

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Rapport UIT-R SM.2303-2
(06/2017)

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

Série SM
Gestion du spectre



Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en œuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Rapports UIT-R

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

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

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

Publication électronique
Genève, 2018

© UIT 2018

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RAPPORT UIT-R SM.2303-2

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

(2014-2015-2017)

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Acronymes et abréviations.....	4
1 Introduction	6
2 Applications mises au point pour utiliser les techniques TESH	7
2.1 Situation du marché	7
2.2 Dispositifs portables et mobiles.....	8
2.3 Appareils domestiques et applications logistiques	9
2.4 Véhicules électriques	9
3 Techniques employées dans les applications TESH ou liées à ces applications.....	11
3.1 Pour les dispositifs portables et mobiles.....	11
3.2 Pour les appareils domestiques	14
3.3 Pour les véhicules électriques	15
4 Etat d'avancement de la normalisation de la TESH dans le monde	18
4.1 Organisations de normalisation nationales	18
4.2 Organisations internationales et régionales	20
5 Situation en matière de spectre	36
5.1 TESH: distinction entre les bandes utilisables pour les applications industrielles, scientifiques et médicales, et pour les dispositifs à courte portée.	36
5.2 Bandes non ISM utilisées à l'échelle nationale pour la TESH	38
5.3 Bandes ISM utilisées à l'échelle nationale pour la TESH	39
6 Situation en matière de réglementation nationale.....	42
7 Etat d'avancement des études d'impact entre les systèmes TESH et les services de radiocommunication, y compris le service de radioastronomie	53
7.1 Résultats des études et activités en cours dans certaines administrations	53
7.2 Etudes TESH en cours concernant l'incidence sur les services de radiodiffusion et résultats	67
7.3 Considérations touchant aux gammes de fréquences 100/110-300 kHz pour la TESH	81

7.4	Considérations touchant aux gammes de fréquences 6 765-6 795 kHz pour la TESHF	81
7.5	Considérations touchant à l'incidence sur les services des fréquences étalon et des signaux horaires.....	82
7.6	Expériences de la CEPT concernant la protection des services contre les émissions des applications SRD par induction	83
8	Dangers de la TESHF pour l'homme.....	84
9	Résumé	84
10	Références	85
Annexe 1 – Lignes directrices relatives à l'évaluation de l'exposition aux radiofréquences dans diverses organisations et administrations		85
Annexe 2 – Exemple d'utilisation de la bande ISM 6 765-6 795 kHz pour la recharge sans fil de dispositifs mobiles.....		92
Annexe 3 – Données de mesure du bruit par rayonnement et du bruit par conduction émanant des systèmes TESHF		95
1	Introduction	96
2	Modèles et méthodes de mesure	96
2.1	Modèle et méthode de mesure dans le cas du système TESHF pour la recharge de véhicules électriques	96
2.2	Modèle et méthode de mesure pour les dispositifs mobiles, les dispositifs portables et les appareils domestiques	100
3	Limites cibles des rayonnements fixées par le BWF.....	101
3.1	Limites cibles des rayonnements émanant de systèmes TESHF pour la recharge de véhicules électriques	102
3.2	Limites cibles des rayonnements pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique.....	103
3.3	Limites cibles des rayonnements pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique	103
3.4	Limites cibles des rayonnements pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif	104
4	Résultats de mesures du bruit par rayonnement et du bruit par conduction.....	104
4.1	Résultats de mesure dans le cas de systèmes TESHF pour la recharge de véhicules électriques	104
4.2	Résultats de mesure pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique	110

4.3	Résultats de mesure pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique.....	114
4.4	Résultats de mesure pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif.....	117
Annexe 4 – Mesures de systèmes TESH pour poids lourds électriques effectuées en Corée		
	Résultats de test de la perturbation électromagnétique due aux systèmes TESH pour poids lourds électriques	121
1	Conditions de test	121
1.1	Configuration du site de test.....	121
1.2	Configuration du système TESH pour poids lourds électriques	123
1.3	Conditions d'exploitation.....	124
1.4	Conditions de test	124
2	Résultat du test à différentes distances	125
2.1	10 m	125
2.2	30 m	126
2.3	50 m	127
2.4	100 m	128
2.5	Données comparées I (9 kHz ~ 150 kHz).....	129
2.6	Données comparées II (150 kHz ~ 30 MHz).....	130
3	Conclusions	131
4	Etude d'impact réalisée en Corée.....	131
4.1	Introduction.....	131
4.2	Etude d'impact pour le signal horaire étalon à 60 kHz du Japon (NICT).....	131
4.3	Etude d'impact portant sur la radiodiffusion en ondes kilométriques (148,5-283,5 kHz).....	133
Annexe 5 – Résultats de test de la perturbation par rayonnement électromagnétique causée par la TESH dans le cas des dispositifs mobiles en Corée.....		
1	Introduction	137
2	Configuration générales des mesures et conditions.....	137
3	Limites des émissions.....	138
4	Résultats de la mesure des perturbations électromagnétiques.....	139
4.1	Résultats de mesure pour les appareils mobiles utilisant la technique d'induction magnétique.....	139
Annexe 6 – Planification de la radiodiffusion		
		141

Acronymes et abréviations

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>)
DRM	Digital Radio Mondiale
EDM	Electroérosion (<i>electrical discharge machining</i>)
EGP	Electronique 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>)
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication (<i>european telecommunications standards Institute</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>)
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>)
LCD	Affichage à cristaux liquides (<i>liquid crystal display</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)
MSIP	Ministère des sciences, des TIC et de la planification (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>)
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>)
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 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 XIX^e 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, par exemple le rapport de la Télécommunauté Asie-Pacifique (APT) sur la TESF [1] et le rapport de l'APT sur la TESF [9] contiennent les dernières informations en date sur l'examen de la réglementation par les pays membres de l'APT en vue de l'introduction de la TESF.

Le présent Rapport donne des informations sur la TESF au moyen de techniques autres que la transmission par faisceau radioélectrique, en tant qu'éléments de réponse à la Question UIT-R 210-3/1.

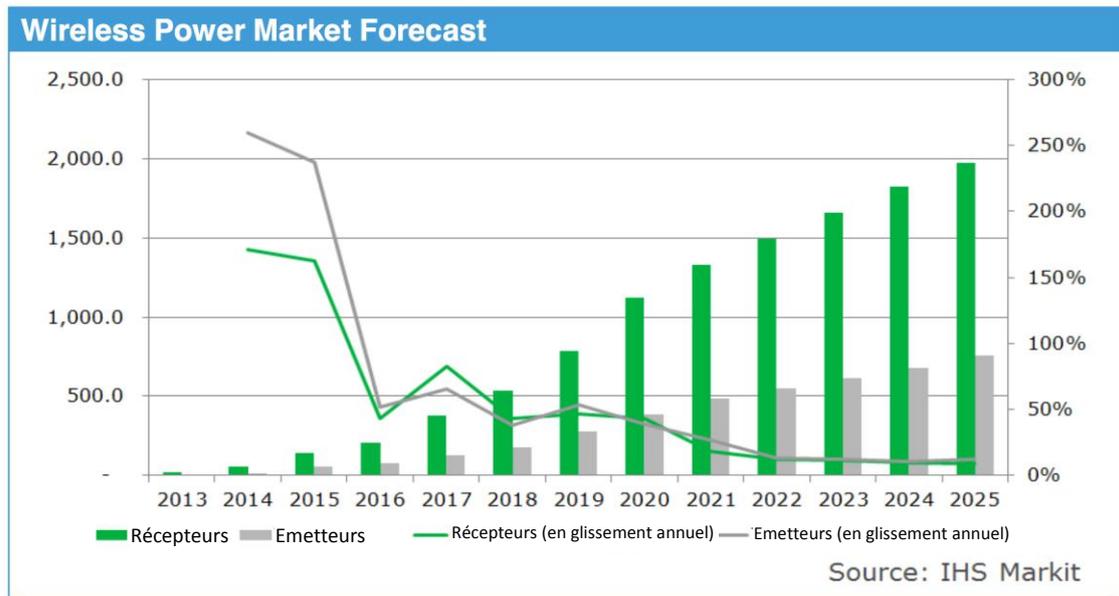
Le présent Rapport contient des informations sur des réglementations nationales mais ces informations n'ont pas d'incidence sur la réglementation au niveau international.

2 Applications mises au point pour utiliser les techniques TESF

2.1 Situation du marché

D'après les dernières prévisions d'IHS Markit, le nombre de dispositifs à recharge sans fil dépassera les 300 millions d'unités par an pour la première fois en 2017. Ce chiffre, tiré par l'intégration de ces dispositifs dans les téléphones mobiles, les ordinateurs portables et les appareils à porter sur soi, représente une augmentation de 75% par rapport à 2016 alors que de plus en plus de consommateurs expérimentent la recharge sans fil pour la première fois et que de nouvelles applications adoptent cette technologie. D'un autre côté, les résultats d'enquêtes menées auprès de consommateurs montrent que la demande pour la recharge sans fil croît chaque année, tandis que le volume de dispositifs compatibles continue d'augmenter.

FIGURE 1
Prévisions du marché de l'énergie sans fil



2.2 Dispositifs portables et mobiles

Les dispositifs portables et mobiles représentent, de loin, le plus grand nombre de dispositifs TEF actuellement en service. Un sondage mené par l'institut IHS indique que 35% des consommateurs américains utilisent la recharge sans fil avec leur appareil mobile (smartphones essentiellement). D'après le site web du Wireless Power Consortium, environ 150 millions d'émetteurs TEF pour smartphone étaient en service à la mi-2017.

2.2.1 TEF par induction pour les dispositifs mobiles tels que les téléphones cellulaires et les dispositifs multimédias portables

La TEF 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.

2.2.2 TEF par résonance pour les dispositifs mobiles tels que les téléphones cellulaires et les dispositifs multimédias portables tels que les smartphones et les tablettes

La TEF 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.

2.3 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 équipements 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.

2.4 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, ou 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	Date de publication (estimation)	Date de révision/transformation (estimation)
CEI 61980-1	Systèmes de transfert d'énergie sans fil pour véhicules électriques – Partie 1: Exigences générales	2015/7 (norme internationale 1ère éd.)	2019/6 (norme internationale 2ème éd.)
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	2017/12 (spécifications techniques)	2019/6 (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	2017/12 (spécifications techniques)	2019/6 (norme internationale 1ère éd.)
ISO 19363	Véhicules routiers électriques – Transmission d'énergie sans fil par champ magnétique	2017/1 (spécification publiquement disponible)	2018/12 (norme internationale 1ère éd.)

S'agissant de la fréquence du système TESF 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. A 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 TESF-CM jusqu'à 11,1 kW.

3 Techniques employées dans les applications TESF ou liées à ces applications

3.1 Pour les dispositifs portables et mobiles

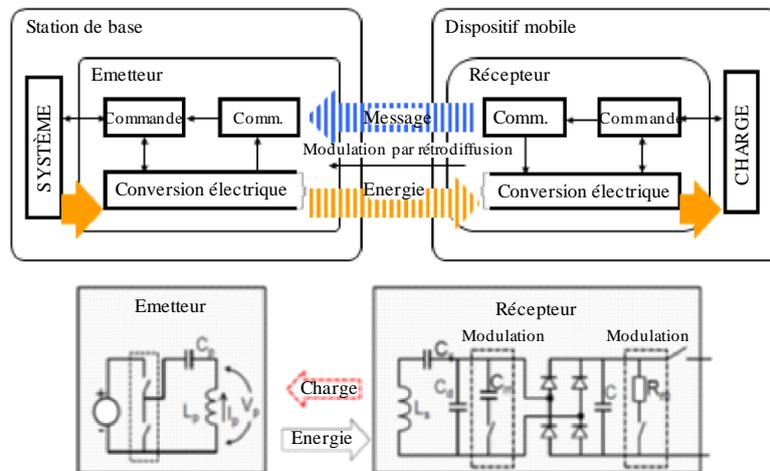
3.1.1 Technique TESF par induction magnétique

La TESF 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 TESF 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 2

Exemple de schéma de système TESF par induction magnétique



Rapport SM.2303-02

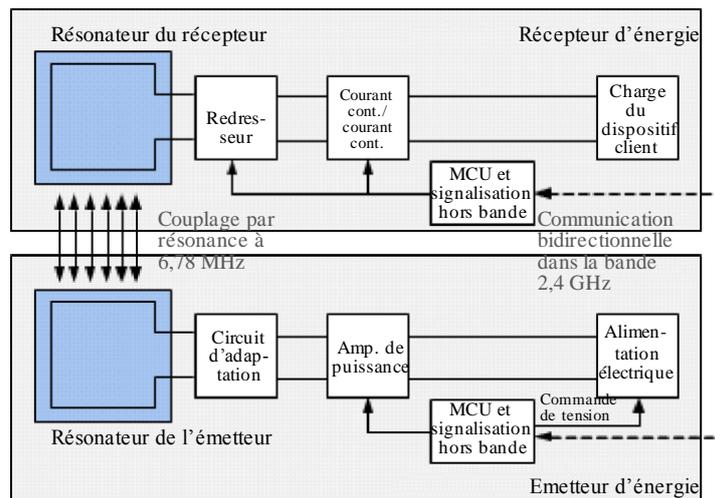
3.1.2 Technique TESF par résonance magnétique

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 il a été validé expérimentalement en 2007 [3]. 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 [3] et [4].

FIGURE 3

Exemple de schéma de système TESH par résonance magnétique



Rapport SM.2303-03

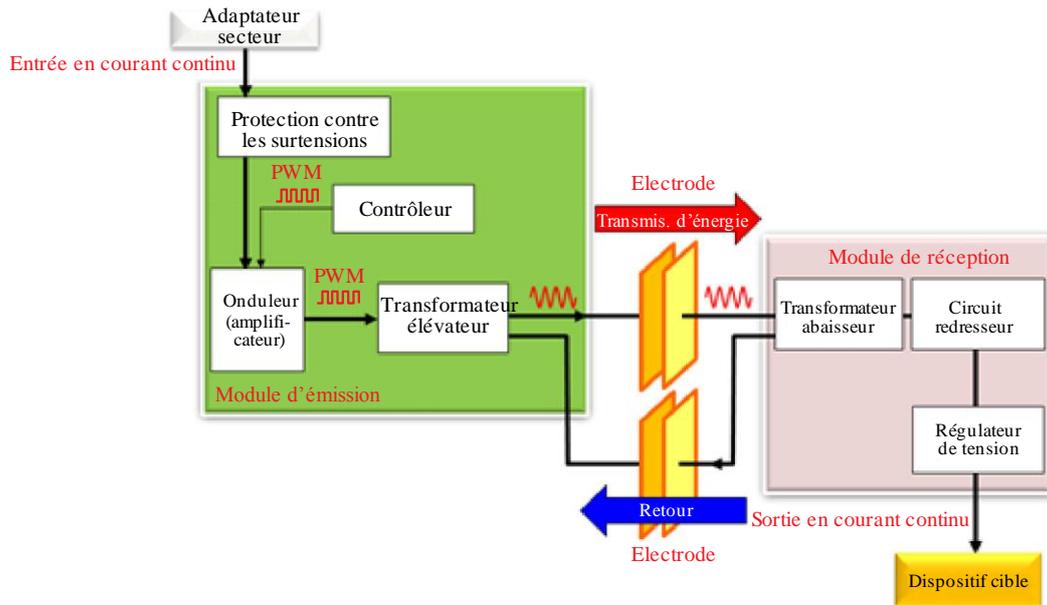
3.1.3 Technique TESH par couplage capacitif

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 4 et 5 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 4

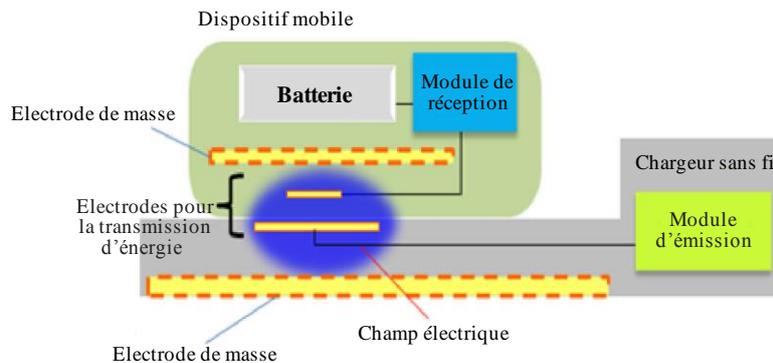
Schéma du système TESH par couplage capacitif



Rapport SM.2303-04

FIGURE 5

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 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 images ci-après montrent des exemples d'appareils de cuisine à alimentation sans fil qui seront bientôt commercialisés.

FIGURE 6

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 7

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

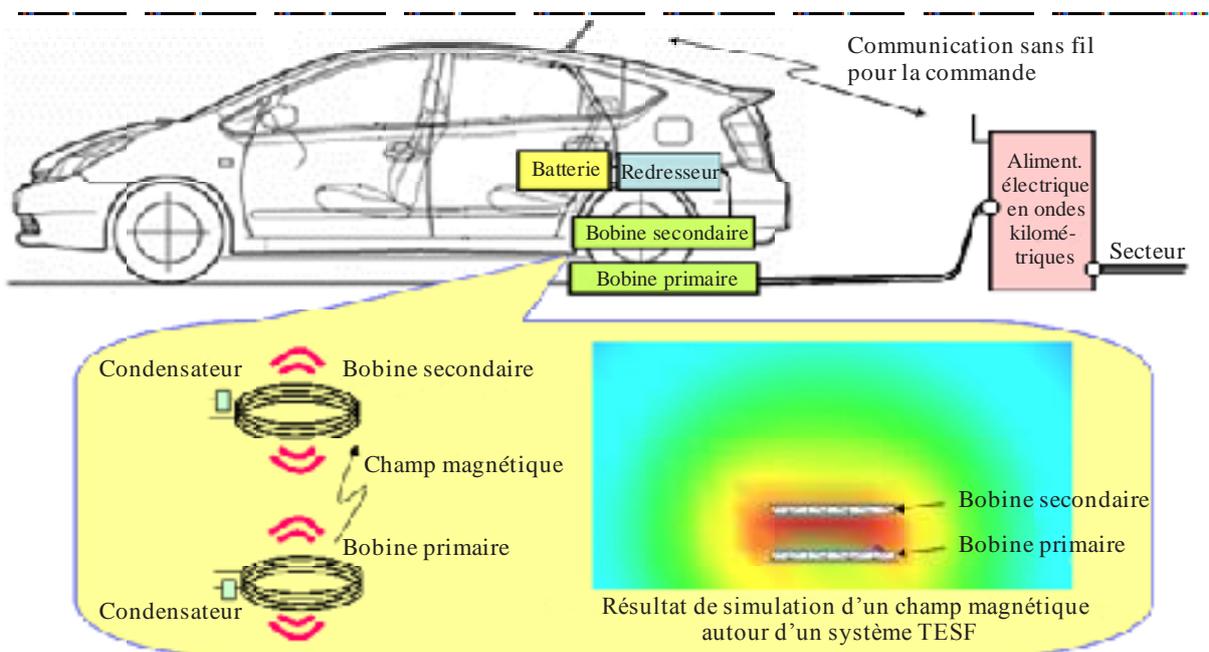
Il existe plusieurs types de méthodes TESF, mais la transmission d'énergie sans fil utilisant un champ magnétique (TESF-CM) est l'une des principales méthodes étudiées dans les groupes de normalisation (par exemple CEI TC69/WG7 et SAE J2954TF) en ce qui concerne la TESF pour les véhicules électriques, 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 TESH: 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 8

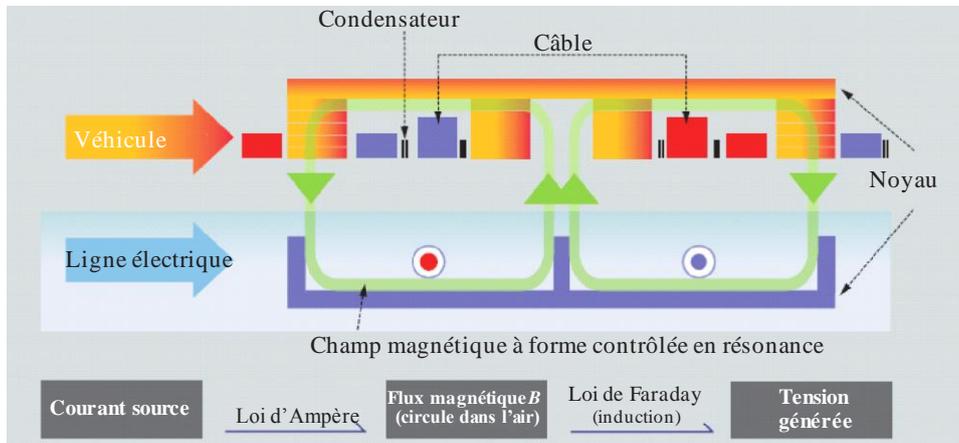
Exemple de système TESH pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables



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 9

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 10

Exemple de véhicule électrique en ligne



Rapport SM.2303-10

4 Etat d'avancement de la normalisation de la TESH dans le monde

4.1 Organisations de normalisation nationales

4.1.1 Chine

En Chine, la CCSA (China Communication Standard Association) a élaboré des normes TESH pour les dispositifs portables, par exemple les stations mobiles. En 2009, le TC9 de la CCSA a lancé un nouveau projet de rapport de recherche sur la technologie d'alimentation électrique sans fil en champ proche. Ce projet s'est achevé en mars 2012 et un rapport a été élaboré sur les recherches effectuées en matière de technologie d'alimentation électrique sans fil. En 2011, le TC9 de la CCSA a élaboré deux projets de norme concernant: 1) les méthodes d'évaluation du champ électromagnétique pour l'alimentation électrique sans fil; et 2) les limites et méthodes de mesure de la compatibilité électromagnétique (CEM) pour l'alimentation électrique sans fil. Ces deux normes seront publiées prochainement.

Il existe maintenant trois nouvelles normes relatives aux exigences techniques et aux méthodes de test (Partie 1: Généralités; Partie 2: Couplage étroit; Partie 3: Transmission d'énergie sans fil par résonance) et les exigences de sécurité en sont à l'état de projet final. De plus en plus de projets de normes sur la transmission d'énergie sans fil vont être élaborés. Les produits ciblés sont les dispositifs audio, vidéo et multimédias, les équipements informatiques et les dispositifs de télécommunication.

Ces normes portent sur les performances, le spectre radioélectrique et les interfaces. Elles ne devraient pas impliquer de droits de propriété intellectuelle. D'une manière générale, il y a peu de chances que ces normes deviennent obligatoires.

Les normes peuvent définir de nouveaux logos afin d'identifier à quelle partie (Parties 2/3) le produit est conforme.

Encouragée par la China Academy of Telecommunication Research (CATR) du MIIT, la China National Standardization Administration Commission (SAC) va mettre en place un Comité technique (TC) sur l'alimentation électrique sans fil, chargé d'élaborer des normes nationales sur l'alimentation électrique sans fil pour les téléphones mobiles, les équipements informatiques et les dispositifs audio, vidéo et multimédias.

Au vu du programme et/ou du calendrier d'élaboration de normes/lignes directrices/réglementations au sein de la CCSA, des normes relatives à la compatibilité électromagnétique et aux champs électromagnétiques seront bientôt publiées. Les normes relatives aux exigences techniques et de sécurité ont été approuvées.

En Chine, une organisation nationale de normalisation dans le domaine des appareils domestiques à alimentation électrique sans fil a été créée en novembre 2013 en vue d'élaborer des normes nationales. Par ailleurs, elle s'intéresse aussi à d'autres questions, comme la sécurité et les performances.

4.1.2 Japon

Au sein du BWF (Broadband Wireless Forum, 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'ARIB (Association of Radio Industries and Businesses). 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 commande-signalisation-transmission 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 MSIP (Ministère des sciences, des TIC et de la planification) et la RRA (Agence nationale de recherche en radiocommunications) associée sont les organismes publics s'occupant de la réglementation de la TESH. Quant aux principales organisations de normalisation qui élaborent les normes relatives à la TESH, elles sont indiquées dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Activités de normalisation en Corée

Nom	Adresse URL	Etat d'avancement
KATS	http://www.kats.go.kr/en_kats/	En cours – Gestion des chargeurs multidispositifs
KWPF	http://www.kwpf.org	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	http://www.tta.or.kr/English/index.jsp	Activités achevées – Cas d'utilisation – Scénario de service – Efficacité – Evaluation – 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.

TABLEAU 2

Organisations internationales et régionales s'occupant de TESH

Nom de l'organisation	Activités
APT (Télécommunauté Asie-Pacifique)	<p>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.</p> <p>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.</p> <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 (TESH)») 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"> - Définition du concept de service d'application TESH - Modèle de service du service d'application TESH - Cas d'utilisation du service d'application TESH. <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>En juin 2014, le Sous-Comité B a créé un Groupe d'étude (actuellement Groupe ad hoc 4) pour l'élaboration de spécifications. Une révision de la norme CISPR 11 incluant les exigences en termes d'émission dans la bande de fréquences 9-150 kHz pour l'électronique de puissance TESH, y compris pour les véhicules électriques, devrait être publiée d'ici à 2019.</p> <p>Il convient de noter que la norme CISPR 11 s'applique aux équipements ISM et qu'actuellement il n'y a pas de bande ISM dans le RR pour la bande 9-150 kHz.</p>

TABLEAU 2 (suite)

Nom de l'organisation	Activités
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 TESF et de réception TESF.</p> <p>La CEI a publié une norme concernant le transfert d'énergie sans fil (CEI PAS 63095 Ed 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 TESF 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 TESF: 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>
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 TESF pour les véhicules.</p> <ul style="list-style-type: none"> – CEI 61980-1: Exigences générales (publiée en juillet 2015) – CEI 61980-2: Communication (en cours d'élaboration) – CEI 61980-3: Transfert d'énergie à base de champs magnétiques (en cours d'élaboration). <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.</p> <p>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"> – Le JPT19363 a été constitué début 2014. – Objectif: création d'une norme précisant les exigences à respecter au niveau des véhicules. – Etroitement liée aux publications CEI 61980 et SAE J2954. <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.</p> <p>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 TESF.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Le sujet d'étude a été approuvé en janvier 2012. – Diffusion dans un document de travail.

TABLEAU 2 (suite)

Nom de l'organisation	Activités
ETSI TC ERM	<ul style="list-style-type: none"> – Le Comité ETSI TC ERM a récemment publié un rapport technique (TF 103 409) intitulé «System reference document (SRdoc); «Wireless Power Transmission (WPT) systems for Electric Vehicles (EV) operating in the frequency band 79-90 kHz». Ce document de référence système doit maintenant être examiné par la CEPT, qui étudiera les systèmes de véhicules électriques TESF ainsi que la coexistence avec les systèmes de radiocommunication. – Le Comité ETSI TC ERM a approuvé un projet de version finale d'une nouvelle norme harmonisée (EN 303 417*) pour la procédure d'approbation des normes européennes (ENAP), qui couvre tous les types de systèmes TESF (en lieu et place de la norme EN 300 330 – Dispositifs à courte portée non spécifiques, qui était utilisée pour les systèmes TESF dans le passé, mais qui n'est plus applicable aux matériels TESF). 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. La publication de la nouvelle norme est prévue pour le second semestre 2017. De plus, un nouveau document de référence système (TR 103 493) est actuellement examiné au sein du Comité TC ERM; ce document porte sur les spécifications techniques et les caractéristiques des systèmes TESF autres que véhicules électriques TESF, fonctionnant au-dessous de 30 MHz; il sera examiné en temps utile par le Groupe de travail CEPT/ECC/WG SE pour des études de coexistence.
CTA (Consumer Technology Association)	<p>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».</p>
SAE (Society of Automotive Engineers)	<p>Le Groupe d'étude international J2954™ de la SAE pour la transmission d'énergie sans fil (TESF) applicable aux véhicules électriques et aux véhicules électriques rechargeables a été créé en 2010.</p> <p>SAE International a publié la norme «SAE TIR J2954 Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-In/Electric Vehicles and Alignment Methodology» en mai 2016; cette norme spécifie la bande des 85 kHz (81,39-90 kHz) comme bande de fréquences commune pour la transmission d'énergie sans fil applicable à tous les systèmes de véhicules utilitaires légers jusqu'à 22 kW. Le rapport d'information technique spécifie deux classes d'énergie (3,7 kW et 7,7 kW). Deux autres classes de niveau d'énergie supérieur, jusqu'à 22 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 http://www.sae.org/news/3415/ et http://standards.sae.org/j2954_201605/.</p>

* A la date d'approbation de la révision 2 du présent Rapport (i.e. UIT-R SM.2303-2), le 21 juin 2017, cette norme était toujours intitulée «draft ETSI EN 303 417».

TABLEAU 2 (suite)

Nom de l'organisation	Activités
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 TESH dans les domaines suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Inductif (TESF par induction magnétique) – Résonant (TESF par résonance magnétique) – Non couplé – Infrastructure. <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 Ed. 1.</p>
A4WP	<p>A4WP a élaboré une spécification TESH utilisant le couplage par résonance magnétique en champ proche ou moyen non radiatif (couplage à forte résonance) (TESF à faible couplage).</p> <ul style="list-style-type: none"> – Spécification technique de base achevée en 2012. – Spécification technique (ver.1) publiée en janvier 2013. <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>
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>Avec sa norme ouverte à tous, le Wireless Power Consortium, fondé en 2008, est un chef de file dans le domaine de la recharge sans fil. Ses travaux portent essentiellement sur des solutions de couplage inductif étroit sur toute une gamme de niveaux d'énergie, qui va de 5-15 W pour la TESH mobile à 1 kW pour les appareils ménagers.</p> <p>Son site web recense 219 membres et 668 produits certifiés, parmi lesquels des accessoires, des chargeurs et des dispositifs.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Spécification technique (Qi ver.1) publiée en juillet 2010. <p>La spécification Qi a été publiée sous la forme de la norme CEI PAS 63095 Ed. 1.</p> <p>La spécification de la classe d'énergie 0 des systèmes TESH Qi définit l'interface entre un émetteur d'énergie et un récepteur d'énergie, c'est-à-dire entre des stations de base et des dispositifs mobiles de classe d'énergie 0. La classe d'énergie 0 est le terme utilisé par WPC pour désigner les dispositifs à surface plane, comme les chargeurs, les téléphones mobiles, les tablettes, les appareils photo et les packs de batteries, selon le profil d'énergie de base (≤ 5 W) et le profil d'énergie étendu (≤ 15 W). Cette classe spécifie un fonctionnement aux fréquences de la gamme 87-205 kHz.</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"> – Rapport technique 1 du CJK sur la TESH publié en avril 2013. – Rapport technique 2 du CJK sur la TESH publié au printemps 2014. – Rapport technique 3 du CJK sur la TESH publié en mai 2015.

4.2.1 CISPR de la CEI

D'un point de vue réglementaire, le CISPR de la CEI distingue les catégories d'applications TESH suivantes:

- a) Applications TESH assurant une transmission d'énergie sans fil à une fréquence donnée sans transmettre de données.
- b) Applications TESH utilisant aussi la fréquence ou la bande de fréquences TESH pour transmettre des données ou pour communiquer avec le dispositif secondaire.
- c) Applications TESH utilisant des fréquences autres que celles utilisées pour la TESH pour transmettre des données ou pour communiquer avec le dispositif secondaire.

Du point de vue du CISPR (protection de la réception radio), il n'est toutefois pas nécessaire de faire une distinction entre les catégories d'applications TESH a) et b). Dans les deux cas, les brouillages radioélectriques susceptibles d'être causés par ces applications TESH dépendront essentiellement de leur fonction principale, à savoir de la transmission d'énergie sans fil à la fréquence considérée (ou dans la bande de fréquences considérée).

Etant donné que les normes du CISPR offrent déjà des ensembles complets de limites et de méthodes de mesure pour le contrôle des émissions utiles (fondamentales), des rayonnements non désirés et des rayonnements non essentiels émanant des applications TESH décrites aux points a) et b), nous sommes convaincus qu'il suffit simplement de continuer à appliquer ces normes. Ces normes pourraient très bien être employées dans la réglementation concernant la CEM générale des produits électriques et électroniques, par exemple des applications ISM.

Pour les applications TESH décrites au point c) ci-dessus, la réglementation existante concernant la CEM générale devrait continuer d'être appliquée à la fonction TESH principale (y compris l'éventuelle transmission de données conformément au point b) ci-dessus). Une autre réglementation des radiocommunications pourrait être appliquée de manière indépendante aux éventuelles transmissions de données ou communications effectuées à des fréquences différentes de la fréquence utilisée par la TESH. Dans ce cas, il faudra peut-être aussi tenir compte d'autres normes relatives à la CEM et aux aspects fonctionnels des équipements radioélectriques. Il convient de toujours procéder à une évaluation des brouillages radioélectriques totaux susceptibles d'être causés par les applications TESH décrites au point c) ci-dessus dans l'optique de la protection de la réception radio en général et de la compatibilité/coexistence avec les autres appareils ou services de radiocommunication. Lors de cette évaluation, il convient d'appliquer la norme du CISPR concernée et la ou les normes relatives à la CEM et aux aspects fonctionnels des composants ou modules de radiocommunication du système TESH.

En principe, ces normes seront utilisées pour des tests d'homologation. En fonction de la réglementation nationale ou régionale, les résultats de ces tests peuvent ensuite être utilisés pour une homologation par une autorité d'homologation, ou pour d'autres types d'évaluation et de déclaration de la conformité.

On trouvera dans le Tableau 3 une proposition du CISPR relative à la classification des équipements électroniques de puissance assurant une transmission d'énergie sans fil (TESF) et à l'utilisation des normes CEM du CISPR relatives aux émissions dans les réglementations régionales et/ou nationales. La proposition est également valable pour les applications TESF comprises dans le domaine d'application des normes CISPR 14-1 (appareils électroménagers, outils électriques et équipements analogues), CISPR 15 (matériel d'éclairage électrique) et CISPR 32 (récepteurs multimédias et récepteurs de radiodiffusion). Pour ces applications, la référence à la norme CISPR 11 (équipements ISM) doit être remplacée par une référence à ces normes pertinentes du CISPR.

Le CISPR va élargir, à l'avenir, l'applicabilité des exigences relatives aux équipements électroniques de puissance TESF compris dans le domaine d'application de la norme CISPR 11, moyennant des ajustements appropriés, aux applications TESF comprises dans le domaine d'application des normes CISPR 14-1, CISPR 15 et CISPR 32. Pour éviter les chevauchements d'activités, le champ d'application de chaque norme est coordonné comme suit:

Classification des zones cibles	Classifications détaillées (champ d'application des normes CISPR concernées)		Normes CISPR concernées	Sous-Comité en charge	Etat d'avancement des travaux sur la TESF	
Applications ISM (*)	Equipement industriel		CISPR 11	B	–	
	Equipements scientifiques				–	
	Equipement médical				–	
	Equipement domestique	Equipement non couvert par d'autres normes CISPR		CISPR 14-1	F	Déjà couvert
		Appareils électroménagers et outils électriques				Le projet du comité (CD) a été diffusé en juin 2017
		Matériel d'éclairage électrique		CISPR 15		Des révisions seront incluses dans l'édition 9 (2018)
		Appareils de traitement de l'information, multimédia et récepteur		CISPR 32		I
Utilisations analogues	Electronique de puissance TESF (y compris les chargeurs de véhicules électriques)		CISPR 11	B	Le projet du comité pour vote (CDV) sera diffusé en 2017	
Véhicules, bateaux et moteurs à combustion interne			CISPR 12 CISPR 36	D	(N'a pas encore démarré)	

(*) Les applications ISM sont classées conformément à la définition du numéro 1.15 du Règlement des radiocommunications.

Pour le moment, seule la norme CISPR 11 offre un ensemble complet d'exigences relatives aux émissions pour les tests d'homologation des applications TESF, de 150 kHz jusqu'à 1 GHz, ou jusqu'à 18 GHz.

Le CISPR sait que ses normes ne traitent pas de la limitation des perturbations par conduction et par rayonnement causées par les équipements TESH entre 9 kHz et 150 kHz. La limitation de ces émissions est essentielle si les équipements TESH en question utilisent effectivement des fréquences fondamentales ou de fonctionnement attribuées dans cette gamme de fréquences.

Le Sous-Comité B du CISPR a décidé de clarifier la classification concernant le groupe 2 dans la norme CISPR 11 afin d'inclure comme suit les équipements TESH:

Appareils du groupe 2: le groupe 2 réunit tous les appareils ISM RF dans lesquels de l'énergie des fréquences radioélectriques de la gamme comprise entre 9 kHz et 400 GHz est produite et utilisée intentionnellement ou uniquement utilisée sous forme de rayonnement électromagnétique, couplage inductif et/ou capacitif, pour le traitement des matériaux, à des fins d'examen ou d'analyse ou pour le transfert d'énergie électromagnétique.

Cette définition modifiée figure dans la norme CISPR 11 Ed. 6.0 (2015-06). Elle porte sur:

- a) la définition élargie des appareils du groupe 2 qui aura été retenue, recouvrant également tout type de produit électronique de puissance TESH;
- b) l'ensemble des limites et méthodes de mesure essentielles des émissions jusqu'alors convenues pour la réalisation de tests d'homologation des produits électroniques de puissance TESH.

Il est à noter que les normes du CISPR spécifient à la fois des méthodes de mesure adaptées et des limites appropriées pour les perturbations admissibles par conduction et/ou par rayonnement dans la gamme de fréquences radioélectriques applicable. Pour les appareils du groupe 2, la norme CISPR 11 contient actuellement ce type de spécifications dans la gamme 150 kHz-18 GHz. Ces spécifications ont été introduites dans la version 3.0 (1997) de la norme CISPR 11, et elles sont utilisées depuis lors pour la protection des services radioélectriques contre les émissions des matériels ISM et pour les exigences communes relatives à la CEM. Elles s'appliquent également à tous les types d'équipements électroniques de puissance TESH, pour le moment par défaut.

Le CISPR recommande d'urgence que les rapports de test d'homologation indiquant le respect des limites des émissions fixées par le CISPR soient reconnus comme une homologation, en ce qui concerne les applications TESH avec ou sans transmission de données ou communications à la même fréquence TESH (voir également les cas 1 et 2 du Tableau 3).

TABLEAU 3

Recommandation du CISPR relative à la classification des équipements électroniques de puissance assurant une transmission d'énergie sans fil (TESF) et à l'utilisation des normes CEM du CISPR relatives aux émissions dans les réglementations régionales et/ou nationales

Cas	Réglementation applicable	Autres spécifications également utilisées par les régulateurs	Exigences/normes essentielles applicables		
			Champs électromagnétiques	CEM	Radio
1 Systèmes TESF sans fonction de transfert de données ou de communication	CEM RR de l'UIT-R pour les appareils ISM	Rec. UIT-R SM.1056-1	CEI 62311 (CEI 62479)	CEI/CISPR 11 groupe 2 (ou éventuellement une norme CEI plus spécifique relative à des produits)	Sans objet
2 Systèmes TESF avec fonction de transfert de données ou de communication à la même fréquence que le transfert d'énergie	CEM RR de l'UIT-R pour les appareils ISM	Rec. UIT-R SM.1056-1	CEI 62311 (CEI 62479)	CEI/CISPR 11 groupe 2 (ou éventuellement une norme CEI plus spécifique relative à des produits)	Application non nécessaire
3 Systèmes TESF avec fonction de transfert de données ou de communication à une fréquence différente de celle du transfert d'énergie	CEM RR de l'UIT-R pour les appareils ISM	Pour l'évaluation finale des brouillages radioélectriques susceptibles d'être causés par la fonction TESF du système électronique de puissance TESF, il est recommandé d'appliquer les règles correspondant au cas 1 ou au cas 2.			
	Utilisation efficace du spectre radioélectrique RR de l'UIT-R pour les appareils radioélectriques	Pour l'évaluation finale de la fonction de transfert de signaux/commandes et/ou de communication (radio) du système électronique de puissance TESF, il est possible d'appliquer en plus une réglementation nationale et/ou régionale (par exemple concernant l'octroi de licences et/ou l'évaluation de conformité) dans l'optique d'une utilisation efficace du spectre radioélectrique. Pour les tests d'homologation, il est possible d'utiliser des normes nationales ou régionales adéquates relatives aux équipements radioélectriques, par exemple conformément au Rapport UIT-R SM.2153-1 (dispositifs de radiocommunication à courte portée).			

Cas 3: Si les équipements TESF fonctionnent avec une transmission de données ou des communications utilisant une fréquence différente de celle utilisée pour la TESF, alors:

- a) la conformité de la fonction TESF aux exigences CEM relatives aux émissions spécifiées dans les normes pertinentes du CISPR relatives aux produits devrait être considérée comme établissant une présomption de conformité aux réglementations nationales et/ou régionales existantes sur la CEM conformément à la Recommandation UIT-R SM.1056-1, en ce qui concerne les émissions utiles, les rayonnements non désirés et les rayonnements non essentiels résultant de la TESF dans la gamme de fréquences radioélectriques;

- b) la conformité de la fonction de transmission de données et/ou de communication aux exigences sur la CEM et les aspects fonctionnels des équipements radioélectriques spécifiées dans les spécifications et normes nationales et/ou régionales visant à utiliser efficacement le spectre radioélectrique devrait être considérée comme établissant une présomption de conformité aux réglementations nationales et/ou régionales existantes relatives aux dispositifs ou modules radio faisant partie du système TESH testé, en ce qui concerne les émissions utiles, les rayonnements non désirés et les rayonnements non essentiels qui peuvent être attribués à la fonction radio de transmission de données et/ou de communication.

Dans le cas 3, le système TESH testé est considéré comme un équipement multifonction. Une homologation devrait être accordée s'il a été démontré que le type considéré d'équipement TESH respecte les exigences CEM essentielles relatives aux émissions (et à l'immunité) spécifiées dans la ou les normes pertinentes du CISPR (ou d'autres normes de la CEI) pour sa fonction TESH – voir le point a). Pour que l'homologation soit accordée, il faudrait également qu'il ait été démontré que le dispositif ou le module radio faisant partie intégrante du système TESH respecte les exigences essentielles sur la CEM et les aspects fonctionnels des équipements radio spécifiées dans les spécifications et normes nationales ou régionales correspondantes relatives aux équipements radio.

Pour le moment, le CISPR a observé des approches divergentes des autorités de régulation nationales et/ou régionales concernant l'homologation, l'évaluation de la conformité et l'octroi de licences en lien avec l'autorisation d'exploitation ou d'utilisation d'applications TESH sur le terrain.

Alors que les autorités européennes pourraient évidemment envisager la seule application du cadre réglementaire européen relatif aux dispositifs à courte portée (SRD) pour le cas 2, la Federal Communications Commission (FCC) aux Etats-Unis d'Amérique a indiqué que les dispositifs TESH fonctionnant à des fréquences supérieures à 9 kHz doivent être considérés comme des éléments rayonnants intentionnels et qu'ils sont donc soumis à la Partie 15 et/ou à la Partie 18 des règles de la FCC. La partie de la règle devant être appliquée dépend du mode de fonctionnement du dispositif et de l'existence ou non d'une communication entre le chargeur et le dispositif qu'il recharge.

Le Tableau 4 contient un aperçu de la réglementation actuelle en Europe. Il convient de noter que le TCAM (Comité pour l'évaluation de la conformité et la surveillance du marché des télécommunications) de la Commission européenne a approuvé les propositions présentées par les organisations de normalisation européennes que sont le CENELEC et l'ETSI à sa réunion de février 2013. Ce faisant, le TCAM a indiqué que la réglementation européenne actuelle s'applique à tous les types présents ou à venir d'appareils TESH.

Pour le cas 2, les déclarations de conformité avec pour seule référence la Directive CEM seront acceptées pour un type d'appareil électronique de puissance TESH avec ou sans transmission de données à la fréquence TESH, et avec n'importe quelle puissance nominale, tant qu'il peut être montré que l'appareil TESH respecte les limites d'émission pour les appareils du groupe 2 spécifiées dans la norme EN 55011 (voir le cas 2a). Par ailleurs, le cas 2b ouvre la possibilité pour une déclaration de conformité de faire référence uniquement à la Directive concernant les équipements radioélectriques (RED), tant qu'il peut être montré que l'appareil TESH en question respecte les exigences essentielles de la Directive. La preuve peut être apportée par l'application d'une norme harmonisée pertinente citée dans le Journal officiel de l'Union européenne¹.

¹ https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/red_fr

TABLEAU 4

**Réglementation européenne concernant la CEM et l'utilisation efficace
du spectre radioélectrique (TCAM, CEPT/ERC, organisations
de normalisation ETSI et CENELEC)**

Cas	Directive applicable	Autres spécifications également utilisées par les régulateurs	Exigences/normes essentielles applicables		
			Champs électromagnétiques	CEM	Radio
1 Systèmes TESH sans fonction de transfert de données ou de communication	Directive CEM	Aucune	EN 62311 (EN 62479) ou autres normes applicables du JO de l'UE énumérées dans le cadre de la Directive basse tension	EN 55011 Groupe 2 (ou éventuellement une norme CENELEC plus spécifique)	Sans objet
2a Systèmes TESH avec fonction de transfert de données ou de communication à la même fréquence que le transfert d'énergie (N'importe quel débit de transfert d'énergie)	Directive CEM	Aucune	Voir ci-dessus	Voir ci-dessus	Application non nécessaire
<p>NOTE – Pour le moment, les tests d'homologation des équipements électroniques de puissance TESH avec ou sans transfert de données ou communications à la même fréquence de la gamme de fréquences radioélectriques peuvent être effectués sur la base de la norme EN 55011. Aucune contrainte n'est imposée quant à la puissance nominale, tant qu'il peut être montré que le type de produit en question respecte les limites d'émission spécifiées dans la norme EN 55011.</p> <p>Le CENELEC devrait envisager de définir les limites manquantes dans la norme EN 55011 pour les émissions par conduction et par rayonnement dans la gamme 9-150 kHz, en particulier pour les équipements électroniques de puissance TESH utilisant les fréquences de fonctionnement fondamentales attribuées dans cette gamme de fréquences. Le CENELEC devrait aussi envisager d'adapter les limites d'émission des appareils TESH dans les autres normes CEM relatives à des produits.</p>					
2b Systèmes TESH avec fonction de transfert de données ou de communication à la même fréquence que le transfert d'énergie (Débit de transfert d'énergie limité)	RED	Aucune	Normes sur les champs électromagnétiques pour les appareils radio-électriques	Normes CEM pour les appareils radio-électriques	Normes sur les aspects fonctionnels des appareils radio-électriques
		9 kHz < bande < 30 MHz	EN 62311 (EN 62479)	EN 301 489-1/3	EN 300 330
		30 MHz < bande < 1 GHz			EN 300 220
		1 GHz < bande < 40 GHz			EN 300 440

TABLEAU 4 (fin)

Cas	Directive applicable	Autres spécifications également utilisées par les régulateurs	Exigences/normes essentielles applicables		
			Champs électromagnétiques	CEM	Radio
			<p>NOTE – Lorsque c'est possible, on peut utiliser les normes EN 301 489-1/3 de l'ETSI conjointement avec une norme ETSI relative aux aspects fonctionnels pour les tests d'homologation des dispositifs radio à courte portée (SRD) qui assurent à la fois la TESH et un transfert de données ou des communications à la même fréquence radioélectrique.</p> <p>Jusqu'à l'heure actuelle, les tests d'homologation des SRD dotés de la fonctionnalité TESH ne sont possibles que pour des niveaux de puissance nominale relativement faibles. Des travaux sont en cours à l'ETSI en vue d'élaborer une norme harmonisée spécifique (EN 303 417) applicable à tous les types de systèmes TESH dotés d'une fonctionnalité de communication. Cette norme harmonisée pourrait également être utilisée pour spécifier/tester les rayonnements produits à l'extérieur du système TESH qui sont basés sur l'émission d'énergie.</p>		
3 Systèmes TESH avec fonction de transfert de données ou de communication à une fréquence différente de celle du transfert d'énergie	Directive CEM	Pour l'évaluation finale des brouillages radioélectriques susceptibles d'être causés par la fonction TESH avec ou sans transfert de données à la même fréquence, les règles correspondant au cas 1 ou au cas 2a s'appliquent.			
	RED (fonction de radiocommunication)	Aucune	Normes sur les champs électromagnétiques pour les appareils radio-électriques	Normes CEM pour les appareils radio-électriques	Normes sur les aspects fonctionnels des appareils radio-électriques
		9 kHz < bande < 30 MHz	EN 62311 (EN 62479)	EN 301 489-1/3	EN 300 330
		30 MHz < bande < 1 GHz			EN 300 220
		1 GHz < bande < 40 GHz			EN 300 440
<p>NOTE – La combinaison des normes EN 301 489-1/3 de l'ETSI est simplement un exemple et devra être utilisée pour les tests d'homologation des modules SRD assurant une fonction de transfert de données et/ou de communication pour le produit TESH soumis au test d'homologation.</p> <p>En principe, tout autre type d'application radio permettant d'assurer un transfert de données locales et/ou des radiocommunications entre les dispositifs constituant le système TESH local peut être utilisé. Dans ce cas, d'autres combinaisons de normes harmonisées de l'ETSI relatives aux aspects fonctionnels et à la CEM s'appliquent, par exemple Bluetooth → EN 300 328 & EN 301 489-1/17, en fonction de la technologie de communication.</p>					

Le CISPR souhaite une harmonisation à l'échelle mondiale avec d'autres réglementations régionales ou nationales concernant les applications TESH, et recommande donc d'adapter l'approche proposée dans les cas 1, 2 et 3.

Comme indiqué plus haut, la norme CISPR 11 ne spécifie pas de limites essentielles des émissions dans la gamme de fréquences 9-150 kHz.

Le Groupe ad hoc 4 (ancien groupe de travail TESH du CISPR/B/GT 1) travaille actuellement sur une modification de la norme CISPR 11 (Ed. 6.0) afin d'y intégrer de nouvelles limites d'émission et de nouvelles méthodes de mesure applicables à l'électronique de puissance TESH, en étroite collaboration avec les groupes CEI/TC69/WG7, SAE/J2954TF et ETSI/ERM/TG28. Le premier projet du Comité (CISPR/B/663/CD) a été diffusé en juin 2016 et les commentaires soumis par les 18 comités nationaux (CN) ont été examinés à la réunion du groupe ad hoc 4 de novembre 2016. Quatre NC ont proposé d'assouplir les limites de rayonnements parasites à la fréquence fondamentale dans le cas de la TESH utilisée dans les véhicules électriques, dans la gamme de fréquences 79-90 kHz, de 67,8 dB μ A/m à 82,8 dB μ A/m à 10 m de distance. La valeur 67,8 dB μ A/m est quasiment identique au niveau de sortie d'émission spécifié dans la norme européenne relative aux dispositifs de radiocommunication à courte portée (SRD) et aux niveaux confirmés par une étude d'impact réalisée au Japon. L'assouplissement proposé était fondé sur la nécessité de laisser une marge pour les développements technologiques futurs, mais la valeur de 15 dB n'a pas été confirmée par les études d'impact sur les radiocommunications. La réunion n'a pas permis de parvenir à un accord sur les limites spécifiques et il a été décidé que les valeurs figurant dans le Tableau dans le cas des limites de la Classe B, gamme de fréquences 9-150 kHz, du document CISPR/B/663/CD seraient retirées temporairement de sorte que les commentaires acceptés relatifs au 663/CD puissent être pris en compte dans le 2ème projet du Comité (CISPR/B/678/CD) dans le cas des systèmes TESH, dans la perspective d'une réintroduction d'un ensemble convenu de valeurs à une date ultérieure.

Il a également été décidé de diffuser un projet du Comité (CISPR/B/673/DC) en invitant les comités nationaux à formuler des commentaires sur la valeur limite applicable à la Classe B, gamme de fréquences 9-150 kHz. Deux documents ont été diffusés en janvier 2017 et des commentaires ont été reçus de 15 comités nationaux et de deux organisations internationales (UER et IARU). Une note de liaison des groupes de travail CEI/TC 69/WG 7 et ISO/TC 22/SC 37/JPT 19363 a également été reçue et prise en compte.

La réunion du Groupe ad hoc 4 s'est tenue à Daejeon, Corée, du 15 au 18 mai 2017. Le groupe a reconnu les propositions de classes de puissance des chargeurs TESH pour les véhicules électriques que les groupes TC 69/WG 7, ISO/JPT 19363 et SAE J2954 envisagent pour parvenir à l'interopérabilité des classes de puissance au niveau international. Le souhait des comités de produit susmentionnés est le suivant: les classes de puissance d'entrée TESH-CM 1, 2 et 3 doivent en principe être connectées à un réseau d'alimentation en énergie à basse tension et installées dans un état mixte de l'environnement résidentiel, et l'interopérabilité entre classes peut être requise.

TABLEAU 1 (tiré du Document CEI 69/485/CD(2017-02))

Classes de puissance en entrée relatives à la TESH-CM

Classe	TESH-CM1	TESH-CM2	TESH-CM3	TESH-CM4	TESH-CM5
Puissance [kW]	$P \leq 3,7$	$3,7 < P \leq 7,7$	$7,7 < P \leq 11,1$	$11,1 < P \leq 22$	$P > 22$

La plupart des commentaires formulés par les comités nationaux sur le document CISPR/B/678/CD ne prêtaient pas à controverse et ont été acceptés.

Cela étant, les avis des comités nationaux sur le tableau des limites relatif aux équipements de Classe B (CISPR/B/673/DC) dans la gamme de fréquences 79-90 kHz étaient partagés et il a été difficile de trancher. Comme le montrent les annexes du Document CISPR/B/673/DC, la valeur limite proposée à l'origine dans CISPR/B/663/CD ne dépasse pas le niveau réglementaire de champ H applicable aux dispositifs SRD figurant dans la Recommandation 70-03 du Comité ERC de la CEPT et confirmé par l'étude d'impact réalisée au Japon pour la classe de puissance au-dessous de 7,7 kW. Le CISPR examine actuellement la possibilité d'assouplir les limites d'une valeur de 15 dB sur la base du document de référence système (SRdoc) de l'ETSI, TR 103 409 v1.1.1 (2016-10): «Wireless Power Transmission (WPT) systems for Electric Vehicles (EV) operating in the frequency band 79-90 kHz».

Finalement, un projet de compromis a été accepté en vue d'être proposé au Sous-Comité CISPR B pour l'élaboration d'un document CDV (projet du comité pour vote), dont les révisions ont été acceptées à la réunion du Groupe ad hoc 4. La décision d'élaborer un CDV prend en compte les considérations suivantes:

- Les comités nationaux ont obligation d'évaluer la valeur de compromis de la limite de Classe B ainsi que les questions générales relatives à la TESH.
- Les comités nationaux doivent obligatoirement voter et peuvent encore soumettre des commentaires d'ordre technique.
- Un VOTE positif donnerait une orientation pour le futur (et aux autres parties telles que le TC 9, le TC 69, d'autres Sous-Comités du CISPR, etc.).
- Un VOTE négatif indiquerait clairement quels sont les insuffisances et les éléments qu'il conviendrait de modifier.

Les principaux éléments qui seront inclus dans le projet de CDV sont les suivants:

Le Tableau 5 fournit la liste des gammes de fréquences susceptibles d'être retenues pour la TESH proposée par le CISPR.

TABLEAU 5

**Bandes de fréquences envisageables proposées par le CISPR également utilisées pour la transmission d'énergie sans fil (TESF) au-dessous de 150 kHz
[* susceptibles d'être modifiées à l'avenir]**

Gamme de fréquences (kHz)	Utilisation type de la TESH	Limites de rayonnement pour les tests d'homologation conformément à cette norme
De 19 à 25	TESF locale via un entrefer exprimé en cm et une puissance nominale inférieure à 200 kW – systèmes automatisés de transport en usine, tramways et bus électriques	Voir le § 6.3 de la norme CISPR 11
De 36 à 40	TESF locale via un entrefer exprimé en cm et une puissance nominale inférieure à 200 kW – systèmes automatisés de transport en usine, tramways et bus électriques	
De 55 à 65 ^a	TESF locale via un entrefer exprimé en cm et une puissance nominale inférieure à 200 kW – systèmes automatisés de transport en usine, tramways et bus électriques	
De 79 à 90 ^b	TESF locale via un entrefer exprimé en cm et une puissance nominale inférieure à 22 kW – véhicules de tourisme électriques (automobiles, etc.), systèmes automatisés de transport en usine	
De 130 à 135	Systèmes automatisés de transport en usine	
^a Il est à noter que la fréquence 60 kHz est utilisée comme service de fréquences étalon et signaux horaires. ^b Gamme de fréquences TESH envisageable du CISPR pour l'harmonisation mondiale. La gamme de fréquences 79-90 kHz est envisagée pour les véhicules électriques.		

NOTE 1 – La puissance des systèmes TESH est fournie à titre informatif seulement et n'est liée à aucune limite.

NOTE 2 – Les gammes de fréquences envisageables indiquées dans ce tableau seront harmonisées avec les futures Recommandations UIT-R et décisions des CMR de manière analogue à ce qui est fait dans le Tableau 1.

La bande de fréquences 79-90 kHz a été retenue par le CISPR en tant que bande envisageable pour les chargeurs TESF des véhicules de tourisme pour le monde entier.

Les bandes de fréquences 19-25 kHz, 36-40 kHz et 55-65 kHz sont acceptées par le CISPR en vue de leur utilisation pour la TESF à forte puissance, par exemple pour les systèmes automatisés de transport en usine, les tramways et les bus électriques, y compris les poids lourds électriques; de plus, la bande 130-135 kHz est ajoutée en vue d'une utilisation par les systèmes automatisés de transport en usine seulement, car certains de ces systèmes sont déjà utilisés dans certains pays.

Il convient de noter que les bandes de fréquences décrites dans ce Tableau doivent être compatibles avec les dispositions du Règlement des radiocommunications et des Recommandations à venir de l'UIT-R.

Les limites de rayonnement ne sont pas encore entièrement définies; le statut actuel est résumé ci-dessous:

- 1) En matière de mesure des rayonnements, la distance de référence au-dessous de 1 000 MHz devrait être de 10 m.
- 2) Etant donné que la plupart des systèmes d'électronique de puissance TESF utilisent une fréquence fondamentale inférieure à 150 kHz et que des gammes de fréquences limitées doivent être identifiées pour la TESF, la représentation graphique des limites est en forme de cheminée.
- 3) Les limites de la Classe B² dans la gamme de fréquences 9-150 kHz se divisent en trois sous-classes selon que la puissance nominale est inférieure à 1 kW, comprise entre 1 kW et 7,7 kW, ou supérieure à 7,7 kW. Le Tableau 6 indique les limites actuelles proposées.
- 4) Les limites de la Classe B dans la gamme des fréquences supérieures à 150 kHz doivent être égales aux limites existantes en vigueur.
- 5) Les limites de la Classe A³ dans la gamme de fréquences 9-150 kHz se divisent en deux sous-classes selon que la puissance nominale est inférieure ou supérieure à 22 kW. Si elle est inférieure à 22 kW, les limites sont supérieures de 10 dB aux limites applicables aux SRD; si elle est supérieure à 22 kW, des limites supérieures de 20 dB sont envisagées.
- 6) Etant donné que la TESF est en phase de développement, les fréquences harmoniques jusqu'à la 5^{ème} harmonique doivent être assouplies de 10 dB, car la TESF ne peut fonctionner efficacement si l'assouplissement n'est pas autorisé, en particulier pour les harmoniques inférieures.

² La classification suivante est spécifiée dans la norme CISPR 11.

Les matériels de Classe B correspondent aux matériels adaptés à une utilisation dans des environnements résidentiels et dans des bâtiments directement connectés au réseau d'alimentation électrique à basse tension qui dessert les immeubles d'habitation.

³ La classification suivante est spécifiée dans la norme CISPR 11.

Les matériels de classe A correspondent aux matériels adaptés à une utilisation dans tous les lieux autres que ceux des environnements résidentiels et ceux qui sont directement connectés au réseau d'alimentation électrique à basse tension qui dessert les immeubles d'habitation.

TABLEAU 6

Limites des perturbations dues aux rayonnements électromagnétiques applicables aux équipements TESF de Classe B utilisés pour des véhicules électriques (limites mesurées sur un site d'essai)

Gamme de fréquences (kHz)	Limites pour une distance de mesure D en m					
	Puissance basse (≤ 1 kW) ^a		Puissance moyenne (> 1 kW et $\leq 7,7$ kW) ^a		Puissance élevée ($> 7,7$ kW) ^a	
	D = 10 m	D = 3 m	D = 10 m	D = 3 m	D = 10 m	D = 3 m
	Valeur de quasi-crête du champ magnétique [dB(μ A/m)]	Valeur de quasi-crête du champ magnétique [dB(μ A/m)]	Valeur de quasi-crête du champ magnétique [dB(μ A/m)]	Valeur de quasi-crête du champ magnétique [dB(μ A/m)]	Valeur de quasi-crête du champ magnétique [dB(μ A/m)]	Valeur de quasi-crête du champ magnétique [dB(μ A/m)]
9-19	27-23,8	51,5-48,3	27-23,8	51,5-48,3	27-23,8	51,5-48,3
19-25	57	81,5	72	96,5	87	111,5
25-36	22,6-21	47,1-45,5	22,6-21	47,1-45,5	22,6-21	47,1-45,5
36-40	56,2	80,7	71,2	95,7	86,2	110,7
40-55	20,6-19,3	45,1-43,8	20,6-19,3	45,1-43,8	20,6-19,3	45,1-43,8
55-65	54,4	78,9	69,4	93,9	84,4	108,9
65-79	18,5-17,7	43-42,2	18,5-17,7	43-42,2	18,5-17,7	43-42,2
79-90	52,8	77,3	67,8 ^b	92,3 ^b	82,8 ^c	107,3 ^c
90-130	17,2-15,6	41,7-40,1	17,2-15,6	41,7-40,1	17,2-15,6	41,7-40,1
130-135	50	75	65	90	80	104,5
135-150	15,4-15	39,9-39,5	15,4-15	39,9-39,5	15,4-15	39,9-39,5

Sur un site d'essai, les mesures sur les équipements de Classe B peuvent être réalisées à une distance nominale de 3 m ou 10 m. Une distance de mesure inférieure à 10 m n'est autorisée que pour les équipements qui sont conformes à la définition donnée au § 3.17 (équipements de petite taille).

A la fréquence de transition, la limite la plus stricte s'applique.

Lorsque la limite varie avec la fréquence, elle décroît proportionnellement au logarithme de la fréquence croissante.

Les autorités nationales peuvent, en plus, demander la suppression des rayonnements dans des bandes de fréquences spécifiques utilisées par des services radioélectriques sensibles fonctionnant dans des installations désignées, par exemple en imposant les limites du Tableau E.2 (Exemples de limites applicables aux perturbations dues à des rayonnements électromagnétiques pour des mesures in situ en vue de protéger des services radioélectriques sensibles fonctionnant dans des zones particulières; valide si mentionné à l'Annexe G: voir CISPR/B/678/CD).

^a Le choix de l'ensemble des limites approprié doit reposer sur la puissance nominale (en courant alternatif) déclarée par le fabricant.

^b Pour les systèmes TESF $> 3,6$ kW, les limites peuvent être assouplies de 15 dB lorsqu'aucun équipement sensible n'est utilisé en deçà de 10 m (information qui doit figurer dans le manuel).

^c Il convient d'appliquer aux installations des limites diminuées de 15 dB lorsque des équipements sensibles de l'espace public sont utilisés en deçà de 10 m.

4.2.2 Informations tirées de la CIPRNI

La Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (CIPRNI) publie des lignes directrices et des recommandations sur les niveaux d'exposition pour protéger les personnes dans le monde entier. Les éléments présentés ici concernent les bandes de fréquences applicables à la TESH. Le Chapitre 8 propose des éléments supplémentaires.

La CIPRNI a publié des lignes directrices sur l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques. Parmi ces lignes directrices, celles publiées en 1998 [7] et celles publiées en 2010 [8] concernent les bandes de fréquences proposées pour la TESH. Ces lignes directrices décrivent les restrictions de base et les niveaux de référence. 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. Aux fins de l'évaluation de l'exposition dans la pratique, les lignes directrices de la CIPRNI fournissent des niveaux de référence de l'exposition.

Pour définir les limites nationales, de nombreux pays s'appuient sur les lignes directrices de la CIPRNI relatives aux niveaux de référence concernant l'exposition aux champs électriques et magnétiques, et les seuils nationaux sont comparés aux niveaux de référence de la CIPRNI.

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 de mesures récentes de l'exposition à des rayonnements magnétiques émanant de systèmes TESH au Japon. D'autres mesures de l'intensité des champs à proximité d'équipements TESH sont encouragées.

5 Situation en matière de spectre

5.1 TESH: distinction entre les bandes utilisables pour les applications industrielles, scientifiques et médicales, 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 oeuvre 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.

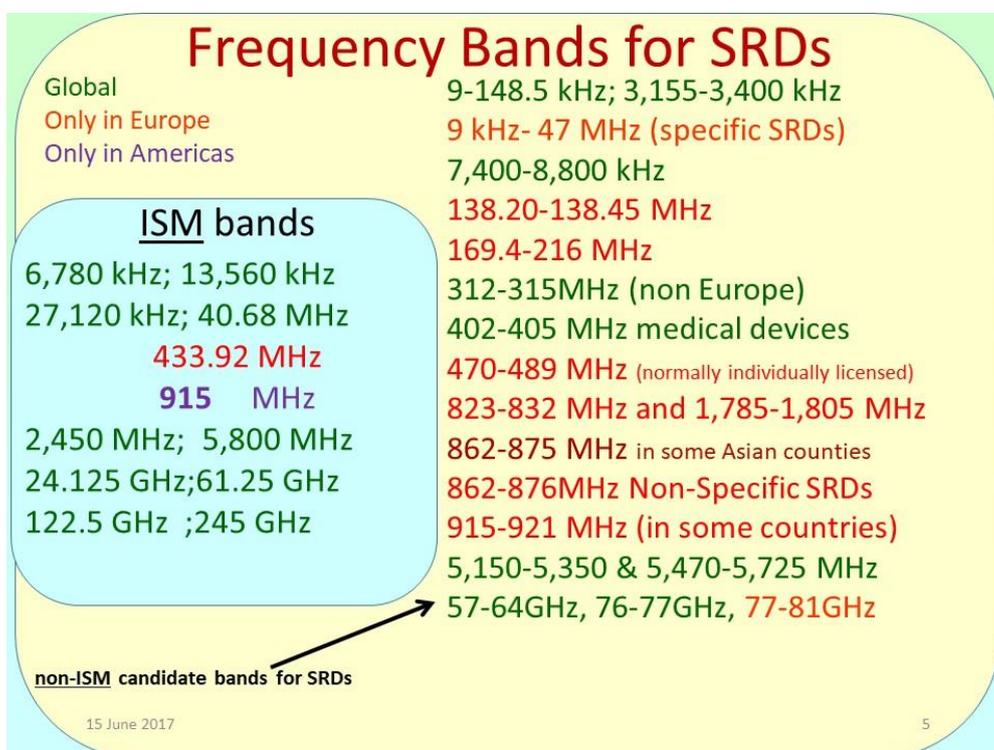
La fonction de transfert d'énergie de la TESH est de type ISM; le transfert de données est de type SRD. Le CISPR a déjà proposé de traiter la fonction TESH séparément de la fonction de télécommunications qui pourrait revenir aux dispositifs à courte portée (voir le § 4.2 du Rapport UIT-R SM.2303). Bien 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 susceptibles d'être 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 «Gammes 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 TESSF au niveau national, régional ou mondial peut privilégier l'exploitation des bandes attribuées aux dispositifs SRD. La figure suivante 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 11

Bandes de fréquences ISM et non ISM susceptibles d'être utilisées pour les dispositifs à courte portée*



* Source: Mazar, 2016 [12]

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

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.

i) 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 CEIPAS 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.

ii) 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.

iii) 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.

iv) Véhicules de tourisme électriques

Ici, 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. A 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 81,38-90,00 kHz pour les véhicules utilitaires légers fonctionnant avec la TESH.

v) Poids lourds électriques

En mai 2011, le Gouvernement coréen a attribué les fréquences 20 kHz (19-21 kHz) et 60 kHz (59-61 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. A 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

13,56 MHz

i) 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 7

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

	Induction magnétique (faible puissance)	Couplage par résonance magnétique	Induction magnétique (forte puissance)	Couplage capacitif
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
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"> – Disponibilité de spectre à l'échelle mondiale possible – Souplesse concernant l'emplacement et la distance par rapport au récepteur – L'émetteur peut alimenter en énergie plusieurs récepteurs dans un large rayon simultanément 	<ul style="list-style-type: none"> – Puissance plus forte – Souplesse concernant l'emplacement et la distance par rapport au récepteur – L'émetteur peut alimenter en énergie plusieurs récepteurs dans un large rayon simultanément 	<ul style="list-style-type: none"> Haute efficacité (70-85%) – Pas de production de chaleur au niveau de l'électrode – Faible niveau d'émission – Une certaine latitude pour le positionnement horizontal

TABLEAU 7 (*fin*)

	Induction magnétique (faible puissance)	Couplage par résonance magnétique	Induction magnétique (forte puissance)	Couplage capacitif
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) [6]	A4WP (AirFuel Alliance) [4]		
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 8

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

	Résonance et/ou induction magnétique pour les véhicules de tourisme électriques	Induction magnétique pour les poids lourds
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"> - Puissance minimale: 75 kW - Puissance normale: 100 kW - Puissance maximale: à l'étude - Entrefer: 20 cm - Gain de temps et d'argent
Avantages	Plus grande efficacité de la transmission d'énergie Travail d'harmonisation mondiale/régionale en cours	<ul style="list-style-type: none"> - Efficacité de la transmission à plus forte puissance - Entrefer maximisé - Bruit audible réduit - Blindage efficace - Gain de temps et d'argent
Alliance/normes internationales connexes	CEI 61980-1 (TC69) ISO PAS 19363 (TC22/SC37) SAE J2954	
Systèmes existants concernés pour le partage de fréquences		Corée: Systèmes mobiles maritimes fixes (20,05-70 kHz) → Station de navire pour la radiotélégraphie Systèmes limités à la radionavigation hyperbolique (DECCA) (84-86 kHz)

6 Situation en matière de réglementation nationale

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].

i) 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.

- Dans la gamme 100-205 kHz, l'intensité du champ électrique émanant des dispositifs TESH est inférieure ou égale à 500 $\mu\text{V/m}$ à 3 m. Cette valeur doit être mesurée selon les lignes directrices énoncées dans le document CISPR/I/417/PAS.
- 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 9.
- Dans les gammes 19-21 kHz et 59-61 kHz, l'intensité du champ électrique est inférieure ou égale à 100 $\mu\text{V/m}$ à 100 m.

TABLEAU 9

Limites de l'intensité du champ appliquées en Corée pour la TESH

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 $\log(f \text{ en kHz}/9)$ dB $\mu\text{V/m}$	200 Hz	10 m
150-10 MHz		9 kHz	
10-30 MHz	48 dB $\mu\text{V/m}$	120 kHz	
30-230 MHz	30 dB $\mu\text{V/m}$		
230-1 000 MHz	37dB $\mu\text{V/m}$		

TABLEAU 10

Réglementation appliquée en Corée concernant la TESH

Niveau de puissance	Nom de l'application	Réglementation technique appliquée	Technique TESH concernée
Faible puissance (≤ 50 W)	Equipements ISM – dispositifs TESH utilisant la gamme de fréquences 100-205 kHz	Faible intensité du champ électrique	– Produits sur le marché utilisant la technique d'induction
	Equipements ISM – dispositifs TESH utilisant la gamme de fréquences 6 765-6 795 kHz	ISM	– Produits envisagés utilisant la technique de résonance
Forte puissance (≥ 50 W)	Equipements ISM utilisant la gamme de fréquences 19-21 kHz ou 59-61 kHz	ISM	– Installation dans une zone donnée – SMFIR (champ magnétique à forme contrôlée en résonance)

ii) Au Japon*a) Gammes de fréquences et limites des émissions*

En mars 2016, de nouvelles règles sur la «spécification d'homologation» applicables aux dispositifs TESH 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 11. Les limites d'émission sont données dans les Tableaux 12, 13 et 14 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 TESH 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^{ème} trimestre 2013 au 3^{ème} 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 11. 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 11

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

Technologie proposée	Emissions par conduction		Emissions 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
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) (*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)	CISPR 32 (Ed. 1.0)

NOTES:

- (*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 12

**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
b) TESH pour les dispositifs mobiles utilisant la fréquence 6,78 MHz	Non précisé	0,15-0,50 MHz: Quasi crête 66-56 dBuV (décroît linéairement en fonction de log(f)) Moyenne 56-46 dBuV (décroît linéairement en fonction de log(f)) 0,50-5 MHz: Quasi crête 56 dBuV, Moyenne 46 dBuV 5-30 MHz: Quasi crête 60 dBuV, Moyenne 50 dBuV, sauf bandes ISM	6,765-6,776 MHz: 44,0 dBuA/m à 10 m (quasi crête); 6,776-6,795 MHz: 64,0 dBuA/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 dBuA/m à 0,15 MHz, à 3 dBuA/m à 30 MHz. Exception-1: 20,295-20,385 MHz: 4,0 dBuA/m à 10 m (quasi-crête). Exception-2: 526,5-1 606,5 kHz: -2,0 dBuA/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 dBuV/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dBuV/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dBuV/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dBuV/m; 136,414-230 MHz: 30 dBuV/m; 230-1 000 MHz: 37 dBuV/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 dBuV/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 13

**Limites d'émissions pour les dispositifs mobiles TESH exploitant la bande des 400 kHz
(couplage capacitif) 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		9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1 GHz	1-6 GHz
d) TESH pour les dispositifs mobiles utilisant la bande des 400 kHz (couplage capacitif)	Non précisé	0,15-0,50 MHz: Quasi crête 66-56 dBuV (décroît linéairement en fonction de log(f)) Moyenne 56-46 dBuV (décroît linéairement en fonction de log(f)) 0,50-5 MHz: Quasi crête 56 dBuV, Moyenne 46 dBuV 5-30 MHz: Quasi crête 60 dBuV, Moyenne 50 dBuV, 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 dBuA/m à 0,15 MHz, à 3 dBuA/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 dBuA/m à 0,15 MHz, à 3 dBuA/m à 30 MHz. Exception: 526,5 kHz – 1 606,5 kHz: -2,0 dBuA/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 dBuV/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dBuV/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dBuV/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dBuV/m; 136,414-230 MHz: 30 dBuV/m; 230-1 000 MHz: 37 dBuV/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 14

Limites des émissions TESH pour les véhicules électriques 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		79-90 kHz	9-150 kHz	150 kHz – 30 MHz	30 MHz – 1 GHz
TESF pour la recharge de véhicules électriques	Non précisé	0,15-0,50 MHz: Quasi crête 66-56 dBuV (décroît linéairement en fonction de log(f)) Moyenne 56-46 dBuV (décroît linéairement en fonction de log(f)), 0,50-5 MHz: Quasi crête 56 dBuV, Moyenne 46 dBuV 5-30 MHz: Quasi crête 60 dBuV, Moyenne 50 dBuV, sauf bandes ISM	68,4 dBuA/m à 10 m. (quasi crête)	23,1 dBuA/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 dBuA/m à 0,15 MHz, à 3 dBuA/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 dBuA/m (quasi-crête)	D'après la norme CISPR 11 Ed. 5.1, les limites suivantes s'appliquent: 30-80,872 MHz: 30 dBuV/m; 80,872-81,88 MHz: 50 dBuV/m; 81,88-134,786 MHz: 30 dBuV/m; 134,786-136,414 MHz: 50 dBuV/m; 136,414-230 MHz: 30 dBuV/m; 230-1 000 MHz: 37 dBuV/m	Non précisé

b) *Evaluation 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 RRPB 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 RRPB 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 RRPB.

A 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 RRRPG 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.

iii) Chine

Cette partie propose une analyse de la classification et de la réglementation actuelles des dispositifs TESH dans le système de réglementation des radiocommunications chinois, en ce qui concerne les dispositifs en eux-mêmes et les questions de communication sans fil, selon la définition de différents dispositifs radioélectriques, les gammes de fréquences qu'ils utilisent et les restrictions qui leur sont associées.

a) *Analyse de la classification et de la réglementation relatives aux dispositifs TESH*

La Chine ne dispose pas de réglementation officielle concernant la TESH. A l'heure actuelle, la seule réglementation qui couvre l'ensemble des bandes de fréquences exploitées par la TESH est celle relative aux dispositifs à courte portée (SRD). Afin de protéger les systèmes de radiocommunication existants, les dispositifs TESH doivent donc passer un test d'entrée sur le marché, identique au test d'entrée sur le marché des dispositifs à courte portée. Toutefois, il n'est pas pertinent, à long terme, d'appliquer la même réglementation aux dispositifs à courte portée et aux dispositifs TESH. Les recherches en matière de classification et de réglementation sur la TESH sont donc menées de la manière suivante. La recherche étant encore balbutiante, l'apparition d'autres réglementations et d'autres méthodes de classification n'est pas exclue.

a-1) *Dispositifs ISM*

a-1-1) *Analyse du point de vue de la gamme de fréquences et de la définition*

Dans la réglementation chinoise en matière de radiocommunications, les dispositifs ISM sont définis comme des équipements ou appareils utilisant l'énergie radioélectrique pour des applications industrielles, scientifiques, médicales, domestiques ou assimilées, à l'exception des équipements relatifs aux télécommunications, aux technologies de l'information et à d'autres normes nationales. Un dispositif TESH utilise l'énergie radioélectrique pour une application domestique ou industrielle. Dans cette mesure, les dispositifs TESH peuvent rentrer dans la catégorie des dispositifs ISM.

La réglementation chinoise relative aux ISM [10] distingue deux groupes de dispositifs ISM selon leurs applications: 1) ceux qui produisent et/ou utilisent l'énergie radioélectrique couplée par conduction de manière intentionnelle pour leur propre fonctionnement; 2) ceux qui produisent ou utilisent l'énergie électromagnétique de manière intentionnelle pour le traitement de matériaux, y compris les matériels de soudage à l'arc et les matériels d'usinage par décharges électriques. En outre, chaque groupe est subdivisé en deux catégories selon les scénarios d'application des dispositifs: A) les dispositifs ISM utilisés hors de la maison ou qui ne sont pas connectés directement aux installations électriques basse tension domestiques; B) les dispositifs ISM utilisés dans la maison ou directement connectés aux installations électriques basse tension domestiques.

D'après la réglementation chinoise relative aux ISM [10], qui est l'équivalent de la norme CISPR 11:2003, l'agence chargée de la réglementation des radiocommunications en Chine doit émettre une autorisation spéciale afin de déterminer si la gamme de fréquence utilisée pour la TESH, entre 6,675 et 6,795 MHz, appartient à la gamme de fréquences exploitée par les dispositifs ISM. Néanmoins, les autres gammes de fréquences utilisées pour les dispositifs TESH ne correspondent pas à la portée des dispositifs ISM.

Par conséquent, d'après l'analyse ci-dessus, si l'autorisation est accordée, les dispositifs utilisant la TESH et fonctionnant dans la bande 6,675-6,795 MHz relèvent de la catégorie B du groupe 2 des dispositifs ISM.

a-1-2) Analyse du point de vue des restrictions

D'après la réglementation chinoise relative aux ISM [10], les restrictions de puissance concernant la transmission dans la bande applicables aux dispositifs ISM fonctionnant dans la bande 6,675-6,795 MHz sont actuellement à l'étude. En outre, les rayonnements non essentiels doivent être conformes aux restrictions relatives aux perturbations dues aux rayonnements électromagnétiques indiquées dans le Tableau 15.

TABLEAU 15

Restrictions relatives aux perturbations dues aux rayonnements électromagnétiques pour la catégorie B du groupe 2 des dispositifs ISM

Gamme de fréquences (MHz)	Restrictions relatives aux perturbations pour la catégorie B du groupe 2 des dispositifs ISM/dB(μ V/m) (mesurées à 10 m)
0,15-30	–
30-80,872	30
80,872-81,848	50
81,848-134,768	30
134,768-136,414	50
136,414-230	30
230-1 000	37

(La norme chinoise portant sur les dispositifs ISM, GB 4824-2004, est équivalente à la norme CISPR 11:2003. Le groupe 1 comprend les équipements ISM qui produisent et/ou utilisent l'énergie radioélectrique couplée par conduction. Le groupe 2 comprend les équipements ISM qui produisent et/ou utilisent l'énergie radioélectrique intentionnellement sous la forme de rayonnements électromagnétiques).

D'après l'analyse présentée ci-dessus, si l'agence chargée de la réglementation donne sa confirmation, les dispositifs TESH fonctionnant dans la bande 6,675-6,795 MHz peuvent être exploités en Chine au même titre que les dispositifs relevant de la catégorie B du groupe 2 des dispositifs ISM. Par ailleurs, selon le règlement des radiocommunications actuel chinois, les dispositifs utilisant la TESH fonctionnant dans d'autres bandes de fréquences ne peuvent être exploités au même titre que les équipements ISM.

a-2) Dispositifs à courte portée (SRD)

a-2-1) Analyse du point de vue de la gamme de fréquences et de la définition

Dans la réglementation chinoise en matière de radiocommunications [11], les dispositifs à courte portée sont classés en sept catégories, de la catégorie A à la catégorie G. Les dispositifs des catégories A à D fonctionnent dans des bandes de fréquences inférieures à 30 MHz. Les dispositifs relevant de la catégorie A sont exploités dans la bande 9-190 kHz. Les bandes de fréquences des dispositifs de la catégorie B et celles des dispositifs TESH ne se chevauchent pas. Les bandes de fréquences correspondant à la catégorie C comprennent la bande 6,675-6,795 MHz. La catégorie D, qui correspond aux dispositifs exploitant les fréquences situées entre 315 kHz et 30 MHz, comprend l'ensemble des dispositifs à courte portée à l'exception de ceux relevant des catégories A, B et C. Par conséquent, l'ensemble des bandes de fréquences exploitées par les dispositifs TESH appartient à

la gamme de fréquences des dispositifs à courte portée, à l'exception de la bande 190-205 kHz. Par ailleurs, une partie de la bande de fréquences exploitée par les dispositifs TESH de première génération du consortium sur la transmission sans fil (Wireless power consortium, WPC) n'est pas comprise dans la bande de fréquences des dispositifs à courte portée de catégorie A. Par conséquent, du point de vue des fréquences, les dispositifs TESH fonctionnent tous dans une des bandes attribuées aux dispositifs SRD, à l'exception de ceux fonctionnant dans la bande 190-205 kHz.

La réglementation chinoise en matière de radiocommunications telle qu'elle existe actuellement [11] ne comporte pas de définition des dispositifs à courte portée, mais elle a néanmoins été conçue pour les équipements de transmission radioélectriques de faible puissance (à courte portée). La notion de transfert d'énergie des dispositifs TESH n'est pas prise en compte dans la classification des émissions radioélectriques. La majeure partie de l'énergie est transmise au récepteur par couplage, par induction ou par le biais d'autres technologies, plutôt que par rayonnement dans l'espace hertzien. Ainsi, du point de vue de la définition, les dispositifs TESH n'entrent pas dans la catégorie des dispositifs à courte portée.

En matière d'impact du signal hertzien sur l'environnement, les dispositifs TESH peuvent être soumis provisoirement aux mêmes réglementations que les dispositifs à courte portée. Cela peut permettre de s'assurer du fait que l'impact environnemental des dispositifs TESH n'excède pas celui des dispositifs à courte portée dans la bande de fréquences qu'ils exploitent en commun. Toutefois, à long terme, il n'est pas souhaitable d'appliquer la même réglementation aux dispositifs SRD et TESH.

a-2-2) Analyse du point de vue des restrictions

D'après la réglementation [6], les dispositifs à courte portée doivent seulement respecter la valeur limite maximale du champ magnétique. Le Tableau 16 indique ces valeurs pour les catégories A, C et D de dispositifs à courte portée.

TABLEAU 16

Valeur limite du champ magnétique pour les catégories A, C et D des dispositifs à courte portée

Catégorie	Bandes de fréquences correspondantes des dispositifs TESH	Valeur limite du champ magnétique (10 m)
Dispositifs SRD de catégorie A	9-190 kHz Une partie de la bande de fréquences des dispositifs TESH de première génération du WPC n'est pas comprise dans la bande de fréquences exploitée par les dispositifs SRD de catégorie A	72 dB μ A/m
Dispositifs SRD de catégorie C	6 765-6 795 kHz	42 dB μ A/m
Dispositifs SRD de catégorie D	425-524 kHz	-5 dB μ A/m

a-3) Résultats de l'analyse de la classification et de la réglementation concernant les dispositifs utilisant la TESH

Pour conclure, si la confirmation est émise, les dispositifs TESH fonctionnant dans la bande 6,675-6,795 MHz peuvent relever des mêmes réglementations que la catégorie B du groupe 2 des dispositifs ISM, et les dispositifs TESH fonctionnant dans d'autres bandes de fréquences peuvent provisoirement être soumis aux mêmes réglementations que les dispositifs à courte portée. Pour le

long terme, il sera nécessaire d'attribuer une bande de fréquences aux dispositifs TESH dans les plus brefs délais et d'établir les spécifications techniques de compatibilité électromagnétique des dispositifs TESH.

b) Analyse des dispositifs TESH concernant la communication sans fil

Avant que le transfert d'énergie n'ait lieu et afin de vérifier l'existence du dispositif TESH secondaire, le dispositif TESH primaire doit effectuer le processus de prise de contact par le biais d'une communication sans fil, caractérisée par une courte portée, une courte durée et une faible puissance, tout comme les communications des dispositifs SRD. Par conséquent, si la bande de fréquences utilisée pour la communication sans fil du dispositif TESH est comprise dans l'une des bandes de fréquences dans laquelle fonctionne le dispositif SRD, ce dispositif est soumis à la réglementation applicable aux dispositifs SRD.

7 Etat d'avancement des études d'impact entre les systèmes TESH et les services de radiocommunication, y compris le service de radioastronomie

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 12 et 13 montrent les fréquences pour la TESH désignées ou envisagées au Japon et assignées en Corée [1]. Des études de partage du spectre doivent être 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 17 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 17

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, Etats-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 (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 17 (*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 12

Fréquences envisagées pour la TEF et systèmes existants (10-300 kHz)

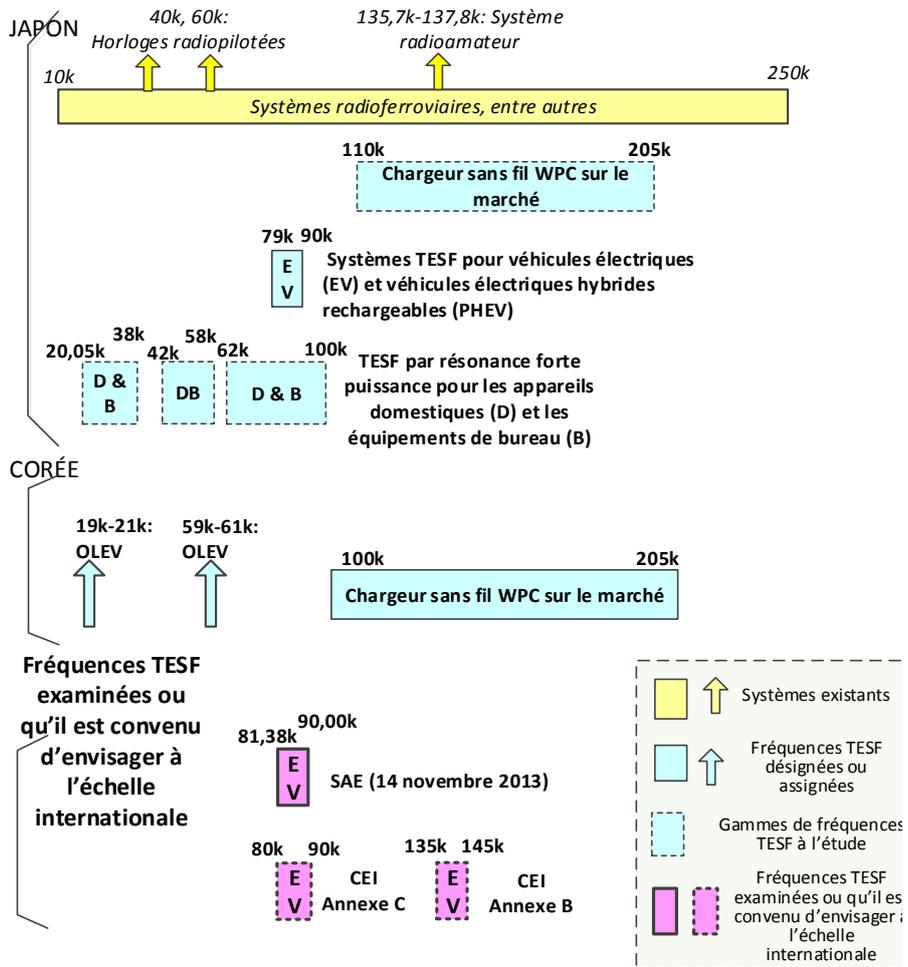
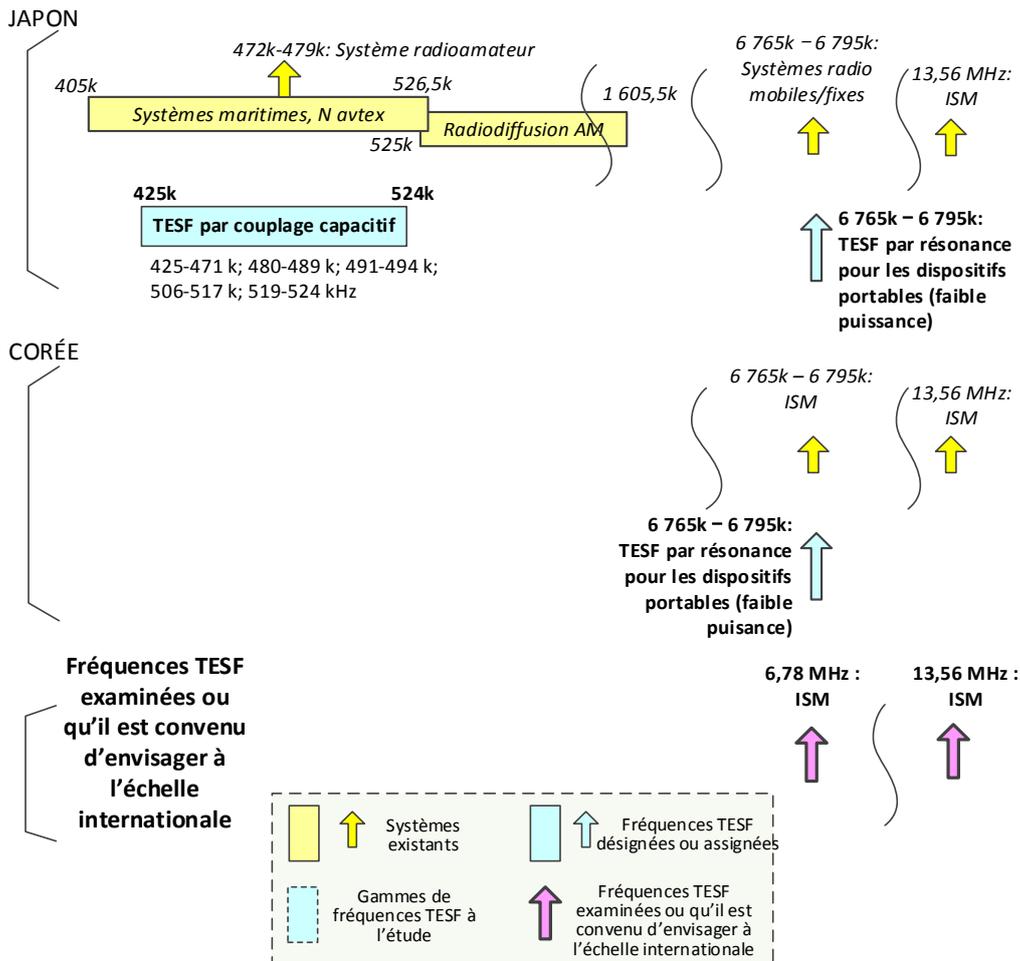


FIGURE 13

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



En Chine, différentes sortes de dispositifs TESH de puissance élevée ont été inventés, parmi lesquels des dispositifs TESH pour des appareils électroménagers fonctionnant dans les gammes de fréquences 47-53 kHz, et des dispositifs TESH pour des véhicules utilitaires légers et des poids lourds fonctionnant dans les gammes de fréquences 37-43 kHz et 82-87 kHz. Afin de répondre aux exigences du marché, il est urgent et nécessaire de mener des recherches détaillées sur la coexistence en amont, pour garantir une planification pertinente des fréquences. Les études de coexistence, qui tiennent compte de la planification nationale actuelle des fréquences, du système de communication sans fil mis en place, ainsi que d'autres exigences en matière de communication sans fil sont en cours de réalisation; elles examinent entre autres les bandes de fréquences réservées ou utilisées en partage et les distances de séparation. En 2015, le Groupe de travail 8 de la commission technique 5 de la China Communications Standards Association (CCSA) va diriger un projet pour étudier les questions liées à la coexistence de la TESH avec les systèmes de radiocommunication existants. Une partie des résultats de recherche sera disponible en 2016.

S'agissant du Japon, le Tableau 18 récapitule les gammes de fréquences envisagées et les systèmes TESH cibles avec les paramètres fondamentaux.

TABLEAU 18

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 les critères de coexistence, qui indiquent 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 12) 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.

A 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. A 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 19 A), B), C) et le Tableau 20 résumant les résultats des études de coexistence.

TABLEAU 19

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 ^(*1) (40 kHz, 60 kHz)	Systèmes ATS ^(*2) (10-250 kHz)	Systèmes ITRS ^(*3) (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.	Conforme aux critères de coexistence
	42-58 kHz	<ul style="list-style-type: none"> Les 2ème et 3ème harmoniques ne doivent pas chevaucher les bandes de fréquences exploitées par les horloges radiopilotées. 	<ul style="list-style-type: none"> Une distance de séparation doit être fixée afin d'éviter tout brouillage préjudiciable. 	Conforme aux critères de coexistence
	62-100 kHz	<ul style="list-style-type: none"> Nous attirons l'attention de l'utilisateur sur le fait que les horloges radiopilotées peuvent subir des brouillages. 		Nécessité d'une évaluation plus approfondie. <ul style="list-style-type: none"> 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:

- (*1) 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.
 - Certaines harmoniques générées à partir des ondes fondamentales des systèmes TESH 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.
- (*2) (*3) Systèmes ATS et ITRS: les dispositifs TESH ne causeront pas de brouillage préjudiciable dans les conditions réelles d'utilisation. Les critères de coexistence sont les suivants:
- la bande de fréquences TESH 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 TESH 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) Etude 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 ^(*1) (526,5-1 606,5 kHz)	Dispositifs de radiocommunication maritimes ^(*2) (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: • Eviter l'utilisation des systèmes TESF qui émettent dans la gamme de fréquences du système LORAN-C ^(*3) .
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. • Si des brouillages préjudiciables sont observés, des mesures concernant les dispositifs TESF devraient être prises en conséquence.	Conforme aux critères de coexistence. Remarques: • Eviter l'utilisation des systèmes TESF qui émettent dans la gamme de fréquences des systèmes NAVTEX et NAVDAT.

Critères de coexistence évalués:

- (*1) 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.

- (*2) Dispositifs de radiocommunication maritimes: les dispositifs TESH ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable. D'après les résultats de l'évaluation, les systèmes TESH 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.
- (*3) 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 TESH.

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 ^(*1) (135,7-137,8 kHz, 472-479 kHz)	Systèmes de radiodiffusion publics ^(*2) (6,765-6,795 kHz)
Couplage magnétique (faible puissance pour les dispositifs mobiles)	6,765-6,795 kHz	Conforme aux critères de coexistence. Remarques: • Eviter l'utilisation des systèmes TESH qui émettent dans la gamme de fréquences du service radioamateur	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:

- (*1) 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 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 TESH et de fixer un décalage de fréquence approprié.
- (*2) 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 TESH dans la bande. De nouvelles limites d'émissions pour les produits TESH 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 20

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

TESF pour véhicules électriques	Systèmes existants				
	Horloges radiopilotées ^(*1) (40 kHz, 60 kHz)	Systèmes ATS ^(*2) (10-250 kHz)	Systèmes ITRS ^(*3) (10-250 kHz)	Radiodiffusion MA ^(*4) (526,5-1 606,5 kHz)	Dispositifs radioamateurs ^(*5) (135,7-137,8 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. Remarques:	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"> • Nous attirons l'attention de l'utilisateur sur le fait que les dispositifs de radiodiffusion MA peuvent subir des brouillages. • En cas de brouillage préjudiciable, des mesures concernant les dispositifs TESH doivent être prises en conséquence. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter l'utilisation des systèmes TESH qui émettent dans la gamme de fréquences attribuée aux dispositifs radioamateurs.

TABLEAU 20 (*fin*)

TESF pour véhicules électriques	Systèmes existants				
	Gammes de fréquences envisagées	Horloges radiopilotées ^{(*)1} (40 kHz, 60 kHz)	Systèmes ATS ^{(*)2} (10-250 kHz)	Systèmes ITRS ^{(*)3} (10-250 kHz)	Radiodiffusion MA ^{(*)4} (526,5-1 606,5 kHz)
79-90 kHz	Conforme aux critères de coexistence. Remarque: <ul style="list-style-type: none"> Attirer l'attention de l'utilisateur sur le risque de brouillage imputable aux horloges radiopilotées. 	Conforme aux critères de coexistence, mais nécessité de respecter l'exigence suivante: <ul style="list-style-type: none"> Respect d'une distance de séparation minimale de 4,8 m par rapport au rail. 	Conforme aux critères de coexistence, mais nécessité de respecter l'exigence suivante: <ul style="list-style-type: none"> Respect d'une distance de séparation minimale de 45 m par rapport au rail. Une voie seulement exploite les fréquences 80 kHz et 92 kHz; cette exigence technique doit s'appliquer dans ce cas. 		
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 TESH 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 TESH 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 TESH ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable en situation de fonctionnement réel. Les critères de coexistence sont: i) la bande de fréquences TESH 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 TESH 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 TESH sur un wagon factice en simulant les conditions d'utilisation les plus défavorables, soit une situation où la septième harmonique rayonnée par le dispositif TESH, 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.
- (*5) 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. A 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 TESF 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 réalisées dans différents plans de polarisation, mais seul le plan présentant des émissions maximales est considéré. 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 utilisé est compris entre 71 dBuA/m environ (sans décalage) et 75 dBuA/m (décalage maximal). Ces valeurs dépassent les limites fixées dans la norme ETSI EN 300 330-1 de 4 et 8 dB respectivement. Il est à noter cependant qu'une nouvelle norme harmonisée, EN 303 417, spécifique aux systèmes TESF est en cours d'élaboration au sein de l'ETSI.
- 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 Etudes TESF en cours 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).

Pour les études de coexistence entre les systèmes TESH 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.372-13.

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.372-13. 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 μ V/m
- Bande 6 (ondes hectométriques): 60 dB μ 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. Les rapports de protection figurant dans la Recommandation UIT-R BS.560 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; par exemple, un chargeur TESH de téléphone mobile exploitant une fréquence de la bande de radiodiffusion en ondes kilométriques en Région 1 (148,5-283,5 kHz).

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 μ_0 est la perméabilité de l'espace libre et ϵ_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 μ 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 μ A/m
- Bande 6 (ondes hectométriques): $(8,5 - 56) = -47,5$ dB μ 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 μ 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 Rec 70-03, 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.
- Etant 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 le document ERC Rec. 70-03 (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)⁴, 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 dB μ V/m (tiré du § 7.2.1.1 ci-dessus – exprimé comme une tension) moins 40 dB μ V/m = 20 dB μ 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 manifesterait, 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.

Voir également le Document 6/229(Rév.1) (2 novembre 2005) pour une explication concernant la protection de la radio en modulation d'amplitude.

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

⁴ 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».

et d'un récepteur de radiodiffusion domestique, sachant toutefois que dans les grands terminus de bus 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.



L'image ci-dessus 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 TESH 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 dBuA/m, cette différence est égale à $20 \cdot \log_{10}(37) = 31$ 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 TESH pouvaient effectivement brouiller la réception de la radiodiffusion, même dans le cas de la TESH 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 TESH pour véhicule, l'utilisation contrôlée est plus difficile à garantir. Il semble improbable que les rayonnements parasites émis par un dispositif TESH 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. A 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 Etude 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.372-13, 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) *Evaluation 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 μ A/m@10 m pour une puissance d'émission de 3 kW
 - 72,5 dB μ A/m@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 μ A/m@10 m
- c) Autres gammes de fréquences:
 - 23,1 dB μ A/m@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 Etude 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^{ème} 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 dB μ A/m@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 dB μ V/m) ou dans une zone de champ moyen (66 dB μ V/m). Il est également important de protéger les utilisateurs recevant la radiodiffusion en zone de champ faible (48 dB μ 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) Etude analytique

A 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 dB μ 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.372-13. Ce champ électrique (26,0 dB μ V/m), converti en champ magnétique (-25,5 dB μ 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 dB μ 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 dB μ 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

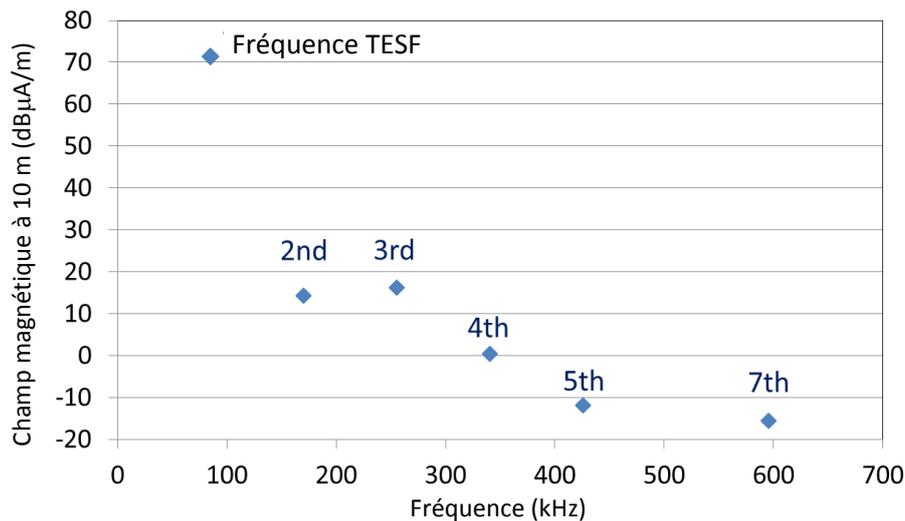
Pour confirmer le résultat de l'étude analytique précédente, des mesures de rayonnement ont été réalisées au moyen d'un équipement de test TESH et de récepteurs de radiodiffusion MA. Conditions et méthodes:

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 $85,106 \text{ kHz}$. La puissance de transfert s'élevait à 3 kW à l'entrée de la bobine de transmission. La 7^{ème} harmonique de l'équipement de test était située à la fréquence $595,742 \text{ kHz}$. 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. 14.

FIGURE 14

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



Note: La 6^{ème} 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 1^{er} 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

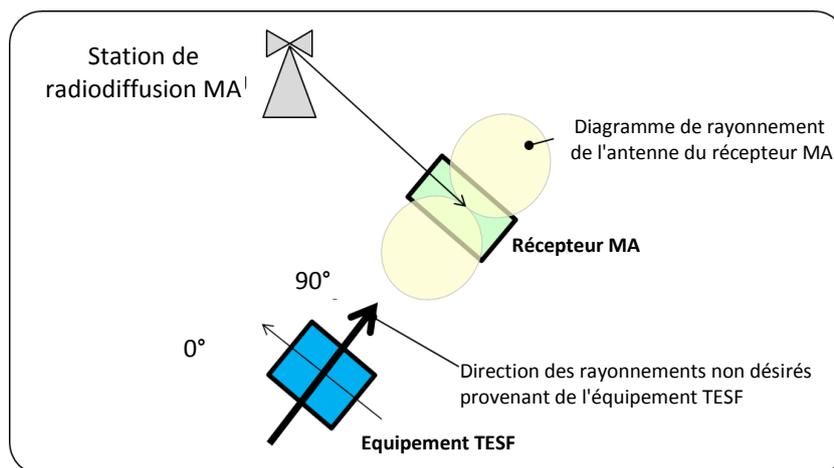
Dans la région de Tokyo, Radio 1 NHK émet en modulation d'amplitude à la fréquence 594 kHz. La différence fréquentielle entre Radio 1 NHK et la 7^{ème} harmonique de l'«équipement de test B» est de 1,7 kHz environ. Si le niveau de la 7^{ème} harmonique est supérieur au bruit ambiant, on peut entendre 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 15 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 15

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. 16. Le champ de la radiodiffusion MA était égal à 100 dB μ V/m environ et le niveau de bruit ambiant s'élevait à 60 dB μ 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^{ème} 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.

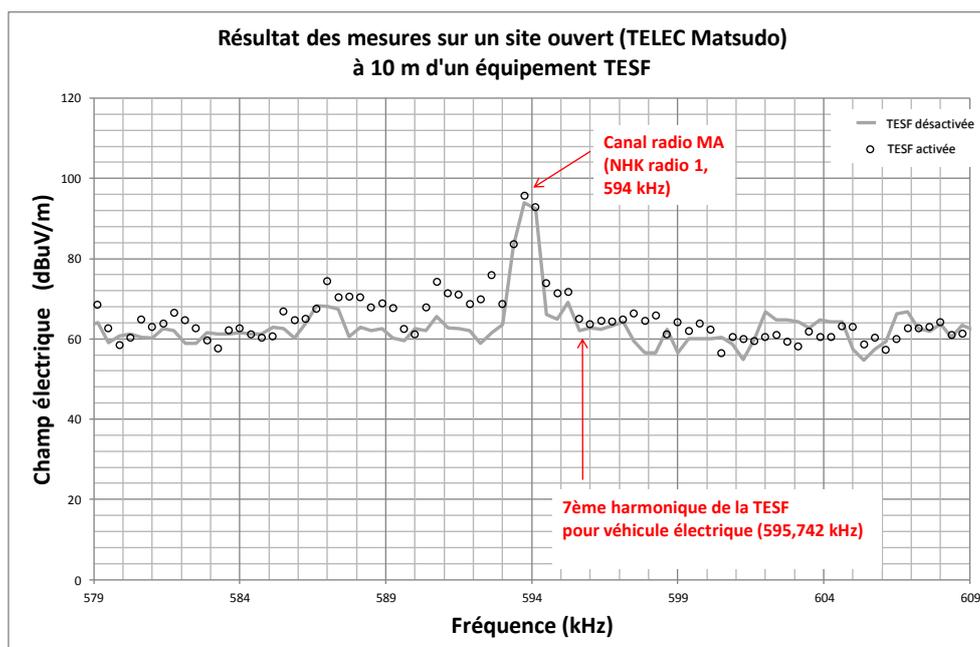
7.2.2.5 Evaluation des résultats de l'étude

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 μ 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^{ème} 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.372-13 s'applique.

FIGURE 16

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



7.3 Considérations touchant aux 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 menées par les Groupes de travail 1A et 1B. Dans une note de liaison (août 2015) adressée au Groupe de travail 1A, le Groupe de travail 6A a fait part de ses inquiétudes concernant l'utilisation de fréquences des ondes kilométriques adjacentes à la bande de radiodiffusion en ondes kilométriques en Région 1, 148,5-255 kHz, ou tombant dans cette bande. D'autres Groupes de travail ont également exprimé leur inquiétude concernant les effets indésirables sur les services de radiocommunication et de radionavigation utilisant les bandes des ondes kilométriques.

7.4 Considérations touchant aux gammes 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 ($6\ 765\text{-}6\ 795\ \text{kHz} \times 2 = 13\ 530\text{-}13\ 590\ \text{kHz}$), 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.

Etant 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.

7.5 Considérations touchant à l'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 Règlement des radiocommunications).

La Recommandation ERC 70-03 en usage en Europe spécifie des gammes de fréquences, leur champ maximum et les emplacements comme indiqué dans le Tableau 21:

TABLEAU 21

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

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

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

Le paragraphe 7.1 et le Tableau 18 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.

7.6 Expériences de la CEPT concernant 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 TESSF. 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 dBuA/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 dBuA/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 TESSF, accompagnée de ses rayonnements non essentiels, ces limites devront être sérieusement réexaminées.

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

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

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

ECC Rapports 67: «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 TESSF 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 Dangers de la TESH pour l'homme

L'exposition des êtres humains aux champs électromagnétiques est une question qui intéresse un certain nombre d'organisations de réglementation et d'organisations internationales spécialisées parmi lesquelles l'OMS (Organisation mondiale de la santé), l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) et la CIPRNI (Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants). Ces organismes ont aussi pour mission de déterminer les limites de sécurité relatives aux champs électromagnétiques, question qui n'entre pas dans le cadre de la mission de l'UIT-R. Ils ont publié plusieurs recommandations sur l'exposition des êtres humains aux champs électromagnétiques dans plusieurs gammes de fréquences, notamment les lignes directrices de la CIPRNI de 1998 et 2010 et la norme C95.1-2005 de l'IEEE. De nombreuses Administrations ont adopté ces lignes directrices et certaines les ont modifiées ou actualisées en fonction d'études 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.

9 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 envisagées convergeant autour de 85 kHz. Celles concernant les poids lourds électriques font l'objet d'études dans les bandes de fréquences envisagées de 19-21 kHz et 59-61 kHz. Les puissances types utilisées pour les véhicules de tourisme électriques sont de 3,3 kW et de 7,7 kW. Les puissances types pour les poids lourds sont comprises entre 75 et 100 kW.

Les techniques TESH par résonance magnétique utilisent généralement la bande ISM 6 765-6 795 kHz avec une puissance type de plusieurs watts à 100 W.

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

10 Références

- [1] APT/AWG/REP-48 «APT Survey Report on Wireless Power Transmission», mars 2014. <http://www.aptsec.org/AWG-RECS-REPS>.
- [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] http://www.mit.edu/~soljacic/wireless_power.html
- [4] <http://www.rezence.com/>
- [5] (réservé).
- [6] <http://www.wirelesspowerconsortium.com/>
- [7] CIPRNI 1998 Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>.
- [8] CIPRNI 2010 Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz), <http://www.emfs.info/Related+Issues/limits/specific/icnirp2010/>.
- [9] APT/AWG/REP-62(Rev.1) «APT Report on Wireless Power Transmission (WPT)», mars 2015. <http://www.aptsec.org/AWG-RECS-REPS>.
- [10] 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.
- [11] National Radio Administration Bureau of MIIT No 423, «Micro Power (short) Radio Equipment Technology Requirements».
- [12] Mazar (Madjar) H. 2016 «Radio Spectrum Management: Policies, Regulations and Techniques», John Wiley & Sons.
- [13] 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, (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

Etat de la réglementation concernant l'exposition aux ondes radioélectriques

Pays	Exposition aux ondes radioélectriques	Evaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques
Australie	<ul style="list-style-type: none"> – 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 (No. 2)</i>). <ul style="list-style-type: none"> • 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. – Norme <i>Radiation Protection Standard for Maximum Exposure Levels to Radiofrequency Fields – 3 kHz to 300 GHz (RPS3)</i>. <ul style="list-style-type: none"> • établie par l'ARPANSA (Agence australienne de radioprotection et de sûreté nucléaire). 	<p>La conformité de ces dispositifs doit être prouvée en utilisant des méthodes de test telles que celles indiquées dans la norme EN 62209-2.</p> <p>(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))</p> <p>http://infostore.saiglobal.com/store/details.aspx?ProductID=1465960. 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 (RPS3)</i> – http://www.arpansa.gov.au/Publications/codes/rps3.cfm.</p>
Japon	<ul style="list-style-type: none"> – Lignes directrices du BWF sur l'exposition aux ondes radioélectriques http://bwf-yrp.net/english/: conditions à respecter. – Sur la base des lignes directrices relatives à la radioprotection et des lignes directrices de la CIPRNI. <ul style="list-style-type: none"> • limite d'exposition aux ondes radioélectriques. – 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. 	<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>

TABLEAU A1-1 (*fin*)

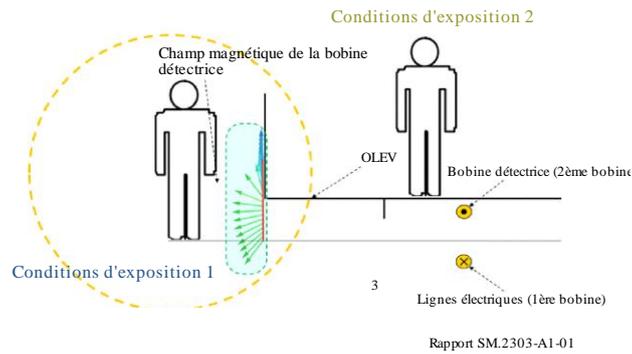
Pays	Exposition aux ondes radioélectriques	Evaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques
		<p>La spécification de trois types de systèmes TESH a fait l'objet d'une réglementation en 2016 au Japon.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Le champ magnétique incident peut dépasser les niveaux de référence tandis que le champ électrique induit/DAS est très inférieur aux restrictions de base. – L'utilisation d'un facteur de couplage conforme assouplit la limite de puissance en entrée des systèmes TESH. – La mesure du courant de contact est aussi requise. <p>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.

Evaluation 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.

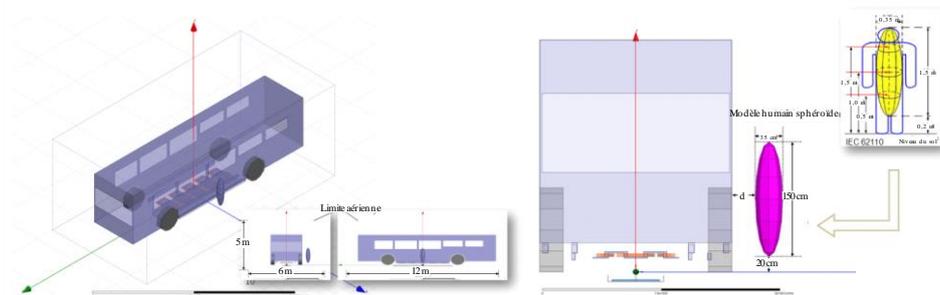
La Figure A1-1 illustre les conditions d'exposition aux champs électromagnétiques par rapport aux lignes électriques et aux bobines détectrices du système OLEV.

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



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



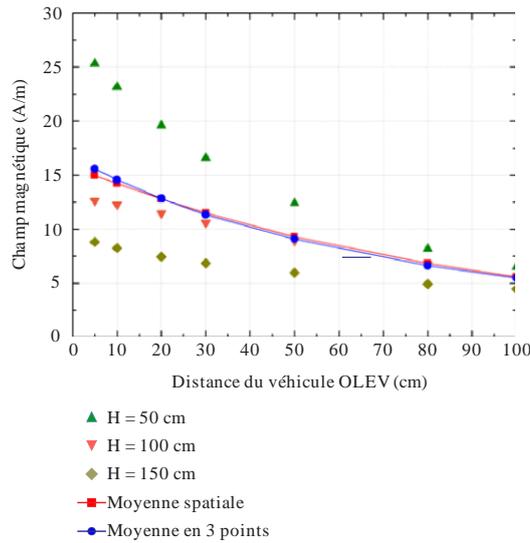
Rapport SM.2303-A1-01

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. Nous pouvons 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



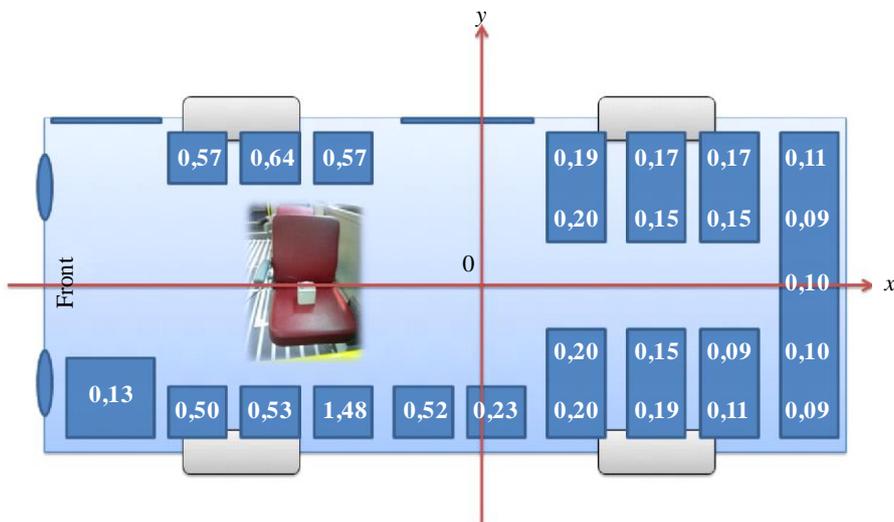
Rapport SM.2303-A1-03

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 Figure 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	

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 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 REEL

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.

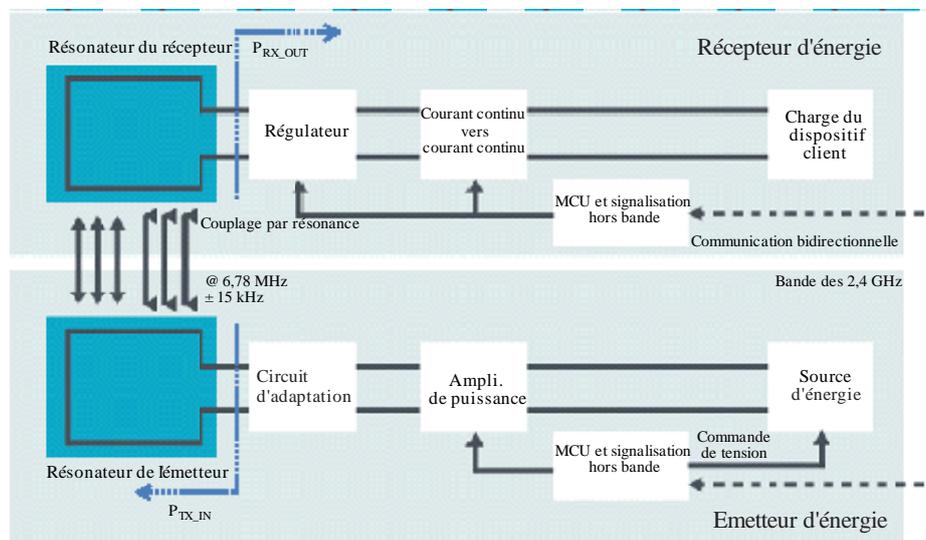
Concernant l'intégration de cette technique dans les produits électroniques, il convient de tenir compte de plusieurs facteurs:

- 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.



Report SM.2303-A2-01

Comme indiqué sur la Figure ci-dessus, le résonateur de l'émetteur utilise la fréquence 6 780 kHz (± 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	A 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
Classe 1	2 W	1 × Catégorie 1	1 × Catégorie 1
Classe 2	10 W	1 × Catégorie 3	2 × Catégorie 2
Classe 3	16 W	1 × Catégorie 4	2 × Catégorie 3
Classe 4	33 W	1 × Catégorie 5	3 × Catégorie 3
Classe 5	50 W	1 × Catégorie 6	4 × Catégorie 3
Classe 6	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 Etats-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 TESF**

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	96
2 Modèles et méthodes de mesure	96
2.1 Modèle et méthode de mesure dans le cas du système TESF pour la recharge de véhicules électriques	96
2.2 Modèle et méthode de mesure pour les dispositifs mobiles, les dispositifs portables et les appareils domestiques	100
3 Limites cibles des rayonnements fixées par le BWF.....	101
3.1 Limites cibles des rayonnements émanant de systèmes TESF pour la recharge de véhicules électriques	102
3.2 Limites cibles des rayonnements pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique.....	103
3.3 Limites cibles des rayonnements pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique	103
3.4 Limites cibles des rayonnements pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif	104
4 Résultats de mesures du bruit par rayonnement et du bruit par conduction.....	104
4.1 Résultats de mesure dans le cas de systèmes TESF pour la recharge de véhicules électriques	104
4.2 Résultats de mesure pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique	110
4.3 Résultats de mesure pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique.....	114
4.4 Résultats de mesure pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif.....	117

1 Introduction

La présente Annexe fournit des données de mesure 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 et les paramètres fondamentaux sont indiqués dans le Tableau 16.

- 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:

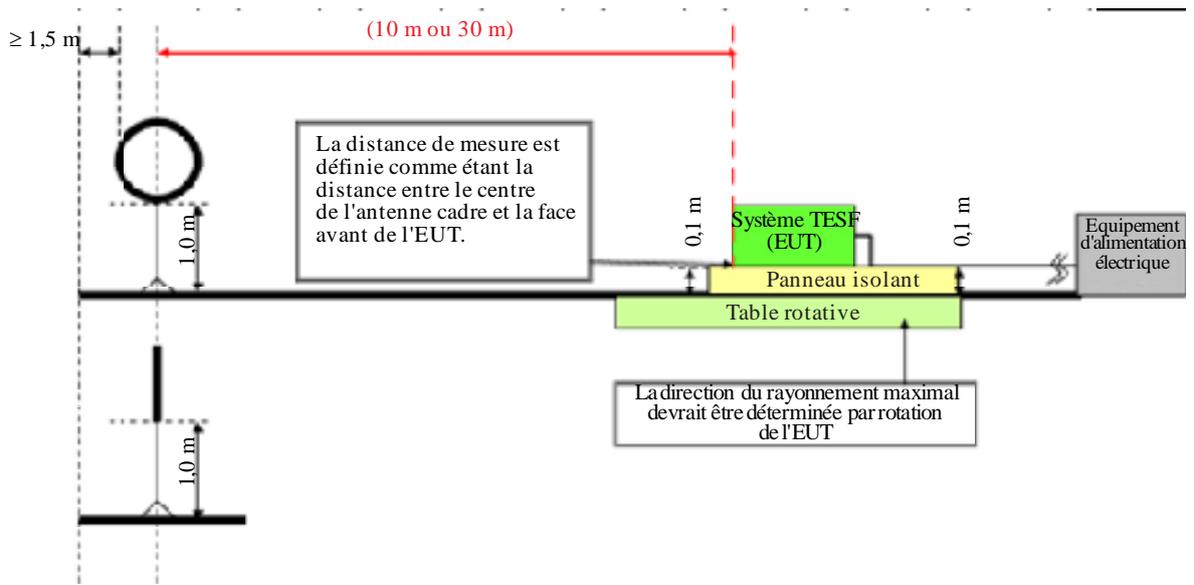
- 1) Bruit par rayonnement dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz:
L'intensité du champ magnétique est mesurée au moyen d'antennes-cadres. L'intensité du champ électrique est obtenue par une simple conversion en utilisant l'impédance caractéristique de l'onde plane, 377 ohms.
- 2) Bruit par rayonnement 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 Modèle et méthode de mesure dans le cas du 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

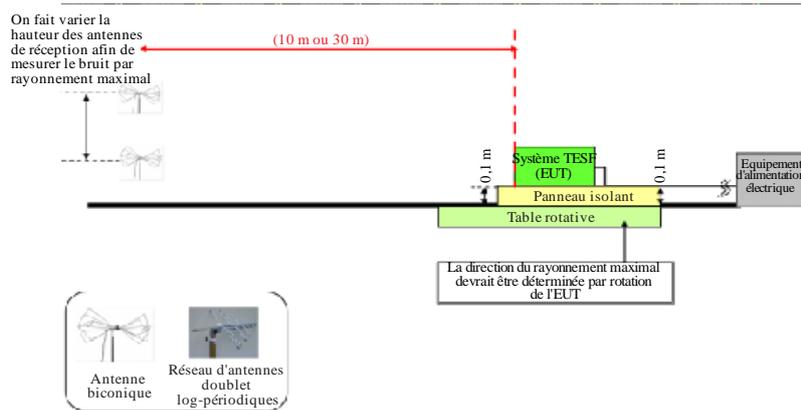
Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TEF pour la recharge de véhicules électriques, dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz



Rapport SM.2303-A3-01

FIGURE A3-2

Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TEF 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

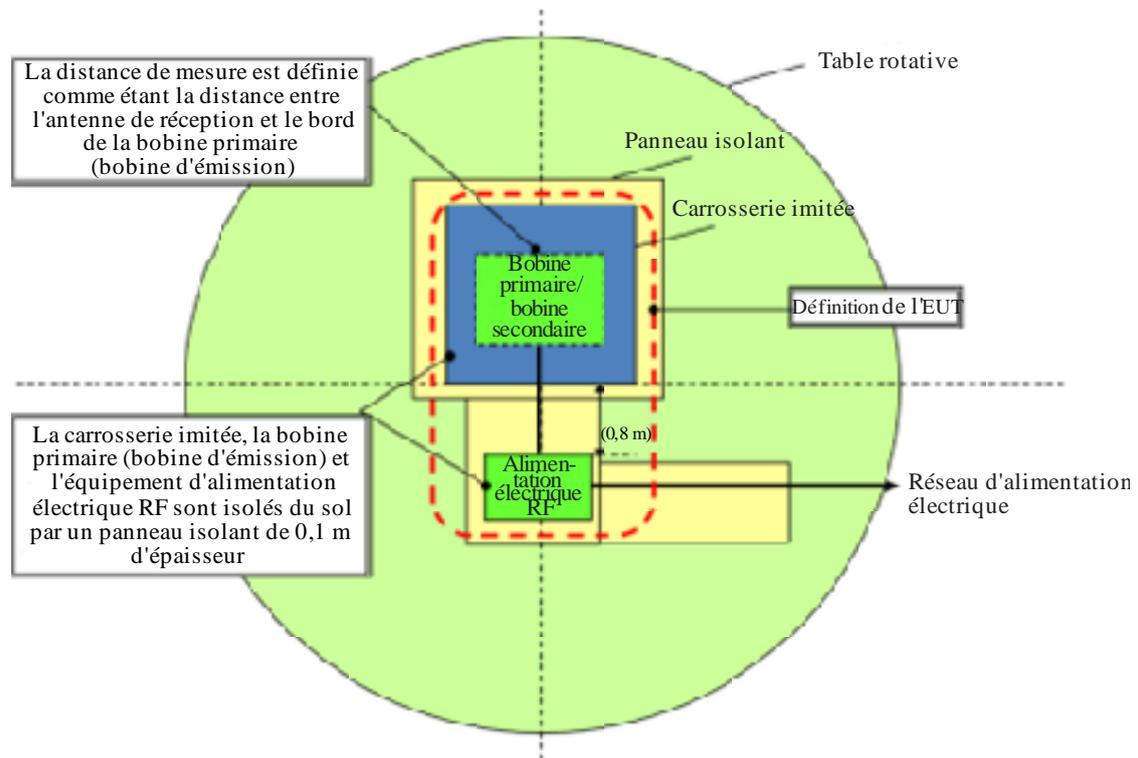
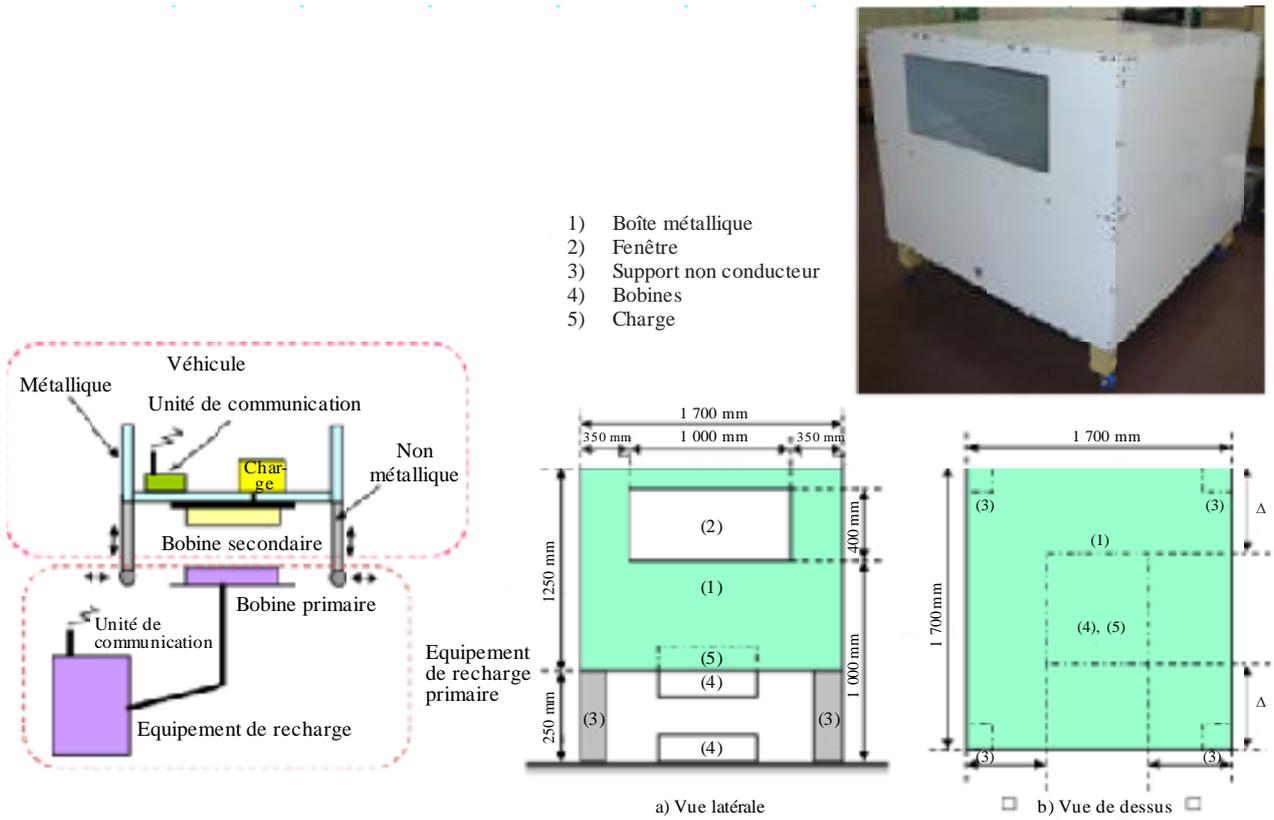
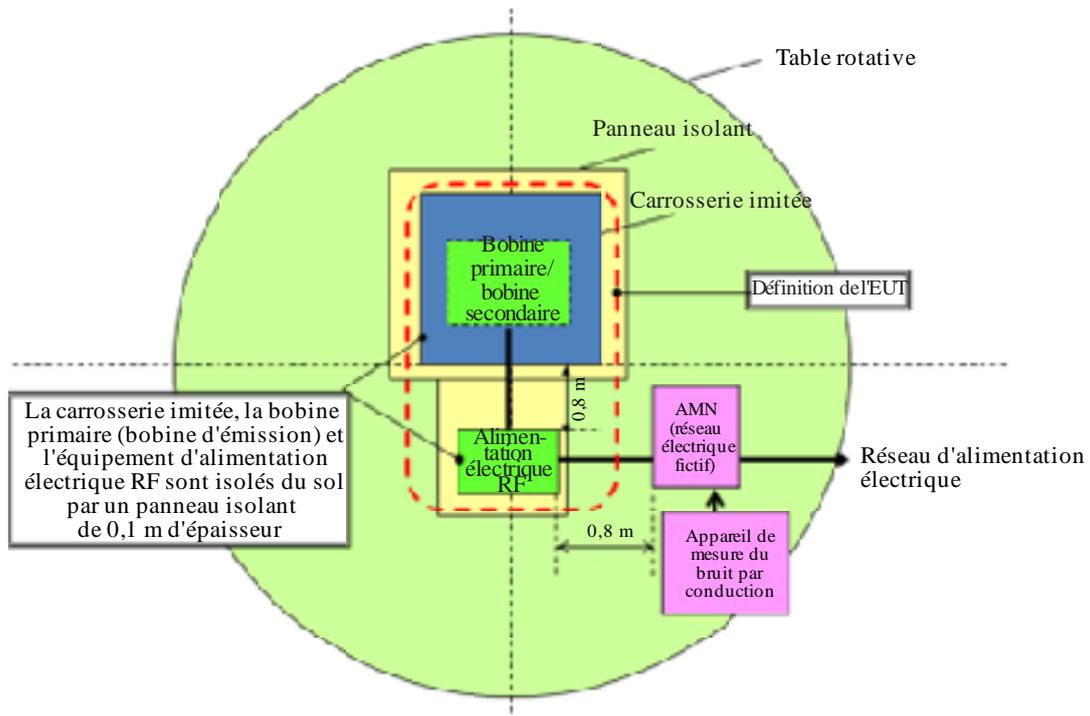


FIGURE A3-4
Configuration de la carrosserie imitée



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 Modèle et méthode de mesure pour les dispositifs mobiles, les dispositifs portables et les 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

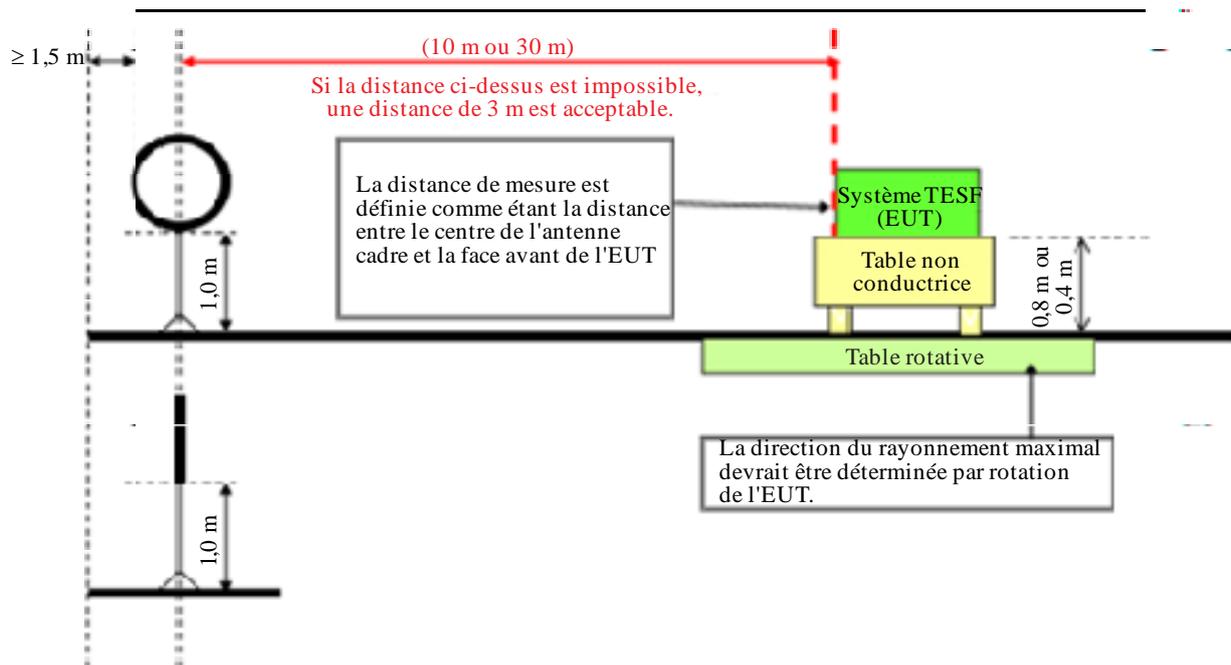
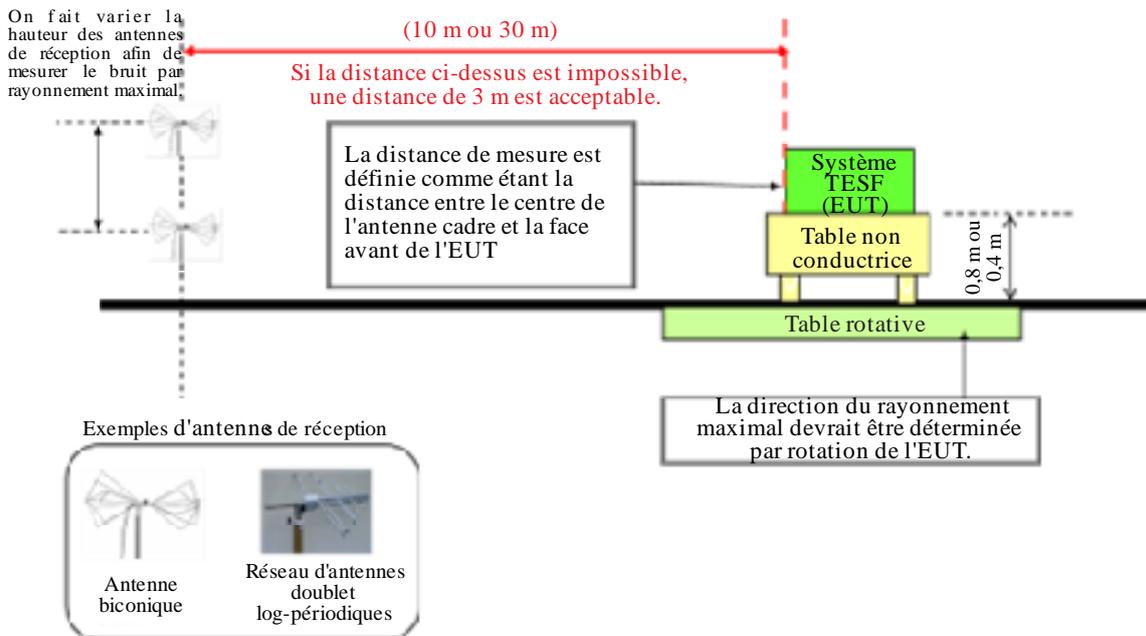


FIGURE A3-7

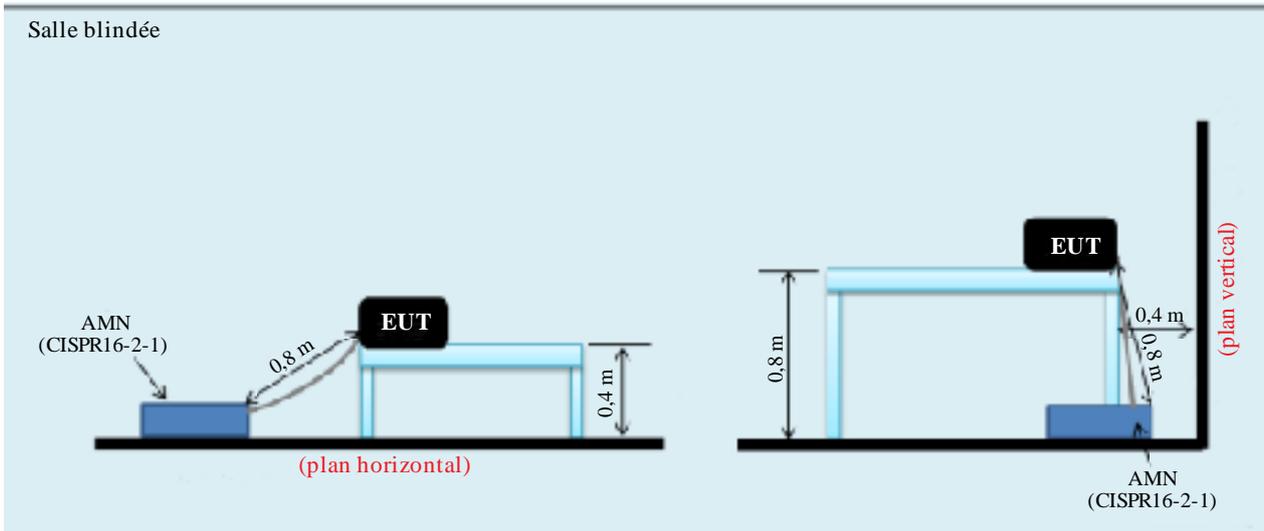
Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESH pour les dispositifs mobiles et portables et les appareils domestiques, dans la gamme de fréquences 30 MHz – 6 GHz



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 TESF. Il convient de noter que ces limites sont des limites provisoires et qu'elles sont actuellement à l'étude.

3.1 Limites cibles des rayonnements émanant de systèmes TESF pour la recharge de véhicules électriques

Des limites cibles provisoires du bruit par rayonnement pour la gamme de fréquences TESF 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 TESF 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 TESF (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 μ V/m à 30 m)
Puissance de l'émetteur de 7,7 kW	: 58,9 mV/m à 30 m (95,4 dB μ V/m à 30 m)
 - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz

	: 30 μ V/m à 30 m (29,5 dB μ V/m à 30 m)
--	--
 - c) Autres gammes de fréquences

	: 200 μ V/m à 30 m (46,0 dB μ V/m à 30 m)
--	---
- 2) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ magnétique
 - a) Gamme de fréquences TESF (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)

Puissance de l'émetteur de 3 kW	: 97,5 μ A/m à 30 m (39,8 dB μ A/m à 30 m)
Puissance de l'émetteur de 7,7 kW	: 156 μ A/m à 30 m (43,9 dB μ A/m à 30 m)
 - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz

	: 0,0796 μ A/m à 30 m (-22,0 dB μ A/m à 30 m)
--	---
 - c) Autres gammes de fréquences

	: 0,531 μ A/m à 30 m (-5,51 dB μ A/m à 30 m)
--	--

3.2 Limites cibles des rayonnements 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 μ V/m à 30 m)
 - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz

: 30 μ V/m à 30 m (29,5 dB μ V/m à 30 m)
 - c) Autres gammes de fréquences

: 100 μ V/m à 30 m (40,0 dB μ 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 μ A/m à 30 m (48,5 dB μ A/m à 30 m)
 - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz

: 0,0796 μ A/m à 30 m (-22,0 dB μ A/m à 30 m)
 - c) Autres gammes de fréquences

: 0,265 μ A/m à 30 m (-11,5 dB μ A/m à 30 m)

3.3 Limites cibles des rayonnements 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 μ V/m à 30 m)
 - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz

: 30 μ V/m à 30 m (29,5 dB μ V/m à 30 m)
 - c) Autres gammes de fréquences

: 173 μ V/m à 30 m (44,8 dB μ 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 μ A/m à 30 m (8,5 dB μ A/m à 30 m)

- b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
: 0,0796 $\mu\text{A/m}$ à 30 m (–22,0 dB $\mu\text{A/m}$ à 30 m)
- c) Autres gammes de fréquences
: 0,459 $\mu\text{A/m}$ à 30 m (–6,7 dB $\mu\text{A/m}$ à 30 m)

3.4 Limites cibles des rayonnements 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 $\mu\text{V/m}$ à 30 m (40 dB $\mu\text{V/m}$ à 30 m)
 - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
: 30 $\mu\text{V/m}$ à 30 m (29,5 dB $\mu\text{V/m}$ à 30 m)
 - c) Autres gammes de fréquences
: 100 $\mu\text{V/m}$ à 30 m (40 dB $\mu\text{V/m}$ 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)
: 0,265 $\mu\text{A/m}$ à 30 m (–11,5 dB $\mu\text{A/m}$ à 30 m)
 - b) Gamme de fréquences 526,5-1 606,5 kHz
: 0,0796 $\mu\text{A/m}$ à 30 m (–22,0 dB $\mu\text{A/m}$ à 30 m)
 - c) Autres gammes de fréquences
: 0,265 $\mu\text{A/m}$ à 30 m (–11,5 dB $\mu\text{A/m}$ 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 Résultats de mesure dans le cas de systèmes 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 Figures A3-9 et A3-10, respectivement.

TABLEAU A3-1

Description des équipements de test pour la recharge de véhicules électriques

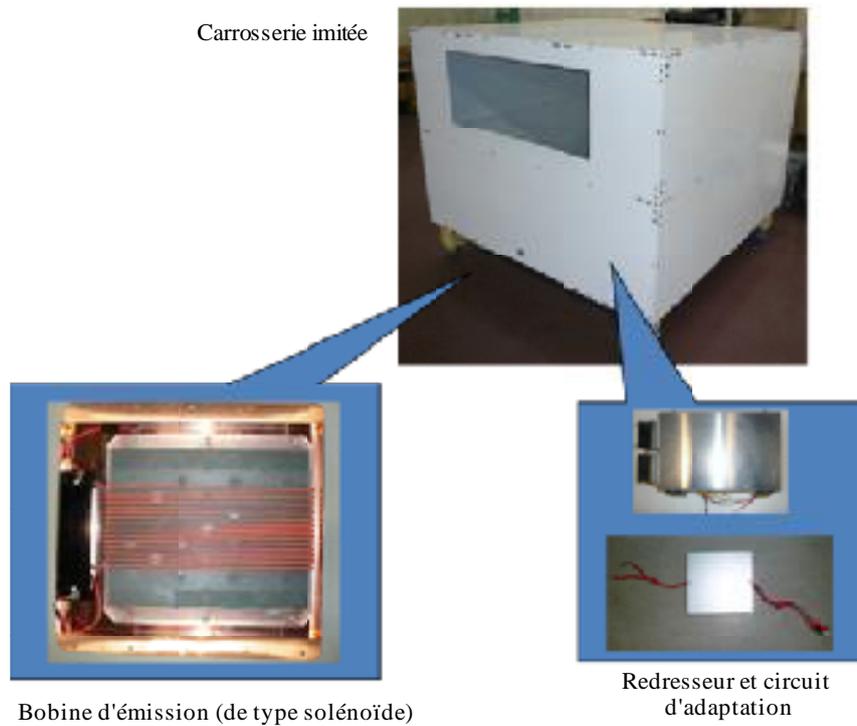
Système TESH	Recharge de véhicules électriques
Technique TESH	Résonance magnétique
Fréquence TESH	Equipement de test A: 120 kHz Equipement de test B: 85 kHz
Condition pour la TESH	Puissance de transfert: 3 kW Distance de transfert de l'énergie: 150 mm

FIGURE A3-9
Equipement de test A



Rapport SM.2303-A3-09

FIGURE A3-10
Équipement de test B



Rapport SM.2303-A3-10

2) Résultats de mesure du 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]

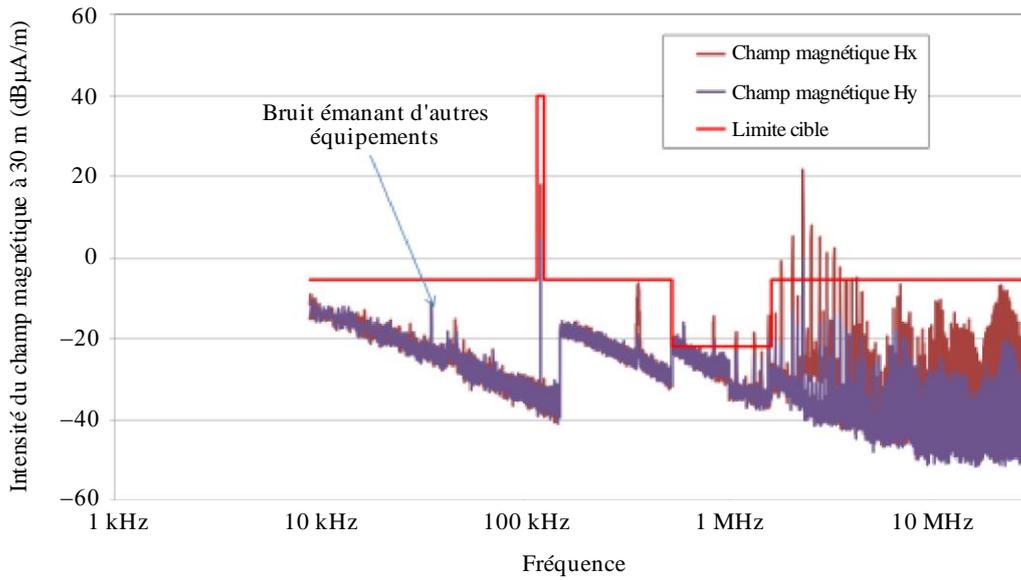
Fréquence inférieure à 526,5 kHz:	1/27
De 526,5 à 1 606,5 kHz:	1/10
De 1 606,5 kHz à 30 MHz:	1/6

Les résultats de mesure dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz sont présentés sur les Figures 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 Figures A3-14 et A3-15.

FIGURE A3-11

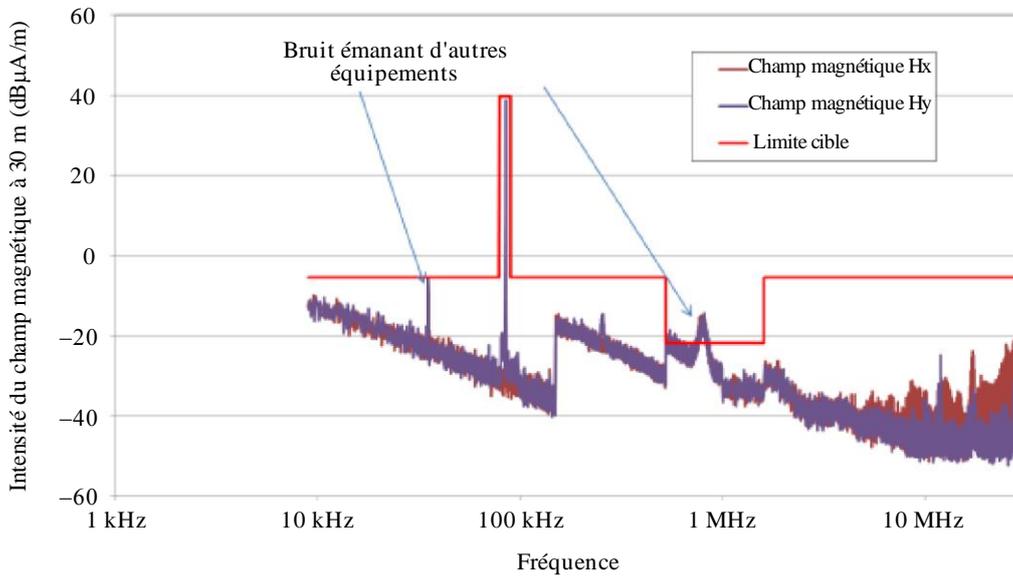
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test A (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-11

FIGURE A3-12

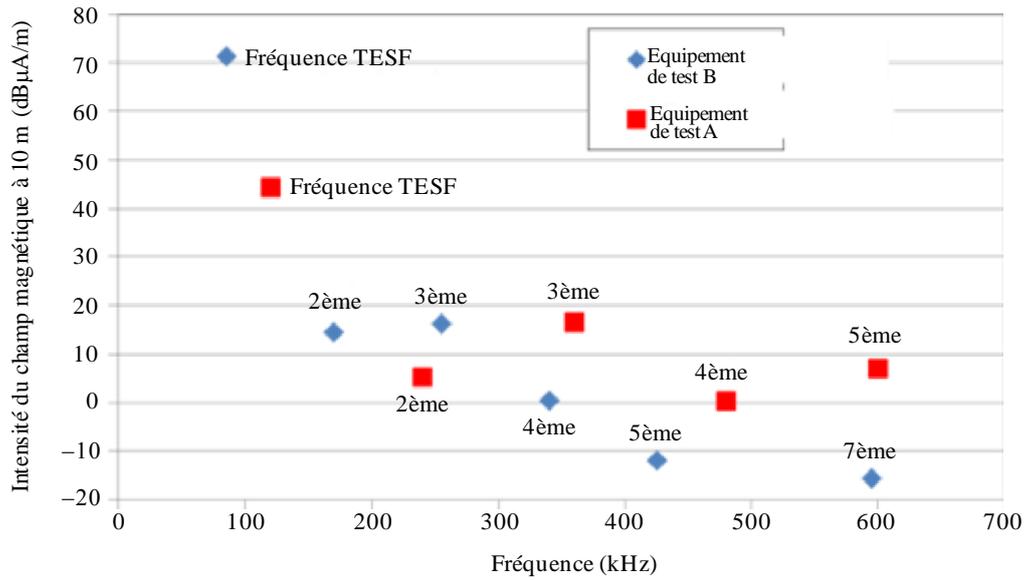
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test B (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-12

FIGURE A3-13

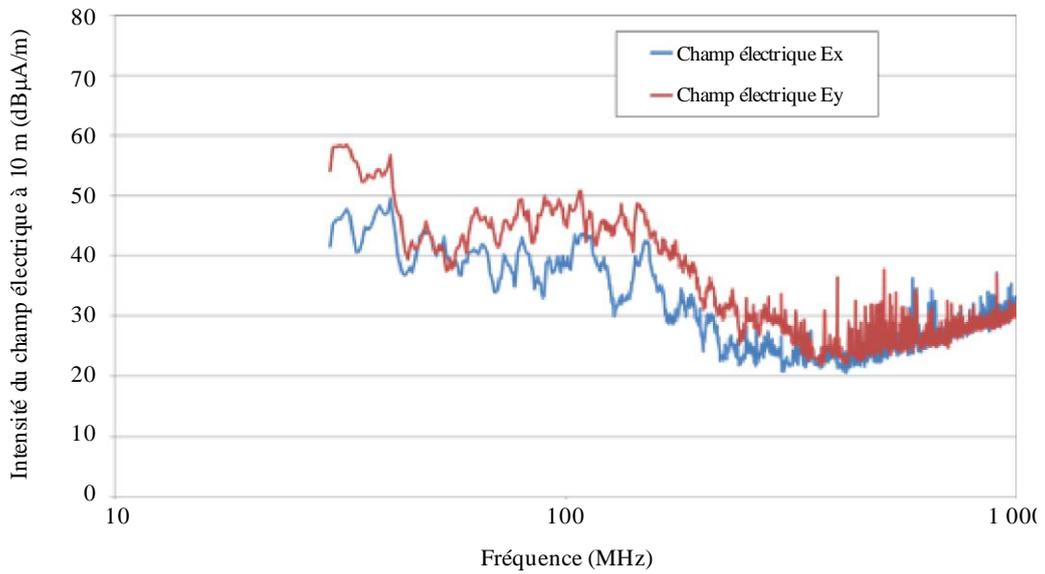
Résultats de mesure des harmoniques d'ordre supérieur (valeur de quasi-crête)



Rapport SM.2303-A3-13

FIGURE A3-14

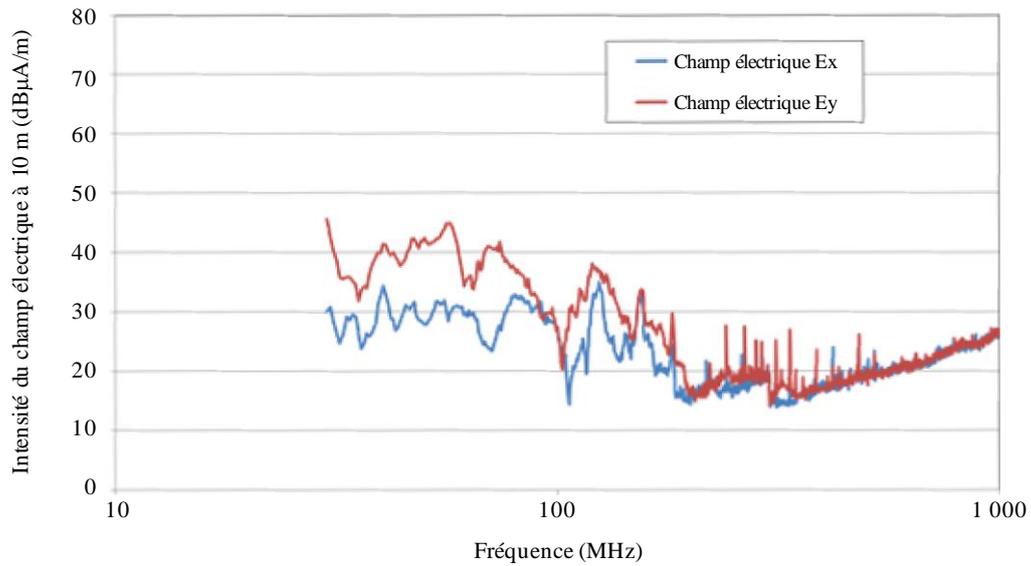
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test A (30 MHz – 1 GHz, valeur de crête)



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)



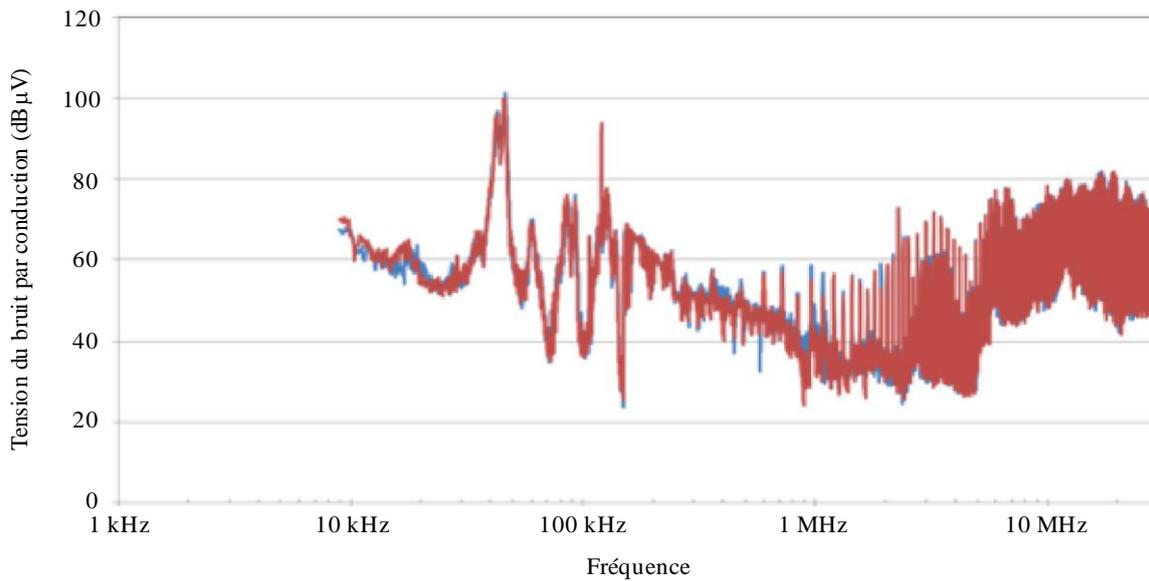
Rapport SM.2303-A3-15

3) Résultats de mesure du bruit par conduction

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

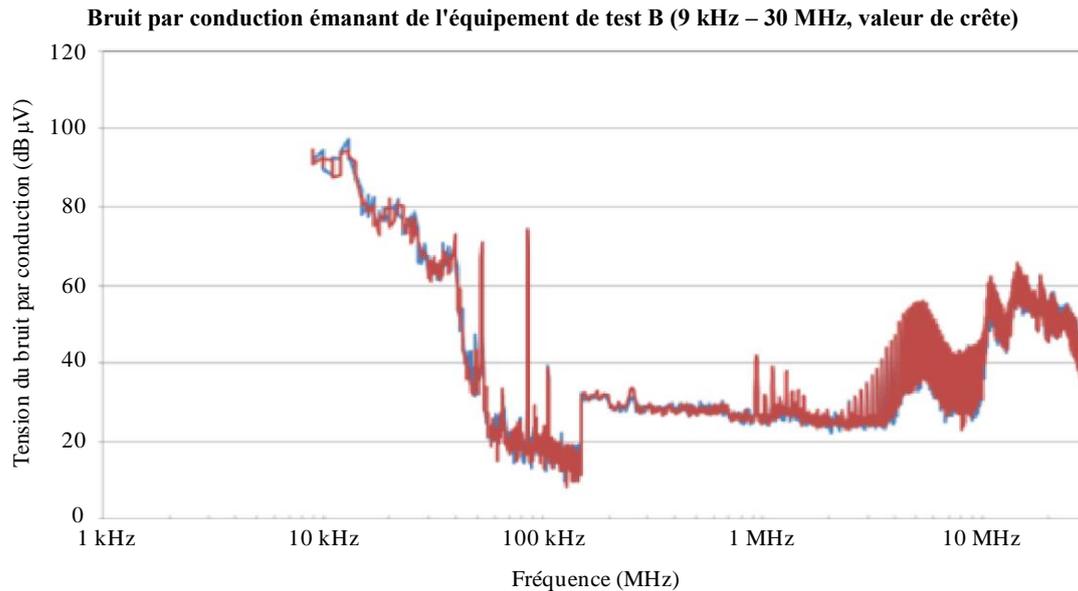
FIGURE A3-16

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



4.2 Résultats de mesure pour les 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.

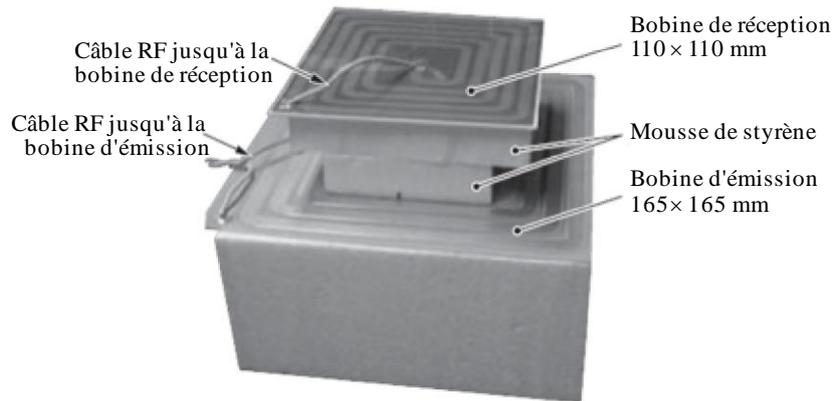
TABLEAU A3-2

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



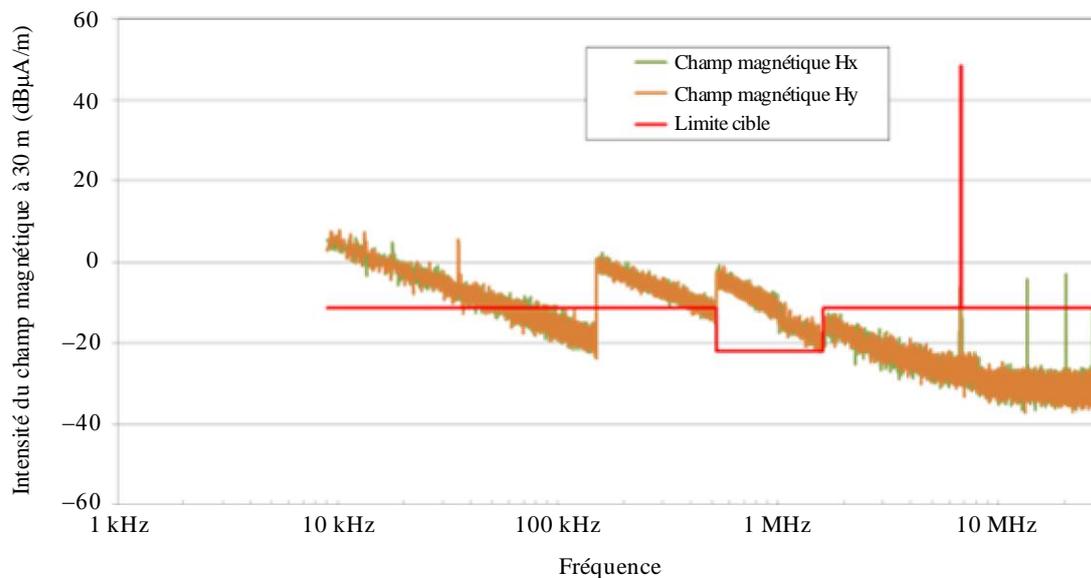
Rapport SM.2303-A3-18

2) Résultats de mesure du 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 Figures A3-19, A-20 et A3-21. Par ailleurs, la Figure 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

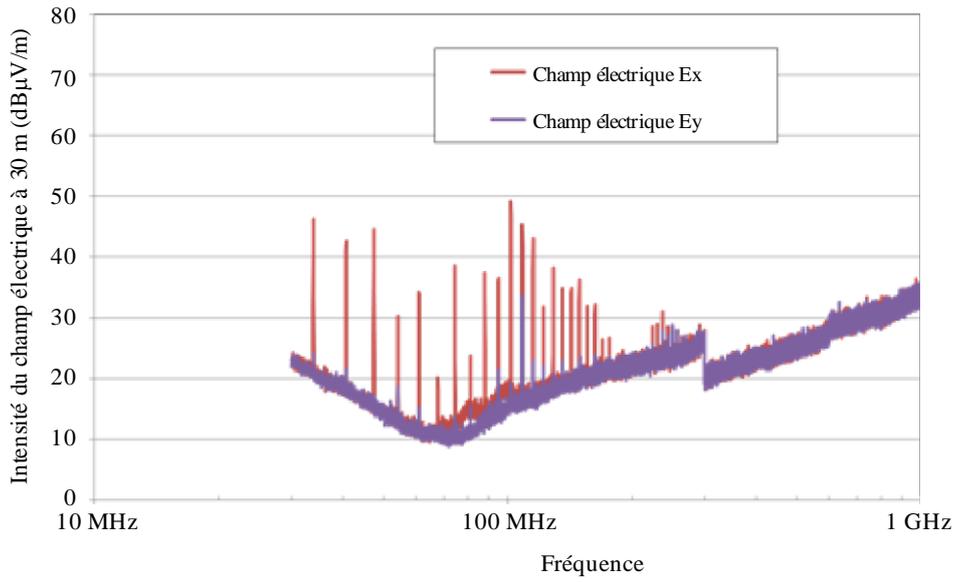
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-19

FIGURE A3-20

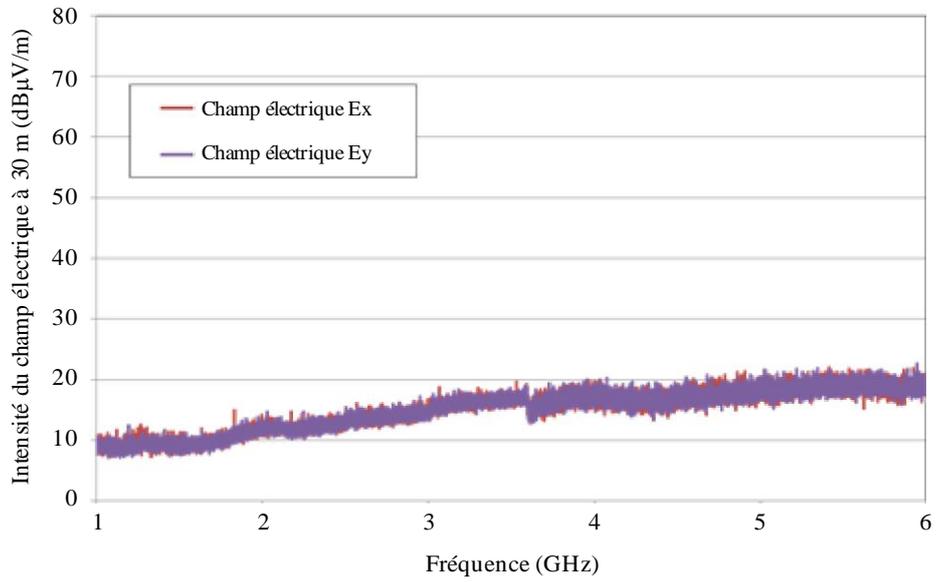
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test (30 MHz – 1 GHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-20

FIGURE A3-21

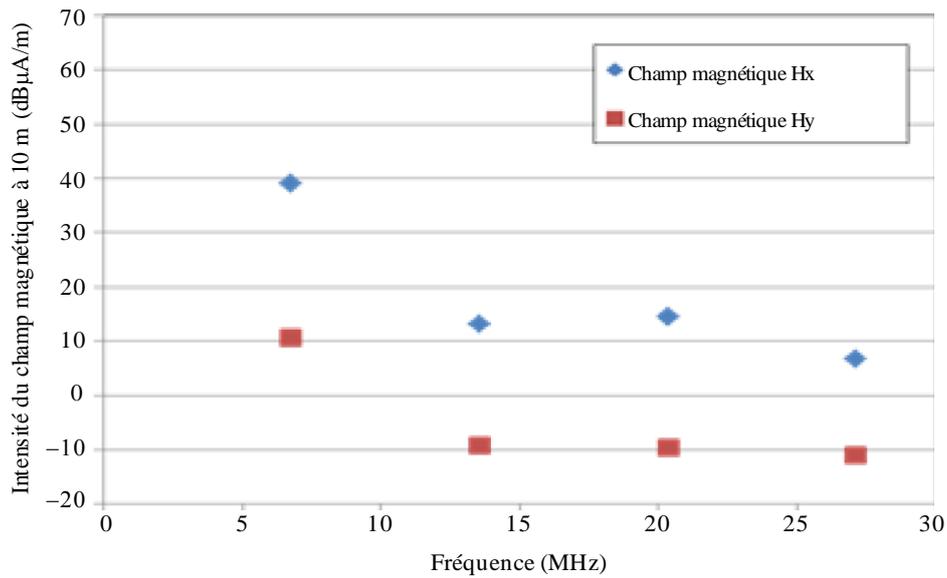
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test (1-6 GHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-21

FIGURE A3-22

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



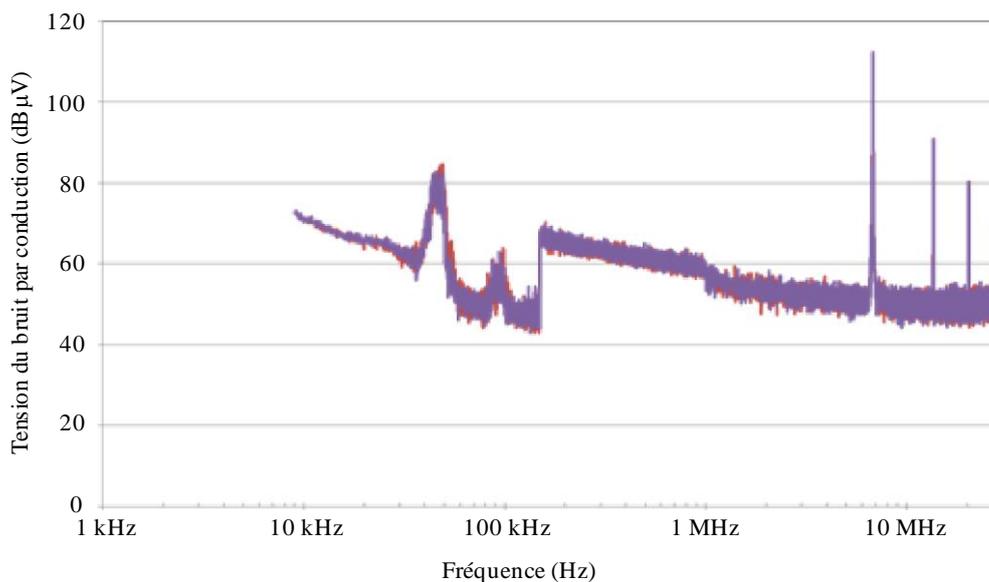
Rapport SM.2303-A3-22

3) Résultats de mesure du bruit par conduction

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

FIGURE A3-23

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



Rapport SM.2303-A3-23

4.3 Résultats de mesure pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique

1) Description des équipements de test

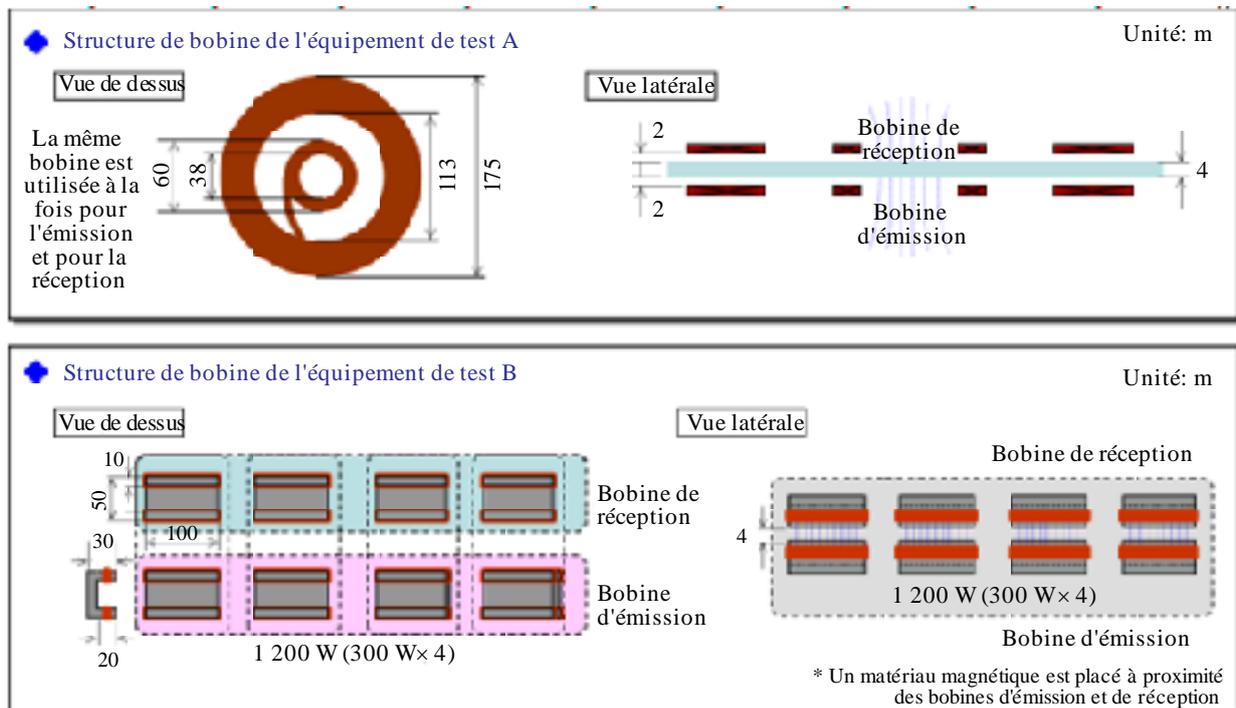
Le Tableau A3-3 décrit les équipements de test pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique. Deux structures de bobine sont utilisées pour ce système TESF comme indiqué à la Fig. A3-24. Pour l'équipement de test A, la fréquence TESF est de 23,4 kHz et la puissance de transmission est de 1,5 kW. Pour l'équipement de test B, la fréquence TESF 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 TESF.

TABLEAU A3-3
Description des équipements de test pour les appareils domestiques utilisant l'induction magnétique

Système TESF	Appareils domestiques
Technique TESF	Induction magnétique
Fréquence TESF	Équipement de test A: 23,4 kHz Équipement de test B: 95 kHz
Condition pour la TESF	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



2) Résultats de mesure du 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 Figures 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)

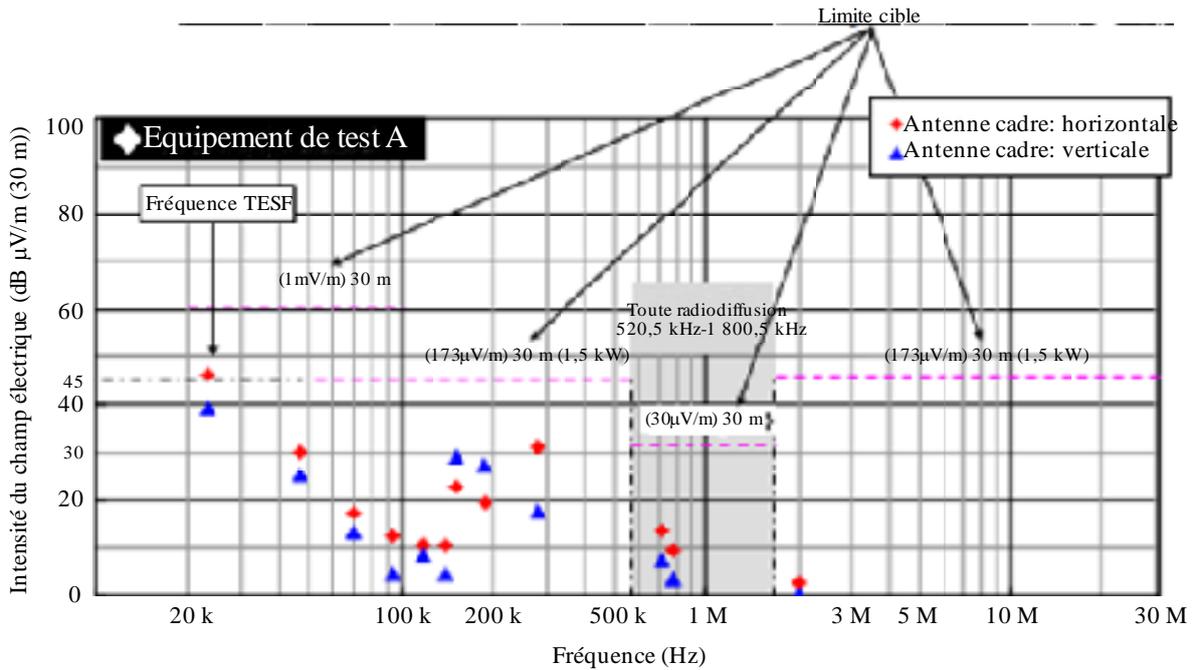
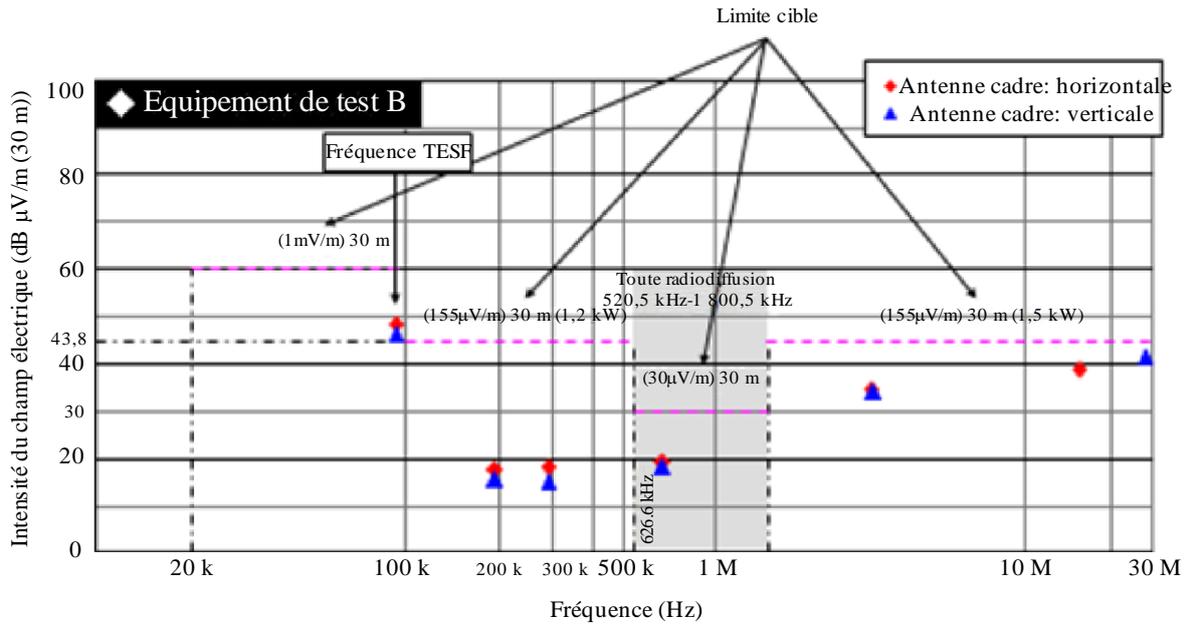


FIGURE A3-26

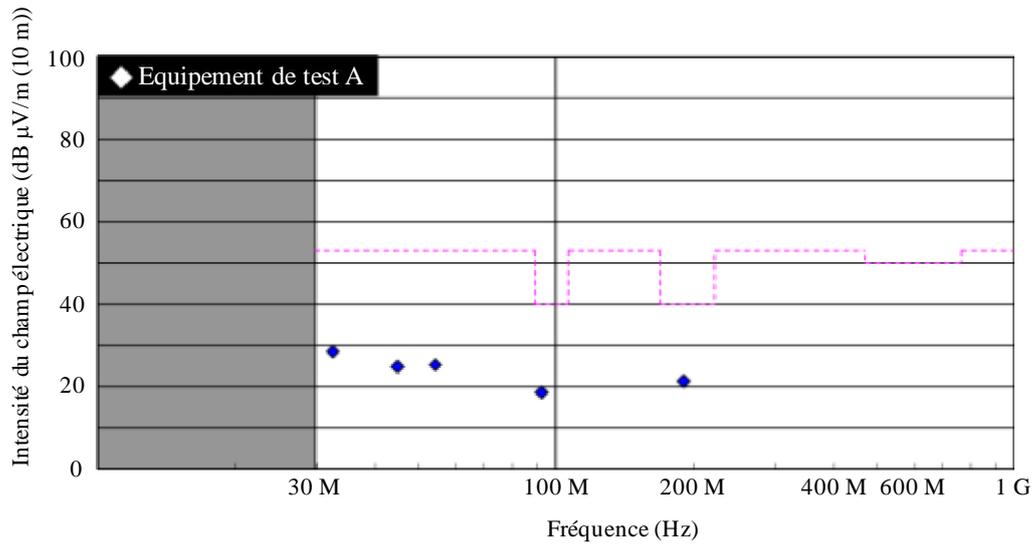
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test B (9 kHz – 30 MHz, valeur de quasi-crête)



Rapport SM.2303-A3-26

FIGURE A3-27

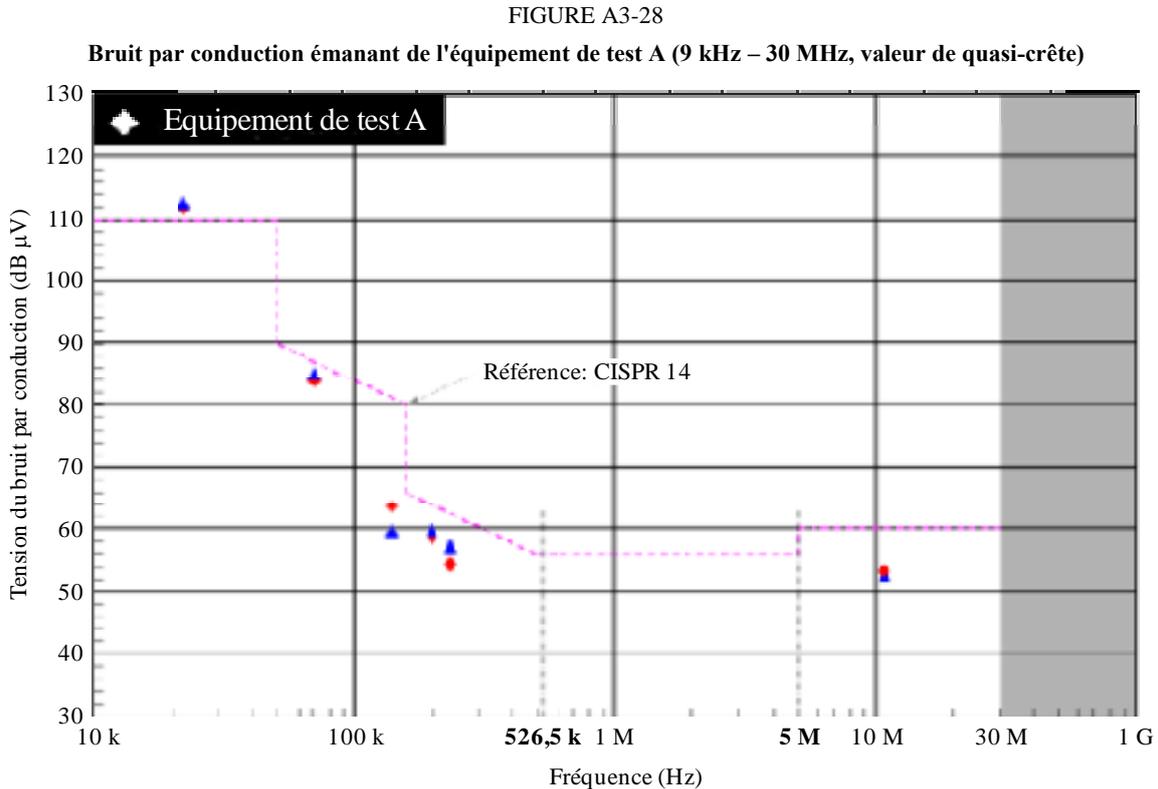
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test A (30 MHz – 1 GHz, valeur de quasi-crête)



Rapport SM.2303-A3-27

3) Résultats de mesure du 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.



Rapport SM.2303-A3-28

4.4 Résultats de mesure pour les 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.

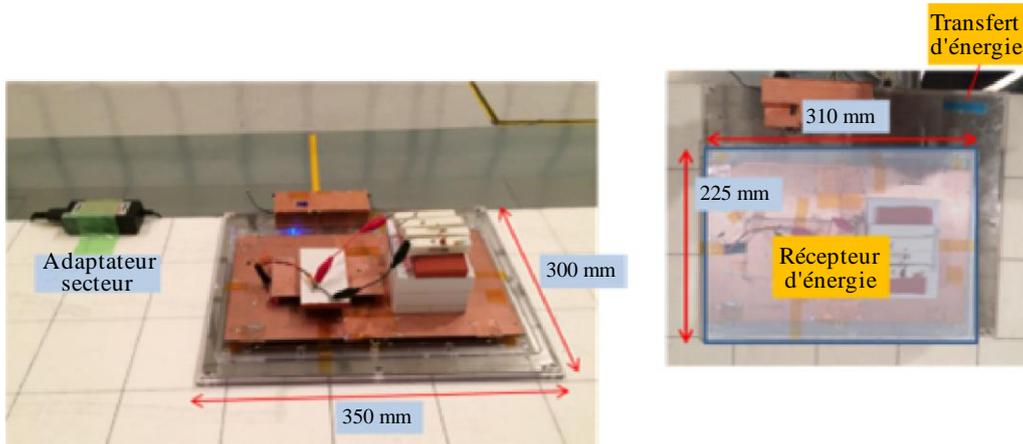
TABLEAU A3-4

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

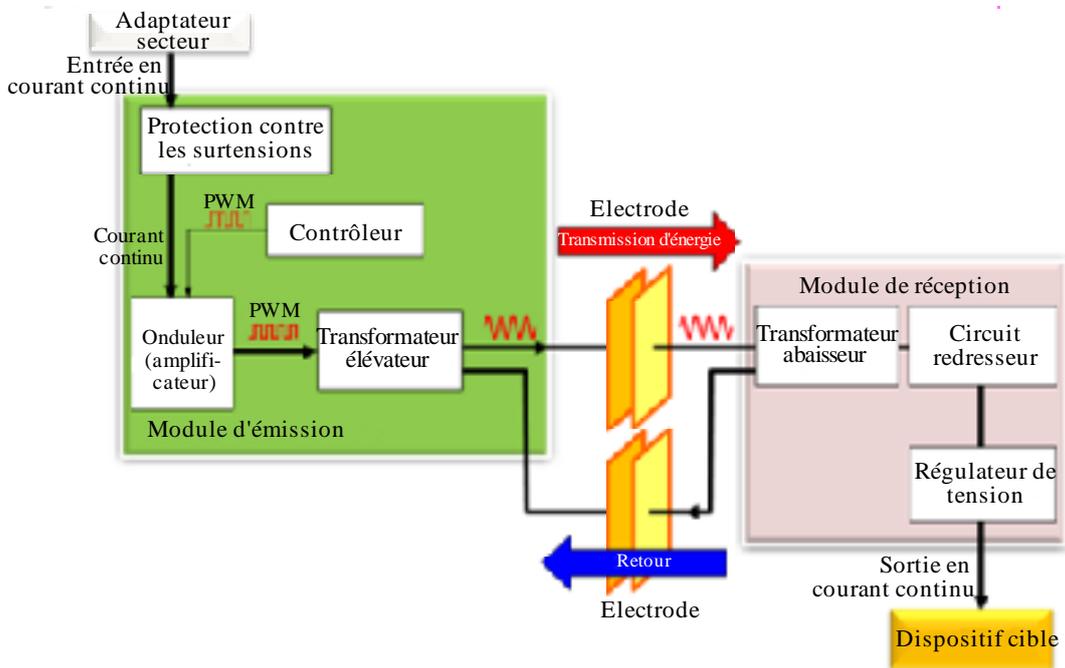
Equipement de test pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif



Rapport SM.2303-A3-29

FIGURE A3-30

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



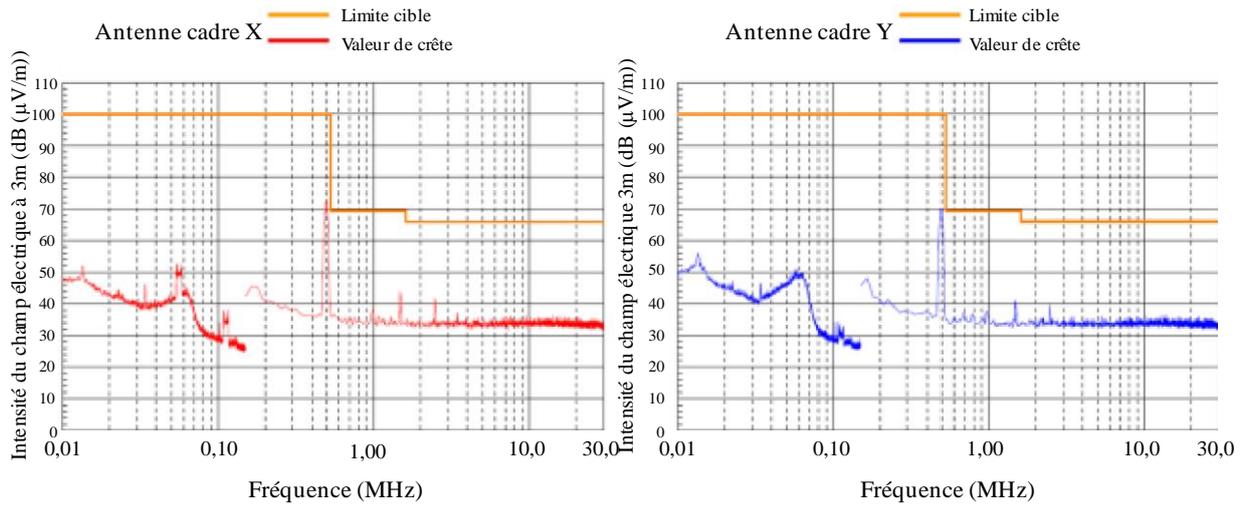
Rapport SM.2303-A3-30

2) Résultats de mesure du 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

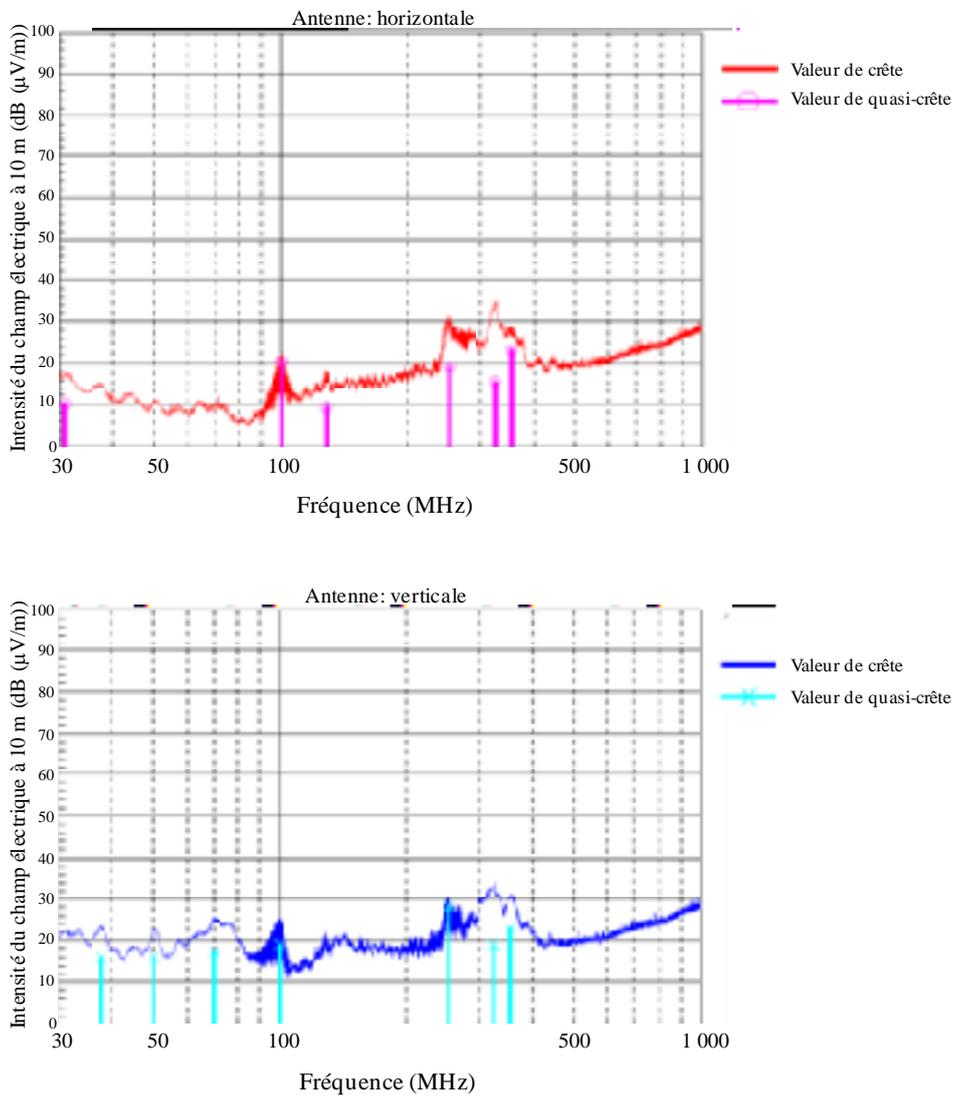
Bruit par rayonnement (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Rapport SM.2303-A3-31

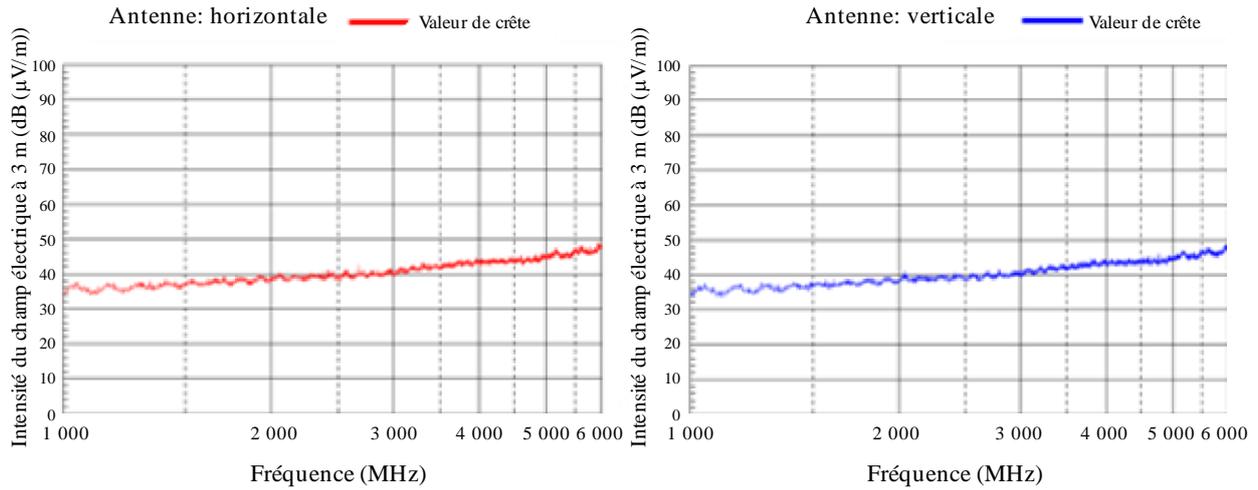
FIGURE A3-32

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)

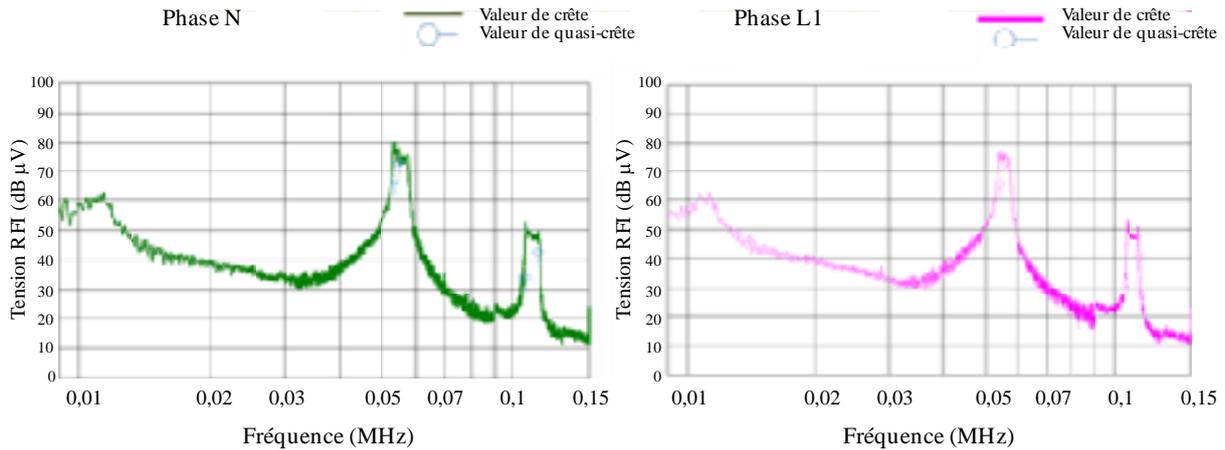
Rapport SM.2303-A3-33

3) Résultats de mesure du bruit par conduction

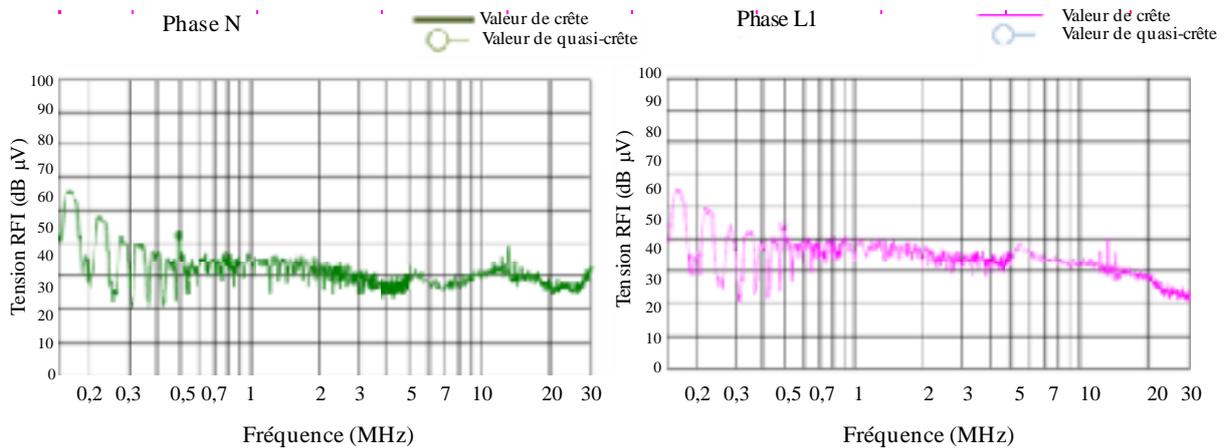
Les résultats de mesure du bruit par conduction dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz sont présentés à la Fig. A3-34.

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

Mesures de systèmes TESF pour poids lourds électriques effectuées en Corée

Résultats de test de la perturbation électromagnétique due aux systèmes TESF pour poids lourds électriques

1 Conditions de test

1.1 Configuration du site de test

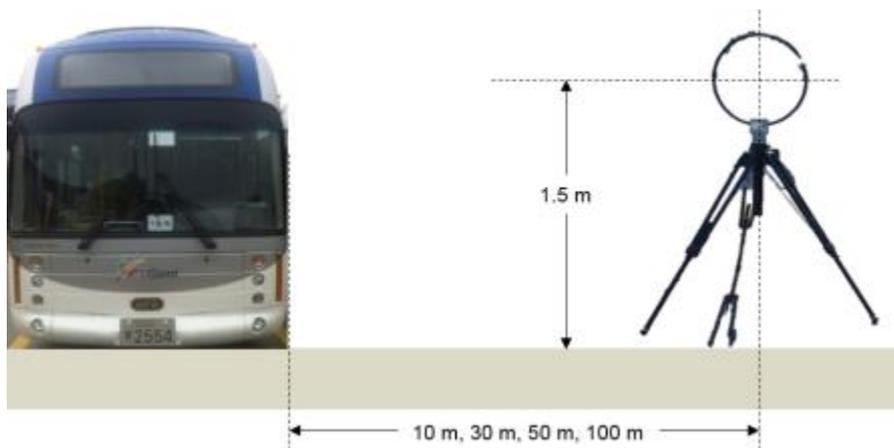
La Figure A4-1 montre l'environnement de test des poids lourds TESF avec l'onduleur et les lignes électriques. La Figure A4-2 illustre les quatre distances de mesure utilisées pour les tests.

FIGURE A4-1
Environnement du site de test (ville de Gumi)



Les intensités du champ magnétique sont mesurées au moyen d'une antenne-cadre à quatre distances différentes d'un bus TESF sur la base d'une hauteur d'antenne de 1,5 m, comme indiqué à la Fig. A4-2.

FIGURE A4-2
Configuration de mesure à quatre distances différentes adoptée dans notre test

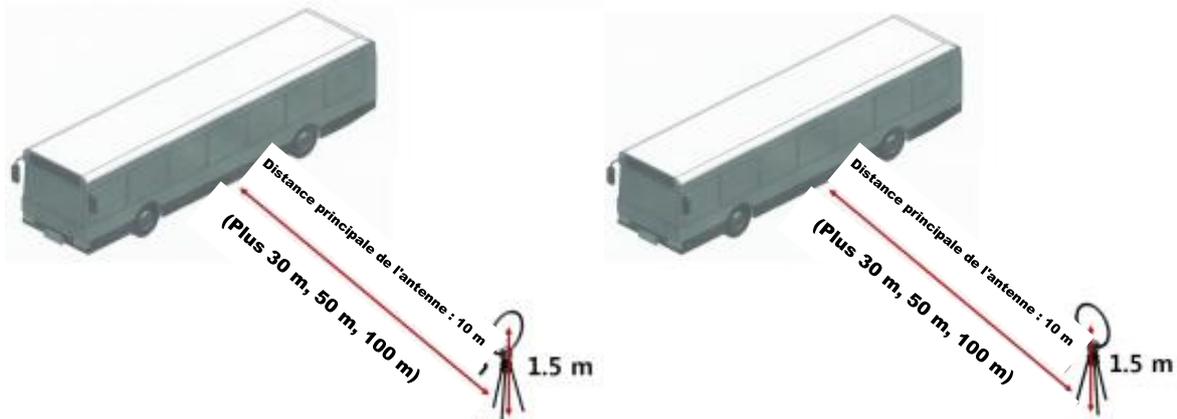


La distance de 10 m est une référence fournie par la méthode de mesure. Le test a néanmoins été réalisé à 30 m, 50 m et 100 m afin de contrôler les conditions du test d'impact.

La norme CEI 62236-2:2008, Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 2, est prise comme référence.

L'antenne-cadre présente une gamme de fréquences de 9 kHz – 30 MHz, et sa position est réglable selon l'axe vertical des x et l'axe vertical des y (perpendiculaire à l'axe des x), comme illustré à la Fig. A4-3.

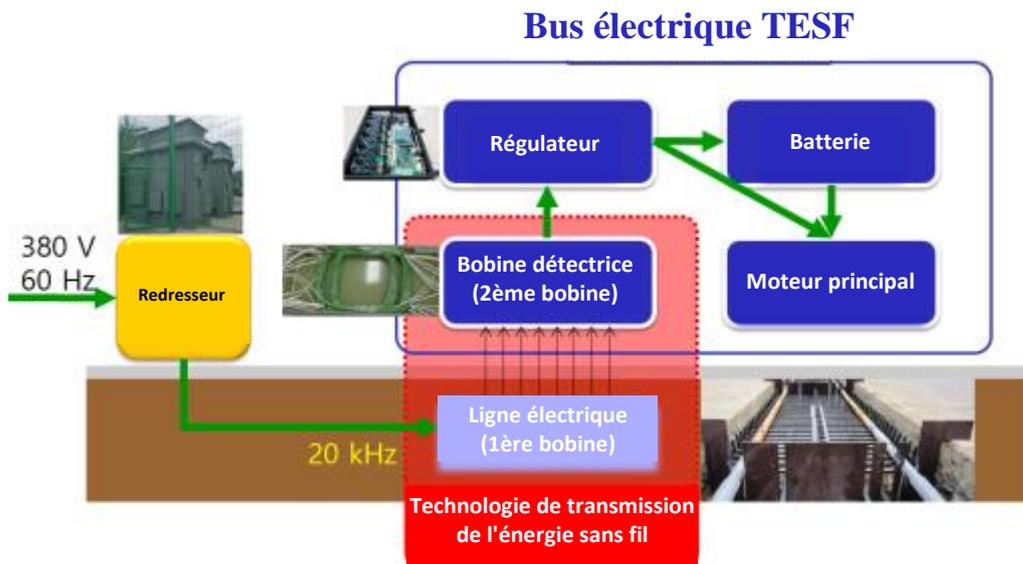
FIGURE A4-3
Positions de l'antenne selon les axes verticaux x et y



1.2 Configuration du système TESF pour poids lourds électriques

L'onduleur figuré par le bloc jaune à la Fig. A4-4 génère des signaux à 20 kHz de 380 Vac@60 Hz et les signaux sont fournis à la ligne électrique (1ère bobine). La bobine détectrice (2ème bobine) capte les champs magnétiques de forte intensité. Puis les courants induits sont convertis en courants continus à partir de courants à 20 kHz par le redresseur intégré. Le courant continu redressé alimente un régulateur afin de charger les batteries ou de faire tourner les moteurs principaux.

FIGURE A4-4
Diagramme fonctionnel d'un système de recharge de bus TESF en test



1.3 Conditions d'exploitation

La Figure A4-5 montre le site de recharge réel ainsi que le poids lourd électrique TESF en cours de recharge.

FIGURE A4-5

Bus TESF et zone de recharge (à droite de la Figure)



Ce test est réalisé dans les conditions suivantes: 125 A et 680 V (puissance de recharge: 85 kW), puissance principale: 99,26 kW, efficacité de recharge: 85,6%, et fréquence 20 kHz.

FIGURE A4-6

Redresseurs (à gauche de la Figure) et wattmètre indiquant la puissance principale du redresseur lors d'une série de mesures



1.4 Conditions de test

Les dispositifs de mesure se présentent comme suit:

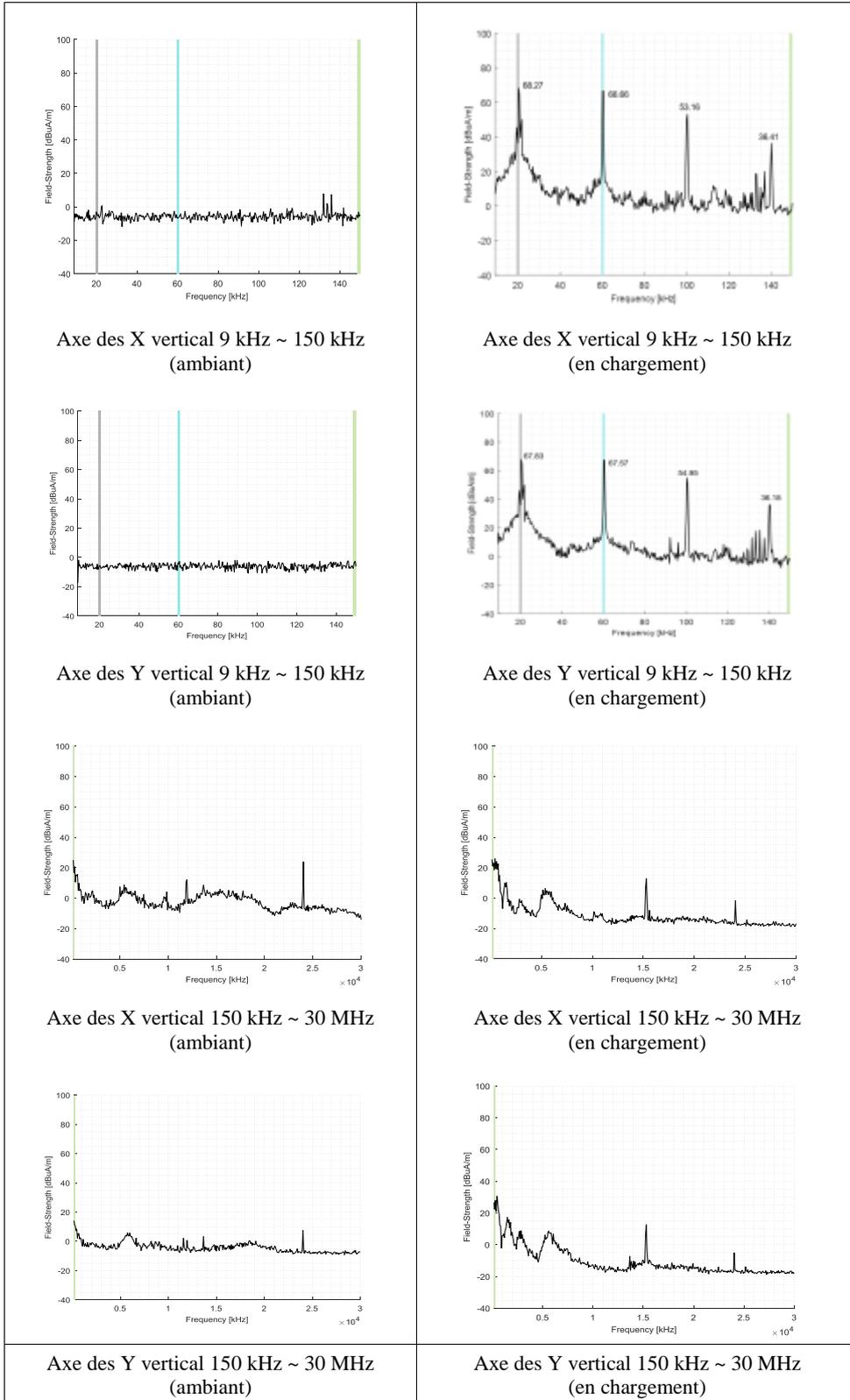
- ① Antenne: Rhode & Schwarz, HFH2-Z2, antenne-cadre (étalonnée le 8 mars 2017)
- ② Récepteur: Agilent E4440A, analyseur de spectre (étalonné le 15 avril 2016)

Conditions météorologiques lors du test:

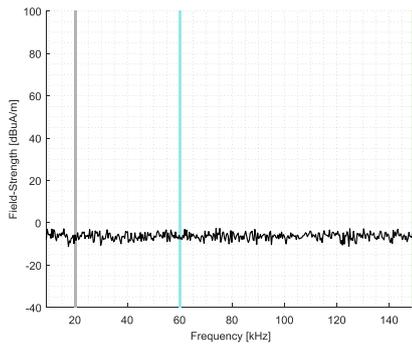
- ① Période du test: les 13 et 14 avril 2017
- ② Température: 12 °C ~ 25 °C (de 10 heures à 17 heures)
- ③ Humidité: 45%R.H. (probabilité de précipitations: 16%)
- ④ Vitesse du vent: 4 m/s

2 Résultat du test à différentes distances

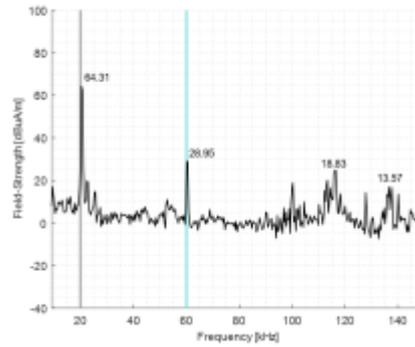
2.1 10 m



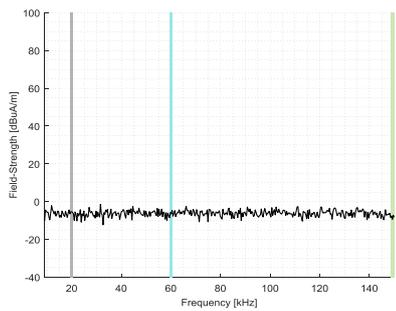
2.2 30 m



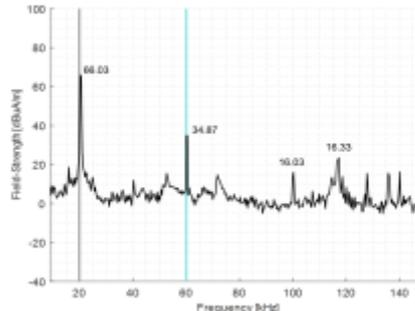
Axe des X vertical 9 kHz ~ 150 kHz
(ambient)



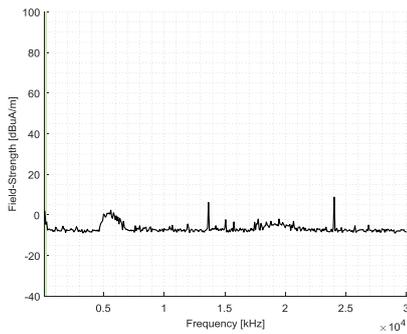
Axe des X vertical 9 kHz ~ 150 kHz
(en chargement)



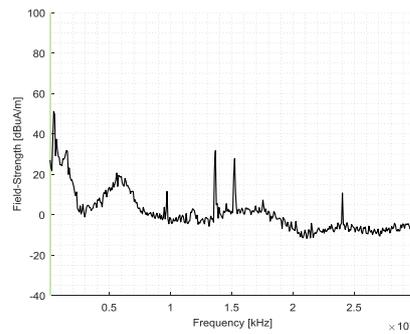
Axe des Y vertical 9 kHz ~ 150 kHz
(ambient)



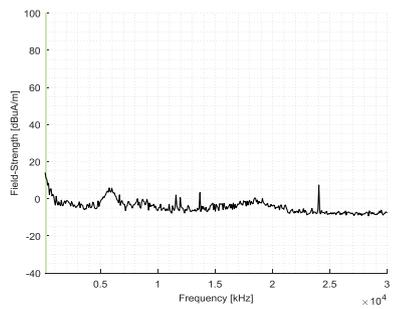
Axe des Y vertical 9 kHz ~ 150 kHz
(en chargement)



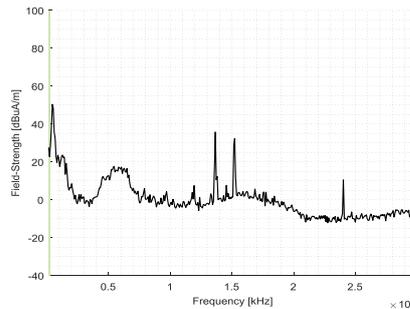
Axe des X vertical 150 kHz ~ 30 MHz
(ambient)



Axe des X vertical 150 kHz ~ 30 MHz
(en chargement)

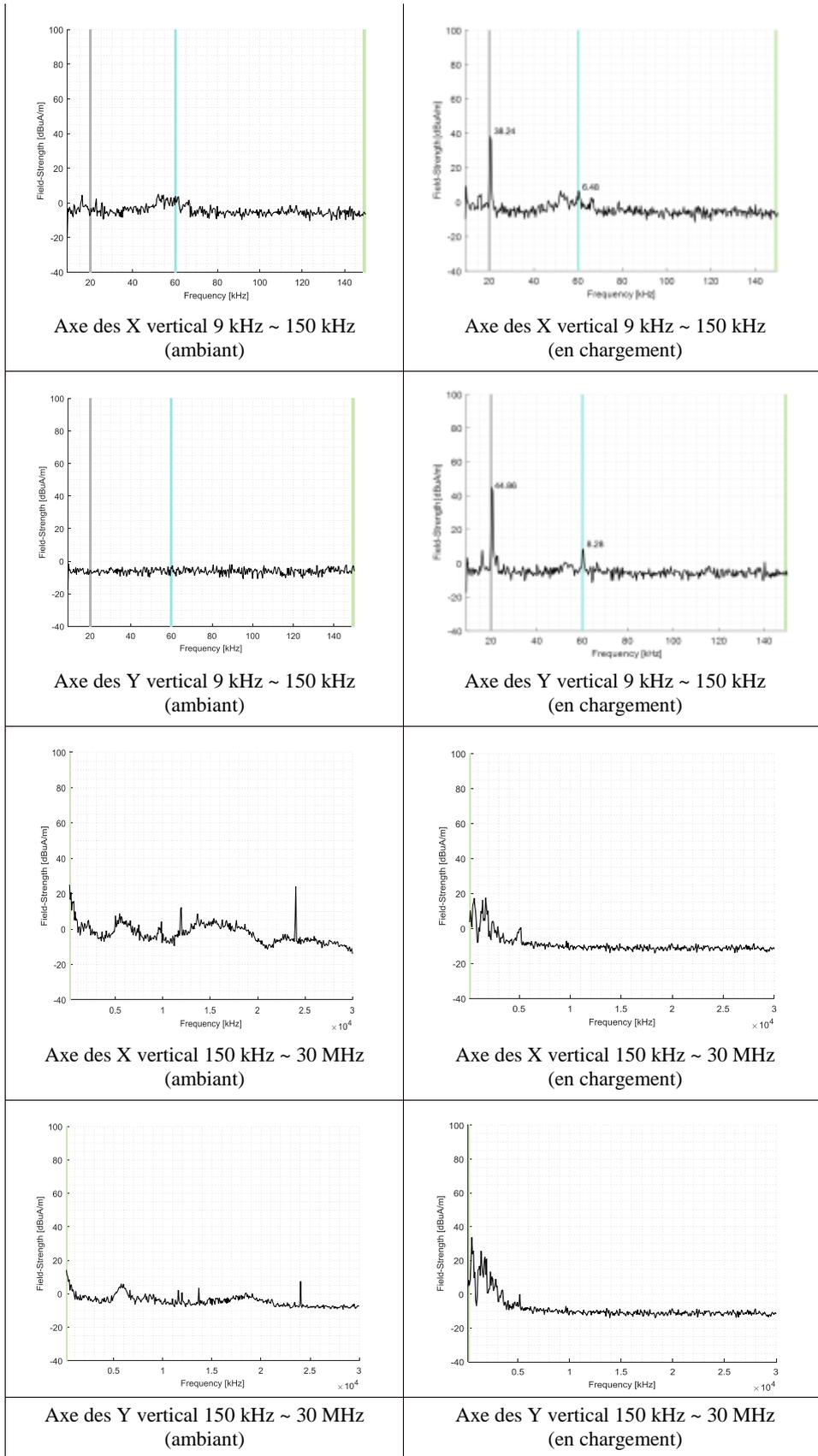


Axe des Y vertical 150 kHz ~ 30 MHz
(ambient)

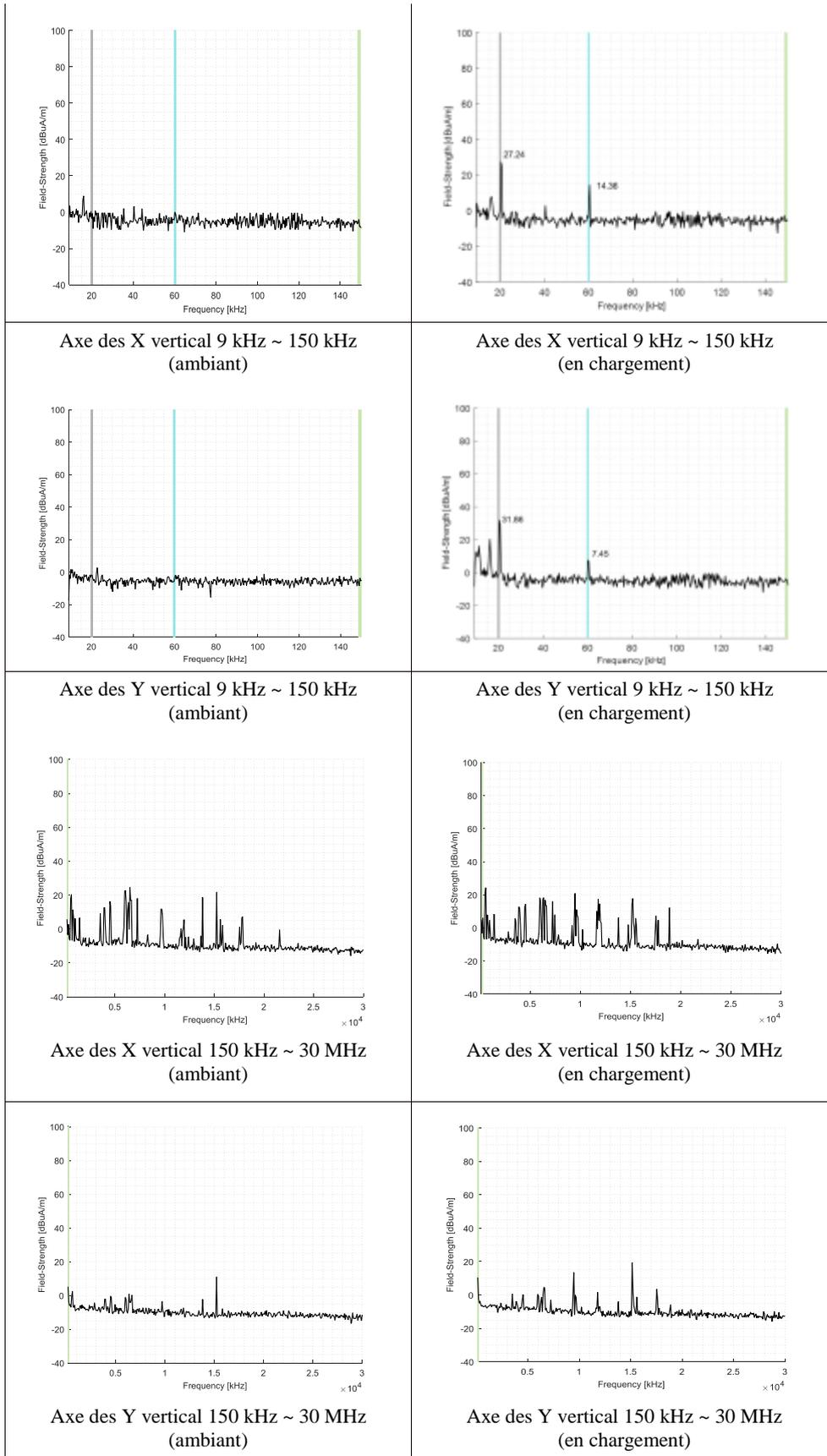


Axe des Y vertical 150 kHz ~ 30 MHz
(en chargement)

2.3 50 m



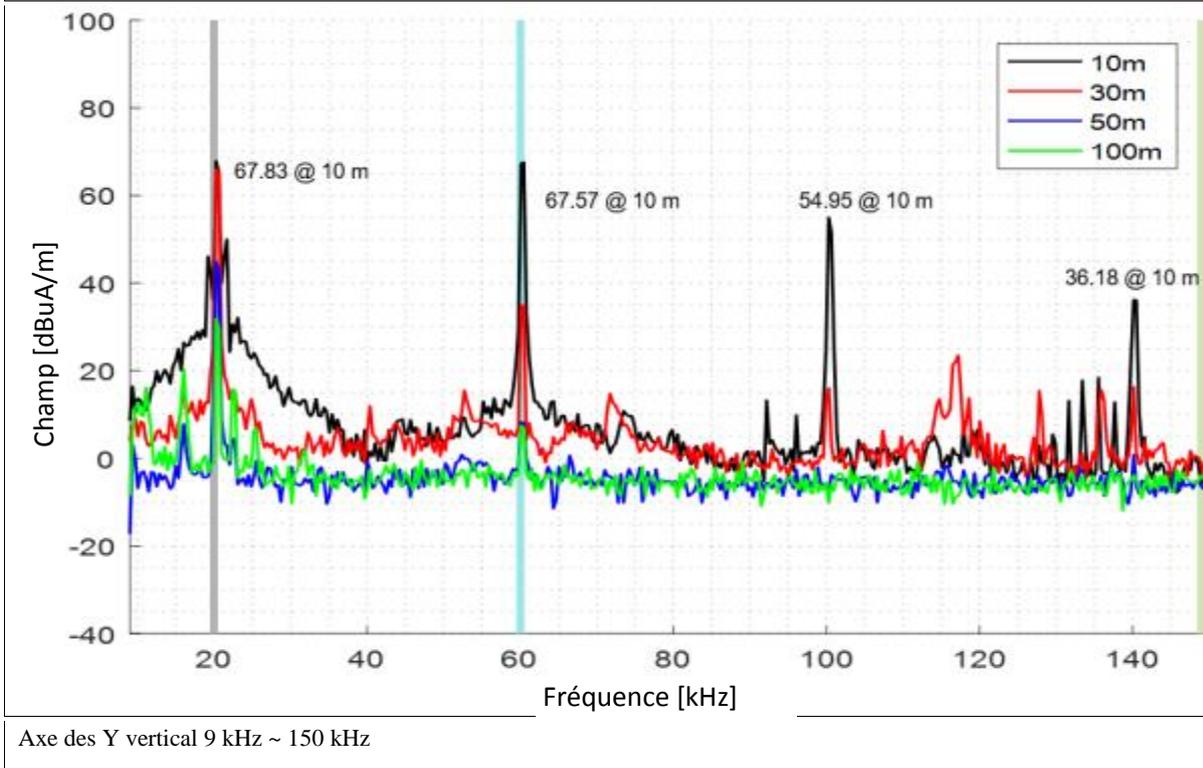
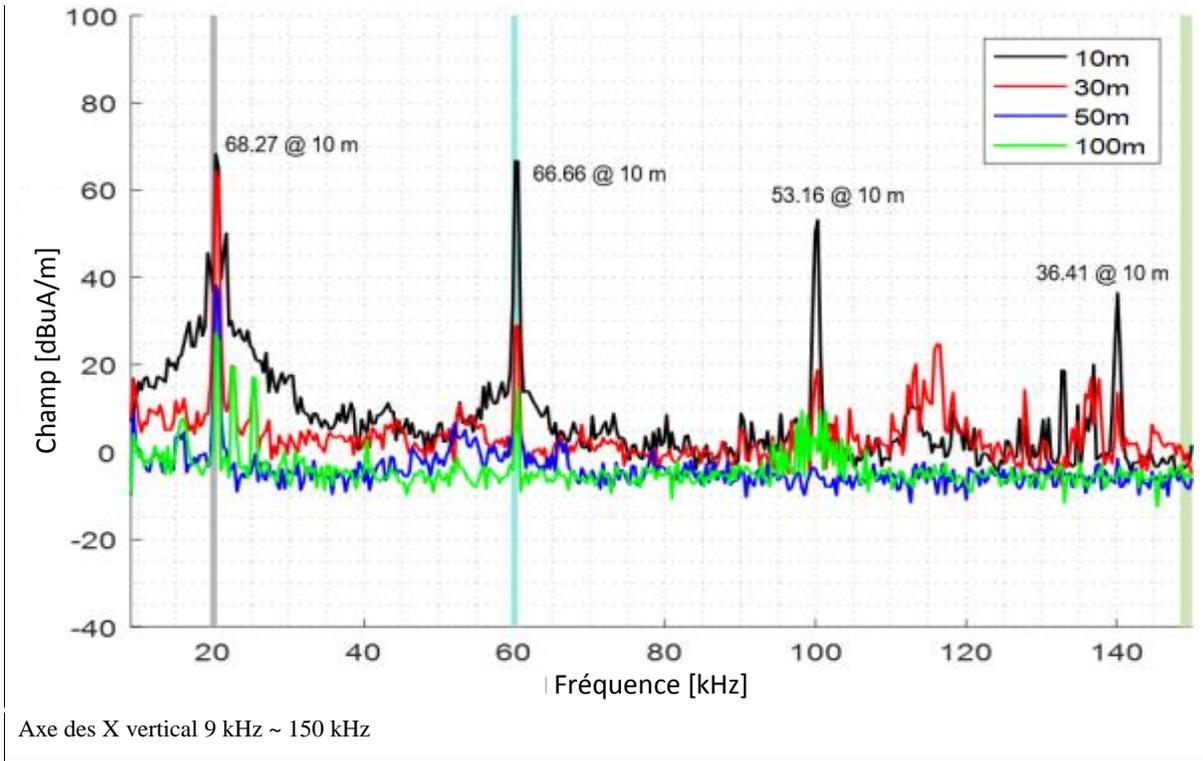
2.4 100 m



2.5 Données comparées I (9 kHz ~ 150 kHz)

FIGURE A4-7

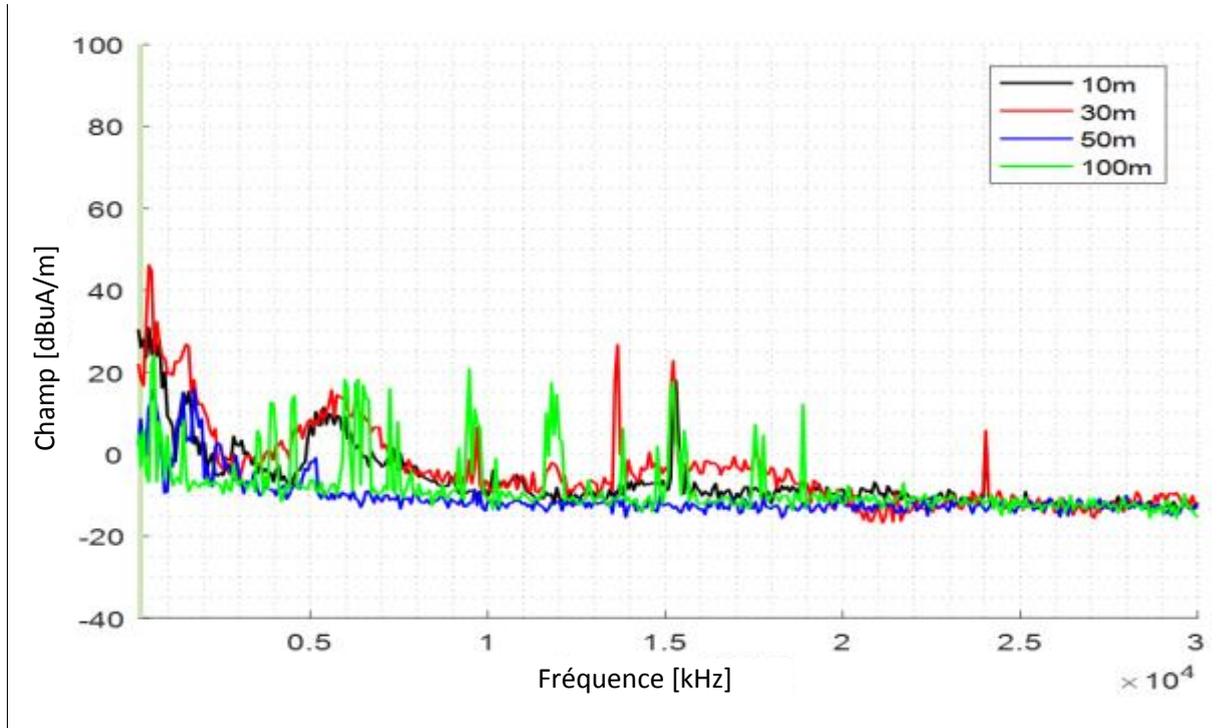
Comparaison des caractéristiques du champ magnétique à chaque distance pour 9 kHz ~ 150 kHz



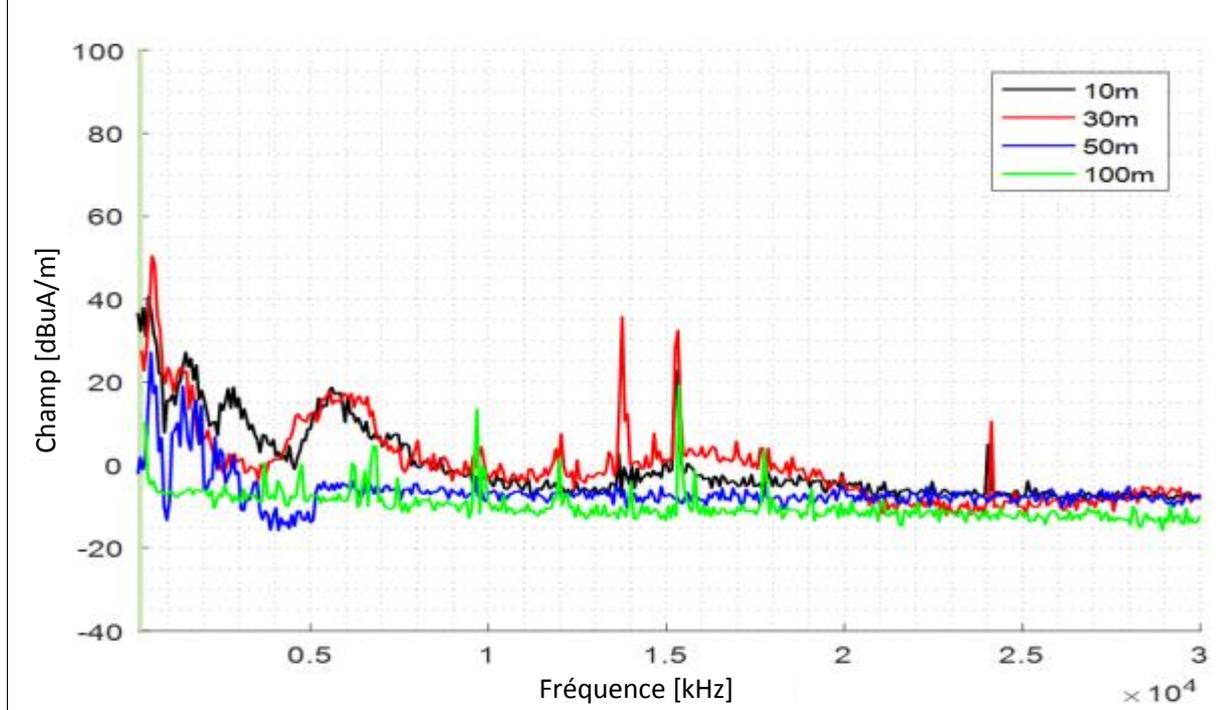
2.6 Données comparées II (150 kHz ~ 30 MHz)

FIGURE A4-8

Comparaison des caractéristiques du champ magnétique à chaque distance pour 150 kHz ~ 30 MHz



Axe des X vertical 150 kHz~ 30 MHz



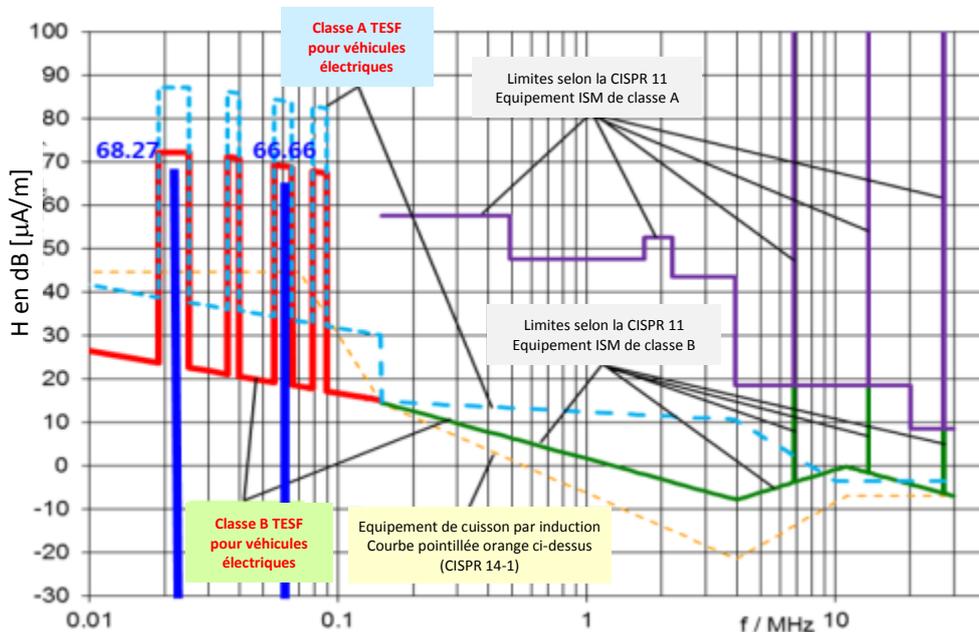
Axe des Y vertical 150 kHz ~ 30 MHz

3 Conclusions

Le résultat du test à 10 m donne la valeur maximale 68,27 dB μ A/m@20 kHz et 66,66 dB μ A/m@60 kHz dans les conditions d'un véhicule électrique chargé par la ligne électrique. La valeur mesurée respecte la limite de champ magnétique proposée par le Sous-Comité B du CISPR (non seulement la «Classe A», mais aussi «Classe B» TESF pour les véhicules électriques).

FIGURE A4-9

Limites du champ magnétique adoptées au cours de la réunion du Sous-Comité B/TF-WPT du CISPR



4 Etude d'impact réalisée en Corée

4.1 Introduction

Depuis que le Japon a proposé en 2015 une étude d'impact portant sur les brouillages entre les fréquences des véhicules électriques TESF et le signal horaire étalon radio du Japon (60 kHz), la Corée a réalisé de nombreuses études d'impact.

Les paramètres des études étaient les suivants :

- Brouillage à la fréquence de 60 kHz du NICT (Japon).
- Brouillages par les fréquences harmoniques pour les ondes kilométriques de l'UER (Union européenne de radiodiffusion) (148,5 ~ 283,5 kHz).

4.2 Etude d'impact pour le signal horaire étalon à 60 kHz du Japon (NICT)

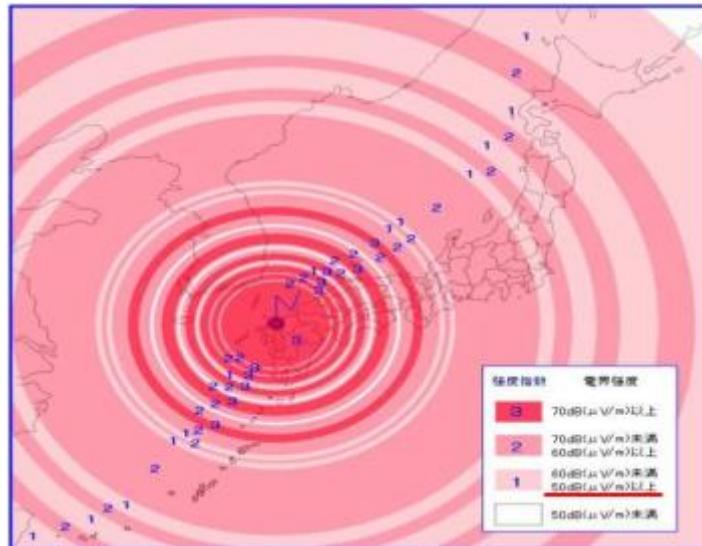
Le Japon a transmis au Groupe de travail 1A de la Commission d'études 1 de l'UIT-R l'étude de coexistence entre des véhicules électriques TESF et d'autres dispositifs électriques en novembre 2014. Le document, rédigé en japonais, abordait également les questions de brouillage électromagnétique et de champs électromagnétiques.

Depuis la réunion du Groupe de travail 1A de juin 2015, la délégation japonaise de la Commission d'études 1 de l'UIT-R a indiqué que le NICT (Japon) utilise comme signal horaire étalon la fréquence 60 kHz émise par la station Hagane située à Kitakyushu. Le Japon a demandé que soit

réalisée une étude de brouillage et/ou d'impact entre les poids lourds électriques TESF coréens et le signal horaire étalon japonais.

FIGURE A4-10

Intensité du champ électrique du signal horaire étalon à 60 kHz (source: page d'accueil du NICT)



D'après le tableau des intensités du champ électrique du signal 60 kHz (source: page d'accueil du NICT), le niveau minimal est égal à 50 dBμV/m. La limite du signal horaire étalon à 60 kHz est donc de 50 dBμV/m.

Les horloges réelles utilisant le signal horaire à 60 kHz sont illustrées à la Fig. A4-11 et les résultats du test sont présentés à la Fig. A4-12.

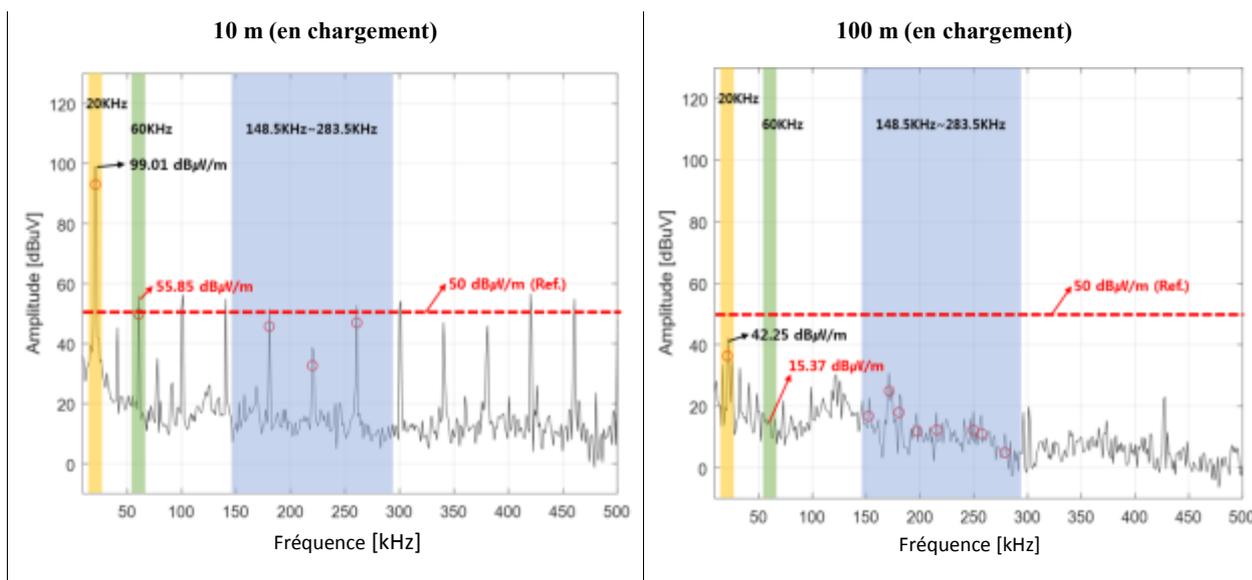
FIGURE A4-11

Horloges réelles utilisant le signal horaire étalon à 60 kHz



FIGURE A4-12

Résultats de test à 10 m et 100 m sur la base d'un signal horaire étalon à 60 kHz



A 10 m, l'amplitude du signal 60 kHz est égale à 55,85 dBuV/m, ce qui est supérieur à la limite de 5,85 dB. A 100 m, l'amplitude du signal 60 kHz est égale à 15,37 dBuV/m et la limite présente une marge de 34,63 dB.

D'après l'un des résultats, une distance de séparation de 100 m est suffisante pour protéger le signal horaire 60 kHz de la station de recharge pour poids lourds électriques. Dans la pratique, pour respecter la limite de 40 dBuV/m, une distance de 50 m est acceptable.

4.3 Etude d'impact portant sur la radiodiffusion en ondes kilométriques (148,5-283,5 kHz)

Depuis la réunion du Groupe de travail 1A de la Commission d'études 1 de l'UIT-R en 2015, l'UER (Union européenne de radiodiffusion) a indiqué que les pays européens utilisent le signal de radiodiffusion pour le service d'urgence spéciale. La gamme de fréquences en ondes kilométriques est comprise entre 148,5 kHz et 283,5 kHz.

L'UER a donc indiqué qu'elle avait besoin de réaliser une étude d'impact ou une étude de brouillage en vue d'une harmonisation dans la bande de fréquences utilisée par les véhicules électriques TESF, non seulement 20/60 kHz, mais aussi 85 kHz.

D'après la note de liaison envoyée par le Groupe de travail 6A de l'UIT-R le 4 août 2015, le niveau de brouillage maximal admissible dû au récepteur est récapitulé dans le Tableau A3-5.

TABLEAU A3-5

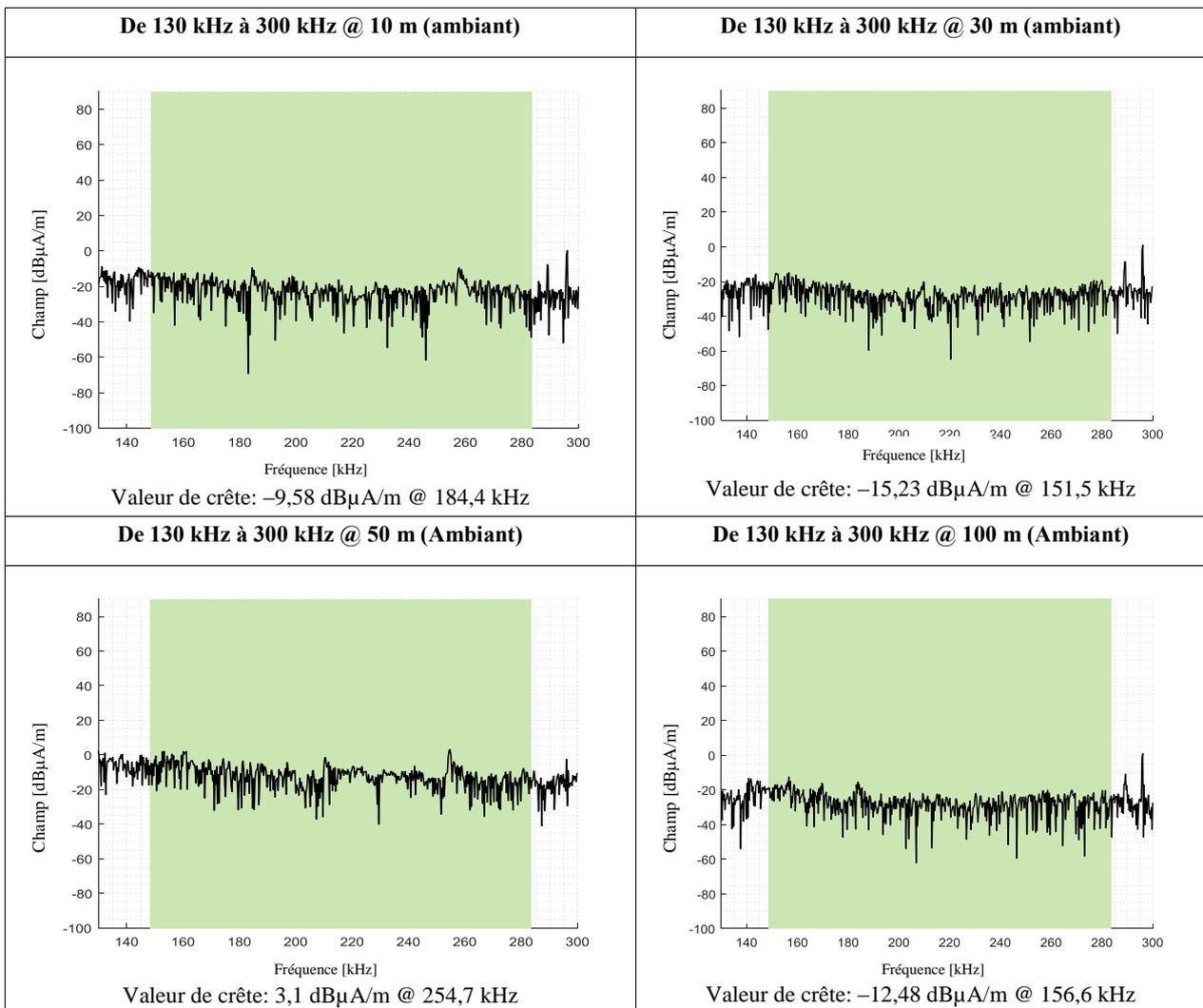
Niveau limite du récepteur en ondes kilométriques et hectométriques

Note de liaison de la CE 6 (WP1A/86-1B/70, 4 août 2015)	Niveau du récepteur	
	Ondes kilométriques	Ondes hectométriques
Fréquence	148,5-283,5 kHz	-
Sensibilité	66 dB μ V/m (14,5 dB μ A/m)	60 dB μ V/m (8,5 dB μ A/m)
Rapport de protection cocanal	40 dB	40 dB
Rapport de protection non cocanal	16 dB	16 dB
Rapport de protection global	56 dB	56 dB
Niveau de brouillage maximum admissible	10 dB μ V/m (-41,5 dB μ A/m)	4 dB μ V/m (-47,5 dB μ A/m)

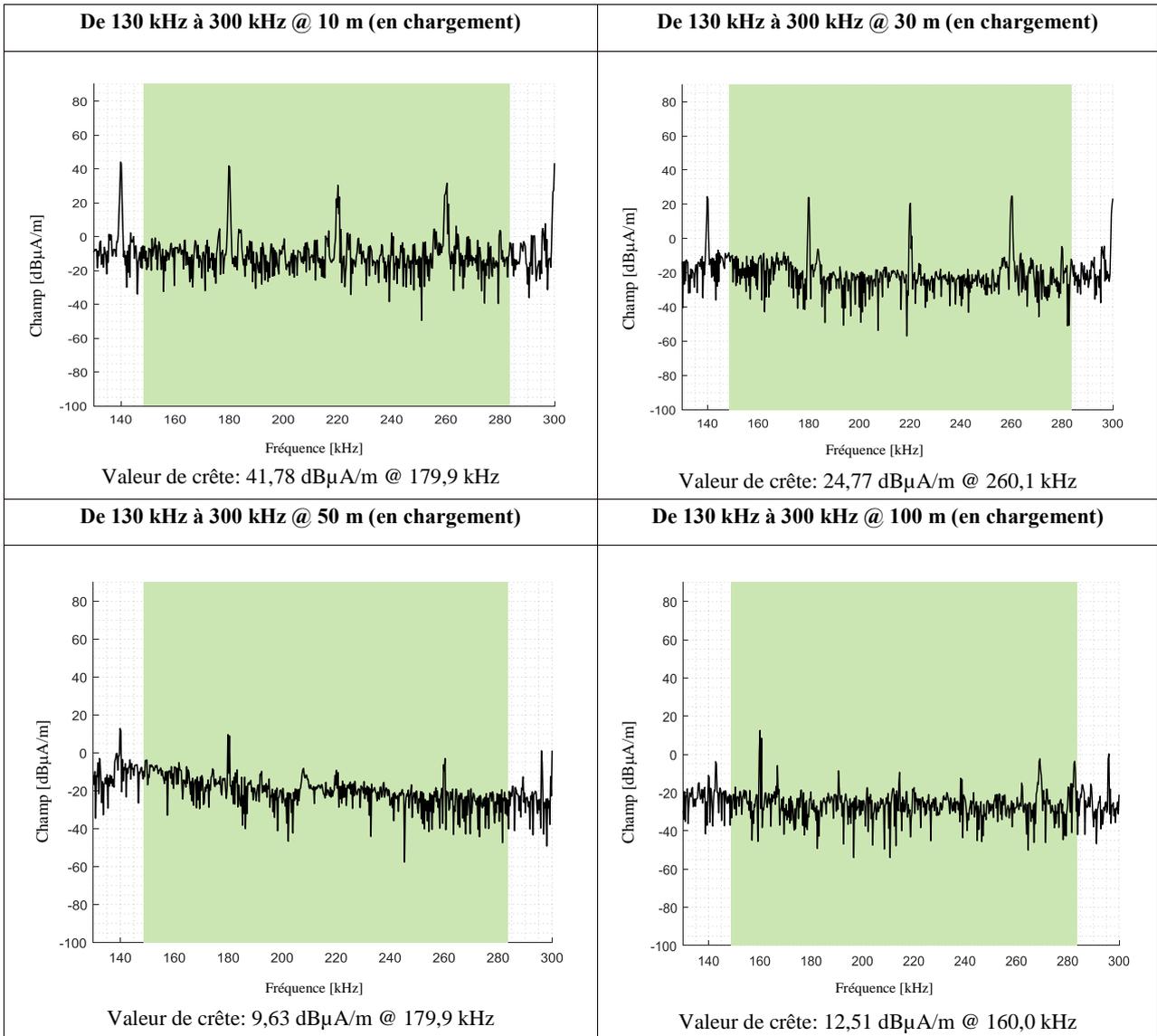
Les résultats de test sont récapitulés dans la Fig. A4-13.

FIGURE A4-13
Résultats de test

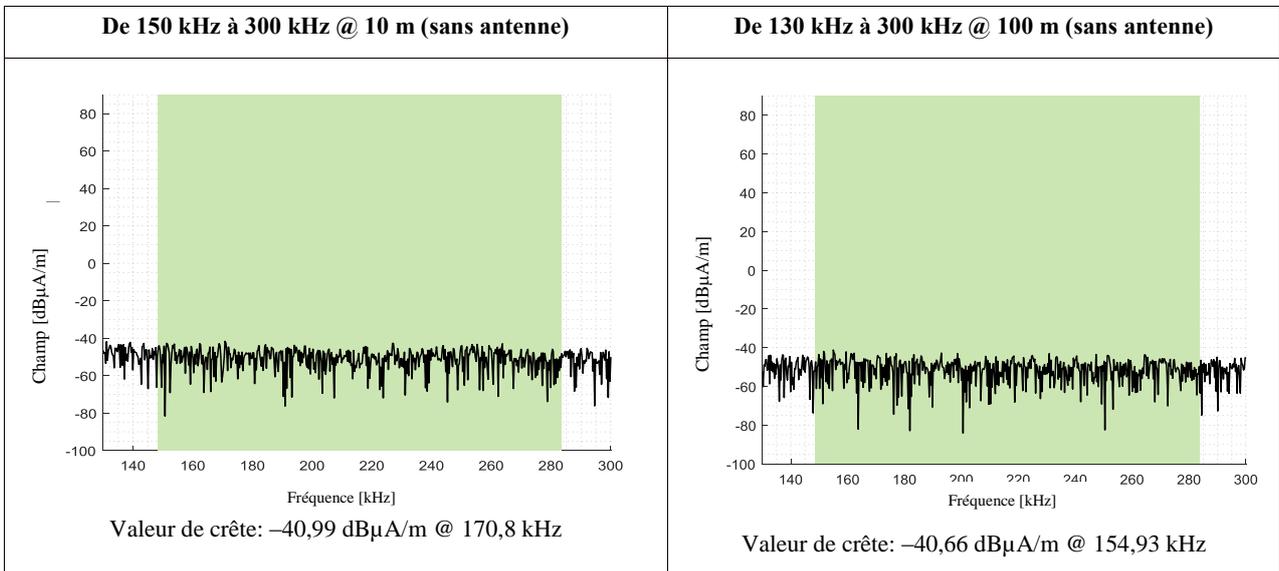
– Dans les conditions ambiantes



– En chargement



– Sans câble d'antenne



Dans les conditions ambiantes, il n'y a pas de chargement des poids lourds électriques TESF, car la valeur maximale est déjà supérieure à 3,1 dBuA/m @ 254,7 kHz à 50 m et la valeur minimale est égale à -15,23 dBuA/m @ 151,5 kHz à 30 m. Autrement dit, aucune valeur, quelle qu'elle soit, ne respecte la limitation spécifiée par l'UER.

En mode «chargement», la valeur maximale est égale à 41,78 dBuA/m @ 179,9 kHz à 10 m et la valeur minimale est égale à 9,63 dBuA/m @ 179,9 kHz à 50 m. De toute évidence, la limite est dépassée de plus de 80 dB.

En conclusion, la Corée fournit deux résultats pour l'étude d'impact dans la bande en ondes kilométriques 148,5-283,5 kHz de l'UER.

- 1) Il est impossible de respecter la limite spécifiée par l'UER, quelles que soient les circonstances en milieu urbain, que le système TESF soit en chargement ou non (voir la Fig. 17, résultat de test).

Etant donné que la limite, $10 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ ($= -41,4 \text{ dB}\mu\text{A}/\text{m}$), du Tableau A3-5 est très stricte, le niveau de bruit du système (récepteur Agilent E4440A) sans antenne connectée dépasse déjà la limite spécifiée.

- 2) Il est nécessaire de trouver un autre compromis, plus réaliste que les spécifications de l'UER. En examinant le tableau de la radiodiffusion en ondes kilométriques de l'UER, on voit que deux fréquences de radiodiffusion sont liées à la bande 19-21 kHz. L'une d'elle correspond à la station émettant à la fréquence 173 kHz. La 9ème harmonique de 173 kHz se situe à la fréquence 19,2 kHz. L'autre correspond à la station émettant à la fréquence 182 kHz. La 9ème harmonique de 182 kHz se situe à la fréquence 20,2 kHz. Si la Corée n'utilise pas les fréquences ponctuelles 19,2 kHz et 20,2 kHz, il est possible qu'il n'y ait pas d'incidence sur le brouillage entre la bande des ondes kilométriques de l'UER et le système des poids lourds électriques TESF. La Corée est disposée à éviter ces fréquences ponctuelles si l'UER accepte cette condition. Elle utilisera davantage d'autres fréquences appartenant à la même bande des 20 kHz (19-21 kHz).

Annexe 5

Résultats de test de la perturbation par rayonnement électromagnétique causée par la TESH dans le cas des dispositifs mobiles en Corée

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).

* KN17: 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.

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 Chapitre 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

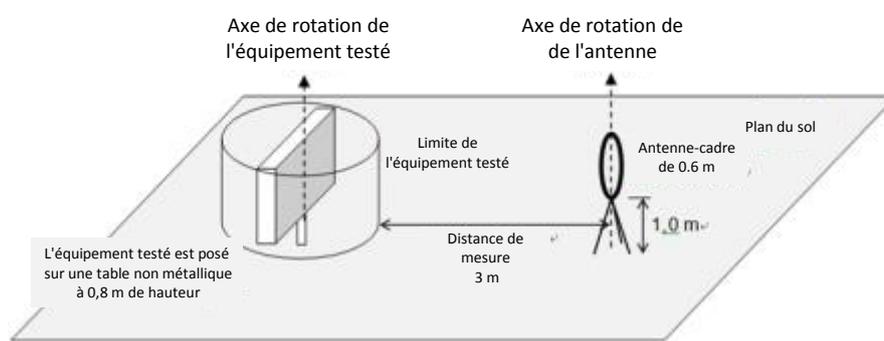
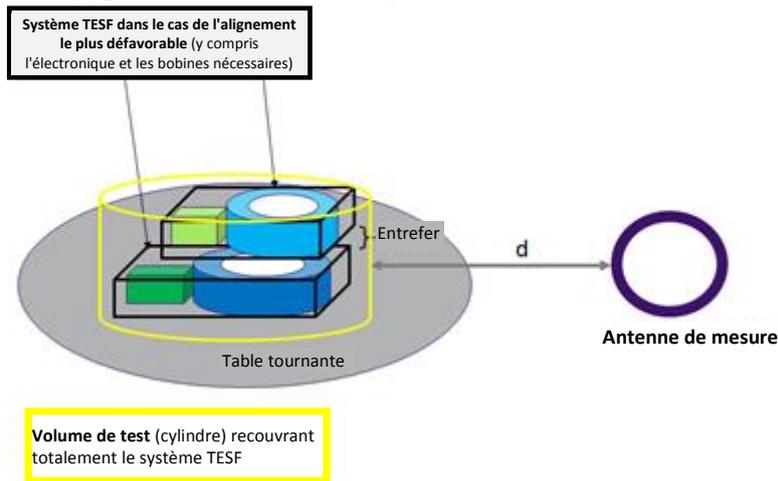


FIGURE A5-2

Montage pour la transmission d'énergie (émission horizon, antenne horizon)



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 TESF au-dessous de 30 MHz

Gamme de fréquences (MHz)	Limites de quasi-crête (dB μ 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:
3^{ème} harmonique (+20dB), 5^{ème} harmonique (+10dB), 7/9^{ème} harmoniques (+5dB)
3. Constante de conversion du champ E lointain en champ H: 51,5 dB μ A/m = dB μ 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)

4 Résultats de la mesure des 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.

4.1 Résultats de mesure pour les appareils mobiles utilisant la technique d'induction magnétique

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 TESH 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

Equipement testé	Emetteur: CHARGEUR SANS FIL SAMSUNG EP-PG9201 Récepteur: SAMSUNG Galaxy S7
Technique TESH	Induction magnétique
Fréquence TESH	144,6 kHz
Condition pour la TESH	Puissance de transfert type: 5 W (efficacité TESH: 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



4.1.2 Résultats de la mesure des émissions électromagnétiques

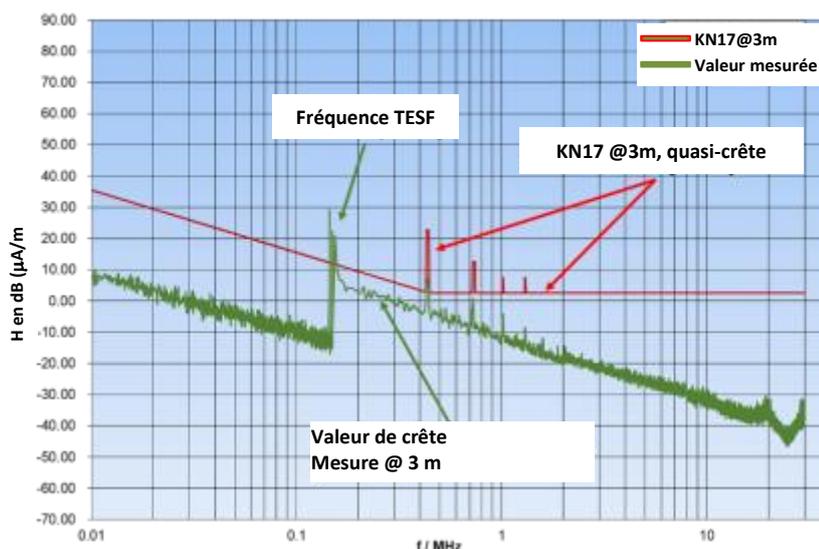
Les émissions de l'équipement testé ont été mesurées dans une chambre semi-anéchoïque type de 3 m dotée d'un sol plan conducteur. Les résultats de mesure dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz sont présentés à la Fig. A5-4. Le résultat est conforme à la réglementation coréenne KN 17, la courbe rouge représentant KN 17 @ 3 m, et la courbe vert foncé représentant une mesure (valeur de crête) à 3 m. Le niveau de fréquence TESH est égal à 29,27 dB μ A/m@144,6 kHz, la valeur de la 3ème harmonique est de -0,71 dB μ A/m@434 kHz, la valeur de la 5ème harmonique est

de $0,61 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ à 726 kHz , la 7^{ème} harmonique est égale à $-4,07 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ à $1\,018 \text{ kHz}$, et la 9^{ème} harmonique est égale à $-8,76 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ à $1\,306 \text{ kHz}$.

La porteuse principale (fréquence TESH) 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 TESH est égale à $94,8 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ en vertu de la réglementation technique coréenne et la limite spécifiée dans la norme EN 303 417 est égale à $89,2 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ à cette fréquence. La valeur mesurée à la fréquence TESH $144,6 \text{ kHz}$ est égale à $80,77 \text{ dB}\mu\text{V/m}$. 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

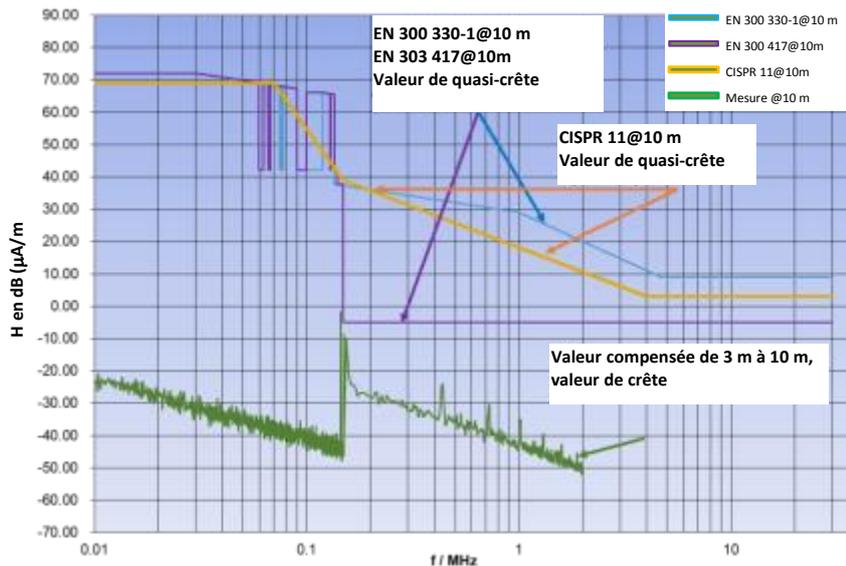
Emission horizon, antenne horizon (9 kHz – 30 MHz, valeur mesurée à 3 m)



Dans la Fig. 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

Emission 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. A 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 kHz⁵. 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

⁵ 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.

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 TESH 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 TESH 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 TESH est plus aisé si la même grille de planification de la radiodiffusion est utilisée.

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.
