spécifiées pour protéger ces émetteurs. Il est à noter que la gamme de fréquences étudiée ne comprend pas de fréquences supérieures à 148,5 kHz et que les harmoniques très éloignées de la gamme 9-148,5 kHz ne sont pas examinées.

Par exemple, les balises DGPS à 350 kHz et les émetteurs de radiodiffusion et de signaux horaires à 198 kHz n'ont pas été étudiés, mais il est probable qu'ils nécessitent des limites de protection plus strictes étant donné qu'ils fonctionnent à des fréquences plus élevées.

Plus tard, ces limites et ces coupures ont été incluses dans la décision de la commission de la Communauté européenne, puis reprises dans la norme EN 300 330 de l'ETSI.

En 2014, le secteur de l'industrie européenne a demandé que soient prévus des gabarits spectraux plus larges et des puissances plus élevées pour les dispositifs par induction fonctionnant à 13,6 MHz comme la RFID et les cartes à puce sans contact. Une étude a été menée et ses résultats ont été publiés dans le Rapport 208 de la CCE intitulé «Impact of RFID devices on radio services in the band 13.56 MHz».

Les services suivants ont été examinés: le service de radiodiffusion et le service de radioastronomie.

L'étude a conclu qu'une solution était envisageable en utilisant deux gabarits spectraux différents prenant en compte les émissions à bande étroite de forte puissance ainsi que les émissions à large bande de faible puissance. D'après les résultats de cette étude, un niveau d'émission de  $-3,5$  dB $\mu$ A/m à 10 m est le maximum absolu pour les services mentionnés.

Il convient de noter que seuls les brouillages causés au service de radiodiffusion ont effectivement été testés. D'autres services comme le service de radioamateur ne sont pas correctement protégés, mais compte tenu du déploiement relativement faible de ces dispositifs, il a été jugé que cela était acceptable à l'époque.

Dans la perspective d'un déploiement plus massif de la TESH, accompagnée de ses rayonnements non essentiels, ces limites devront être sérieusement réexaminées.

Documents d'appui de la CEPT en vue d'études complémentaires:

Rapport 69 de l'ERC: «Propagation model and interference range calculation for inductive systems 10 kHz – 30 MHz».

Rapport 74 de l'ERC: «Compatibility between radio frequency identification devices (RFID) and the radioastronomy service at 13 MHz».

Rapports 67 de l'ECC: «Compatibility study for generic limits for the emission levels of inductive SRD's below 30 MHz».

L'approche inductive consistant à filtrer les fréquences sensibles pourrait être utilisée comme solution de gestion du spectre pour prendre en compte les dispositifs TESH dans les régions ou les zones où des services spécifiques sont actifs, tandis que pour la fréquence 13 MHz, l'approche consistant à fixer une limite hors bande maximale en association avec un gabarit spectral strict fournit une limite hors bande générique pour la protection des services de radiocommunication à l'échelle mondiale.

## 8 Résumé

Le présent Rapport traite des gammes de fréquences proposées et des niveaux potentiels associés pour les émissions hors bande, qui n'ont pas été approuvés au sein de l'UIT-R et nécessitent un complément d'étude pour déterminer si la protection des services de radiocommunication est assurée sur la base de critères de protection dans le même canal, dans les canaux adjacents et dans les bandes adjacentes. Le Rapport donne un aperçu de l'état d'avancement des activités de recherche et de développement et des travaux entrepris dans certaines régions.

Les dispositifs portables et mobiles, les appareils domestiques et les véhicules électriques font partie des applications envisagées pour la TESH. Les techniques d'induction magnétique, de résonance magnétique et de couplage capacitif sont actuellement étudiées et développées. Des études de coexistence ont été réalisées ou sont en cours dans certains pays.

Les techniques TESH par induction magnétique utilisent généralement la gamme de fréquences 100-205 kHz avec une puissance allant de plusieurs watts à 1,5 kW. Cette gamme de fréquences est à l'étude pour les appareils domestiques et les équipements de bureau incorporant des techniques TESH.

Les techniques TESH par induction magnétique pour les véhicules de tourisme électriques font actuellement l'objet d'études dans des bandes de fréquences 79-90 kHz. Celles concernant les poids lourds électriques font l'objet d'études dans les bandes de fréquences 19-21 kHz et 59-61 kHz. Les puissances types utilisées pour les véhicules de tourisme électriques sont de 3,3 kW, 7,7 kW, 11 kW et 22 kW. Les puissances types pour les poids lourds sont comprises entre 75 et 100 kW.

Les techniques TESH par résonance magnétique utilisent généralement les bandes ISM 6 765-6 795 kHz et 13 553-13 567 kHz avec une puissance type de plusieurs watts à 50 W.

La technique TESF par couplage capacitif utilise la bande de fréquences 425-524 kHz et la puissance type peut aller jusqu'à 100 W.

## 9 Références

- [1] APT/AWG/REP-48 «APT Survey Report on Wireless Power Transmission», mars 2014. <https://www.appt.int/AWG-REPTS>.
- [2] BWF «Guidelines for the use of Wireless Power Transmission/Technologies, Edition 2.0», avril 2013. <http://bwf-yrp.net/english/update/docs/guidelines.pdf>.
- [3] Recommandation [ERC 70-03](#), Relating to the use of short range devices (SRD).
- [4] CIPRNI 1998, Lignes directrices visant à limiter l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques variant dans le temps (jusqu'à 300 GHz). <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>.
- [5] CIPRNI 2010, Lignes directrices visant à limiter l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques variant dans le temps (1 Hz-100 kHz), <http://www.emfs.info/Related+Issues/limits/specific/icnirp2010/>.
- [6] [CIPRNI \(2020\)](#), Lignes directrices visant à limiter l'exposition aux champs électromagnétiques (entre 100 kHz et 300 GHz).
- [7] [IEEE C95.1 \(2019\)](#) – Norme de l'IEEE relative aux niveaux de sécurité pour ce qui est de l'exposition des personnes aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques entre 0 Hz et 300 GHz.
- [8] APT/AWG/REP-62(Rev.1) «APT Report on Wireless Power Transmission (WPT)», mars 2015. <https://www.appt.int/AWG-REPTS>.
- [9] Norme nationale de la République populaire de Chine «Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment Electromagnetic disturbance characteristics Limits and methods of measurement», GB 4824-2004.
- [10] National Radio Administration Bureau of MIIT No 423, «Micro Power (short) Radio Equipment Technology Requirements».
- [11] Mazar (Madjar) H. 2016 «[Radio Spectrum Management](#): Policies, Regulations and Techniques», John Wiley & Sons.
- [12] Rapport «Technical Requirements for Wireless Power Transmission Systems for Electric Vehicles» (en japonais), Document 22-5, 22ème réunion du Sous-Comité sur l'environnement électromagnétique pour l'utilisation des ondes radioélectriques, Conseil de l'information et des communications (ICC), Ministère de l'intérieur et des communications (MIC), Japon, [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000367149.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000367149.pdf), (6 juillet 2015).

## Annexe 1

### Lignes directrices relatives à l'évaluation de l'exposition aux radiofréquences dans diverses organisations et administrations

La présente annexe rend compte des lignes directrices relatives à l'exposition aux radiofréquences qui ont été élaborées par diverses organisations ainsi que des informations fournies par certaines administrations. Ces données doivent être considérées comme une référence pour comprendre les questions qui touchent aux dangers auxquels l'être humain est exposé. Le lecteur est vivement

encouragé à consulter les dernières informations de la CIPRNI, de l'IEEE, des administrations de réglementation et d'autres organismes spécialisés.

Le groupe de travail du BWF sur la TESH a publié en avril 2013 l'édition 2.0 des lignes directrices relatives à l'utilisation des techniques de transmission d'énergie sans fil [2]. La version en anglais est téléchargeable sur le site web du BWF à l'adresse: <http://bwf-yrp.net/english/update/2013/10/guidelines-for-the-use-of-wireless-power-transmission-technologies.html>.

Ce document décrit différents aspects des méthodes d'évaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques et contient des extraits détaillés de réglementations et des lignes directrices.

La partie «Considerations for the radio-radiation protection guidelines» de la référence [2] fournit des lignes directrices détaillées conformément aux scénarios d'utilisation définis par le groupe de travail du BWF sur la TESH et présente des aspects biologiques et techniques, par exemple les gammes de fréquences TESH à utiliser. Sont décrits les effets de stimulation, les effets de production de chaleur, les courants de contact et les courants induits dans les tissus du corps humain. En outre, cette partie présente les diagrammes qu'il est recommandé d'utiliser pour choisir une méthode d'évaluation et une méthode de mesure, car il est possible que les méthodes de mesures classiques ne conviennent pas pour l'évaluation de l'exposition aux fréquences radioélectriques dans le cas des dispositifs TESH.

Les Annexes A à G de la référence [2] contiennent des extraits de réglementations et lignes directrices nationales et internationales concernant l'exposition aux fréquences radioélectriques et les questions de sécurité et expliquent en outre comment les lire et les utiliser. Ces annexes présentent la réglementation japonaise, les lignes directrices de la CIPRNI et les lignes directrices de l'IEEE. En outre, certains articles publiés récemment dans le domaine de l'évaluation du débit d'absorption spécifique (DAS) à partir de simulations sont cités en référence.

En plus du document ci-dessus, le document «APT Survey Report on WPT» [1] donne des informations sur ce sujet dans les pays membres de l'APT.

### Exposition aux ondes radioélectriques

Chaque pays a ses propres lignes directrices ou sa propre réglementation sur l'exposition aux ondes radioélectriques, qui reposent dans la plupart des cas sur les lignes directrices de 1998 de la CIPRNI, lesquelles ne traitaient pas encore des dispositifs TESH ni de la méthode de mesure adaptée spécifique à la TESH.

TABLEAU A1-1

#### État de la réglementation concernant l'exposition aux ondes radioélectriques

Pays	Exposition aux ondes radioélectriques	Évaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques
Australie	– L'ACMA est chargée de la gestion de la norme contraignante <i>Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Standard 2003</i> (y compris les amendements à la norme <i>Radiocommunications (Electromagnetic Radiation – Human Exposure) Amendment Standard 2011 (N° 2)</i> ).	La conformité de ces dispositifs doit être prouvée en utilisant des méthodes de test telles que celles indiquées dans la norme EN 62209-2. (Exposition humaine aux champs radio fréquence produits par les dispositifs de communications sans fils tenus à la main ou portés près du corps – Modèles du corps humain, instrumentation et procédures – Partie 2: procédure pour la détermination du débit d'absorption spécifique produit par les dispositifs de communications sans fil utilisés très près du corps humain (gamme de fréquences de 30 MHz à 6 GHz)); voir <a href="#">AS/NZS</a> .

TABLEAU A1-1 (suite)

Pays	Exposition aux ondes radioélectriques	évaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• spécifiant les limites de l'exposition aux ondes radioélectriques pour la plupart des émetteurs de radiocommunication mobiles et portables avec antenne intégrée fonctionnant entre 100 kHz et 300 GHz.</li> <li>– Norme <i>Radiation Protection Standard for Maximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields – 3 kHz to 300 GHz</i> (RPS3).</li> <li>• établie par l'ARPANSA (Agence australienne de radioprotection et de sûreté nucléaire).</li> </ul>	<p>L'ACMA impose le respect des limites d'exposition aux ondes radioélectriques et aux champs électromagnétiques fixées par l'Agence australienne de radioprotection et de sûreté nucléaire (ARPANSA). La principale source d'information sur les limites d'exposition aux ondes radioélectriques est la norme de l'ARPANSA <i>Radiation Protection Standard for Maximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields – 3 kHz to 300 GHz</i> (RPS3) – voir le site de l'<a href="#">ARPANSA</a>.</p>
Japon	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lignes directrices du <a href="#">BWF</a> sur l'exposition aux ondes radioélectriques: conditions à respecter.</li> <li>– Sur la base des lignes directrices relatives à la radioprotection et des lignes directrices de la CIPRNI. <ul style="list-style-type: none"> <li>• limite d'exposition aux ondes radioélectriques.</li> </ul> </li> <li>– Les méthodes d'évaluation de l'exposition du corps humain pour les systèmes de transmission de l'énergie sans fil pour les véhicules électriques (79-90 kHz) et pour les applications mobiles (400 kHz et 6,78 MHz) se trouvent dans les rapports partiels du Conseil de l'information et des communications du MIC de janvier et juillet 2015.</li> </ul>	<p>Le BWF (Japon) envisage les approches ci-après pour l'évaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques.</p> <p>Considérer les cas les plus défavorables, par exemple le cas où une partie du corps humain touche un émetteur ou est située entre un émetteur et un récepteur.</p> <p>Envisager d'autres mesures de sécurité si la sécurité ne peut pas être déclarée.</p> <p>Les champs magnétiques générés par les produits TESF ne sont pas uniformes et l'exposition aux ondes radioélectriques est censée être locale. Par conséquent, les lignes directrices de la CIPRNI constituent de meilleures références en matière de sécurité. Il est suggéré d'envisager d'utiliser des méthodes d'évaluation à partir de simulations (par exemple dosimétrie) si des experts en dosimétrie peuvent participer.</p> <p>La méthode d'évaluation ne devrait pas prendre beaucoup de temps inutilement et ne devrait pas viser à déterminer de manière exacte l'exposition aux ondes radioélectriques. Il convient d'utiliser une méthode raisonnable pouvant être utile pour les procédures de certification et les tests d'homologation.</p> <p>La spécification de trois types de systèmes TESF a fait l'objet d'une réglementation en 2016 au Japon.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Le champ magnétique incident peut dépasser les niveaux de référence tandis que le champ électrique induit/DAS est très inférieur aux restrictions de base.</li> <li>– L'utilisation d'un facteur de couplage conforme assouplit la limite de puissance en entrée des systèmes TESF.</li> </ul>

TABLEAU A1-1 (*fin*)

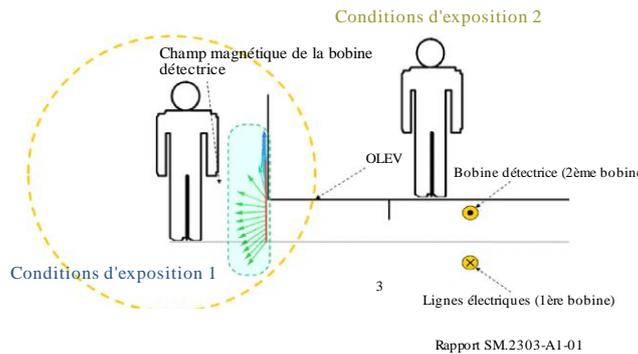
Pays	Exposition aux ondes radioélectriques	évaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques
		<p>– La mesure du courant de contact est aussi requise. Le Ministère de l'intérieur et des communications (MIC) a reçu du Conseil de l'information et des communications (ICC), en qualité d'organe consultatif du ministre du MIC, des rapports partiels sur «les exigences techniques des systèmes de transmission de l'énergie sans fil» en janvier 2015 (pour la TESH mobile) et en juillet 2015 (pour la TESH appliquée aux véhicules électriques). Ces rapports spécifient des exigences techniques dans le but d'élaborer de nouvelles règles sur la «spécification d'homologation», qui dispensent de l'autorisation d'installation d'équipement individuel pour les technologies TESH. Ils fournissent un état d'avancement de la réglementation globale de la TESH, notamment en ce qui concerne les conditions de coexistence, les limites d'émission, et les méthodes d'évaluation de l'exposition du corps humain aux fréquences radioélectriques.</p>
République de Corée	– La réglementation existante relative aux champs électromagnétiques est indiquée dans les lignes directrices de la CIPRNI.	– Prévoit de mettre en place les méthodes d'évaluation spécifiées pour la TESH courant 2015.

### Évaluation de l'exposition aux champs électromagnétiques due aux véhicules électriques en Corée

En 2013, la République de Corée s'est penchée sur la méthode d'évaluation des champs électromagnétiques générés par les véhicules électriques en ligne (OLEV) utilisant la technologie de transmission d'énergie sans fil et fonctionnant à proximité du public. Les lignes électriques situées dans la chaussée (1ère bobine) et cinq bobines détectrices situées sous le véhicule (2ème bobine) constituent la source du champ, dans lequel la fréquence de résonance s'élève à 20 kHz, avec une puissance de sortie de 75 kW.

La Figure A1-1 illustre la deuxième condition d'exposition aux champs électromagnétiques par rapport aux lignes électriques et aux bobines détectrices du système OLEV.

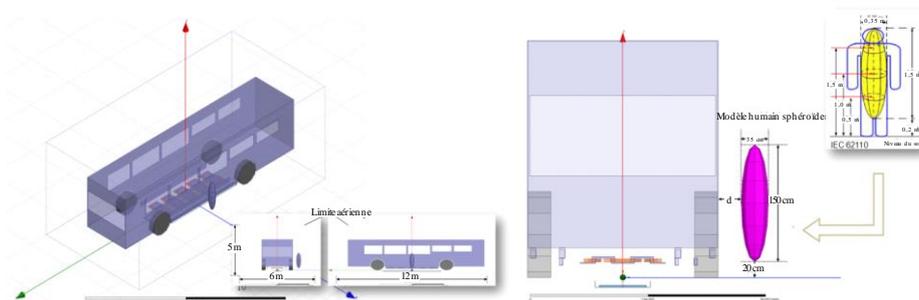
FIGURE A1-1  
Conditions d'exposition aux champs électromagnétiques du système OLEV



Rapport SM.2303-A1-01

Lorsque le champ électromagnétique dans les conditions d'exposition 1 est considéré comme n'étant pas uniforme, c'est-à-dire comme dans un système alimenté par un courant alternatif (norme CEI 62110), le niveau du champ au point étudié est calculé et mesuré à trois hauteurs différentes, à savoir 0,5 m, 1,0 m et 1,5 m au-dessus du sol.

FIGURE A1-2  
Modèle pour l'évaluation du niveau d'exposition au champ généré par un véhicule OLEV



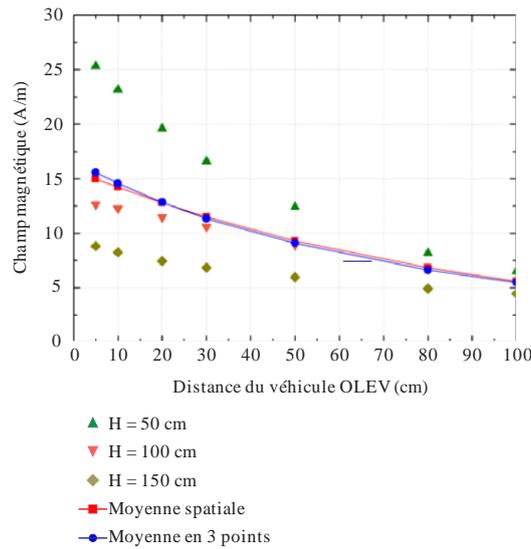
Rapport SM.2303-A1-01

Le niveau d'exposition moyen est calculé à l'aide du modèle humain sphéroïdal dont l'axe vertical mesure 1,5 m et l'axe horizontal mesure 0,35 m, situé 0,2 m au-dessus du sol.

La variation est de 4% à 5 cm du véhicule OLEV, et de -2% à 100 cm, distance qui concerne le public. La Figure A1-3 montre que la distribution verticale des champs magnétiques est uniforme. Il est possible d'affirmer que le niveau d'exposition moyen aux trois points est quasiment identique au niveau moyen d'exposition mesuré dans les conditions d'exposition 1 au champ généré par le véhicule OLEV.

FIGURE A1-3

Champ magnétique calculé à différentes distances d'un véhicule OLEV



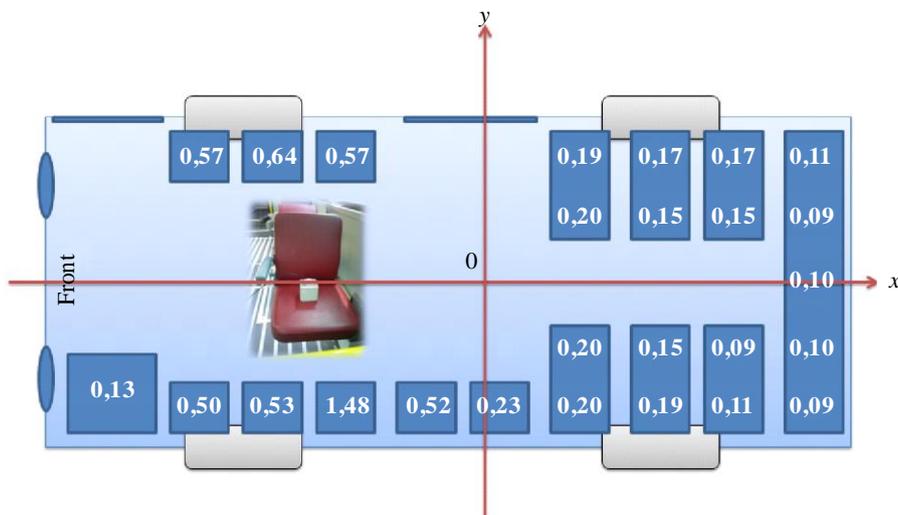
Rapport SM.2303-A1-03

Du point de vue de l'analyse numérique, le niveau moyen d'exposition en trois points (aux trois hauteurs considérées, soit 0,5 m, 1,0 m et 1,5 m au-dessus du sol) représente le niveau moyen d'exposition de l'ensemble du corps, qui est estimé à 2,1 A/m, ce qui est inférieur de 40% aux critères techniques d'exposition aux ondes radioélectriques.

Le champ magnétique a été évalué sur chaque siège du véhicule OLEV dans les conditions d'exposition 2; les valeurs observées sont illustrées dans la Fig. A1-4.

FIGURE A1-4

Champ magnétique calculé à différentes distances d'un véhicule OLEV



Rapport SM.2303-A1-04

FIGURE A1-5

## Champ magnétique calculé à différentes distances d'un véhicule OLEV

< Données simulées (S.D.: 72 cm) >			< Données mesurées (S.D.: 60 cm) >		
Points de mesure	Valeurs mesurées	Valeurs adoptées	Points de mesure	Valeurs mesurées [A/m]	Valeurs adoptées
P1	1,07		P1	3,82	X
P2	1,93		P2	3,41	X
P3	3,96	X	P3	1,96	X
P4	2,12	X	P4	0,90	
P5	3,99	X	P5	1,08	

Rapport SM.2303-A1-05

Du point de vue de l'analyse numérique, on obtient 3,36 A/m en calculant la moyenne des valeurs obtenues en cinq points, mais si l'on effectue des mesures dans les mêmes conditions, on obtient 3,06 A/m. Cependant, si l'on a recours à la méthode de calcul de la moyenne en trois points, on obtient 0,53 A/m en données simulées et 0,57 A/m en données mesurées. Au vu de la complexité des conditions d'exposition (structure interne blindée, différence d'altitude et de position), la méthode de calcul de la moyenne en cinq points semble plus efficace que celle en trois points pour mesurer l'exposition aux ondes radioélectriques dans les situations les plus défavorables.

## Annexe 2

### Exemple d'utilisation de la bande ISM 6 765-6 795 kHz pour la recharge de dispositifs mobiles

La présente Annexe donne un exemple d'utilisation de la bande ISM 6 765-6 795 kHz pour la recharge sans fil de dispositifs mobiles. Une spécification a été élaborée concernant une technique de transmission d'énergie sans fil reposant sur les principes de la résonance magnétique à utiliser dans la bande ISM 6 765-6 795 kHz pour la recharge sans fil de dispositifs mobiles. Cette technique présente des avantages considérables dans le domaine de la recharge sans fil.



#### OFFRE DE RECHARGE EXCEPTIONNELLE

Une offre de recharge exceptionnelle permettant réellement une recharge sans effort, sur la plupart des surfaces et des matériaux couramment rencontrés à la maison, au bureau et dans les commerces.



#### RECHARGE MULTIDISPOSITIF

Possibilité de recharger simultanément plusieurs dispositifs nécessitant des puissances différentes, par exemple smartphones, tablettes, ordinateurs portables et casques Bluetooth®.



### TECHNIQUE PRÊTE POUR LE MONDE RÉEL

Les surfaces de rechargement fonctionneront en présence d'objets métalliques tels que des clés, des pièces et des ustensiles, ce qui en fait une technique idéale à la maison, au bureau, dans sa voiture, chez un commerçant, ainsi que dans les hôtels et restaurants.



### COMMUNICATION BLUETOOTH

Utilise la technologie existante Bluetooth Smart, permettant de minimaliser les caractéristiques matérielles requises, et ouvrant la voie à de futures zones de rechargement intelligentes.

## Spécification technique

L'objectif de la spécification est d'offrir aux utilisateurs une technique de recharge adaptée au monde réel qui soit pratique, sûre et exceptionnelle, tout en définissant les bases techniques pour permettre aux entreprises de fabriquer des produits conformes. Il s'agit de spécifier une interface pour l'émetteur et le récepteur d'énergie sans fil, le couplage mutuel et l'inductance mutuelle – une marge de manœuvre étant laissée aux responsables de la mise en œuvre pour la plupart des options.

Pour adapter la transmission d'énergie sans fil aux conditions du monde réel, une certaine latitude est offerte au niveau spatial, ce qui laisse un large choix concernant le coefficient de couplage, la taille des dispositifs, les conditions de charge et l'espacement entre l'émetteur et le récepteur d'énergie. Ainsi, les concepteurs de produits de transmission d'énergie sans fil disposent d'une grande latitude pour mettre en œuvre des systèmes de recharge, et les consommateurs en retirent des avantages exceptionnels.

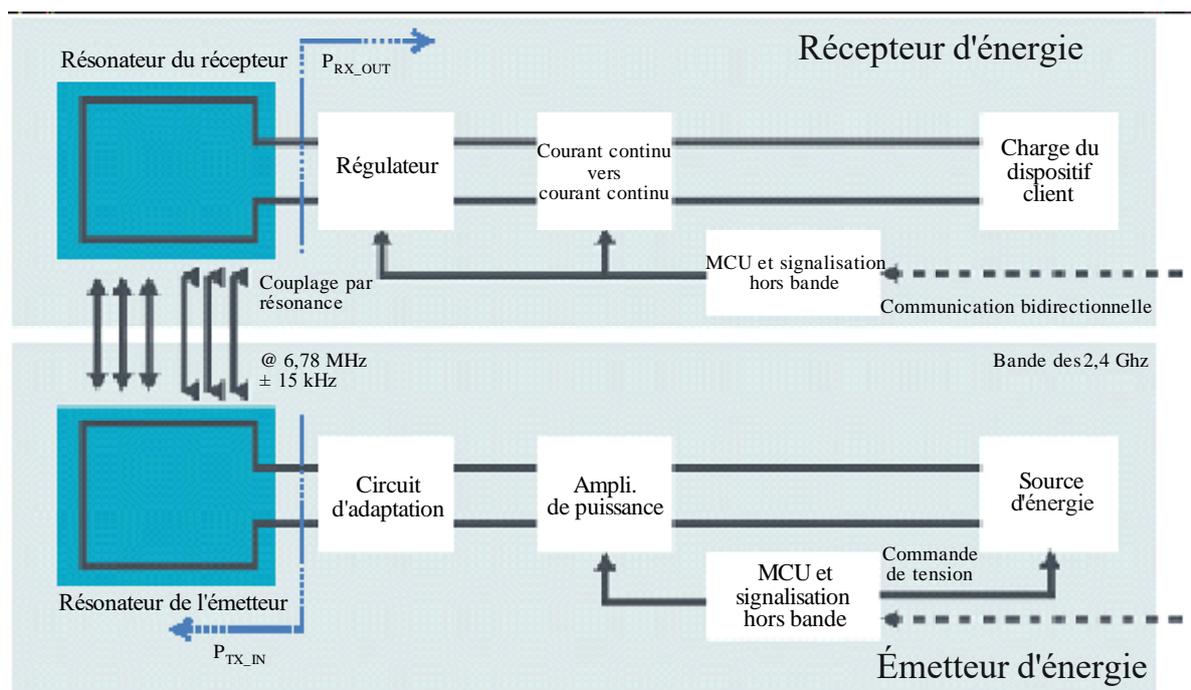
Concernant l'intégration de cette technique dans les produits électroniques, il convient de tenir compte de plusieurs facteurs:

- dissipation d'énergie et structure;
- intégration d'un résonateur dans le dispositif;
- miniaturisation;
- intégration d'une liaison de communication avec le module radio à bord.

Les concepteurs peuvent spécifier et proposer leur propre mise en œuvre des modules radio hors bande, amplificateurs de puissance, convertisseurs courant continu/courant continu, redresseurs, microprocesseurs requis – séparés ou intégrés – et les assembler comme ils le souhaitent.

Tant que les composants sont conformes à la spécification, peu importe la topologie utilisée. La spécification impose uniquement les interfaces et le modèle de résonateur de l'émetteur à utiliser dans le système.

La figure ci-dessous illustre la configuration de base du système de transmission d'énergie sans fil entre un émetteur et un récepteur d'énergie. L'émetteur d'énergie peut être élargi pour desservir plusieurs récepteurs d'énergie indépendants. Il comporte trois unités fonctionnelles principales, à savoir un résonateur avec unité d'adaptation, une unité de conversion d'énergie, et une unité de signalisation et de commande (MCU). Tout comme l'émetteur d'énergie, le récepteur d'énergie comporte aussi trois unités fonctionnelles principales.



Rapport SM.2303-A2-01

Comme indiqué sur la figure ci-dessus, le résonateur de l'émetteur utilise la fréquence 6 780 kHz ( $\pm 15$  kHz) pour la transmission d'énergie de l'émetteur au récepteur. La technologie Bluetooth Smart™ dans la bande des 2,4 GHz est utilisée pour les communications bidirectionnelles dans un canal en dehors des fréquences utilisées pour la transmission d'énergie et assure un canal de communication fiable entre les récepteurs d'énergie sans fil et les surfaces de rechargement.

La spécification prévoit un grand nombre de catégories de récepteur d'énergie et de classes d'émetteur d'énergie sur la base de la puissance transmise dans la bande des 6 780 kHz, allant du cas d'un chargeur faible puissance pour un petit dispositif ne nécessitant que quelques watts au cas de plus grands dispositifs nécessitant un grand nombre de watts. Les tableaux ci-dessous indiquent les classes d'émetteur d'énergie et les catégories de récepteur d'énergie définies dans un projet de spécification de système de base; de nouvelles catégories/classes sont en cours de définition.

### Catégories de récepteur d'énergie

Récepteur d'énergie	$P_{RX\_OUT\_MAX}'$	Exemple d'applications
Catégorie 1	À déterminer	Casque BT
Catégorie 2	3,5 W	Téléphone de base
Catégorie 3	6,5 W	Smartphone
Catégorie 4	13 W	Tablette, phablette
Catégorie 5	25 W	Mini-ordinateur portable
Catégorie 6	37,5 W	Ordinateur portable normal
Catégorie 7	50 W	Ordinateur portable performant

$P_{RX\_OUT\_MAX}'$  est la valeur maximale de  $P_{RX\_OUT}$  (puissance de sortie du résonateur du récepteur).

## Classes d'émetteur d'énergie

	$P_{TX\_IN\_MAX}$	Exigences minimales de prise en charge de catégorie	Exigences minimales pour le nombre maximal de dispositifs pris en charge
<b>Classe 1</b>	2 W	1 × Catégorie 1	1 × Catégorie 1
<b>Classe 2</b>	10 W	1 × Catégorie 3	2 × Catégorie 2
<b>Classe 3</b>	16 W	1 × Catégorie 4	2 × Catégorie 3
<b>Classe 4</b>	33 W	1 × Catégorie 5	3 × Catégorie 3
<b>Classe 5</b>	50 W	1 × Catégorie 6	4 × Catégorie 3
<b>Classe 6</b>	70 W	1 × Catégorie 7	5 × Catégorie 3

$P_{TX\_IN\_MAX}$  est la valeur maximale de  $P_{TX\_IN}$  (puissance d'entrée du résonateur de l'émetteur).

Le niveau des émissions Bluetooth mesuré au connecteur de l'antenne sera compris entre  $-6$  dBm et  $+8,5$  dBm.

La spécification relative aux émetteurs et récepteurs d'énergie permet de fabriquer des produits conformes à la réglementation du pays où ils seront vendus. Par exemple, aux États-Unis d'Amérique, le fonctionnement à  $6\ 785$  kHz sera conforme à la Partie 18 des règles de la FCC et le fonctionnement bidirectionnel à  $2,4$  GHz sera conforme à la Partie 15 des règles de la FCC.

## Annexe 3

## Données de mesure du bruit par rayonnement et du bruit par conduction émanant des systèmes TESH

## 1 Introduction

La présente Annexe fournit des données mesurées au Japon du bruit par rayonnement et du bruit par conduction émanant des systèmes TESH envisagés dans la nouvelle réglementation japonaise. Les systèmes sont énumérés ci-après.

- 1) système TESH pour la recharge de véhicules électriques de tourisme;
- 2) système TESH pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique;
- 3) système TESH pour les appareils domestiques et les équipements de bureau utilisant la technique d'induction magnétique; et
- 4) système TESH pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif.

## 2 Modèles et méthodes de mesure

Les modèles et méthodes de mesure du bruit par rayonnement et du bruit par conduction émanant des systèmes TESH ont été examinés et déterminés par le Groupe de travail sur la TESH relevant du Sous-Comité chargé de l'environnement électromagnétique lié à l'utilisation des ondes radioélectriques au sein du Ministère de l'intérieur et des communications (MIC). Les mesures ci-après ont été réalisées:

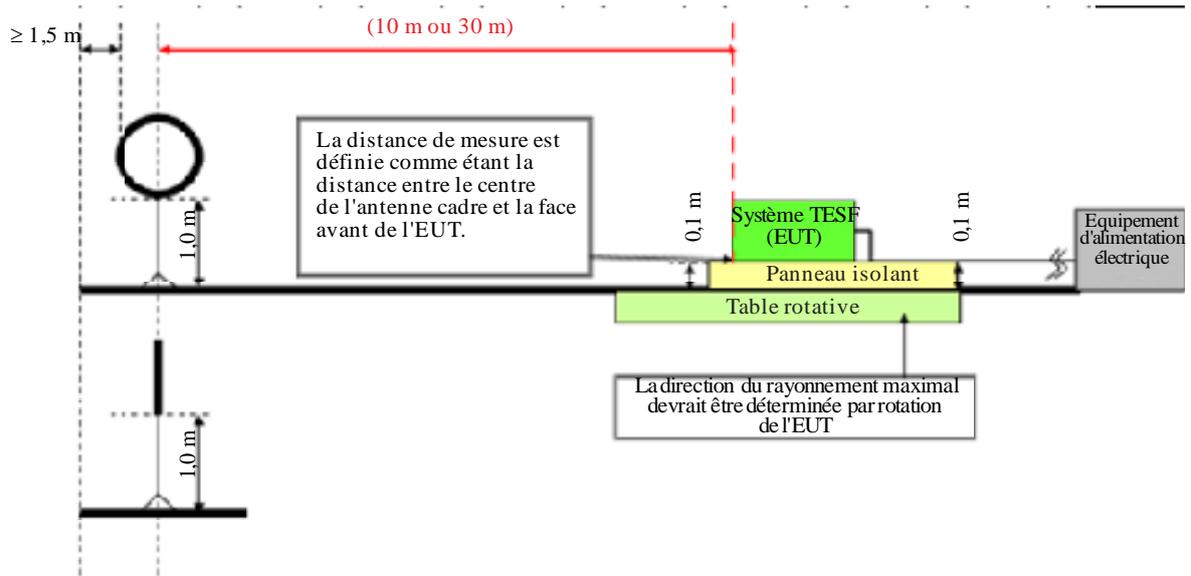
- 1) Bruit par rayonnement dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz:  
L'intensité du champ magnétique est mesurée au moyen d'antennes-cadres. L'intensité du champ électrique est obtenue par une simple conversion en utilisant l'impédance caractéristique de l'onde plane, 377 ohms.
- 2) Bruit par rayonnement dans la gamme de fréquences 30 MHz – 1 GHz:  
L'intensité du champ électrique est mesurée au moyen d'antennes biconiques ou de réseaux d'antennes doublet log-périodiques. Dans le cas des dispositifs portables, la gamme de fréquences utilisée pour les mesures va jusqu'à 6 GHz.
- 3) Bruit par conduction dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz:  
Le bruit par conduction émanant des lignes d'alimentation électrique est mesuré. Pour cette mesure, l'équipement testé (EUT, *equipment under test*) doit être connecté à un réseau électrique fictif (AMN, *artificial mains network*).

### 2.1 Système TESH pour la recharge de véhicules électriques

Les Figures A3-1 et A3-2 décrivent respectivement les méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESH pour la recharge de véhicules électriques dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz et dans la gamme de fréquences 30 MHz – 1 GHz. La Figure A3-3 représente la vue de dessus de l'EUT et du montage associé pour la mesure du bruit par rayonnement. Cette méthode de mesure repose sur la norme CISPR 16-2-3 «Mesures des perturbations rayonnées». La Figure A3-4 illustre la carrosserie imitée utilisée pour cette mesure. Ce modèle de voiture imité a été proposé dans le document TC 69/PT 61980 de la CEI, qui est une norme internationale concernant les systèmes TESH pour la recharge de véhicules électriques. La Figure A3-5 représente la vue de dessus de l'EUT et du montage associé pour la mesure du bruit par conduction. Pour cette mesure, la puissance de transmission est définie comme le niveau de puissance mesuré au port d'entrée de l'équipement d'alimentation électrique RF ou à la bobine principale.

FIGURE A3-1

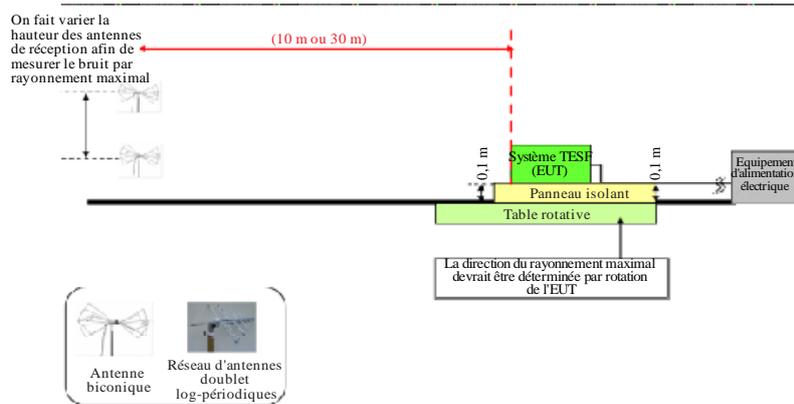
Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESF pour la recharge de véhicules électriques, dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz



Rapport SM.2303-A3-01

FIGURE A3-2

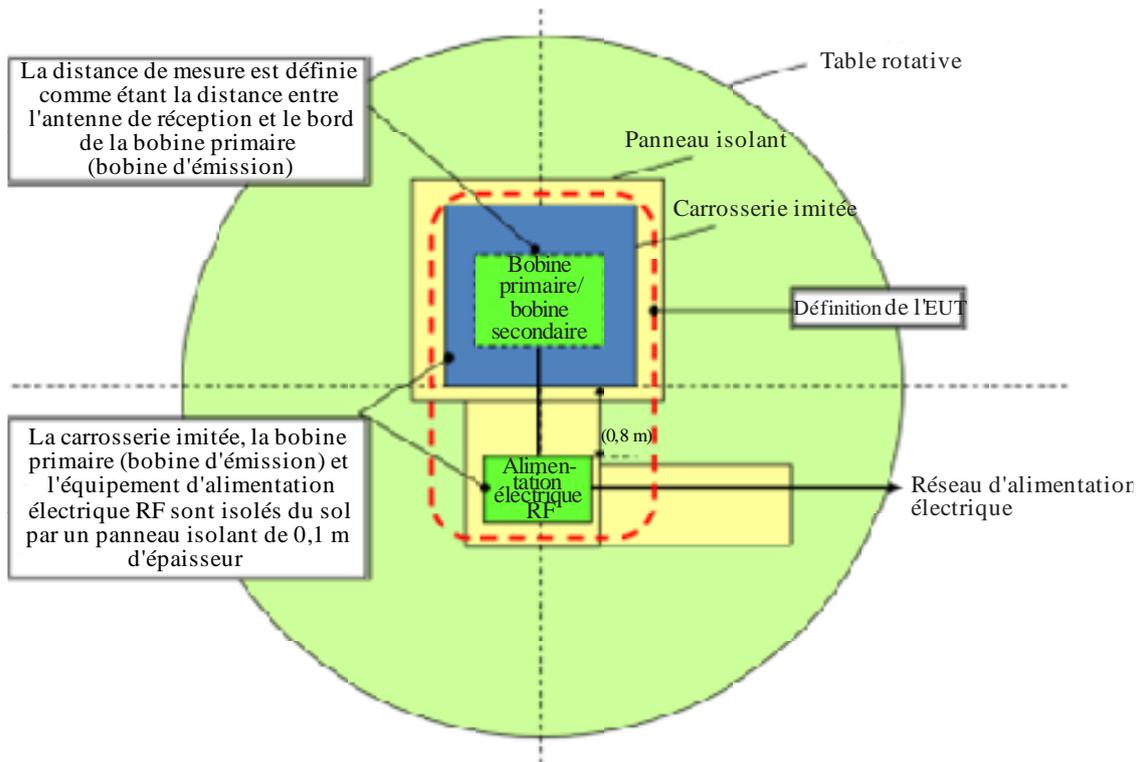
Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESF pour la recharge de véhicules électriques, dans la gamme de fréquences 30 MHz – 1 GHz



Rapport SM.2303-A3-02

FIGURE A3-3

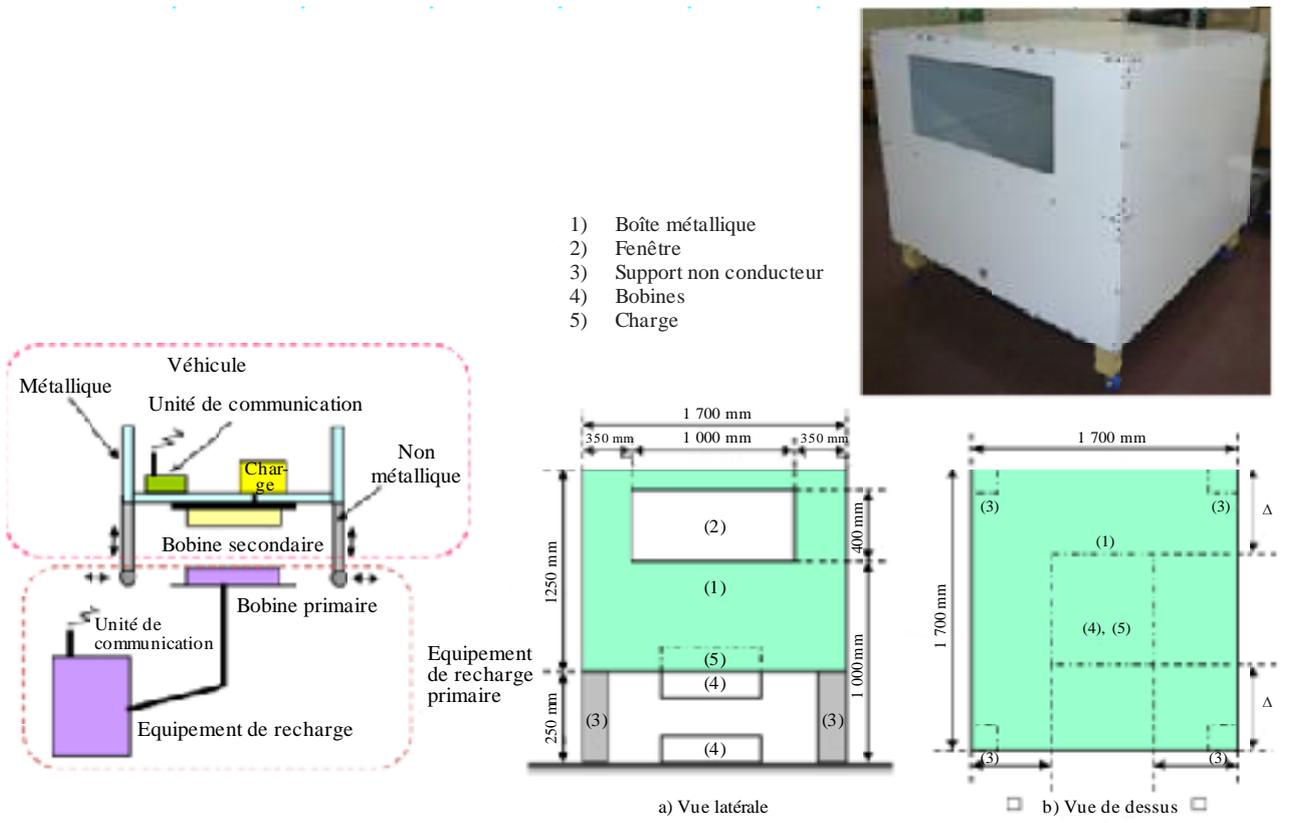
Vue de dessus de l'EUT et du montage associé pour la mesure du bruit par rayonnement



Rapport SM.2303-A3-03

FIGURE A3-4

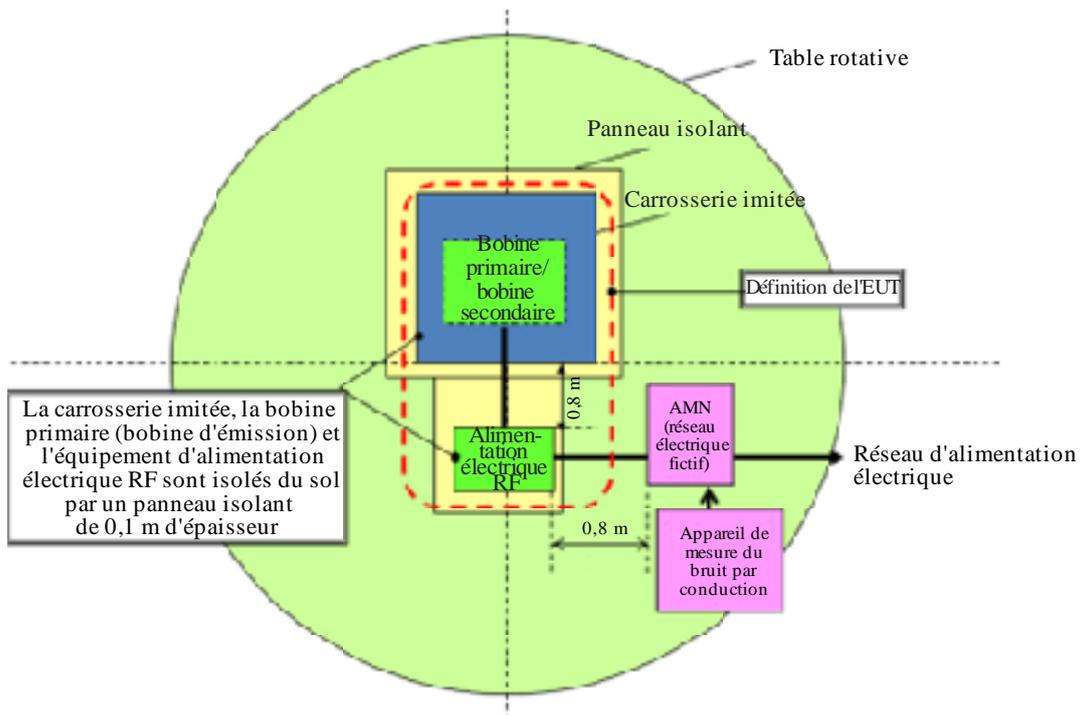
Configuration de la carrosserie imitée



Rapport SM.2303-A3-04

FIGURE A3-5

Vue de dessus de l'EUT et du montage associé pour la mesure du bruit par conduction



Rapport SM.2303-A3-05

## 2.2 Dispositifs mobiles, dispositifs portables et c appareils domestiques

Les Figures A3-6 et A3-7 décrivent respectivement les méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESF pour les dispositifs mobiles et portables et les appareils domestiques dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz et dans la gamme de fréquences 30 MHz – 6 GHz. Il est à noter que la gamme de fréquences utilisée va jusqu'à 6 GHz uniquement dans le cas des dispositifs mobiles et portables. Pour les appareils domestiques, la limite supérieure de la gamme de fréquences utilisée pour les mesures est de 1 GHz. Ceci s'explique par le fait que la méthode de mesure repose sur la norme CISPR 14-1 pour les appareils domestiques alors qu'elle repose sur la norme CISPR 22 pour les dispositifs mobiles et portables. La Figure A3-8 décrit les deux méthodes considérées pour la mesure du bruit par conduction.

FIGURE A3-6

Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESF pour les dispositifs mobiles et portables et les appareils domestiques, dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz

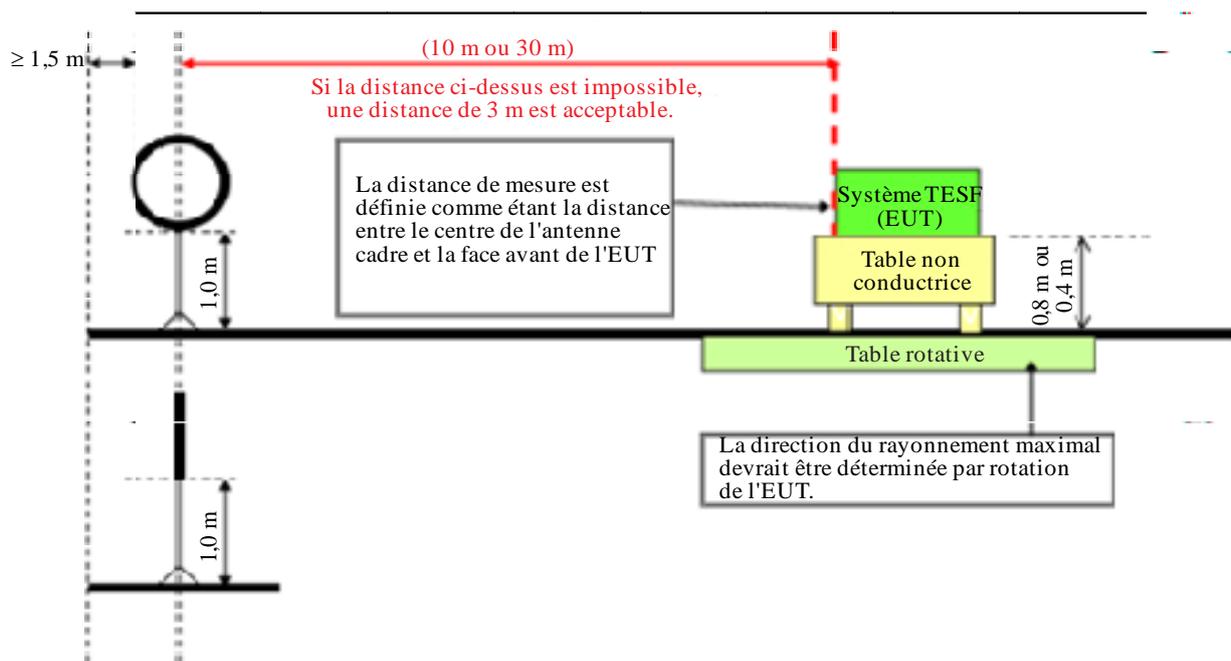
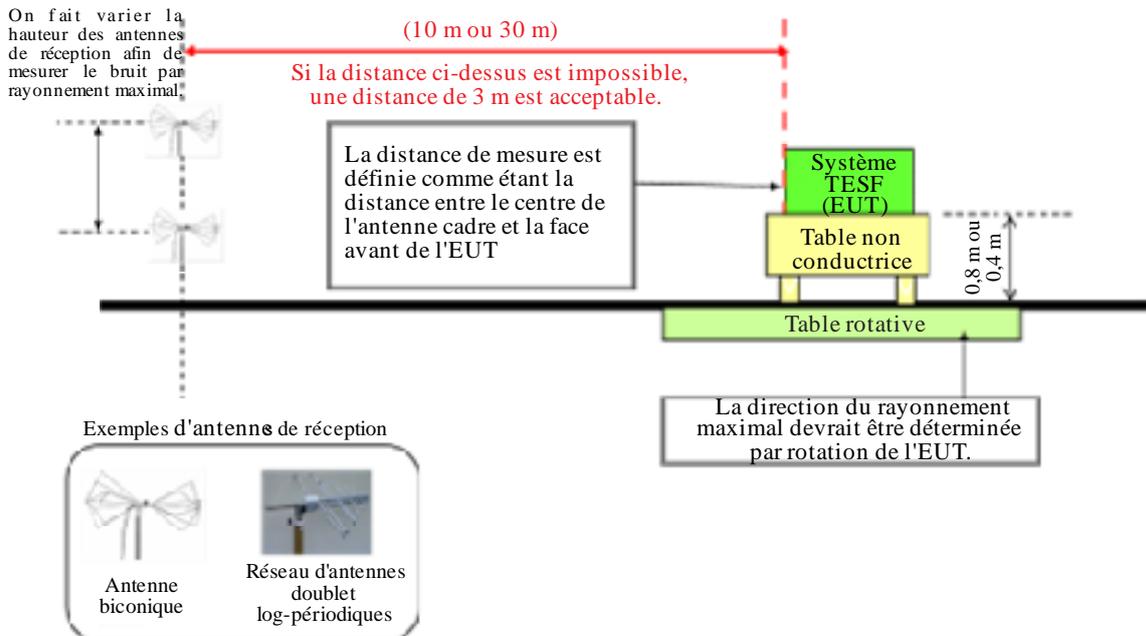


FIGURE A3-7

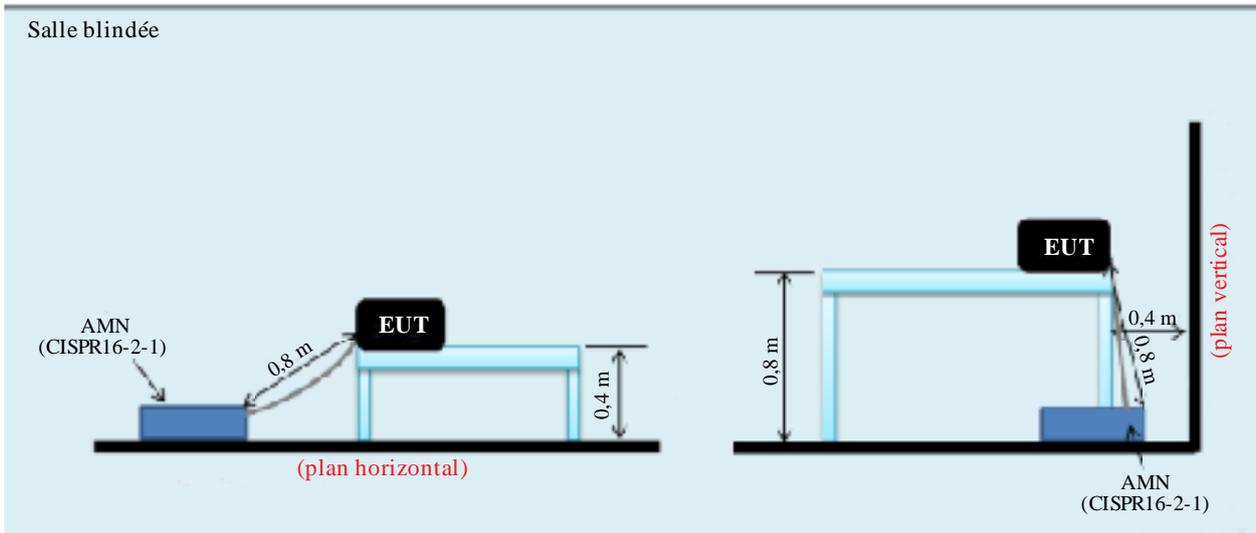
Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESH pour les dispositifs mobiles et portables et les appareils domestiques, dans la gamme de fréquences 30 MHz – 6 GHz



Rapport SM.2303-A3-07

FIGURE A3-8

Méthodes de mesure du bruit par conduction



Rapport SM.2303-A3-07

3 Limites cibles des rayonnements fixées par le BWF

Les limites des rayonnements sont à l'étude au sein du Groupe de travail du MIC sur la TESH en vue d'une nouvelle réglementation au Japon. Mais le Broadband Wireless Forum (BWF) (Japon) a déjà établi des limites provisoires pour examiner les conditions de coexistence avec d'autres systèmes sans fil.

Les aspects fondamentaux concernant les limites cibles des rayonnements sont les suivants:

- 1) Les limites cibles du bruit par rayonnement sont établies uniquement dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz. Les limites indiquées ici incluent à la fois des limites de l'intensité du champ électrique et des limites de l'intensité du champ magnétique.
- 2) On s'intéresse en premier lieu aux limites cibles du bruit par rayonnement concernant l'intensité du champ électrique, car le BWF s'appuie sur la réglementation radio en vigueur au Japon, dans laquelle les limites du bruit par rayonnement sont déterminées essentiellement par l'intensité du champ électrique. La conversion de l'intensité du champ électrique en intensité du champ magnétique est effectuée au moyen d'un calcul faisant intervenir l'impédance caractéristique de l'onde électromagnétique transverse (onde plane), 377 ohms.
- 3) Le BWF n'établit pas les limites cibles du bruit par rayonnement au-dessus de 30 MHz ni celles du bruit par conduction.

Les paragraphes qui suivent indiquent les limites cibles des rayonnements pour chaque type de systèmes TESH. Il convient de noter que ces limites sont des limites provisoires et qu'elles sont actuellement à l'étude.

### 3.1 Limites applicables aux systèmes TESH pour la recharge de véhicules électriques

Des limites cibles provisoires du bruit par rayonnement pour la gamme de fréquences TESH ont été proposées sur la base de la sous-partie C de la partie 18 des règles de la FCC en tant que règle internationale et sur la base de résultats de mesures effectuées sur des systèmes TESH développés. Des limites cibles provisoires du bruit par rayonnement pour les autres gammes de fréquences ont été proposées sur la base de la réglementation radio japonaise applicable aux cuisinières à induction en tant qu'application couramment utilisée de l'induction magnétique.

- 1) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ électrique
  - a) Gamme de fréquences TESH (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)
    - Puissance de l'émetteur de 3 kW: 36,7 mV/m à 30 m (91,3 dB $\mu$ V/m à 30 m)
    - Puissance de l'émetteur de 7,7 kW : 58,9 mV/m à 30 m (95,4 dB $\mu$ V/m à 30 m)
  - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
    - 30 dV/m à 30 m (29,5 dB $\mu$ V/m à 30 m)
  - c) Autres gammes de fréquences
    - 200  $\mu$ V/m à 30 m (46,0 dB $\mu$ V/m à 30 m)
- 2) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ magnétique
  - a) Gamme de fréquences TESH (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)
    - Puissance de l'émetteur de 3 kW : 97,5  $\mu$ A/m à 30 m (39,8 dB $\mu$ A/m à 30 m)
    - Puissance de l'émetteur de 7,7 kW : 156  $\mu$ A/m à 30 m (43,9 dB $\mu$ A/m à 30 m)
  - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
    - 0,0796  $\mu$ A/m à 30 m (-22,0 dB $\mu$ A/m à 30 m)
  - c) Autres gammes de fréquences
    - 0,531  $\mu$ A/m à 30 m (-5,51 dB $\mu$ A/m à 30 m)

### 3.2 Limites pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique

Des limites cibles provisoires du bruit par rayonnement pour la gamme de fréquences TESH ont été proposées sur la base de résultats de mesures effectuées sur des systèmes TESH développés. Des limites cibles provisoires du bruit par rayonnement pour les autres gammes de fréquences ont été proposées sur la base de la réglementation radio japonaise applicable aux cuisinières à induction en tant qu'application couramment utilisée de l'induction magnétique.

- 1) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ électrique
  - a) Gamme de fréquences TESH (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)
    - 100 mV/m à 30 m (100 dB $\mu$ V/m à 30 m)
  - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
    - 30  $\mu$ V/m à 30 m (29,5 dB $\mu$ V/m à 30 m)
  - c) Autres gammes de fréquences
    - 100  $\mu$ V/m à 30 m (40,0 dB $\mu$ V/m à 30 m)
- 2) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ magnétique
  - a) Gamme de fréquences TESH (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)
    - 265,3  $\mu$ A/m à 30 m (48,5 dB $\mu$ A/m à 30 m)
  - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
    - 0,0796  $\mu$ A/m à 30 m (-22,0 dB $\mu$ A/m à 30 m)
  - c) Autres gammes de fréquences
    - 0,265  $\mu$ A/m à 30 m (-11,5 dB $\mu$ A/m à 30 m)

### 3.3 Limites pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique

Des limites cibles provisoires du bruit par rayonnement pour la gamme de fréquences TESH ont été proposées sur la base de résultats de mesures effectuées sur des systèmes TESH développés. Des limites cibles provisoires du bruit par rayonnement pour les autres gammes de fréquences ont été proposées sur la base de la réglementation radio japonaise applicable aux cuisinières à induction en tant qu'application couramment utilisée de l'induction magnétique.

- 1) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ électrique
  - a) Gamme de fréquences TESH (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)
    - 1 mV/m à 30 m (60 dB $\mu$ V/m à 30 m)
  - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
    - 30  $\mu$ V/m à 30 m (29,5 dB $\mu$ V/m à 30 m)
  - c) Autres gammes de fréquences
    - 173  $\mu$ V/m à 30 m (44,8 dB $\mu$ V/m à 30 m)
- 2) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ magnétique
  - a) Gamme de fréquences TESH (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)
    - 2,66  $\mu$ A/m à 30 m (8,5 dB $\mu$ A/m à 30 m)
  - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz

- 0,0796  $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m ( $-22,0$  dB $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m)
- c) Autres gammes de fréquences
- 0,459  $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m ( $-6,7$  dB $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m)

### 3.4 Limites pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif

Des limites cibles provisoires du bruit par rayonnement pour la gamme de fréquences TESH ont été proposées sur la base de résultats de mesures effectuées sur des systèmes TESH développés. Des limites cibles provisoires du bruit par rayonnement pour les autres gammes de fréquences ont été proposées sur la base de la réglementation radio japonaise applicable aux cuisinières à induction en tant qu'application couramment utilisée de l'induction magnétique.

- 1) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ électrique
  - a) Gamme de fréquences TESH (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)
 

100  $\mu\text{V}/\text{m}$  à 30 m (40 dB  $\mu\text{V}/\text{m}$  à 30 m)
  - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
 

30  $\mu\text{V}/\text{m}$  à 30 m (29,5 dB $\mu\text{V}/\text{m}$  à 30 m)
  - c) Autres gammes de fréquences
 

100  $\mu\text{V}/\text{m}$  à 30 m (40 dB  $\mu\text{V}/\text{m}$  à 30 m)
- 2) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ magnétique
  - a) Gamme de fréquences TESH (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)
 

0,265  $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m ( $-11,5$  dB  $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m)
  - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
 

0,0796  $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m ( $-22,0$  dB $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m)
  - c) Autres gammes de fréquences
 

0,265  $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m ( $-11,5$  dB  $\mu\text{A}/\text{m}$  à 30 m)

## 4 Résultats de mesures du bruit par rayonnement et du bruit par conduction

Le présent paragraphe rend compte de résultats de mesures du bruit par rayonnement, de mesures du bruit par conduction et de mesures connexes pour chaque type de systèmes TESH. Les systèmes TESH soumis à ces mesures sont des équipements destinés à des tests et en cours de développement.

### 4.1 Système TESH pour la recharge de véhicules électriques

#### 1) Description des équipements de test

Deux équipements de test ont été utilisés pour les mesures comme indiqué dans le Tableau A3-1. Pour l'équipement de test A, la fréquence TESH est de 120 kHz et on utilise des bobines d'émission et de réception circulaires planes. Pour l'équipement de test B, la fréquence TESH est de 85 kHz et on utilise des bobines de type solénoïde à la fois pour l'émetteur et pour le récepteur. De plus, l'équipement de test B inclut des modules permettant de supprimer les harmoniques d'ordre supérieur associées à la fréquence TESH. On trouvera des photographies de chacun des équipements de test aux Figs A3-9 et A3-10, respectivement.

TABLEAU A3-1

## Description des équipements de test pour la recharge de véhicules électriques

Système TESH	Recharge de véhicules électriques
Technique TESH	Résonance magnétique
Fréquence TESH	Équipement de test A: 120 kHz Équipement de test B: 85 kHz
Condition pour la TESH	Puissance de transfert: 3 kW Distance de transfert de l'énergie: 150 mm

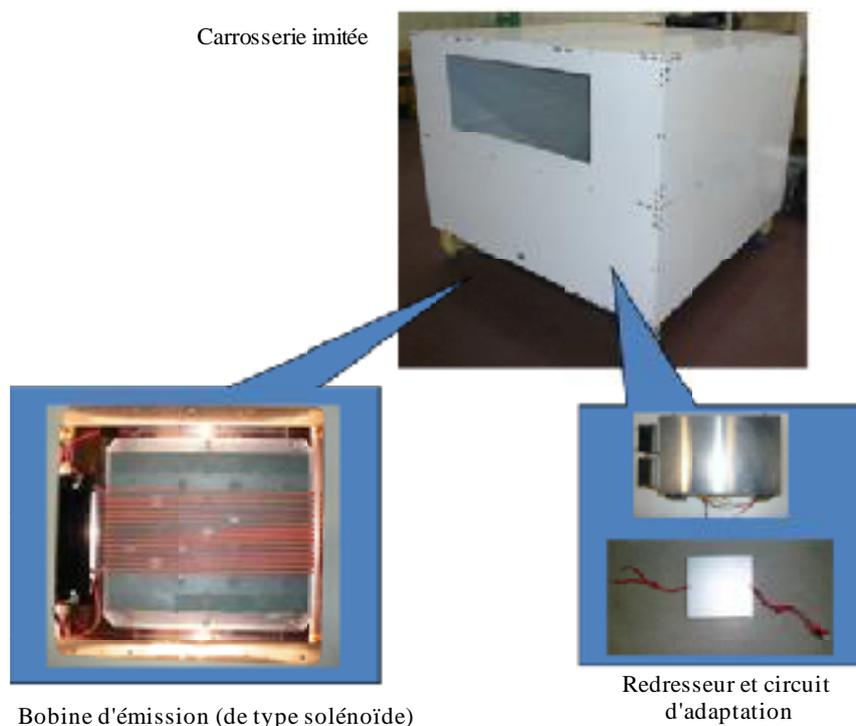
FIGURE A3-9

## Équipement de test A



Rapport SM.2303-A3-09

FIGURE A3-10

**Équipement de test B**

Rapport SM.2303-A3-10

**2) Bruit par rayonnement**

Le bruit par rayonnement émanant de chaque équipement de test a été mesuré dans une chambre anéchoïde blindée, à une distance de 10 m. Pour obtenir l'intensité du champ à 30 m, on utilise la règle de conversion suivante qui est publiée dans la réglementation radio japonaise.

[Facteur d'affaiblissement lorsque la distance de mesure passe de 10 m à 30 m]

Fréquence inférieure à 526,5 kHz: 1/27

De 526,5 à 1 606,5 kHz: 1/10

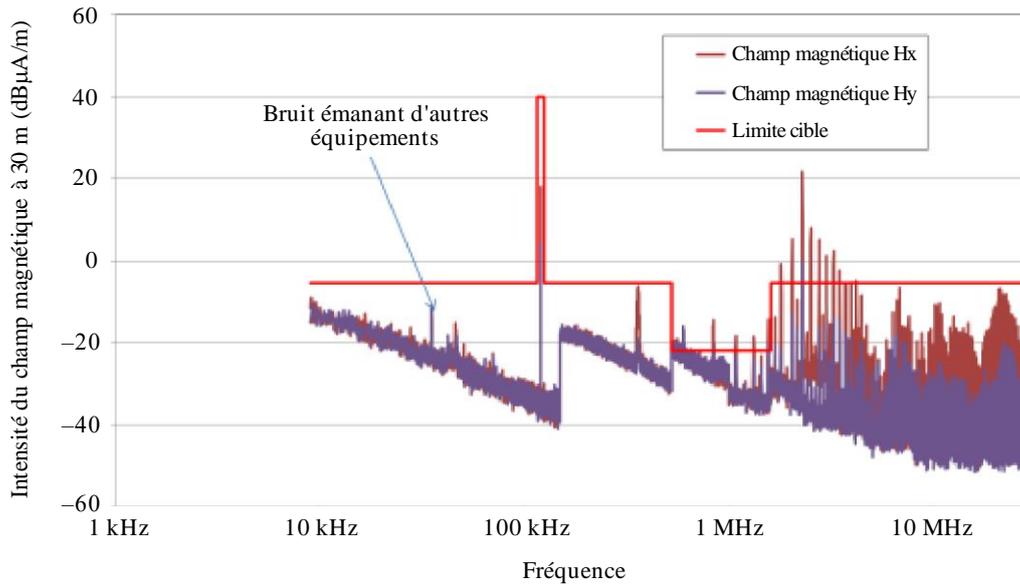
De 1 606,5 kHz à 30 MHz: 1/6

Les résultats de mesure dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz sont présentés sur les Figs A3-11 et A3-12. La Figure A3-13 présente les résultats de mesure des harmoniques d'ordre supérieur pour chaque équipement de test. Les résultats de ces mesures montrent que l'équipement de test B respecte la limite cible provisoire du bruit par rayonnement. L'équipement de test A respecte la limite cible provisoire pour la fréquence TESH, mais pas pour d'autres fréquences. Mais en intégrant les modules appropriés pour supprimer le bruit aux fréquences élevées, on estime que la limite cible provisoire peut être respectée.

Les résultats de mesure dans la gamme de fréquences 30 MHz – 1 GHz sont présentés sur les Figs A3-14 et A3-15.

FIGURE A3-11

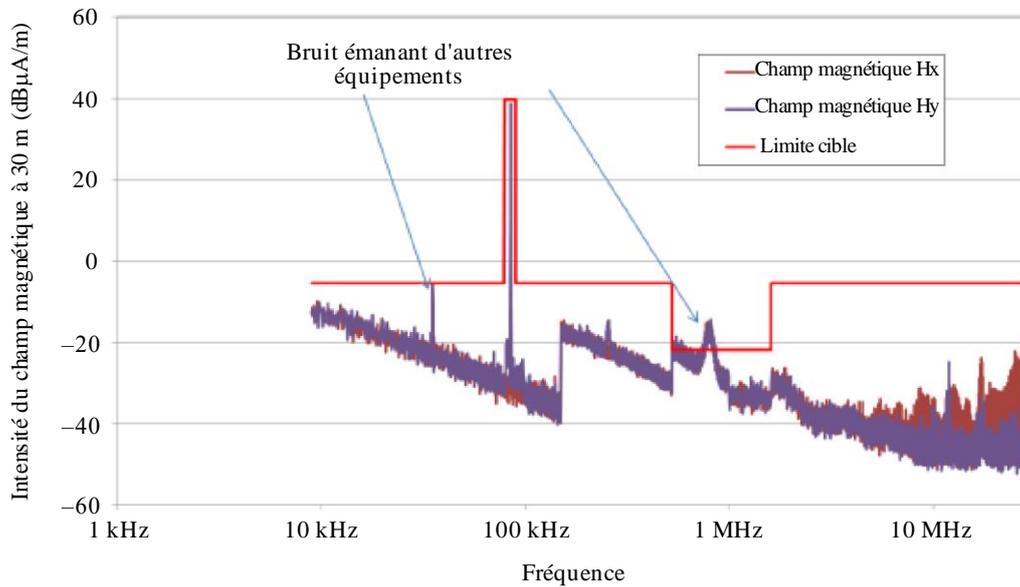
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test A (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-11

FIGURE A3-12

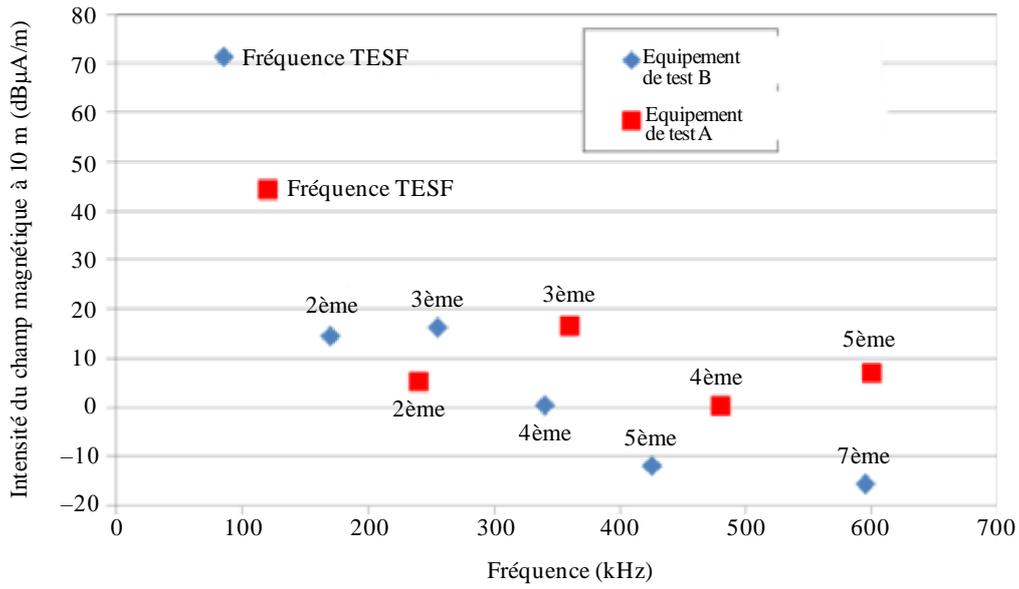
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test B (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-12

FIGURE A3-13

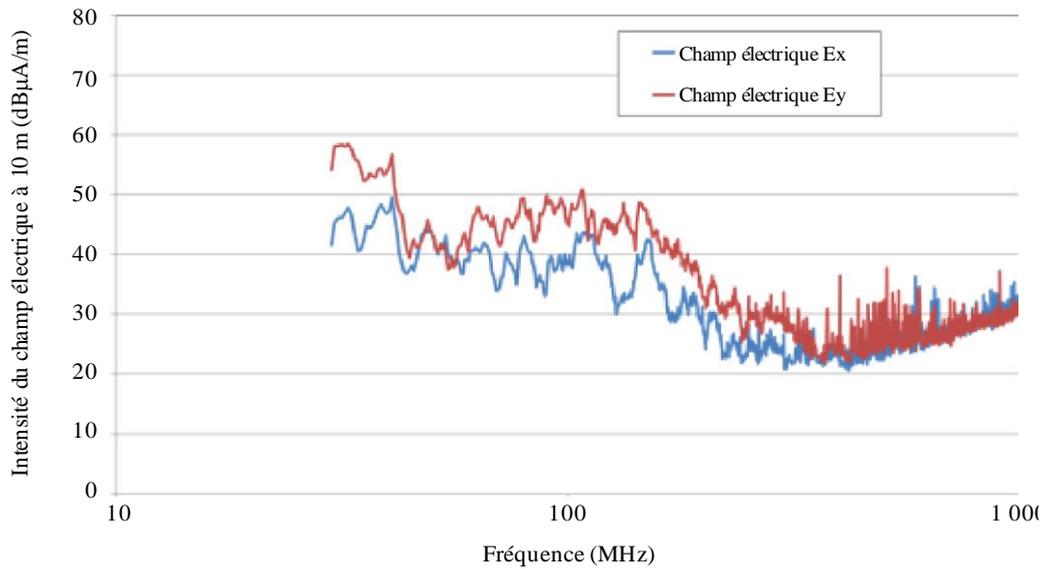
Résultats de mesure des harmoniques d'ordre supérieur (valeur de quasi-crête)



Rapport SM.2303-A3-13

FIGURE A3-14

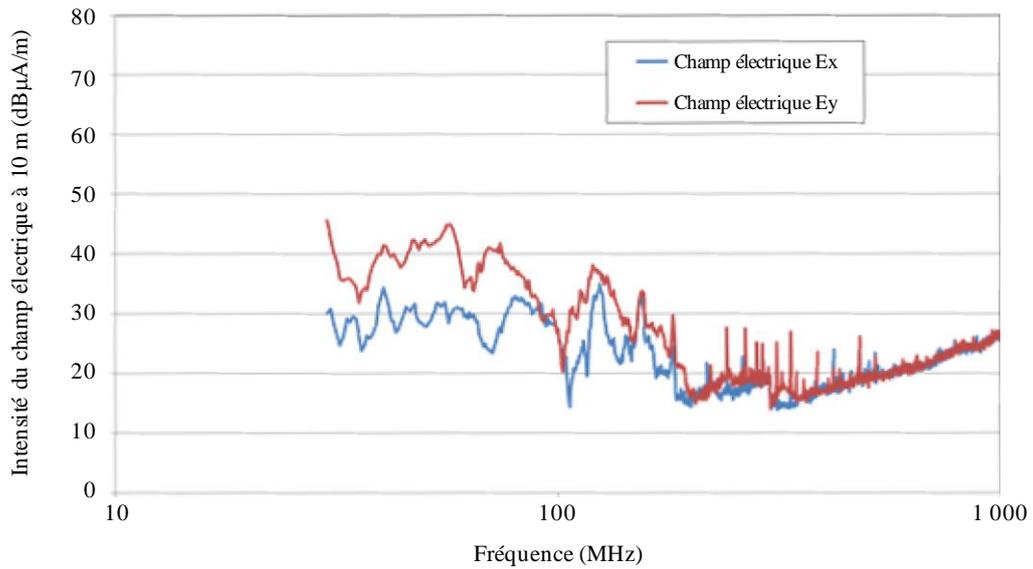
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test A (30 MHz – 1 GHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-14

FIGURE A3-15

Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test B (30 MHz – 1 GHz, valeur de crête)



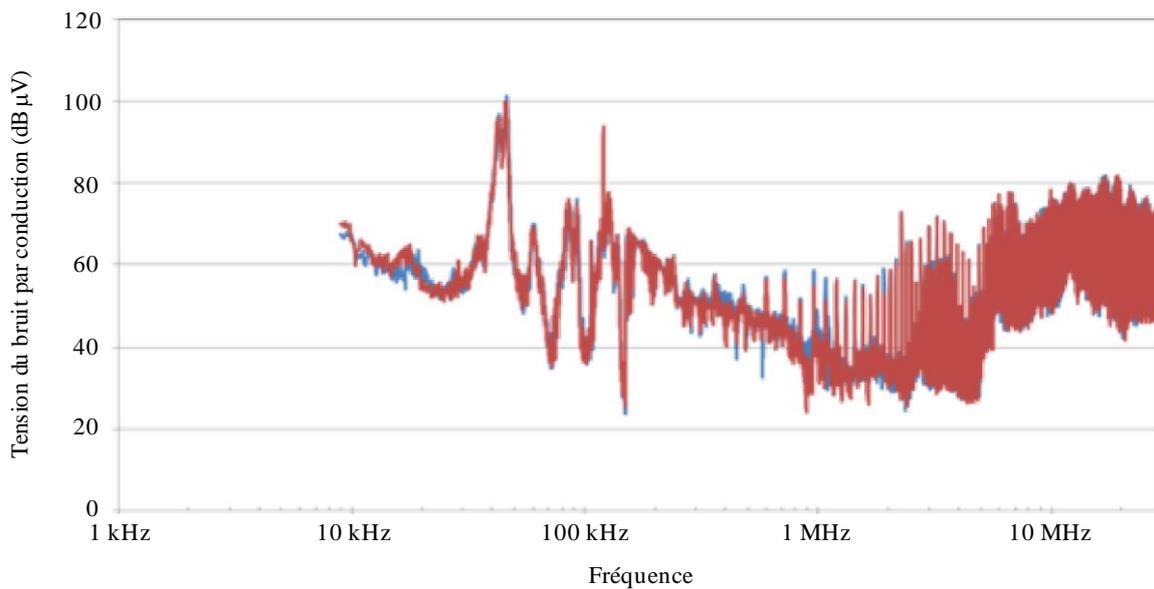
Rapport SM.2303-A3-15

### 3) Bruit par conduction

Les résultats de mesure du bruit par conduction dans la gamme de fréquences 30 MHz – 1 GHz sont présentés sur les Figs A3-16 et A3-17.

FIGURE A3-16

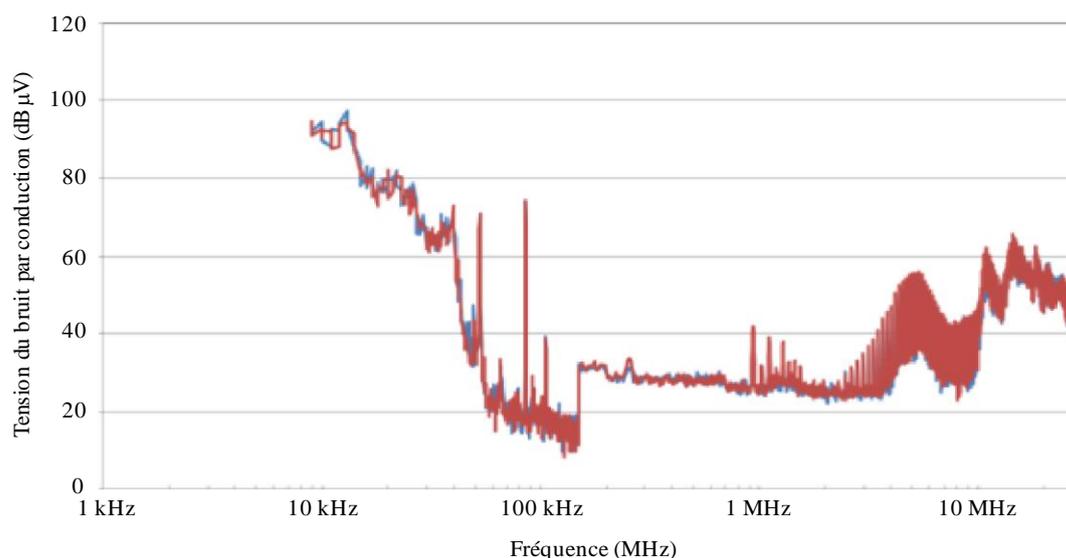
Bruit par conduction émanant de l'équipement de test A (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-16

FIGURE A3-17

Bruit par conduction émanant de l'équipement de test B (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-17

## 4.2 Dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique

### 1) Description de l'équipement de test

Le Tableau A3-2 décrit l'équipement de test pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique. La fréquence TESH est de 6,78 MHz. La Figure A3-18 montre une structure type de bobine pour cet équipement de test.

Cette structure de bobine est intégrée dans le dispositif portable utilisé pour les mesures. La puissance de transmission de cet équipement de test est de 16,8 W. Les résultats de mesure présentés ci-après sont donnés pour une puissance de transmission convertie à 100 W et une distance de mesure convertie à 30 m au moyen du facteur de conversion mentionné au § 4.1 2). Il est à noter que l'équipement de test ne comporte pas de modules permettant de supprimer les harmoniques d'ordre supérieur associées à la fréquence TESH.

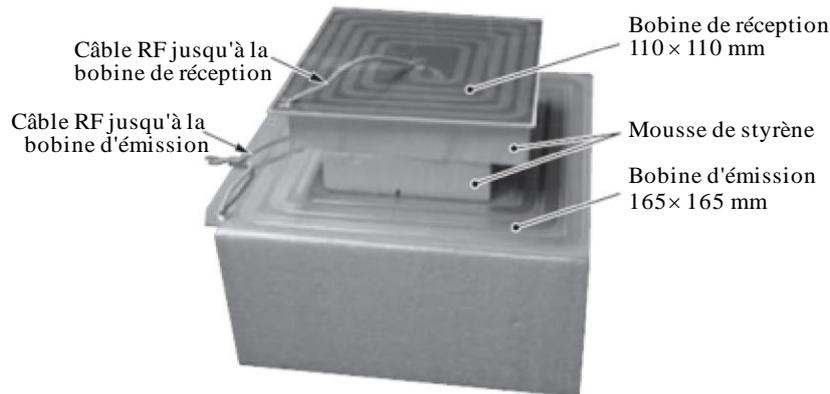
TABLEAU A3-2

### Description de l'équipement de test pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la résonance magnétique

Système TESH	Dispositifs mobiles et informatiques
Technique TESH	Résonance magnétique
Fréquence TESH	6,78 MHz
Condition pour la TESH	Puissance de transfert: 16,8 W Distance de transfert de puissance: plusieurs centimètres

FIGURE A3-18

**Structure type de bobine de l'équipement de test pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la résonance magnétique**



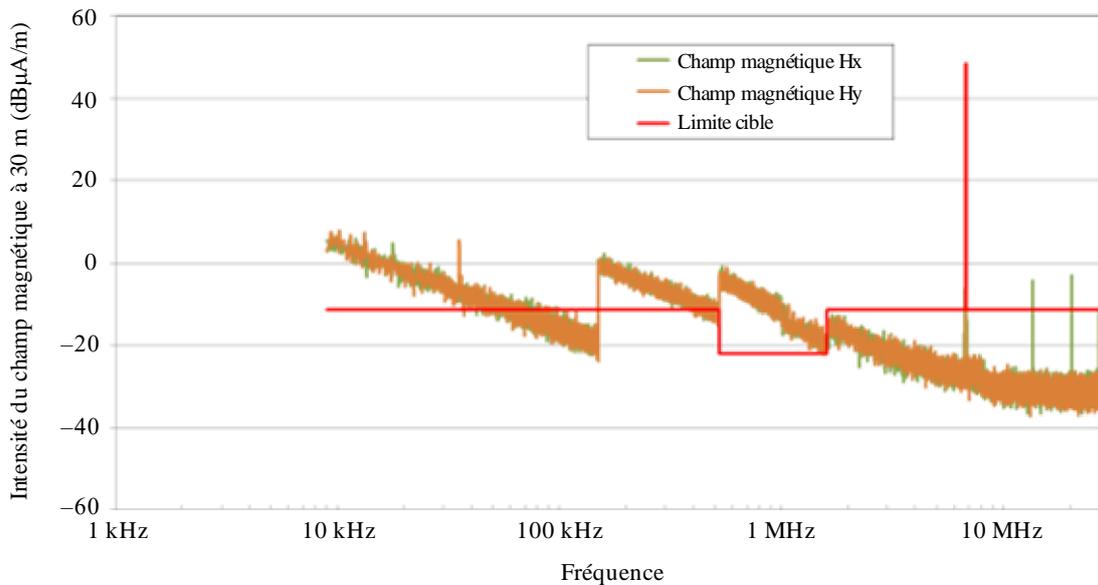
Rapport SM.2303-A3-18

## 2) Bruit par rayonnement

Le bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test a été mesuré dans une chambre anéchoïde blindée. Les résultats de mesure dans les gammes de fréquences 9 kHz – 30 MHz, 30 MHz – 1 GHz et 1 GHz-6 GHz sont présentés respectivement aux Figs A3-19, A3-20 et A3-21. Par ailleurs, la Fig. A3-22 présente les résultats de mesure des harmoniques d'ordre supérieur pour cet équipement de test. Les résultats de ces mesures montrent que cet équipement de test respecte la limite cible provisoire du bruit par rayonnement pour la fréquence TESH. De plus, on observe qu'il n'y a pas de bruit d'émission au-dessus de 1 GHz.

FIGURE A3-19

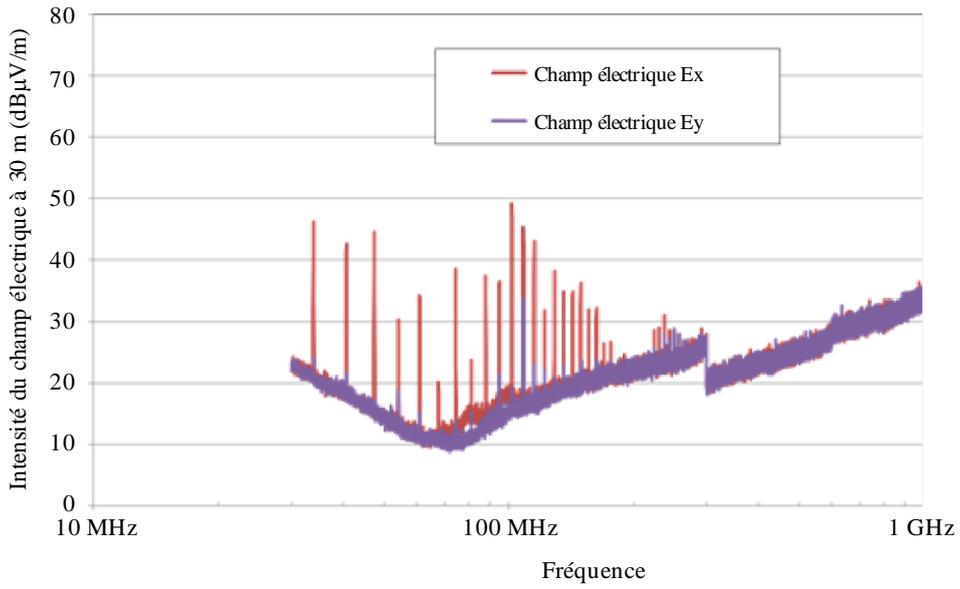
**Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)**



Rapport SM.2303-A3-19

FIGURE A3-20

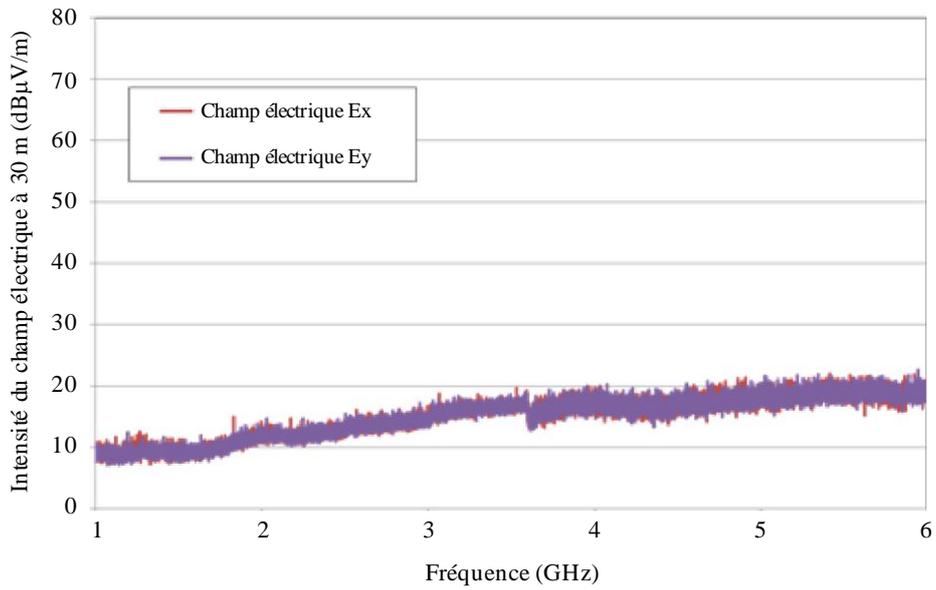
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test (30 MHz – 1 GHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-20

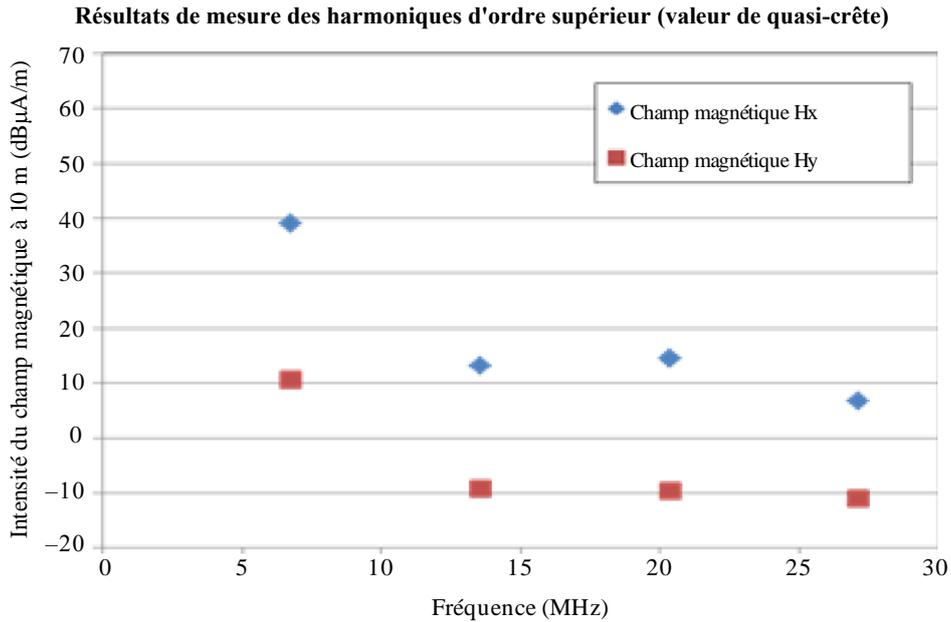
FIGURE A3-21

Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test (1-6 GHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-21

FIGURE A3-22

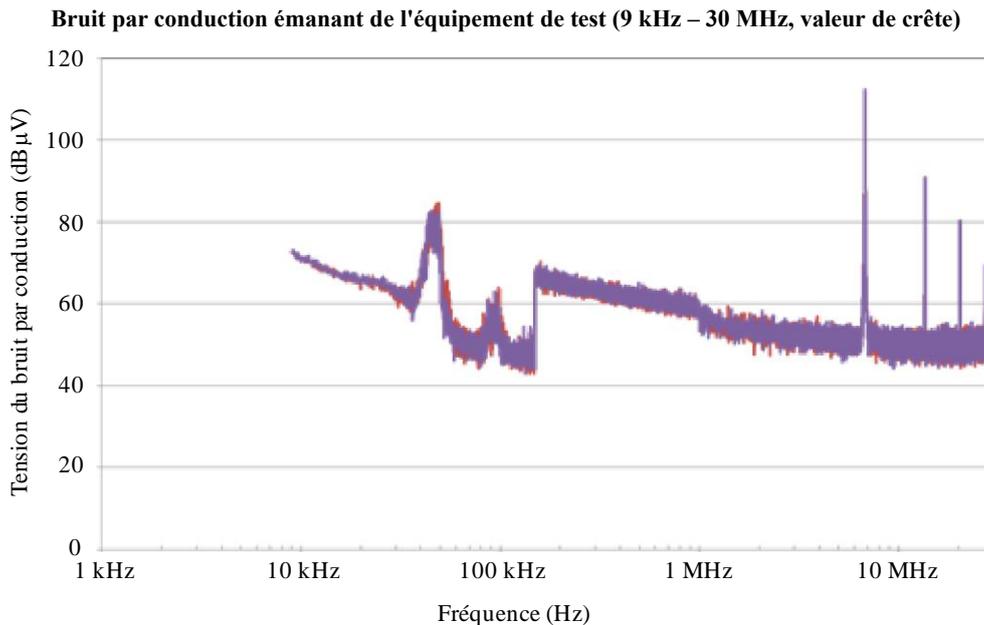


Rapport SM.2303-A3-22

### 3) Bruit par conduction

Les résultats de mesure du bruit par conduction dans la gamme de fréquences 30 MHz – 1 GHz sont présentés à la Fig. A3-23.

FIGURE A3-23



Rapport SM.2303-A3-23

## 4.3 Appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique

### 1) Description des équipements de test

Le Tableau A3-3 décrit les équipements de test pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique. Deux structures de bobine sont utilisées pour ce système TESF comme indiqué à la Fig. A3-24. Pour l'équipement de test A, la fréquence TESF est de 23,4 kHz et la

puissance de transmission est de 1,5 kW. Pour l'équipement de test B, la fréquence TESH est de 94 kHz et la puissance de transmission est de 1,2 kW. La distance de mesure est convertie à 30 m au moyen du facteur de conversion mentionné au § 4.1 2). Il est à noter que les deux équipements de test comportent des modules permettant de supprimer les harmoniques d'ordre supérieur associées à la fréquence TESH.

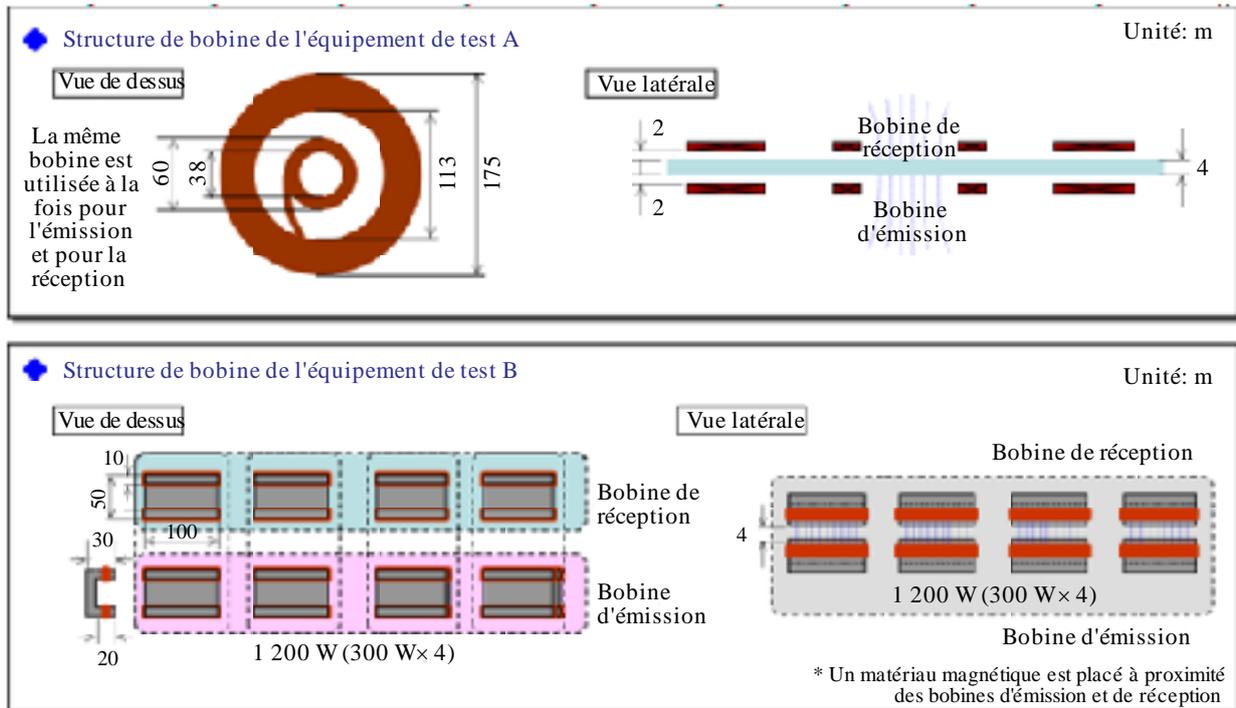
TABLEAU A3-3

**Description des équipements de test pour les appareils domestiques utilisant l'induction magnétique**

Système TESH	Appareils domestiques
Technique TESH	Induction magnétique
Fréquence TESH	Équipement de test A: 23,4 kHz Équipement de test B: 95 kHz
Condition pour la TESH	Puissance de transfert (équipement de test A): 1,5 kW Puissance de transfert (équipement de test B): 1,2 kW Distance de transfert de puissance: moins de 1 cm

FIGURE A3-24

**Structures types de bobine des équipements de test pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique**



Rapport SM.2303-A3-24

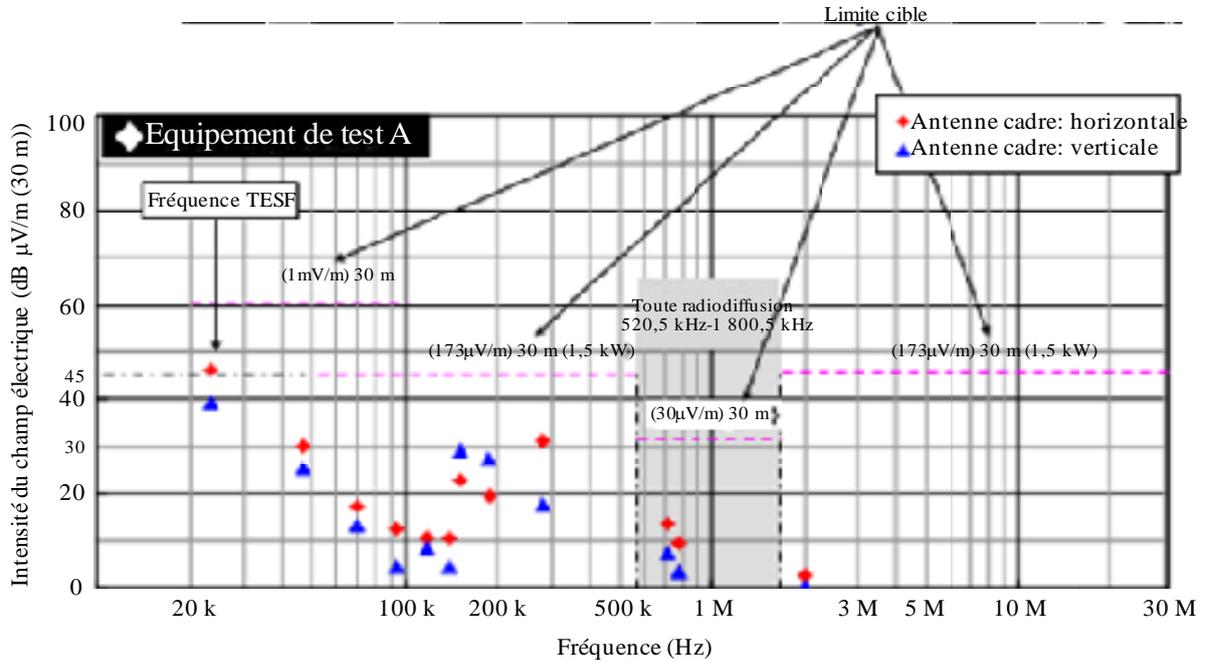
**2) Bruit par rayonnement**

Le bruit par rayonnement émanant de chaque équipement de test a été mesuré dans une chambre anéchoïde blindée. Les résultats de mesure dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz sont présentés sur les Figs A3-25 et A3-26 pour chaque équipement de test. Dans la gamme de fréquences 30 MHz – 1 GHz, seul l'équipement de test A a fait l'objet de mesures, dont les résultats sont présentés

à la Fig. A3-27. Les résultats de ces mesures montrent que les deux équipements de test respectent la limite cible provisoire du bruit par rayonnement pour la fréquence TESH et les fréquences supérieures.

FIGURE A3-25

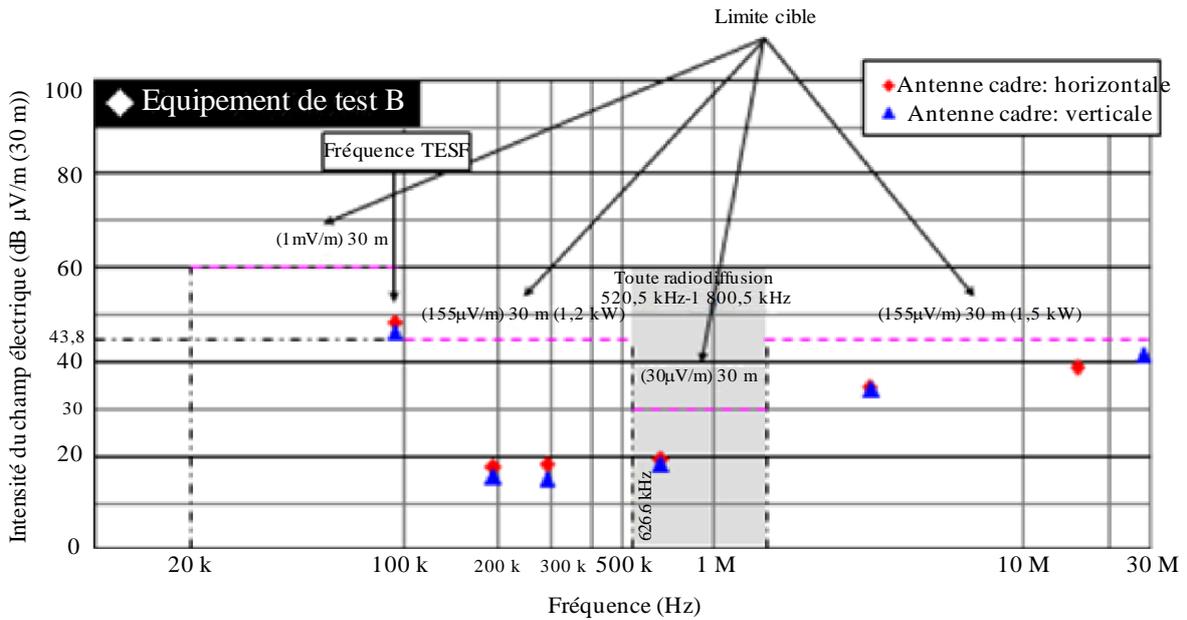
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test A (9 kHz – 30 MHz, valeur de quasi-crête)



Rapport SM.2303-A3-25

FIGURE A3-26

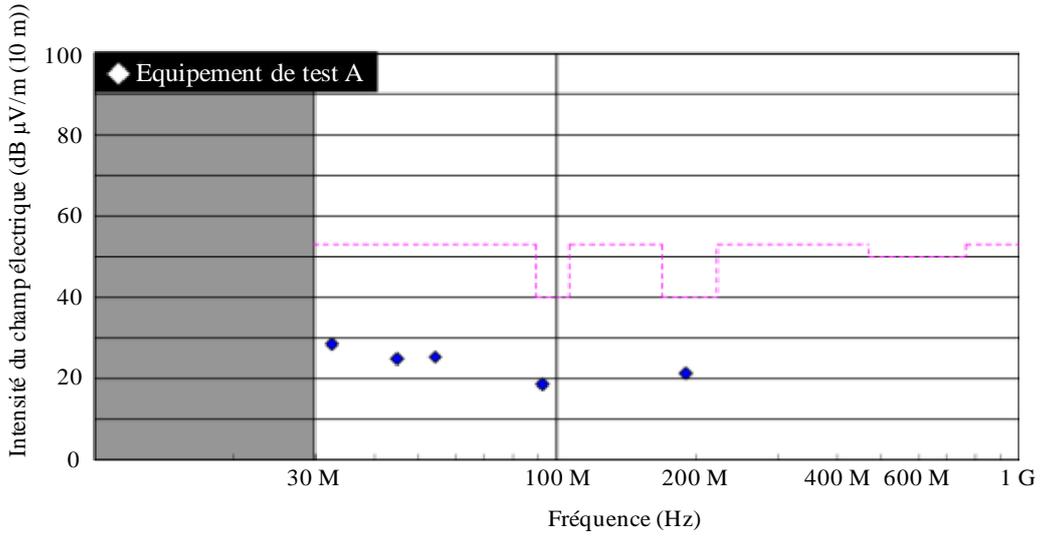
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test B (9 kHz – 30 MHz, valeur de quasi-crête)



Rapport SM.2303-A3-26

FIGURE A3-27

Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test A  
(30 MHz – 1 GHz, valeur de quasi-crête)



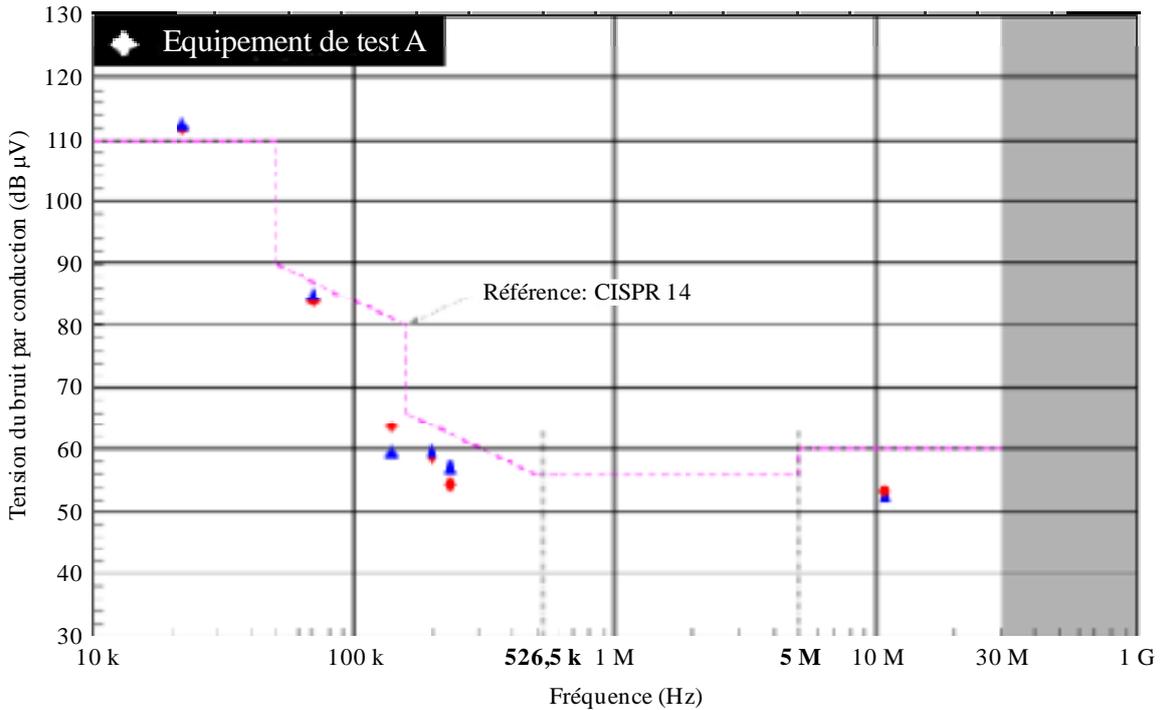
Rapport SM.2303-A3-27

### 3) Bruit par conduction

Les résultats de mesure du bruit par conduction dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz sont présentés à la Fig. A3-28.

FIGURE A3-28

Bruit par conduction émanant de l'équipement de test A  
(9 kHz – 30 MHz, valeur de quasi-crête)



Rapport SM.2303-A3-28

#### 4.4 Dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif

##### 1) Description de l'équipement de test

Le Tableau A3-4 décrit l'équipement de test pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif. Les Figures A3-29 et A3-30 montrent respectivement l'équipement de test utilisé pour les mesures et le schéma du système TESF. La fréquence TESF est de 493 kHz. La puissance de transmission est de 40 W au maximum. Il est à noter que cet équipement de test adopte autant de caractéristiques des produits commerciaux que possible et qu'il comporte un blindage afin de supprimer les rayonnements et les harmoniques d'ordre supérieur.

TABLEAU A3-4

#### Description de l'équipement de test pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif

Système TESF	Dispositifs mobiles et informatiques
Technique TESF	Couplage du champ électrique
Fréquence TESF	493 kHz
Condition pour la TESF	Puissance de transfert: 40 W max Distance de transfert de puissance: 2 mm

FIGURE A3-29

#### Équipement de test pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif

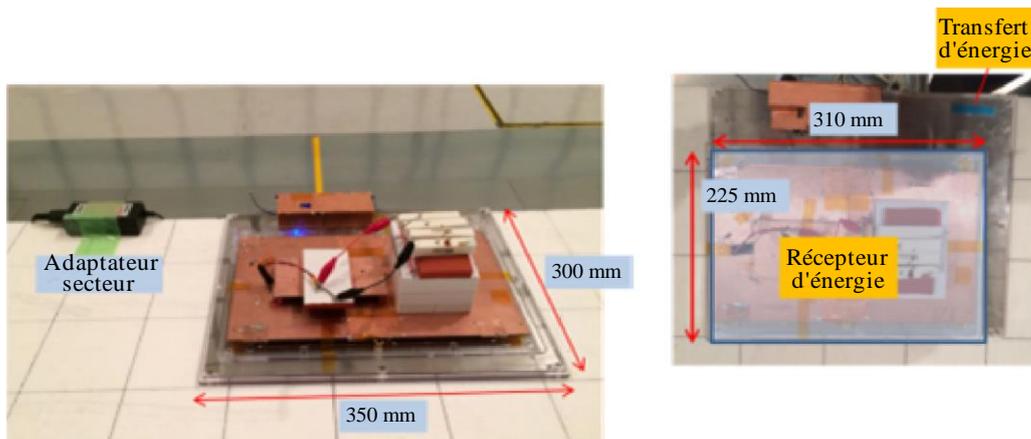
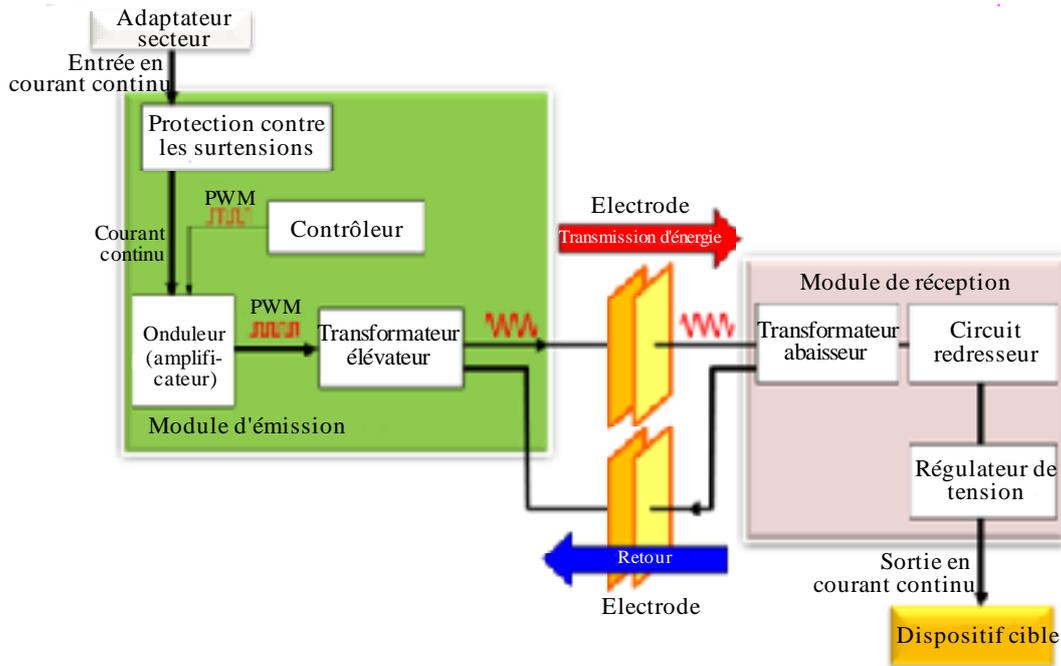


FIGURE A3-30

Schéma du système TESF pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif



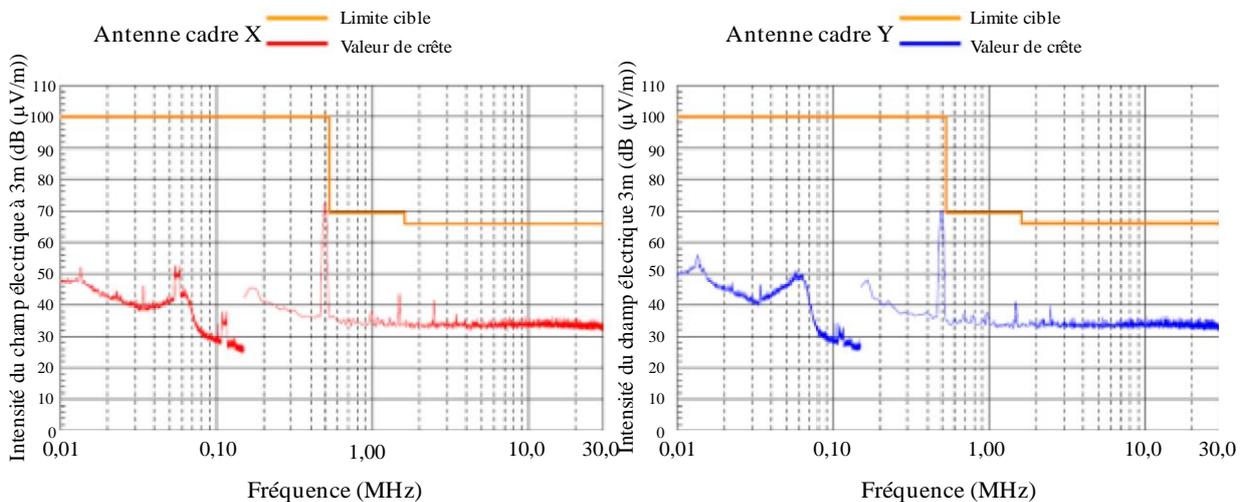
Rapport SM.2303-A3-30

2) Bruit par rayonnement

Le bruit par rayonnement émanant de cet équipement de test a été mesuré dans une chambre anéchoïde blindée. Les résultats de mesure dans les gammes de fréquences 9 kHz – 30 MHz, 30 MHz – 1 GHz et 1-6 GHz sont présentés respectivement aux Figs A3-31, A3-32 et A3-33. Les résultats présentés à la Fig. A3-31 montrent que le bruit par rayonnement est inférieur à la limite cible provisoire, ce qui est peut-être dû aux moyens utilisés pour supprimer les rayonnements et les émissions.

FIGURE A3-31

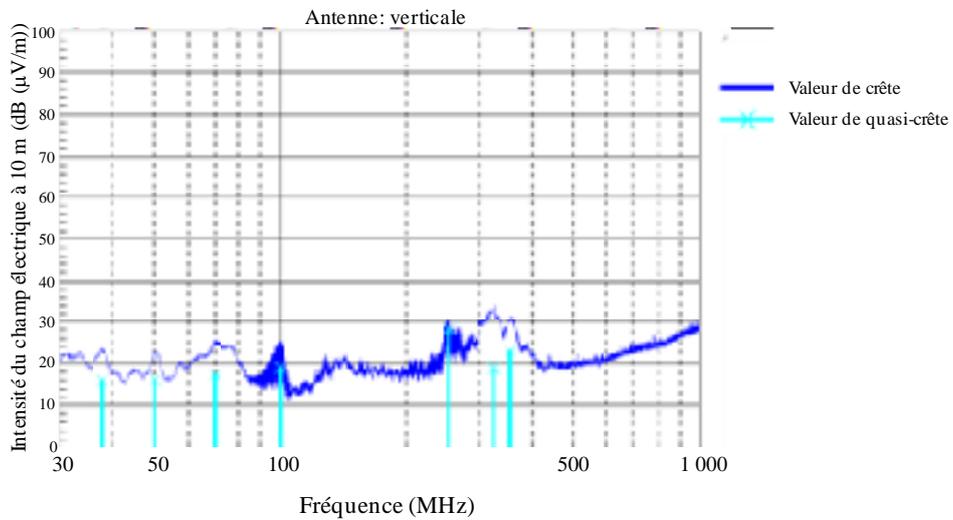
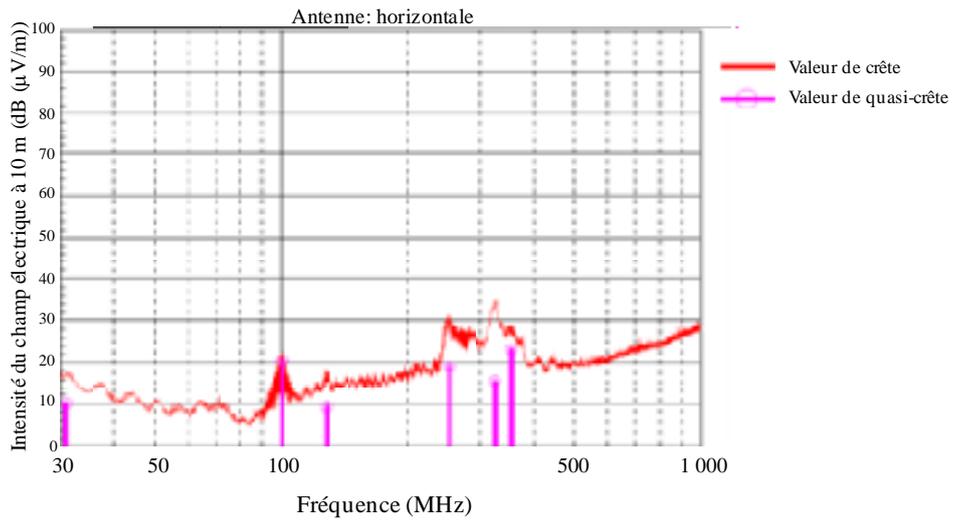
Bruit par rayonnement (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-31

FIGURE A3-32

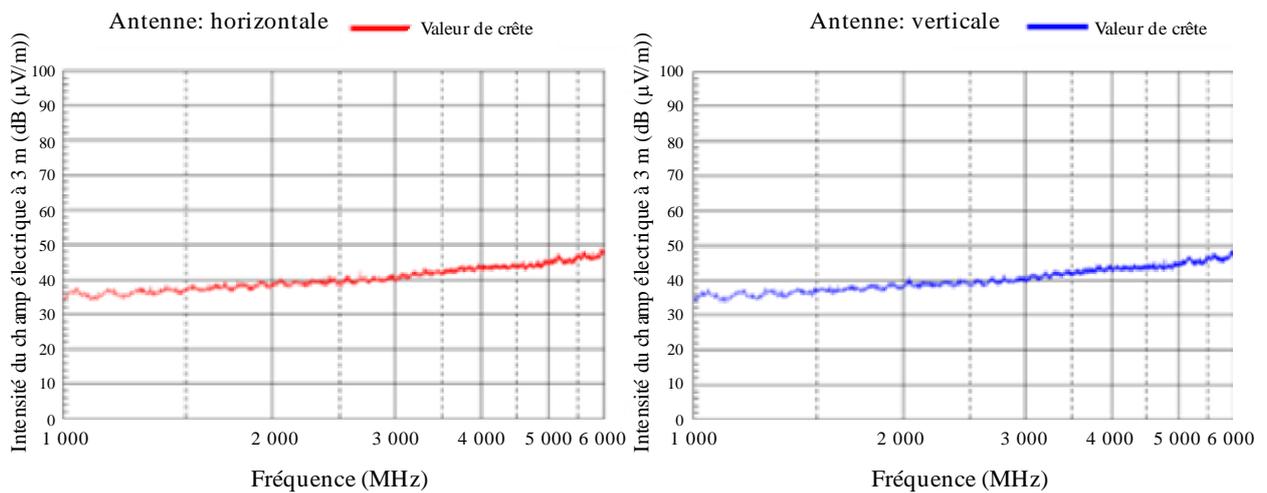
**Bruit par rayonnement (30 MHz – 1 GHz, valeur de crête et valeur de quasi-crête)**



Rapport SM 2303-A3-32

FIGURE A3-33

**Bruit par rayonnement (1-6 GHz, valeur de crête)**



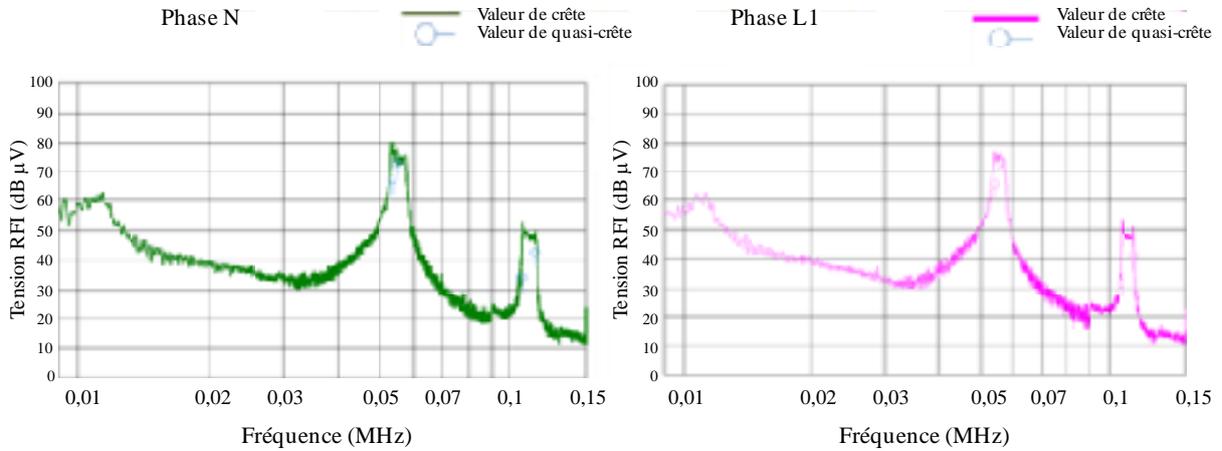
Rapport SM.2303-A3-33

**3) Bruit par conduction**

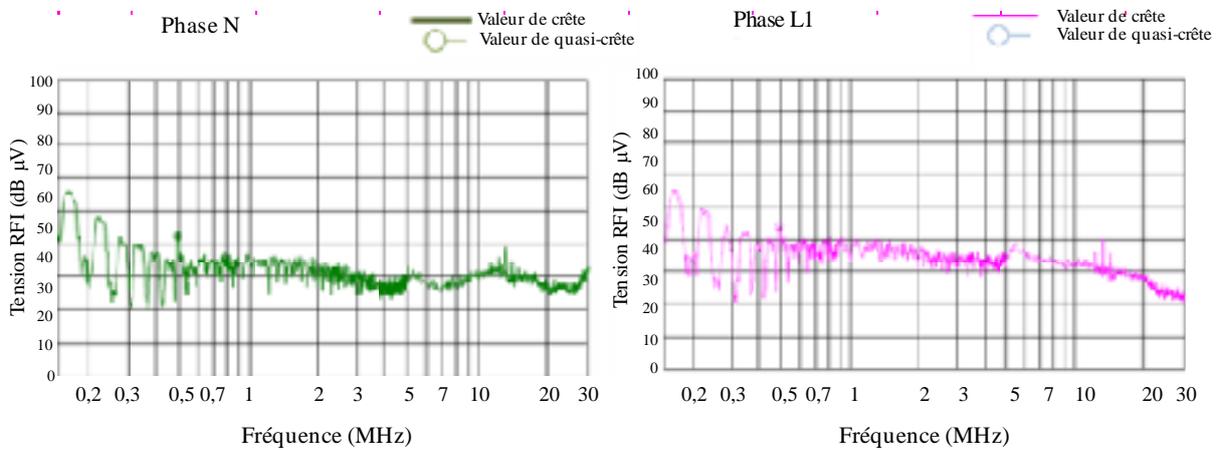
Les résultats de mesure du bruit par conduction dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz sont présentés à la Fig. A3-34.

FIGURE A3-34

**Bruit par conduction émanant de l'équipement de test (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête et valeur de quasi-crête)**



a) 9 kHz - 150 kHz



b) 150 kHz - 30 MHz

Rapport SM 2303-A3-34

**Annexe 4**

Non utilisée

*(Note: les informations figurant précédemment dans l'Annexe 4 ont été intégrées dans l'Annexe 6.3 du Rapport UIT-R SM.2451.)*

## Annexe 5

### Résultats de test de la perturbation par rayonnement électromagnétique causée par la TESH

On trouvera dans la présente Annexe les résultats de test de la perturbation par rayonnement électromagnétique causée par la TESH dans le cas des dispositifs mobiles en Corée.

#### 5.1 Introduction

La présente Annexe fournit les mesures de perturbation par rayonnement électromagnétique émis par des systèmes TESH dans le cas des dispositifs mobiles utilisant la technique d'induction magnétique dans l'optique de la réglementation coréenne (KN 17)\*.

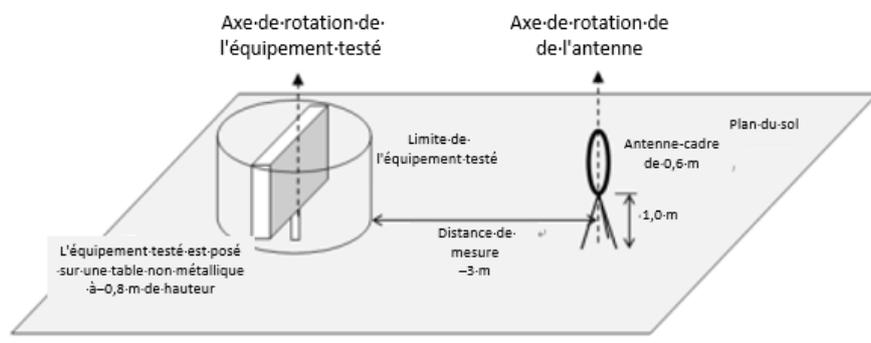
#### 5.2 Configuration générales des mesures et conditions

En Corée, les méthodes de mesure des perturbations électromagnétiques dues aux systèmes TESH sont régies par la réglementation KN 17:2013-06. Une antenne-cadre magnétique de diamètre 0,6 m est utilisée dans le domaine des fréquences inférieures à 30 MHz. Se référer au document EN 16-1-4 pour davantage de détails.

Les Figures A5-1 et A5-2 décrivent les méthodes de mesure des perturbations électromagnétiques causées par les systèmes TESH aux dispositifs mobiles. La Figure A5-1 illustre la configuration du site de test dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz. Dans cette gamme de fréquences, les propriétés du site de test sont déterminées par la confirmation que le niveau de bruit ambiant est au moins de 6 dB inférieur aux limites autorisées spécifiées au § 5.3.

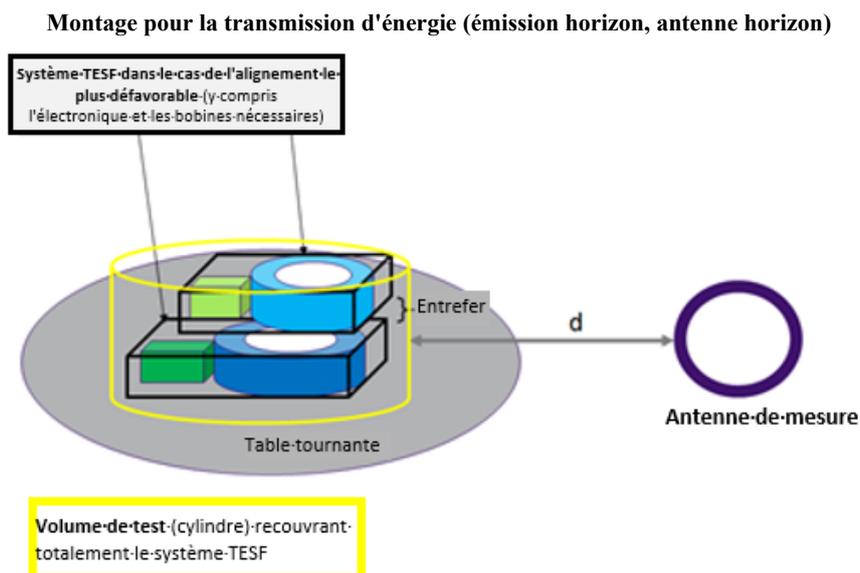
FIGURE A5-1

Configuration du site de test du bruit électromagnétique dans le cas de systèmes TESH et de dispositifs mobiles dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz



\* KN 17: Méthode de mesure des brouillages électromagnétiques causés par la TESH dans le cas des appareils domestiques TESH fonctionnant au-dessous de 10 W en Corée.

FIGURE A5-2



### 5.3 Limites des émissions

En Corée, la réglementation KN 17 régit la limite des émissions. L'équipement testé doit respecter les limites spécifiées dans le Tableau A5-1. D'après la norme EN 300 330-1, Annexe F, la conversion des limites du champ H à 10 m et à 3 m est donnée par la formule suivante:

$$H_{3m} = H_{10m} + \text{environ } 31 \text{ (de } 0,1 \text{ MHz à } 2 \text{ MHz)}$$

TABLEAU A5-1

#### Niveau de brouillage autorisé pour les appareils domestiques TESH au-dessous de 30 MHz

Gamme de fréquences (MHz)	Limites de quasi-crête (dB $\mu$ V/m)	Distance de mesure (m)
0,009 ~ 0,45	47-20 log $f$	3
0,45 ~ 30	54	

$f$  est exprimé en (MHz)

2 Marge des harmoniques:

3ème harmonique (+20 dB), 5ème harmonique (+10 dB), 7/9ème harmoniques (+5 dB)

3 Constante de conversion du champ E lointain en champ H: 51,5 dB $\mu$ A/m = dB $\mu$ V/m – 51,5

4 Facteur de conversion des mesures du champ H:  $H_{3m} = H_{10m} + 31$  (au-dessous de 2 MHz)  
(voir EN 300 330-1)

### 5.4 Perturbations électromagnétiques

On trouvera ci-dessous les résultats de mesure des perturbations électromagnétiques des systèmes TESH dans le cas des dispositifs mobiles. L'équipement de test du système TESH pour dispositifs mobiles est disponible sur le marché.

## 5.4.1 Appareils mobiles utilisant la technique d'induction magnétique

### 5.4.1.1 Description de l'équipement de test

Le Tableau A5-2 décrit l'équipement de test pour les dispositifs mobiles utilisant la technique d'induction magnétique. La fréquence TESF est de 144,6 kHz. La Figure A5-3 montre l'émetteur et le récepteur de l'équipement testé.

TABLEAU A5-2

#### Présentation de l'équipement testé dans le cas des appareils mobiles utilisant la technique d'induction magnétique

Équipement testé	Émetteur: CHARGEUR SANS FIL SAMSUNG EP-PG9201 Récepteur: SAMSUNG Galaxy S7
Technique TESF	Induction magnétique
Fréquence TESF	144,6 kHz
Condition pour la TESF	Puissance de transfert type: 5 W (efficacité TESF: supérieure à 75%) Distance de transfert de puissance: inférieure à 1 cm

FIGURE A5-3

#### Présentation de l'équipement testé dans le cas des appareils mobiles utilisant la technique d'induction magnétique



### 5.4.1.2 Rayonnements électromagnétiques

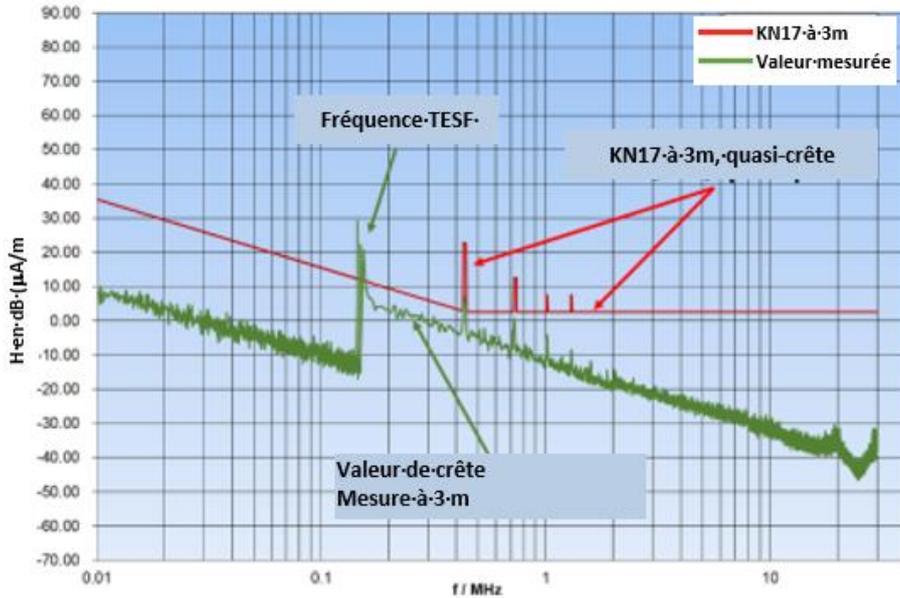
Les émissions de l'équipement testé ont été mesurées dans une chambre semi-anéchoïque type de 3 m dotée d'un sol plan conducteur. Les résultats de mesure dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz sont présentés à la Fig. A5-4. Le résultat est conforme à la réglementation coréenne KN 17, la courbe rouge représentant KN 17 à 3 m, et la courbe vert foncé représentant une mesure (valeur de crête) à 3 m. Le niveau de fréquence TESF est égal à 29,27 dB $\mu$ A/m à 144,6 kHz, la valeur de la 3<sup>ème</sup> harmonique est de -0,71 dB $\mu$ A/m à 434 kHz, la valeur de la 5<sup>ème</sup> harmonique est de 0,61 dB $\mu$ A/m à 726 kHz, la 7<sup>ème</sup> harmonique est égale à -4,07 dB $\mu$ A/m à 1 018 kHz, et la 9<sup>ème</sup> harmonique est égale à -8,76 dB $\mu$ A/m à 1 306 kHz.

La porteuse principale (fréquence TESF) doit respecter les limites des dispositifs à faible champ électromagnétique, tandis que les harmoniques sont régies par la réglementation KN 17 en vertu de la loi coréenne sur les ondes radioélectriques. La limite autorisée à la fréquence TESF est égale à 94,8 dB $\mu$ V/m en vertu de la réglementation technique coréenne et la limite spécifiée dans la norme EN 303 417 est égale à 89,2 dB $\mu$ V/m à cette fréquence. La valeur mesurée à la fréquence TESF

144,6 kHz est égale à 80,77 dB $\mu$ V/m. L'émission de la porteuse principale TESH respecte les réglementations techniques coréenne et européenne; les harmoniques respectent les limites de champ électromagnétique spécifiées dans la réglementation KN 17.

FIGURE A5-4

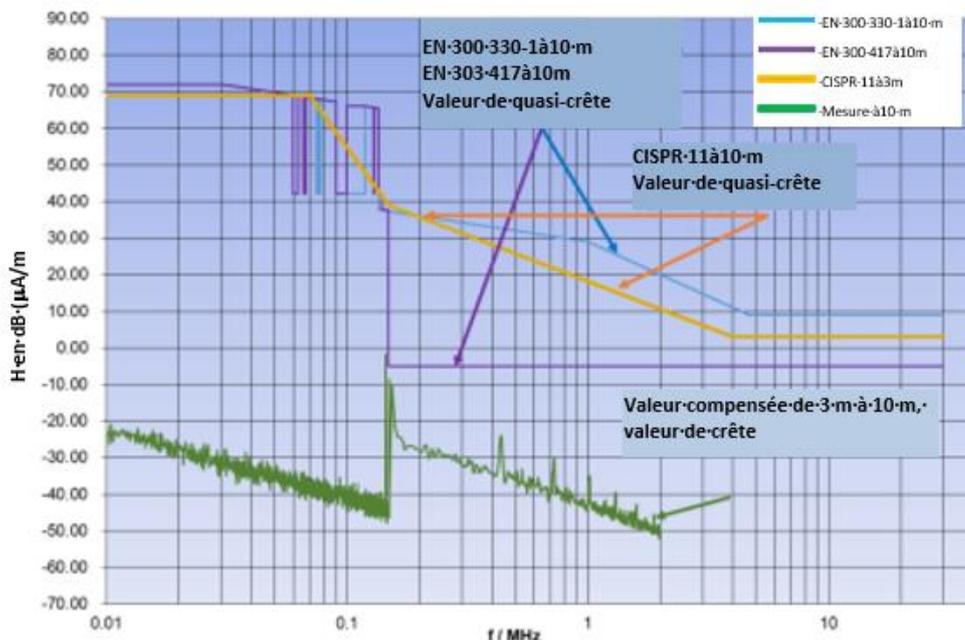
Émission horizon, antenne horizon (9 kHz – 30 MHz, valeur mesurée à 3 m)



Dans la Figure A5-5, les valeurs compensées qui sont le résultat de la conversion des données de mesure (valeurs de crête) à 3 m en données à 10 m au moyen du facteur de conversion 31 conformément à la norme EN 300 330-1, Annexe F, entre 100 kHz et 2 MHz sont suffisamment conformes aux exigences des normes européennes et de la CISPR 11.

FIGURE A5-5

Émission horizon, antenne horizon (9 kHz – 30 MHz, valeur compensée de 3 m à 10 m)



Par conséquent, étant donné que la valeur compensée respecte les normes internationales EN 303 417 et CISPR 11 (comme dans la Fig. A5-5), on considère qu'elle respecte les exigences internationales dans le cas de la mesure d'émissions électromagnétiques de l'équipement testé pour les dispositifs mobiles à 10 m.

## Annexe 6

### Planification de la radiodiffusion

Il arrive que les émetteurs de radiodiffusion se brouillent mutuellement; il est donc primordial de bien choisir la fréquence d'exploitation de chaque émetteur. En règle générale, les services de radiodiffusion sont planifiés selon le principe d'une limitation par les brouillages. La zone de service d'un émetteur donné correspond à la zone délimitée par un contour en dehors duquel le service devient inutilisable en raison des brouillages. Ce que recouvre exactement le terme «inutilisable» peut être différent selon le type de programme et selon l'utilisateur, mais certaines hypothèses sont néanmoins posées pour définir les critères de planification.

De plus, du fait de la variabilité des conditions de propagation, il intervient un élément statistique, qui est pris en considération de la même manière dans les critères de planification. Un signal donné est jugé inutilisable lorsqu'il est couvert par des brouillages provenant de sources naturelles, par le bruit interne au récepteur ou par d'autres services de radiodiffusion.

Les plans d'assignation régionale des fréquences en ondes kilométriques/hectométriques de Genève 75 (GE75) et de Rio de Janeiro 1981 (RJ81) montrent comment l'UIT a appliqué ces considérations dans la pratique.

Lorsque deux émetteurs sont nécessaires pour desservir la même zone géographique avec des programmes différents, ils doivent émettre sur des fréquences différentes et la séparation en fréquence doit être suffisante pour qu'un récepteur puisse isoler l'un de l'autre. Cette capacité du récepteur, appelée sélectivité, est définie par la qualité du filtrage dans l'étage radiofréquence (RF) du récepteur. À cet égard, les récepteurs modernes sont généralement meilleurs, mais comme il existe un grand nombre de récepteurs d'ancienne génération en service dans le monde, les critères de planification spécifiés par l'UIT sont en général prudents. Les bandes de radiodiffusion ne sont pas suffisamment larges pour permettre à chaque station dans le monde de disposer d'une fréquence unique bien séparée de toutes les autres. Autrement dit, les fréquences doivent être réutilisées. La séparation géographique est le principe fondamental qui permet de réutiliser des fréquences sans causer de brouillages. Lorsque deux émetteurs fonctionnent à la même fréquence, la séparation géographique doit être suffisante pour garantir que chaque émetteur ne cause pas de brouillage préjudiciable à l'autre émetteur à l'intérieur de sa zone de service définie. Dans le cas (hypothétique) très simple de deux émetteurs émettant à la même fréquence et avec la même puissance, il existe un point situé à peu près à mi-distance des deux émetteurs où l'intensité des deux signaux est la même. De toute évidence, aucun des deux signaux ne sera utilisable en ce point; il sera donc nécessaire de se rapprocher de l'un des émetteurs afin de trouver un point où l'un des deux signaux prédomine et où le brouillage causé par le second peut être négligé. Très souvent, c'est ce phénomène qui définit la limite de la zone de service de l'un ou l'autre des émetteurs.

Dans le monde réel, il existe un grand nombre d'émetteurs différents qui fonctionnent sur un espace géographique à deux dimensions. Chacun de ces émetteurs possède sa propre fréquence, sa puissance de sortie et ses caractéristiques d'antenne. Les antennes d'émission de la radiodiffusion sont souvent

directives. De ce fait, même si les émetteurs sont de même puissance, leur signal ne sera pas nécessairement de même intensité au point milieu géographique. Bien que cela ne soit pas strictement nécessaire, pour simplifier le processus de planification (et sa compréhension), les bandes de radiodiffusion sont généralement organisées en voies. Dans le cas des émissions en ondes kilométriques et hectométriques conformes au plan GE75, les voies ont en général une largeur de 9 kHz et les fréquences des porteuses sont organisées selon une grille de 9 kHz<sup>7</sup>. Les voies sont donc contiguës en fréquence (sans «bandes de garde» pour les séparer), et elles ne se chevauchent pas. Dans le récepteur, le filtrage des fréquences radio tente d'isoler une seule voie de 9 kHz, avec au centre la porteuse. Les récepteurs d'ancienne génération, en particulier ceux qui sont équipés d'un filtrage par circuit accordé à constantes localisées par opposition au filtrage à ondes de surface à semi-conducteurs, ne sont pas capables de réaliser cette opération parfaitement. Reconnaissant que la radio MA n'est pas un médium «haute fidélité», les concepteurs ont équipé de nombreux récepteurs avec des filtres de largeur inférieure à 9 kHz. Cela signifie en pratique que deux émetteurs situés sur des voies adjacentes ne peuvent pas couvrir la même zone géographique, car chacun risque de «déborder» en générant des brouillages dans le filtre de voie de l'autre. Cependant, les émetteurs situés sur des voies adjacentes peuvent fonctionner avec une séparation géographique plus petite, car le filtre réduit alors le niveau de brouillage. De toute évidence, la situation se simplifie lorsque la séparation en fréquence est plus importante; un émetteur situé sur la voie deuxième adjacente peut fonctionner à une distance plus courte et un émetteur situé sur la voie troisième adjacente à une distance plus courte encore, jusqu'à ce qu'aucune séparation géographique ne soit plus nécessaire. Dans de nombreux endroits, plusieurs services de radiodiffusion sont disponibles dans la même bande; ils ne se brouillent pas mutuellement, car la séparation en fréquence est suffisante.

L'ensemble de ces principes, y compris les hypothèses concernant la sélectivité d'un récepteur type, figurent dans les lignes directrices de planification élaborées par l'UIT telles que les Plans GE75 et RJ81. La propagation des fréquences radioélectriques ne connaît pas de frontière; il est donc nécessaire d'effectuer la planification au niveau international. La quasi-totalité des Administrations ont accepté les attributions de fréquences à la radiodiffusion qui sont publiées dans la BR IFIC de l'UIT. Ces attributions sont liées à des emplacements géographiques particuliers et précisent la puissance de l'émetteur et la directivité de l'antenne dans un plan convenu. Si la plupart de ces attributions sont statiques, des modifications peuvent néanmoins être apportées pour prendre en compte l'évolution des souhaits des différents radiodiffuseurs en matière de service. L'UIT dispose de programmes informatiques qui simulent l'effet des changements apportés au plan convenu afin de voir si ces changements peuvent être pris en compte ou s'ils peuvent être adaptés de façon à être acceptables.

Compte tenu de ce qui précède, le choix de la fréquence et de la grille définissant l'arrangement des voies utilisé pour la planification sont donc des facteurs importants qui aident les organisations de normalisation à s'assurer que les normes relatives aux équipements TESSF permettent de réduire naturellement au minimum le risque de brouillage, et ce en utilisant des paramètres adaptés à la zone qu'il est prévu d'utiliser.

Dans une zone donnée, il serait possible d'attribuer au dispositif TESSF une fréquence d'exploitation, et plus important encore peut-être les harmoniques correspondantes, en veillant à ménager une bonne séparation avec les services de radiodiffusion planifiés pour cette zone. Le choix de la fréquence du dispositif TESSF est plus aisé si la même grille de planification de la radiodiffusion est utilisée.

---

<sup>7</sup> Presque toutes les voies définies selon le Plan GE75 ont une largeur de 9 kHz; toutefois, un très petit nombre d'entre elles bénéficient d'une attribution plus large. Il est également possible de prendre en compte les fréquences porteuses qui ne sont pas situées sur la grille 9 kHz. L'arrangement des voies selon le Plan RJ81 est un peu plus complexe et repose sur une grille de 10 kHz.

Il importe également de prendre en compte les caractéristiques de rayonnement des dispositifs TESH à l'intérieur de la zone qui, selon toute vraisemblance, sera touchée (stabilité en fréquence, contenu harmonique et, surtout, intensité du champ). En fait, ce type de solution d'atténuation des brouillages part du principe que les exigences relatives à la pureté spectrale et à la stabilité en fréquence figurant dans les normes UIT-R concernant les instruments et les équipements seront aussi rigoureuses que celles qui concernent les applications ISM.

---