

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Rapport UIT-R SM.2303-1
(06/2015)

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 oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Rapports UIT-R

(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, 2015

© UIT 2015

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.2303-1

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

(2014-2015)

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	3
2 Applications mises au point pour utiliser les techniques TESF	3
2.1 Dispositifs portables et mobiles.....	3
2.2 Appareils domestiques et applications logistiques	4
2.3 Véhicules électriques	5
3 Techniques employées dans les applications TESF ou liées à ces applications.....	5
3.1 Pour les dispositifs portables et mobiles.....	5
3.2 Pour les appareils domestiques	8
3.3 Pour les véhicules électriques	9
4 Etat d'avancement de la normalisation de la TESF dans le monde	11
4.1 Organisations de normalisation nationales	11
4.2 Organisations internationales.....	14
5 Situation en matière de spectre	22
5.1 TESF: distinction entre les bandes utilisables pour les applications industrielles, scientifiques et médicales, et pour les dispositifs à courte portée.	22
5.2 Bandes non ISM utilisées à l'échelle nationale pour la TESF	23
5.3 Bandes ISM utilisées à l'échelle nationale pour la TESF	25
6 Situation en matière de réglementation nationale.....	27
7 Etat d'avancement des études sur la coexistence entre les systèmes TESF et les services de radiocommunication, y compris le service de radioastronomie	38
8 Dangers de la TESF pour l'homme.....	48
9 Résumé	48
10 Références	49

Annexe 1 – Méthodologies d'évaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques.....	50
Annexe 2 – Exemple d'utilisation de la bande ISM 6 765-6 795 kHz pour la recharge sans fil de dispositifs mobiles	55
Annexe 3 – Données de mesure du bruit par rayonnement et du bruit par conduction émanant des systèmes TESH.....	58

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 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 Dispositifs portables et mobiles

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

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

- dispositifs mobiles et portables: téléphones cellulaires, smartphones, tablettes, ordinateurs bloc-notes;
- matériel audiovisuel: appareils photonumériques;

- équipements professionnels: outils numériques pratiques, systèmes de prise de commande à table;
- autres: matériel d'éclairage (par exemple LED), robots, jouets, dispositifs installés à bord de véhicules, matériel médical, dispositifs de soins de santé, etc.

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

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

La TESH par résonance utilise des techniques de résonance, pour lesquelles la latitude au niveau spatial 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 photonumériques, caméscopes numériques, lecteurs de musique, téléviseurs portables;
- outils numériques pratiques, systèmes de prise de commande à table, matériel d'éclairage (par exemple LED), robots, jouets, dispositifs installés à bord de véhicules, matériel médical, dispositifs de soins de santé, etc.

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

2.2 Appareils domestiques et applications logistiques

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

Plus la puissance de fonctionnement des 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, de l'exposition et des performances du système.

2.3 Véhicules électriques

Le principe de la TESH pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables est de recharger lesdits véhicules sans câble d'alimentation lorsque la TESH est disponible.

La puissance de recharge peut varier en fonction des exigences des utilisateurs. En général, pour des véhicules de tourisme dans leur garage, une puissance de l'ordre de 3,3 kW est acceptable. Toutefois, 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 20 kW ou plus est également envisagée aujourd'hui.

La puissance de recharge peut varier d'un poids lourd à l'autre. Pour ces véhicules, une puissance initiale équivalente à 75 kW peut être nécessaire. Une puissance de 100 kW ou plus est également envisagée.

Si l'alimentation électrique des véhicules électriques par la TESH se généralisait, la taille des batteries des véhicules électriques pourrait être réduite et les trajets pourraient ne plus être limités.

L'énergie rechargée dans un véhicule sera utilisée pour la conduite, l'alimentation de dispositifs supplémentaires dans le véhicule, 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.

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

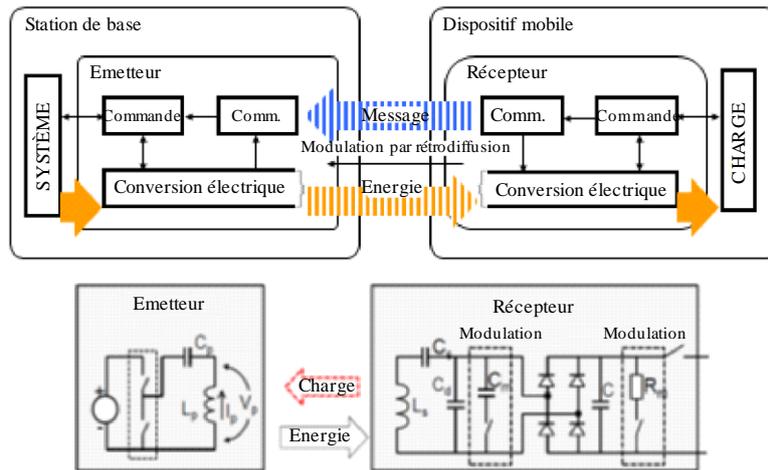
3.1 Pour les dispositifs portables et mobiles

3.1.1 Technique TESH par induction magnétique

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

FIGURE 3.1

Exemple de schéma de système TESF par induction magnétique



Report SM.2303-3-01

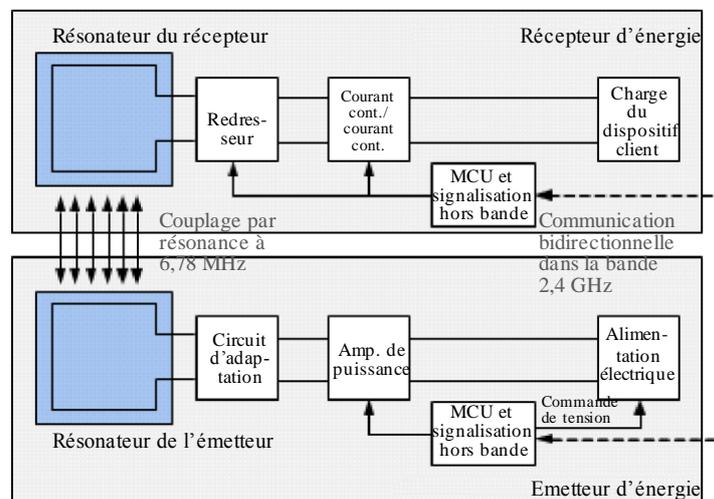
3.1.2 Technique TESF par résonance magnétique

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 3.2

Exemple de schéma de système TESF par résonance magnétique



Report SM.2303-3-02

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 3.3 et 3.4 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 3.3

Schéma du système TESH par couplage capacitif

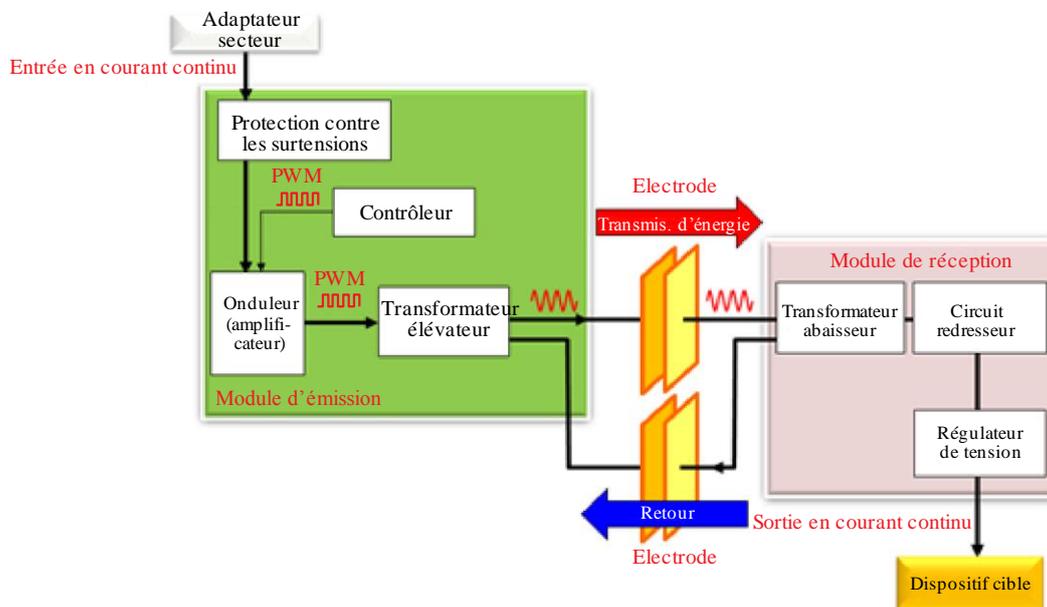
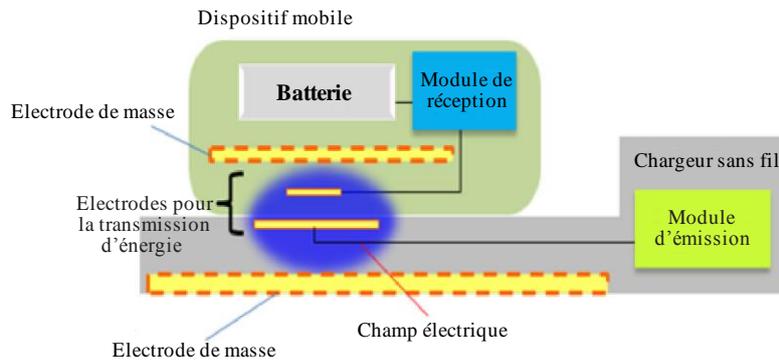


FIGURE 3.4

Structure type du système à couplage capacitif



Report SM.2303-3-04

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 TESF 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 pour limiter l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques. 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 3.5

Appareils de cuisine à alimentation sans fil



Mixeur à couplage étroit



Cuiseur à riz à couplage étroit

Report SM.2303-3-05

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 3.6

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



Report SM.2303-3-06

3.3 Pour les véhicules électriques

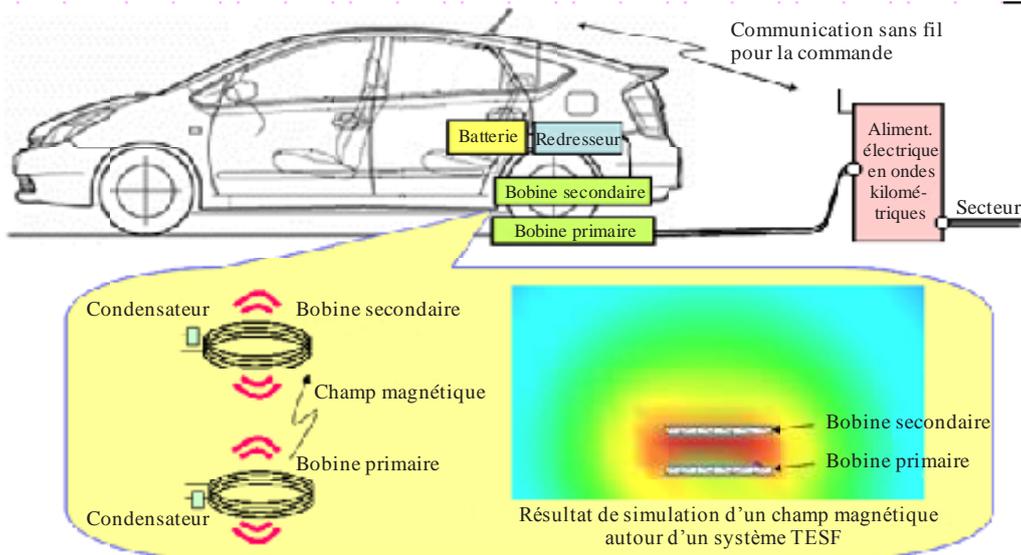
Il existe plusieurs types de méthodes TESF, mais la transmission d'énergie sans fil utilisant un champ magnétique (TESF-CM) est l'une des principales méthodes étudiées aux fins de la normalisation (par exemple CEI PT61980 et SAE J2954TF) en ce qui concerne la TESF pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables. La TESF-CM pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables utilise à la fois l'induction et la résonance magnétique. L'énergie électrique est transmise de la bobine primaire à la bobine secondaire efficacement par un champ magnétique en utilisant la résonance entre la bobine et le condensateur.

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

- 1) Application de la TESF: transmission d'énergie électrique depuis une prise de courant d'une résidence ou d'un service public d'électricité vers les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables.
- 2) Cadre d'utilisation de la TESF: 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 TESF: un exemple concernant les véhicules de tourisme est illustré sur la figure qui suit.
- 5) Méthode TESF: un système TESF pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables a au moins deux bobines, l'une étant le dispositif primaire et l'autre 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 TESF. Le dispositif primaire doit cesser la transmission en cas de difficulté à maintenir une transmission en toute sécurité.

FIGURE 3.7

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

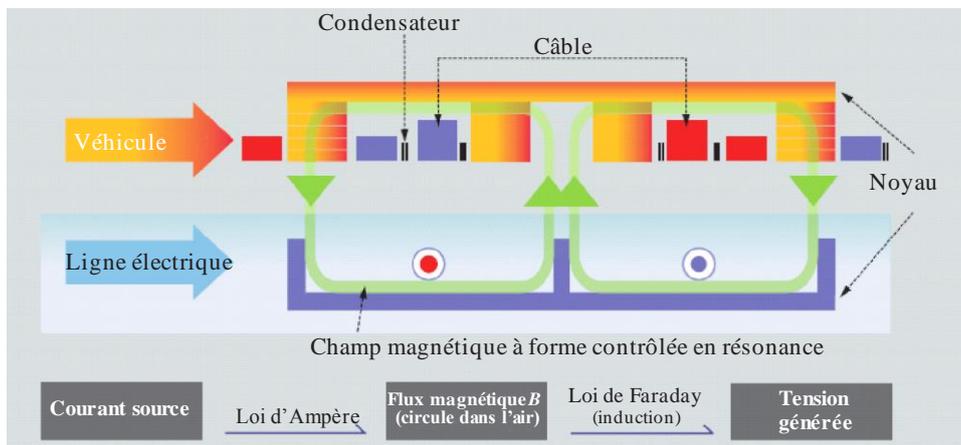


Report SM.2303-3-07

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 3.8

Caractéristiques techniques d'un véhicule électrique en ligne



Report SM.2303-3-08

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 possibles.

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 deuxième 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 3.9

Exemple de véhicule électrique en ligne



Report SM.2303-3-09

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. La Partie 1 relative aux exigences techniques a été approuvée, et les Parties 2 et 3 ainsi que la normalisation des exigences de sécurité seront achevées en 2014.

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). Un projet de norme élaboré par le BWF sera envoyé 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. Les techniques TESH ci-après sont en cours de normalisation. Pour les trois premières, pour lesquelles la puissance de transmission est inférieure à 50 W, les normes devraient être approuvées en 2015.

- TESH par couplage capacitif.
- TESH utilisant un guide d'onde plan à deux dimensions dans le domaine des hyperfréquences.
- TESH par résonance magnétique utilisant la bande 6 765-6 795 kHz pour les dispositifs mobiles/portables.
- TESH par résonance magnétique pour les appareils domestiques et les équipements de bureau.
- TESH pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables.

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. Les résultats sont pris en compte dans la normalisation de la TESH.

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 4.1.

TABLEAU 4.1

Etat d'avancement des 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

Le Tableau 4.2 présente certaines organisations internationales s'occupant de normalisation de la TESH et leurs activités dans ce domaine.

TABLEAU 4.2

Organisations internationales s'occupant de TESH

Nom de l'organisation	Activités
CISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques)	La TESH est étudiée par le sous-comité B du CISPR (perturbations relatives aux appareils radioélectriques ISM, aux lignes électriques aériennes, etc.) et, le cas échéant, par d'autres sous-comités. En juin 2014, le sous-comité B a créé un Groupe d'étude pour l'élaboration de spécifications.
CEI TC 100	Etude en vue de rapports techniques concernant la TESH. – CEI TC 100, étape 0 du projet. – Etude achevée en juillet 2012. – Rapports techniques en cours de rédaction.
CEI 61980 (CEI TC 69)	Le GT 4 du TC 69 (véhicules routiers électriques et chariots de manutention électriques) de la CEI étudiée, conjointement avec le TC 22 (véhicules routiers) de l'ISO, la TESH pour les automobiles. – CEI 61980-1: General requirements (disponible en anglais seulement). – CEI 61980-2: Communication (disponible en anglais seulement). – CEI 61980-3: Magnetic Field Power Transfer (disponible en anglais seulement).
ISO 19363 (ISO (TC22/SC21))	ISO 19363: Magnetic field wireless power transfer – Safety and interoperability requirements (publicly available specification, PAS) (disponible en anglais seulement). – Elaborée 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.
ISO/CEI JTC 1 SC 6	Protocole de couche PHY et MAC dans la bande pour la TESH. – ISO/CEI JTC 1 SC 6 – sujet d'étude approuvé en janvier 2012. – Diffusion dans un document de travail.
CEA (Consumer Electronics Association)	Le R6-TG1 de la CEA (Groupe d'action sur la recharge sans fil) examine la TESH et les questions connexes.
SAE (Society of Automotive Engineers)	La normalisation de la TESH a commencé en 2010, avec l'examen des spécifications proposées par les équipementiers. Elle devait se terminer en 2013-2014 d'après la CEI. Le choix des bandes de fréquences spécifiques est actuellement à l'étude en vue d'une future décision. En novembre 2013, le Groupe d'étude J2954™ de la SAE pour la transmission d'énergie sans fil (TESF) des véhicules utilitaires légers électriques, dont rechargeables, s'est mis d'accord sur un fonctionnement sur la fréquence de 85 kHz et sur trois catégories de puissance motrice pour les véhicules utilitaires légers.

TABLEAU 4.2 (*fin*)

Nom de l'organisation	Activités
A4WP	Couplage par résonance magnétique en champ proche ou moyen non radiatif (couplage à forte résonance) (TESF à faible couplage). – Spécification technique de base achevée en 2012. – Spécification technique (ver.1) publiée en janvier 2013.
WPC	Solutions de couplage par induction à couplage étroit sur une plage de niveaux de puissance. Le site web recense plus de 120 membres et 80 produits certifiés (accessoires, chargeurs et dispositifs). – Spécification technique (ver.1) publiée en juillet 2010.
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. – Rapport technique 1 du CJK sur la TESH publié en avril 2013. – Publication du Rapport technique 2 du CJK sur la TESH prévue au printemps 2014. – Publication du rapport technique 3 du CJK sur la TESH 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, 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 4.3 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 TESH comprises dans le domaine d'application des normes CISPR 14-1 (appareils électroménagers, outils électriques et équipements analogues), CISPR 15 (matériel d'éclairage) 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 TESH compris dans le domaine d'application de la norme CISPR 11, moyennant des ajustements appropriés, aux applications TESH comprises dans le domaine d'application des normes CISPR 14-1, CISPR 15 et CISPR 32. Pour le moment, seule la norme CISPR 11 offre un ensemble complet d'exigences relatives aux émissions pour les tests d'homologation des applications TESH, 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.

A titre d'information, 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 le document CISPR/B/598/CDV qui a été approuvé à l'issue d'un vote des pays en 2014. Ce document s'inscrit dans le cadre du projet de mise à jour générale de la norme CISPR 11 Ed. 5.1 (2010) et donnera la norme CISPR 11 Ed. 6.0. Si elle est approuvée définitivement, cette 6^{ème} édition de la norme CISPR 11 sera publiée à l'été 2015. Elle inclura:

- 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 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 4.3).

TABLEAU 4.3

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 TESH 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 TESH 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 TESH 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 TESH du système électronique de puissance TESH, 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 TESH, 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 TESH fonctionnent avec une transmission de données ou des communications utilisant une fréquence différente de celle utilisée pour la TESH, alors:

- a) la conformité de la fonction TESH 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 TESH 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 4.4 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 R&TTE, tant qu'il peut être montré que l'appareil TESH en question respecte les exigences des normes harmonisées de l'ETSI relatives à la CEM et aux aspects fonctionnels des équipements de radiocommunication.

TABLEAU 4.4

**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 de l'OJEU 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 kHz-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)	Directive R&TTE	Aucune	Normes sur les champs électromagnétiques pour les appareils radio	Normes CEM pour les appareils radio	Normes sur les aspects fonctionnels des appareils radio
		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 4.4 (*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 pour adapter la norme EN 300 330 afin de pouvoir l'utiliser pour les tests d'homologation des SRD dotés de la fonctionnalité TESH et ayant une puissance nominale allant jusqu'à quelques dizaines de watts.</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.						
	Directive R&TTE (fonction de radiocommunication)	Aucune	Normes sur les champs électromagnétiques pour les appareils radio	Normes CEM pour les appareils radio	Normes sur les aspects fonctionnels des appareils radio			
		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. Toutefois, pour le moment, la lacune évidente n'a été confirmée que pour les appareils électroniques de puissance TESH compris dans le domaine d'application de la norme CISPR 11 qui utilisent des fréquences de fonctionnement

(ou fondamentales) au-dessous de 150 kHz. Par conséquent, si des limites sont déterminées dans cette gamme de fréquences, elles s'appliqueront de préférence à ces équipements électroniques de puissance TESH uniquement.

Le sous-comité B du CISPR recommande d'appliquer les limites existantes du groupe 2 à tous les appareils électroniques de puissance TESH. En procédant de la sorte, le sous-comité B du CISPR estime qu'il n'est pas nécessaire de consulter l'UIT-R au sujet d'une éventuelle attribution d'autres bandes de fréquences ISM.

4.2.2 CIPRNI

Les niveaux fixés par la Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (CIPRNI) sont les niveaux de référence acceptés dans le monde entier, et les seuils nationaux sont comparés aux niveaux d'exposition de la CIPRNI. 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] sont applicables à 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. Dans les lignes directrices de la CIPRNI, la grandeur physique utilisée pour spécifier les restrictions de base relatives à l'exposition aux champs électromagnétiques est l'intensité du champ électrique interne, étant donné que c'est le champ électrique qui a une incidence sur les cellules nerveuses et les autres cellules sensibles à l'électricité. Toutefois, l'intensité du champ électrique interne est difficile à évaluer. Par conséquent, aux fins de l'évaluation de l'exposition dans la pratique, des niveaux de référence de l'exposition sont fournis.

Si le niveau de référence est respecté, on est assuré que la restriction de base correspondante l'est aussi. Si la valeur mesurée ou calculée est supérieure au niveau de référence, il n'en découle pas nécessairement un dépassement de la restriction de base. Dans ce deuxième cas de figure, néanmoins, il est nécessaire d'établir si la restriction de base est respectée et si des mesures de protection supplémentaires sont nécessaires. Les niveaux de référence de la CIPRNI concernant l'exposition aux champs électriques et magnétiques sont acceptés dans le monde entier, et les seuils nationaux sont comparés aux niveaux de référence de la CIPRNI.

Les opérateurs de systèmes TESH pourront prendre 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 de systèmes TESH sont encouragées.

5 Situation en matière de spectre

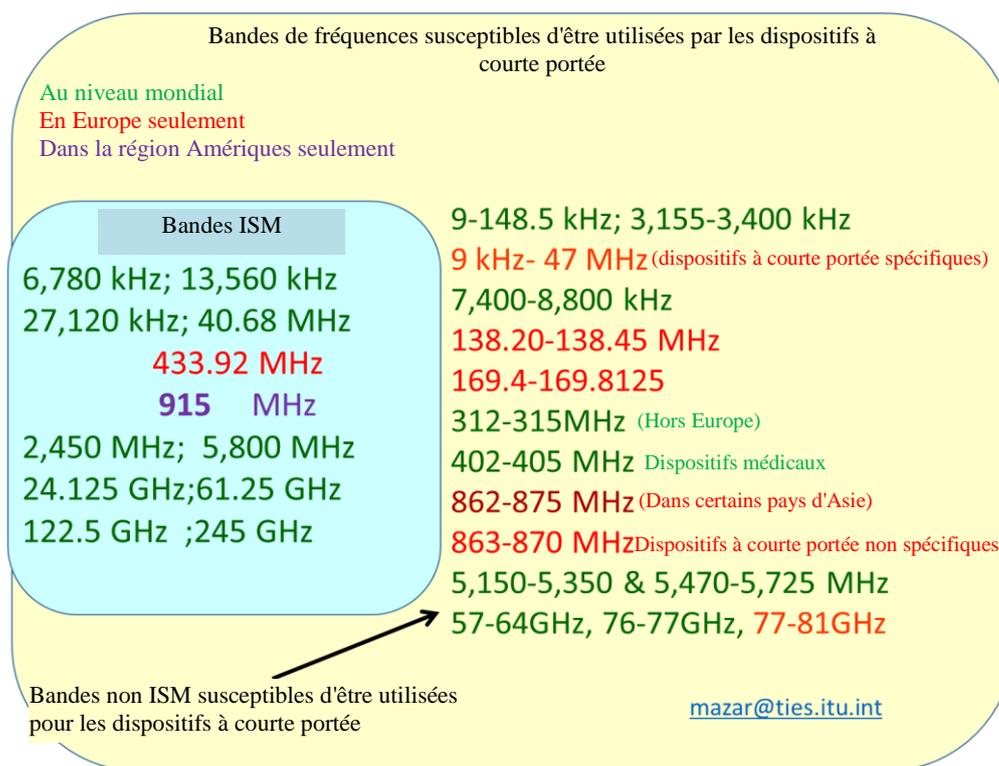
5.1 TESH: distinction entre les bandes utilisables pour les applications industrielles, scientifiques et médicales, et pour les dispositifs à courte portée

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 dispositifs à courte portée utilisent la TESH seulement pour des télécommunications (pour la transmission de données) par le biais des technologies Bluetooth ou Zigbee par exemple. La TESH émet des rayonnements de manière intentionnelle.

Les utilisations industrielles, scientifiques et médicales (ISM) font appel à la fonction de transfert d'énergie de la TESH; quant aux dispositifs à courte portée, ils font appel au transfert de données. 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 paragraphe 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 «Gamme de fréquences pour une harmonisation mondiale ou régionale des dispositifs de radiocommunication à courte portée (SRD)», la bande attribuée aux ISM constitue une condition suffisante, mais non obligatoire, pour une harmonisation des dispositifs SRD. L'ensemble des bandes attribuées aux ISM sont utilisées par les dispositifs à courte portée et électroniques. Toutefois, les dispositifs SRD peuvent aussi être exploités dans d'autres bandes que celles attribuées aux ISM. La TESH peut exploiter les bandes attribuées aux ISM pour le transfert d'énergie; la TESH au niveau national, régional ou mondial peut privilégier l'exploitation des bandes attribuées aux dispositifs SRD. Le tableau suivant 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.

FIGURE 5.1

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

*Source: Mazar, 2015 [12]

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

42-48 kHz

52-58 kHz

79-90 kHz

100 kHz à 205 kHz

425 kHz à 524 kHz

Les gammes de fréquences à l'étude et les principaux paramètres pour ces applications sont récapitulées dans le Tableau 5.1. Il est également fait mention dans ce tableau des systèmes existants concernés avec lesquels la coexistence est requise.

i) Induction magnétique

La gamme de fréquences envisagée pour les applications par induction magnétique est de 100-205 kHz. Compte tenu des cas d'utilisation et des conditions techniques actuelles, les systèmes TESH devraient être conformes aux règles et lignes directrices nationales et internationales concernant les limites des rayonnements et les limites d'exposition aux fréquences radioélectriques.

Certains produits utilisant l'induction magnétique sont déjà proposés dans certains pays.

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. 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 AM.

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. Une nouvelle règle pour l'homologation des équipements TESH est actuellement examinée, qui leur permettra peut-être d'utiliser une puissance d'émission supérieure à 50 W.

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 5.1

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

	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 de la technique	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: 6 765-6 795 kHz	Japon: 20,05-38 kHz, 42-58 kHz, 62-100 kHz	Japon: 425-524 kHz

TABLEAU 5.1 (*fin*)

	Induction magnétique (faible puissance)	Couplage par résonance magnétique	Induction magnétique (forte puissance)	Couplage capacitif
Gammes de fréquences assignées à l'échelle nationale	Corée: 100-205 kHz	Corée: 6 765-6 795 kHz		
Plage de puissance envisagée		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 	Haute efficacité (70-85%) <ul style="list-style-type: none"> – Pas de production de chaleur au niveau de l'électrode – Faible niveau d'émission – Une certaine latitude pour le positionnement horizontal
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 [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 ferroviaires (10-250 kHz)	Japon: Radiodiffusion AM (525-1 606,5 kHz), systèmes maritimes/NAVTEX (405-526,5 kHz), et systèmes radioamateur (472-479 kHz)

TABLEAU 5.2

Gammes de fréquences à l'étude, principaux paramètres et systèmes existants dans le cas de systèmes TESF 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 de la technique	Résonance et/ou induction magnétique	Induction magnétique
Pays intéressés	Japon	Corée
Gammes de fréquences	79-90 kHz	19-21 kHz, 59-61 kHz
Plage de puissance	Des classes de 3,3 kW et 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	<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 19363 (ISO (TC22/SC21)) SAE J2954	
Systèmes existants concernés pour le partage de fréquences	Horloges radiopilotées (40 kHz, 60 kHz) Systèmes radio ferroviaires (10-250 kHz) Systèmes radioamateur (135,7-137,8 kHz) Radiodiffusion en modulation d'amplitude (526,5-1 606,5 kHz)	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 TESF et les travaux de réglementation en cours sont présentés dans les références [1] et [5].

i) En Corée

Tous les équipements de radiocommunication y compris les dispositifs TESF 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 6.1.
- 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 6.1

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

TABLEAU 6.2

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) Limites des émissions

En 2015, le Conseil de l'information et des communications du MIC a approuvé un Rapport concernant la réglementation des systèmes TESH pour les dispositifs mobiles exploitant la fréquence 6,78 MHz (fonctionnant par couplage magnétique), pour ceux exploitant la bande des 400 kHz (fonctionnant par couplage capacitif), et pour les véhicules électriques. Le rapport indique des limites d'émissions ainsi que des résultats d'évaluation issus des mesures et simulations de performances de TESH effectuées du 4^{ème} trimestre 2013 au 3^{ème} trimestre 2014. Pour des raisons réglementaires et à des fins d'étude de la performance, le rapport fournit aussi des modèles de mesure des émissions et des méthodologies de mesure. En parallèle des mesures et des simulations réalisées, des études de coexistence (c'est-à-dire relatives au partage du spectre) ont été menées auprès des acteurs existants afin de confirmer le fait que les systèmes TESH ne causent pas de brouillage préjudiciable.

En janvier 2015, la possibilité de coexistence entre d'une part les technologies TESH pour dispositifs mobiles exploitant la fréquence 6,78 MHz et ceux exploitant la bande des 400 kHz, et d'autre part les systèmes existants, a été confirmée; le Rapport a donc été approuvé.

En mai 2015, on a démontré l'adéquation entre les technologies TESH pour les véhicules électriques et les systèmes existants soumis à un accord conditionnel. Les équipements TESH domestiques ou de bureau fonctionnant avec une puissance plus importante (< 1,5 W) ne répondent pas encore aux critères de coexistence.

Le Rapport s'appuie principalement sur les normes CISPR, en tenant compte de l'harmonisation réglementaire internationale, pour préciser les limites des émissions par rayonnement ou par conduction comme le montre le Tableau 6.3. Les conclusions des dernières discussions tenues au CISPR pourront être citées et intégrées aux limites d'émissions TESH du Japon. Pour certains cas particuliers, des conditions de coexistence supplémentaires pour les applications domestiques ont été approuvées.

La classe B de la norme CISPR 11 est considérée comme la limite de référence principale en ce qui concerne les limites d'émissions de TESH pour les dispositifs mobiles. La norme CISPR 32 peut aussi être prise en compte dans le cas où l'évaluation des émissions d'un dispositif multimédia entier doit être effectuée. Les Tableaux 6.4, 6.5 et 6.6 récapitulent ces limites d'émissions spécifiques.

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. Le nouveau règlement, qui pourrait entrer en vigueur en 2015, autorisera les dispositifs utilisant la TESH à fonctionner avec une puissance d'émission supérieure à 50 W.

TABLEAU 6.3

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 6.4

**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 6.5

**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 6.6

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 est exposée à des ondes radioélectriques et à un champ électromagnétique, dans une gamme de fréquences allant de 10 kHz à 300 GHz, afin de s'assurer que ce dernier ne représente pas un danger et n'est pas susceptible d'avoir un effet biologique néfaste sur le corps. Les lignes directrices RRPG sont constituées de valeurs numériques relatives à la force électromagnétique, à la méthode d'évaluation du champ

électromagnétique, et à la méthode de protection à employer pour minimiser l'irradiation due au champ électromagnétique.

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

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

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

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

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

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

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

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

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 RRPg pour les basses fréquences. Par conséquent, le niveau d'exposition devrait permettre d'obtenir un taux d'absorption spécifique pour les fréquences situées entre 100 kHz et 10 MHz qui empêche la stimulation excessive du système nerveux et l'échauffement des tissus.

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 et 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 6.7.

TABLEAU 6.7

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 appartiennent 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 6.8 indique ces valeurs pour les catégories A, C et D de dispositifs à courte portée.

TABLEAU 6.8

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 sur la coexistence entre les systèmes TESH et les services de radiocommunication, y compris le service de radioastronomie

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 assignées pour les systèmes TESH.

Les Figures 7.1 et 7.2 montrent les fréquences pour la TESH 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.

FIGURE 7.1

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

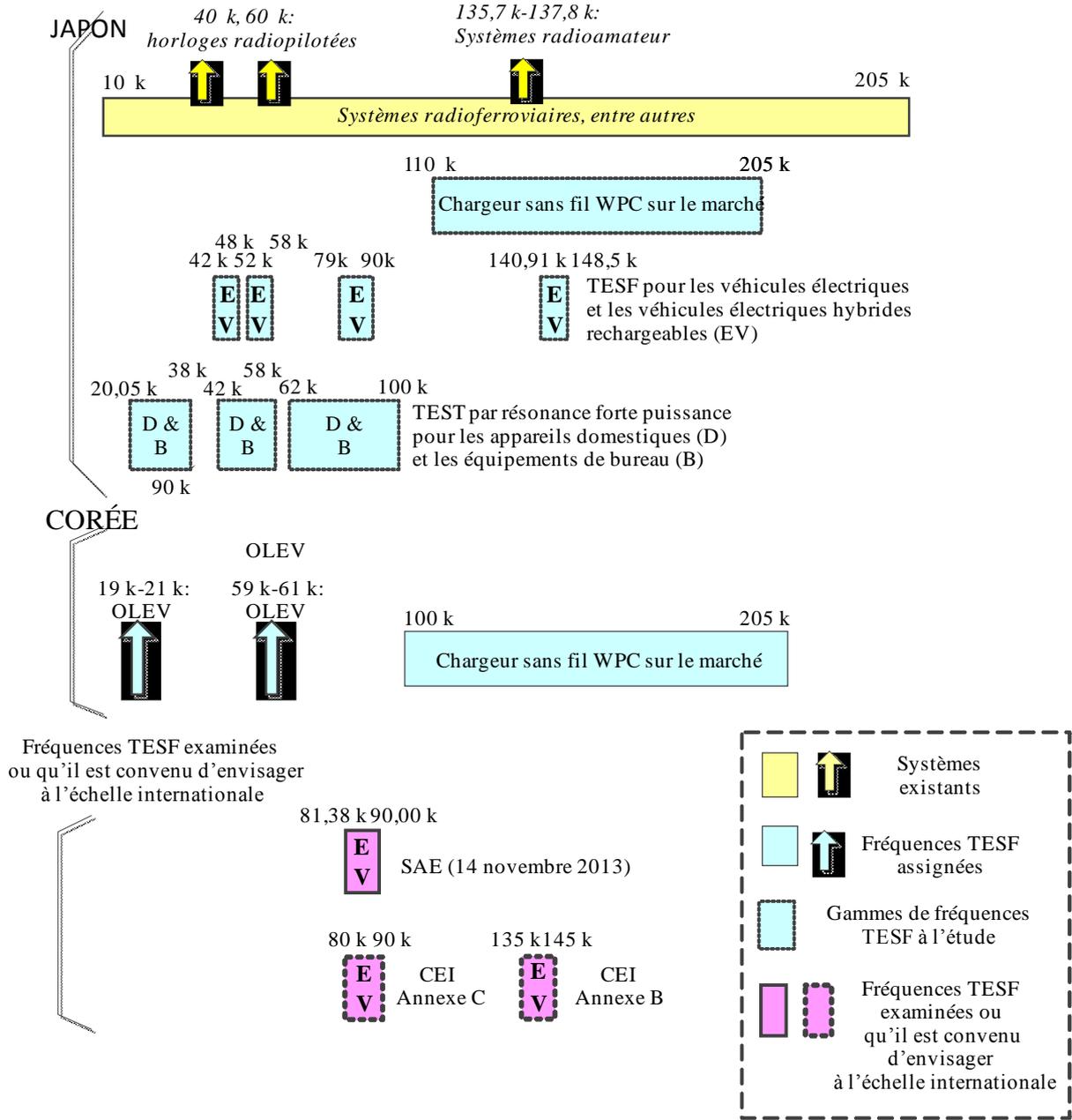
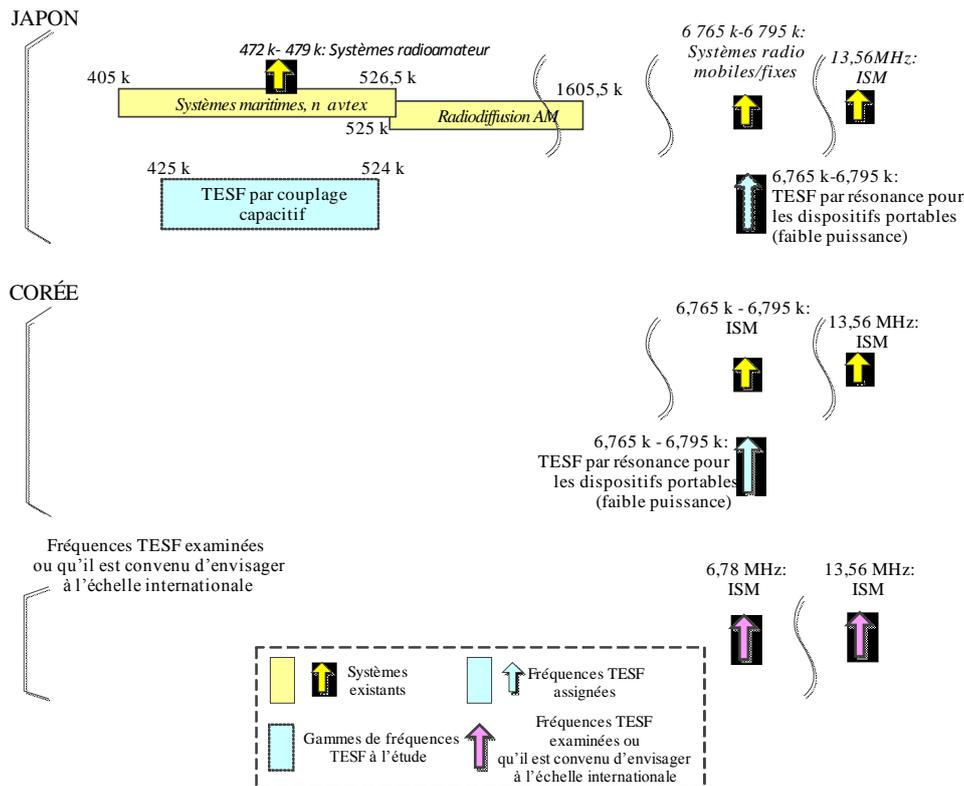


FIGURE 7.2

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



Raport SM.2303-3-02

En Chine, différentes sortes de dispositifs TESH de puissance élevée ont été inventés, parmi lesquels des dispositifs TESH pour des appareils électro-ménagers 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.

Le Japon examine les techniques TESH mentionnées dans le Tableau 7.1, qui récapitule les gammes de fréquences envisagées et les systèmes TESH cibles avec les paramètres fondamentaux.

TABLEAU 7.1

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

Applications TESF cibles	a) TESF pour les véhicules électriques	b) TESF pour les dispositifs mobiles et portables (1)	c) TESF pour les appareils domestiques et les équipements de bureau	d) TESF pour les dispositifs mobiles et portables (2)
Technique TESF	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 TESF	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 TESF au niveau national et au niveau mondial.

Japon

Dans le cadre de ses études de partage du spectre et de ses études de coexistence, le Groupe de travail sur la TESF 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 TESF 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 TESF peut être située dans le même spectre que celui des systèmes radioélectriques existants, lorsque la distance séparant celui-ci du système TESF est inférieure à la distance nécessaire ou en l'absence de mesure d'atténuation de puissance adéquate. Une harmonique du système TESF 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 la coexistence dans ces contextes. 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 TESF, en se fondant sur les limites actuelles des émissions brouilleuses inacceptables applicables aux systèmes existants, ainsi que sur les cas d'utilisation considérés.

En décembre 2014, il a été démontré que les dispositifs TESF par couplage magnétique exploitant la fréquence 6,78 MHz et les dispositifs TESF 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 6.4) 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 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.

Suite aux 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 Tableau 7.2 A), B), C) et le Tableau 7.3 résument les résultats des études de coexistence et les points actuellement à l'étude.

TABLEAU 7.2

Résultats des études sur la coexistence des applications TESH pour les dispositifs mobiles et électro-ménagers et discussions en cours au Japon

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

TESF pour dispositifs mobiles et électro-ménagers		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	N/A	N/A	N/A
Couplage magnétique (faible-forte puissance pour les appareils électro-ménagers)	20,05-38 kHz	Conforme aux critères de coexistence. Remarques: <ul style="list-style-type: none"> Les 2ème et 3ème harmoniques ne doivent pas chevaucher les bandes de fréquences exploitées par les horloges radiopilotées. Nous attirons l'attention de l'utilisateur sur le fait que les horloges radiopilotées peuvent subir des interférences. 	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. 	Conforme aux critères de coexistence
	42-58 kHz			Conforme aux critères de coexistence
	62-100 kHz			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	N/A	Conforme aux critères de coexistence du fait d'une réduction du champ électromagnétique de 12 dB	N/A

Critères de coexistence évalués:

(*1) Horloges radiopilotées: les dispositifs TESH ne causent pas de brouillage préjudiciable dans les situations simulées.

- Horloges radiopilotées: 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 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.

TABLEAU 7.2

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 électro-ménagers		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	N/A	N/A
Couplage magnétique (faible-forte puissance pour les appareils électro-ménagers)	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.	N/A
	42-58 kHz		N/A
	62-100 kHz		Conforme aux critères de coexistence. Remarques: • Eviter l'utilisation des systèmes TESH 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. • Des brouillages préjudiciables ayant été observés, des mesures concernant les dispositifs TESH devraient être prises en conséquence.	Conforme aux critères de coexistence. Remarques: • Eviter l'utilisation des systèmes TESH qui émettent dans la gamme de fréquences des systèmes NAVTEX et NAVDAT.

Critères de coexistence évalués:

- (*1) 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. Le modèle de système utilisé comporte plusieurs dispositifs TESH, 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 TESH et des distances de séparation variables, dans des zones urbaines à fort ou faible bruit de fond. La Classe B 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.

TABLEAU 7.2

C) Coexistence entre les dispositifs radioamateurs et les systèmes de radiocommunication publics

TESF pour dispositifs mobiles et électro-ménagers		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 électro-ménagers)	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 pourra leur permettre de coexister avec les systèmes existants et d'utiliser une puissance d'émission plus élevée dans cette bande.

TABLEAU 7.3

Résultats des études sur la coexistence des systèmes TESH pour véhicules électriques et discussions en cours au Japon

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)	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	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	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 7.3 (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)	Dispositifs radioamateurs (*5) (135,7-137,8 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.

8 Dangers de la TESH pour l'homme

Du fait que les dispositifs TESH peuvent être utilisés à proximité de personnes, les fournisseurs de tels services et les opérateurs doivent respecter les spécifications applicables en matière d'exposition aux fréquences radioélectriques. Le risque d'exposition doit être évalué en fonction des configurations de fonctionnement des systèmes TESH, des conditions d'exposition des utilisateurs et des personnes situées à proximité.

Les opérateurs de systèmes TESH devraient prendre des mesures pour protéger convenablement le public contre les effets des champs électromagnétiques. Les fournisseurs et les opérateurs de systèmes TESH devraient envisager les cas les plus défavorables.

Les dangers que représentent les ondes radioélectriques pour l'homme ne sont ni régionaux, ni nationaux: ils sont mondiaux, et ne connaissent pas de frontières. Pour cette raison, les lignes directrices internationales de la CIPRNI, CIPRNI 1998 et CIPRNI 2010, devraient être utilisées.

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 actuel 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] Document 1A/133, note de liaison de la Télécommunauté Asie-Pacifique au Groupe de travail 1A de l'UIT-R.
- [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] Document 1A/135, réponse de la TTA à la note de liaison adressée à des organisations extérieures par le Groupe de travail 1A concernant la Question UIT-R 210-3/1 «Transmission d'énergie sans fil».
- [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] Document 1A/198, note de liaison de la Télécommunauté Asie-Pacifique au Groupe de travail 1A de l'UIT-R.
- [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. 2015 «Radio Spectrum Management: Policies, Regulations and Techniques», John Wiley & Sons.

Annexe 1

Méthodologies d'évaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques

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 conformément aux lignes directrices de 1998 de la CIPRNI, qui ne traitaient pas encore des dispositifs TESH et de la méthode de mesure adaptée.

TABLEAU [3.10]

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 fils utilisés très près du corps humain (gamme de fréquence 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. 	<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 [3.10] (*fin*)

Etat de la réglementation concernant l'exposition aux ondes radioélectriques

Pays	Exposition aux ondes radioélectriques	Evaluation de l'exposition aux ondes radioélectriques
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.

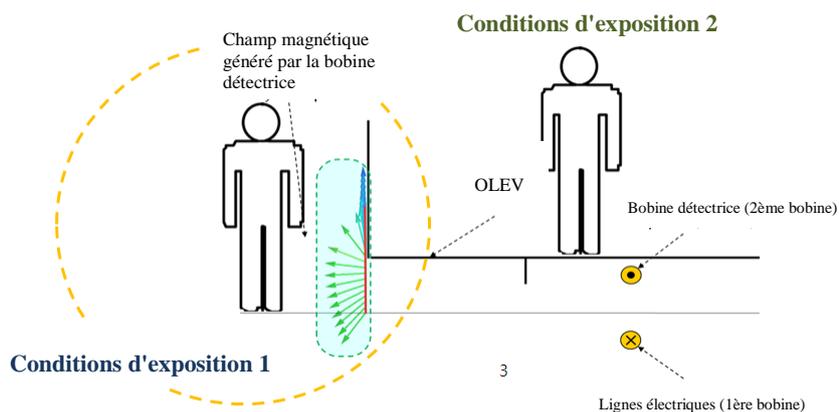
Evaluation de l'exposition aux champs électromagnétiques due aux véhicules électriques en Corée

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

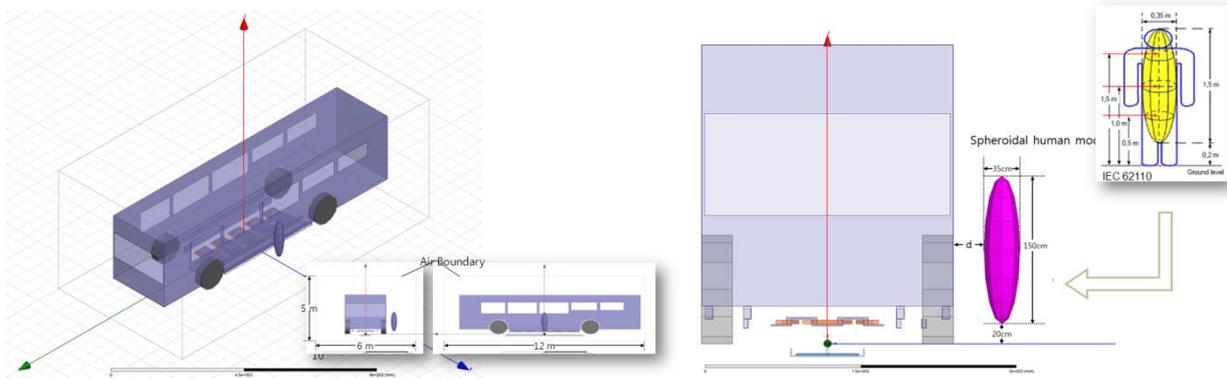
Conditions d'exposition aux champs électromagnétiques du système OLEV



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

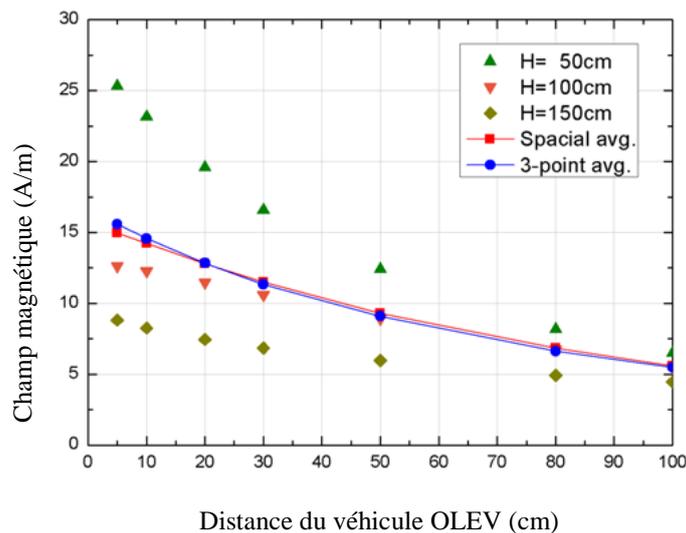


Le niveau d'exposition moyen est calculé à l'aide du modèle humain sphéroïdal dont l'axe vertical mesure 1,5 m et l'axe horizontal mesure 0,35 m, situé 0,2 m au-dessus du sol.

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



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

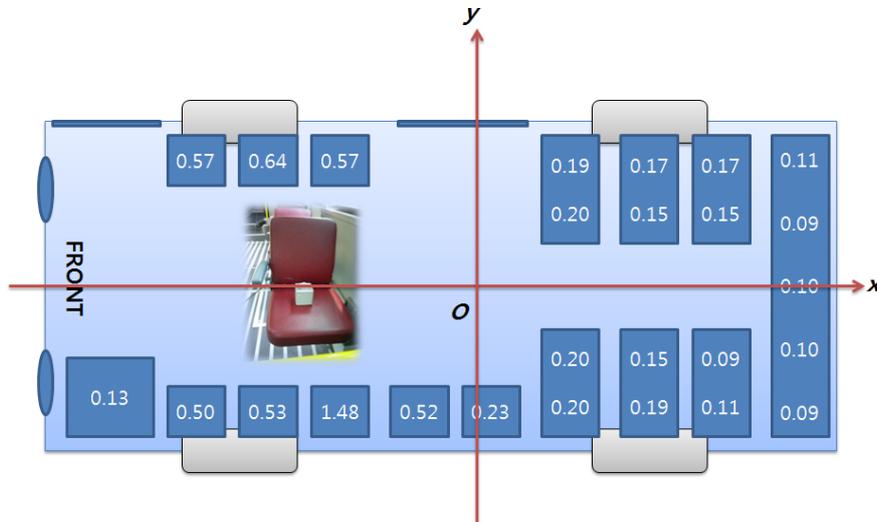


FIGURE A1-5
Champ magnétique calculé à différentes distances d'un véhicule OLEV

< 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 RÉEL

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



COMMUNICATION BLUETOOTH

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

Spécification technique

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

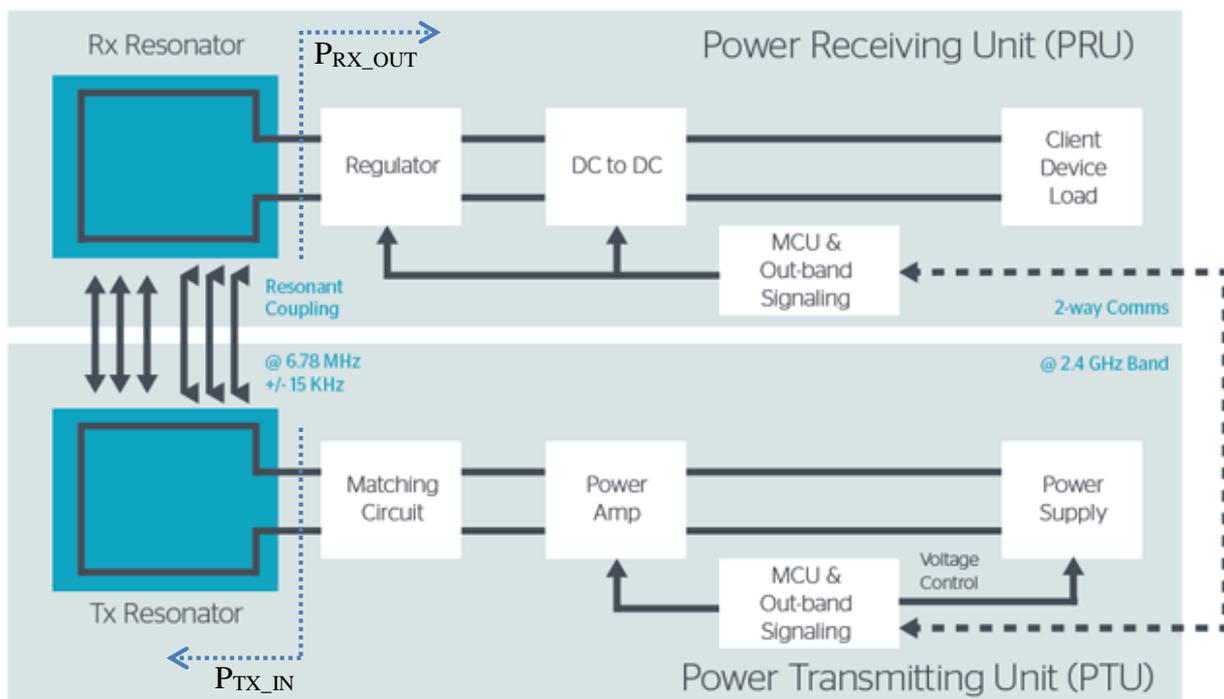
Concernant l'intégration de cette technique dans les produits électroniques, il convient de tenir compte de plusieurs facteurs:

- 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 oeuvre des modules radios 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.



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	59
2 Modèles et méthodes de mesure	59
2.1 Modèle et méthode de mesure dans le cas du système TESF pour la recharge de véhicules électriques	59
2.2 Modèle et méthode de mesure pour les dispositifs mobiles, les dispositifs portables et les appareils domestiques	62
3 Limites cibles des rayonnements fixées par le BWF.....	64
3.1 Limites cibles des rayonnements émanant de systèmes TESF pour la recharge de véhicules électriques	64
3.2 Limites cibles des rayonnements pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique.....	65
3.3 Limites cibles des rayonnements pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique	66
3.4 Limites cibles des rayonnements pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif	66
4 Résultats de mesures du bruit par rayonnement et du bruit par conduction.....	67
4.1 Résultats de mesure dans le cas de systèmes TESF pour la recharge de véhicules électriques	67
4.2 Résultats de mesure pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de résonance magnétique	72
4.3 Résultats de mesure pour les appareils domestiques utilisant la technique d'induction magnétique.....	76
4.4 Résultats de mesure pour les dispositifs mobiles et portables utilisant la technique de couplage capacitif.....	80

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 7.1. On trouvera des informations détaillées sur les études de coexistence dans le Document 1A/152:

- 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:

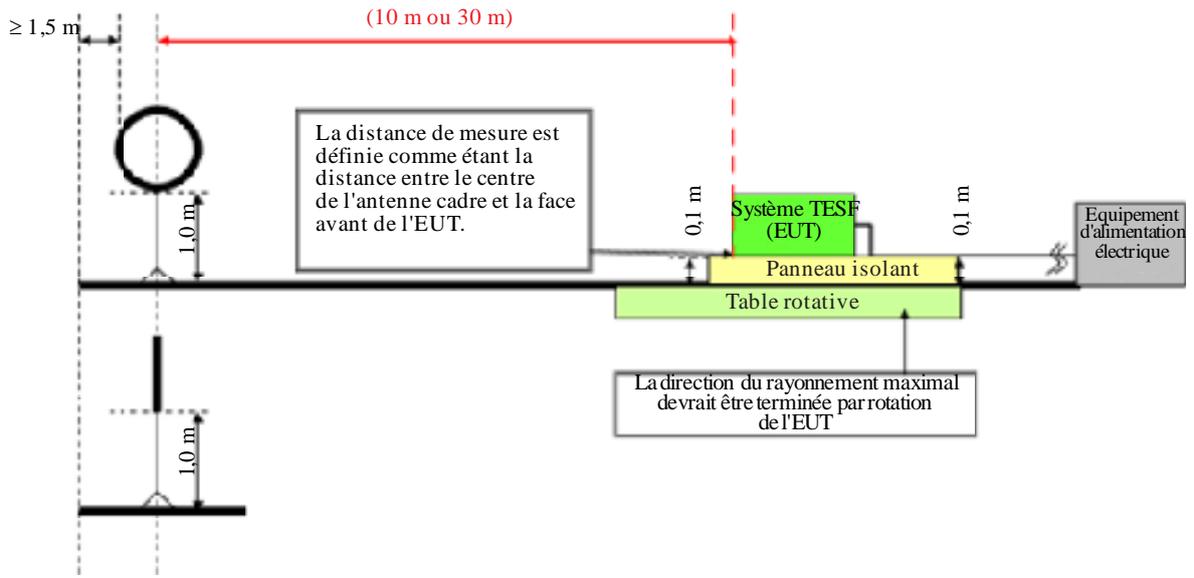
- 1) Bruit par rayonnement dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz:
L'intensité du champ magnétique est mesurée au moyen d'antennes cadre. L'intensité du champ électrique est obtenue par une simple conversion en utilisant l'impédance caractéristique de l'onde plane, 377 ohms.
- 2) Bruit par rayonnement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

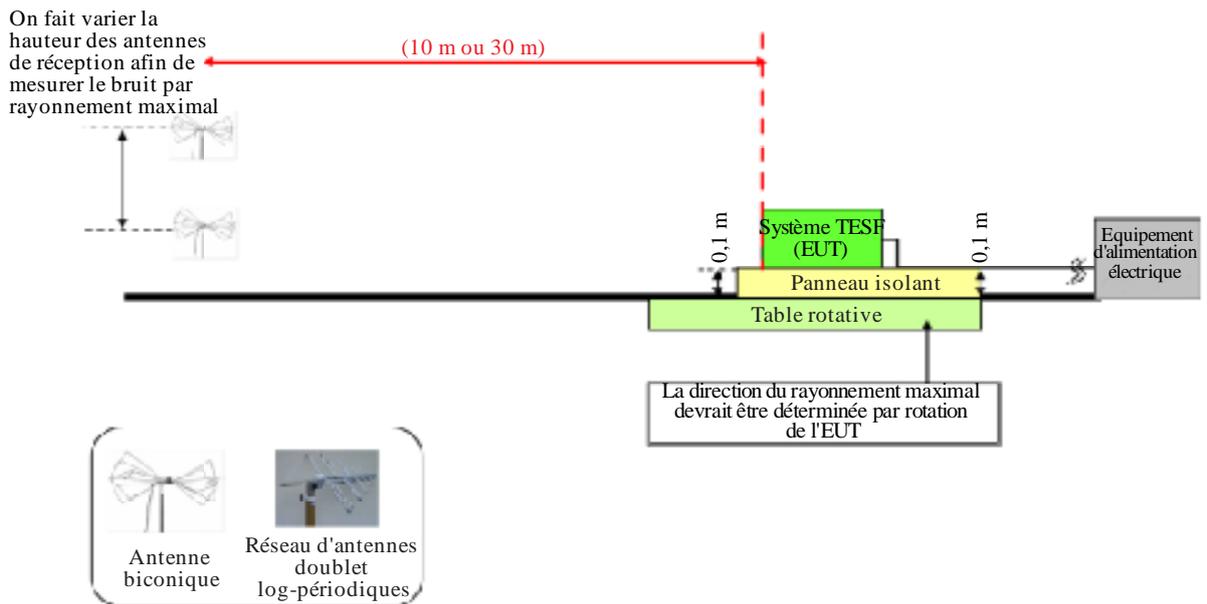
Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESF pour la recharge de véhicules électriques, dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz



Report SM.2303-A3-01

FIGURE A3-2

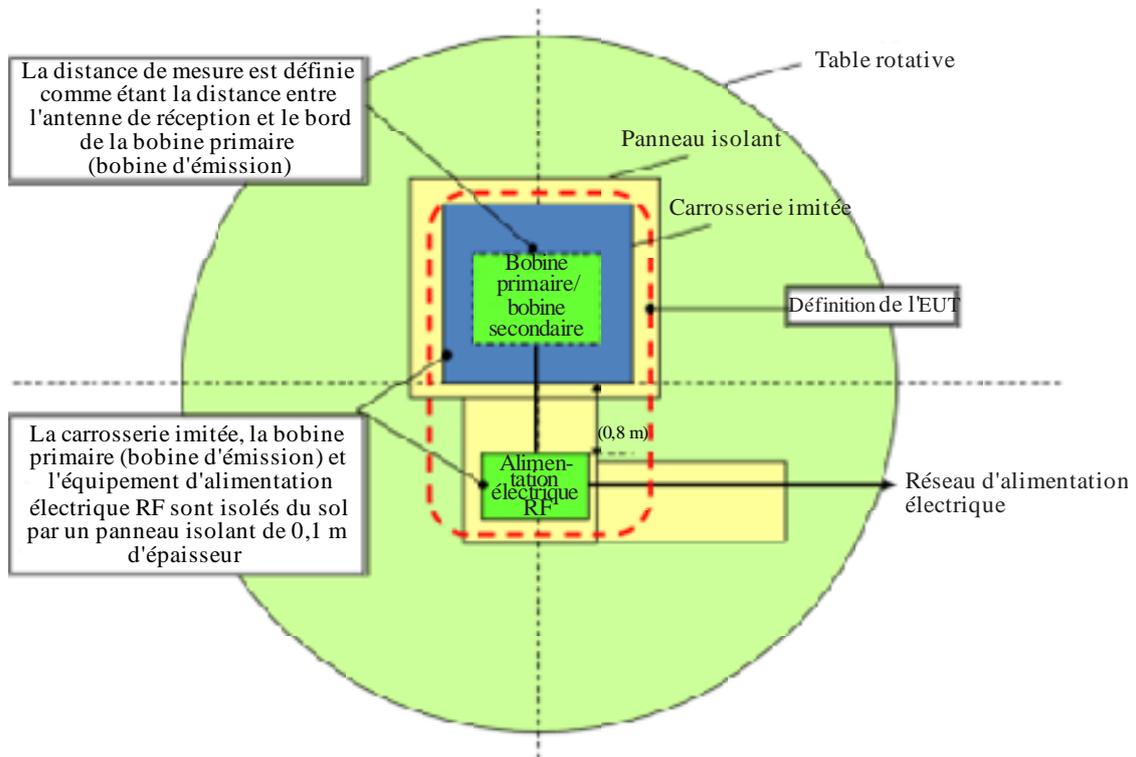
Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESF pour la recharge de véhicules électriques, dans la gamme de fréquences 30 MHz – 1 GHz



Report SM.2303-A3-02

FIGURE A3-3

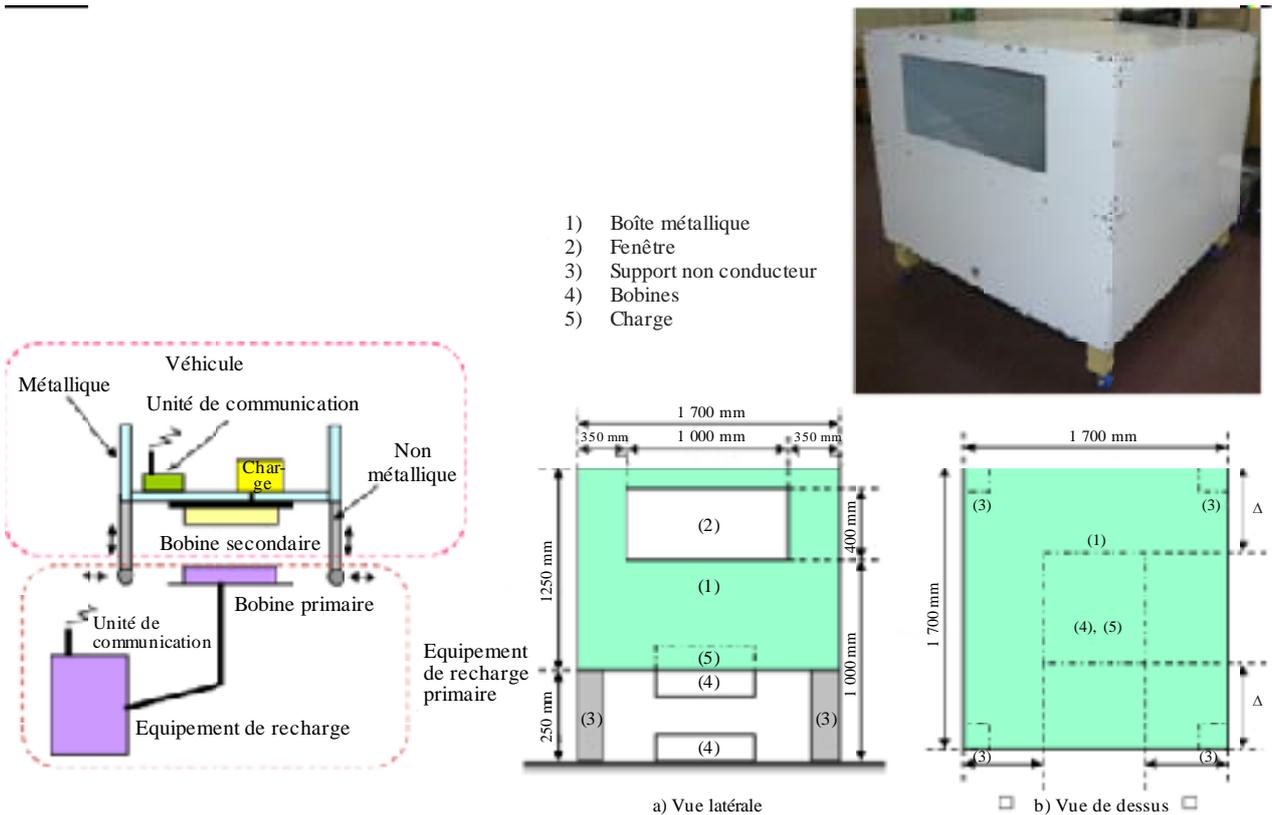
Vue de dessus de l'EUT et du montage associé pour la mesure du bruit par rayonnement



Report SM.2303-A3-02

FIGURE A3-4

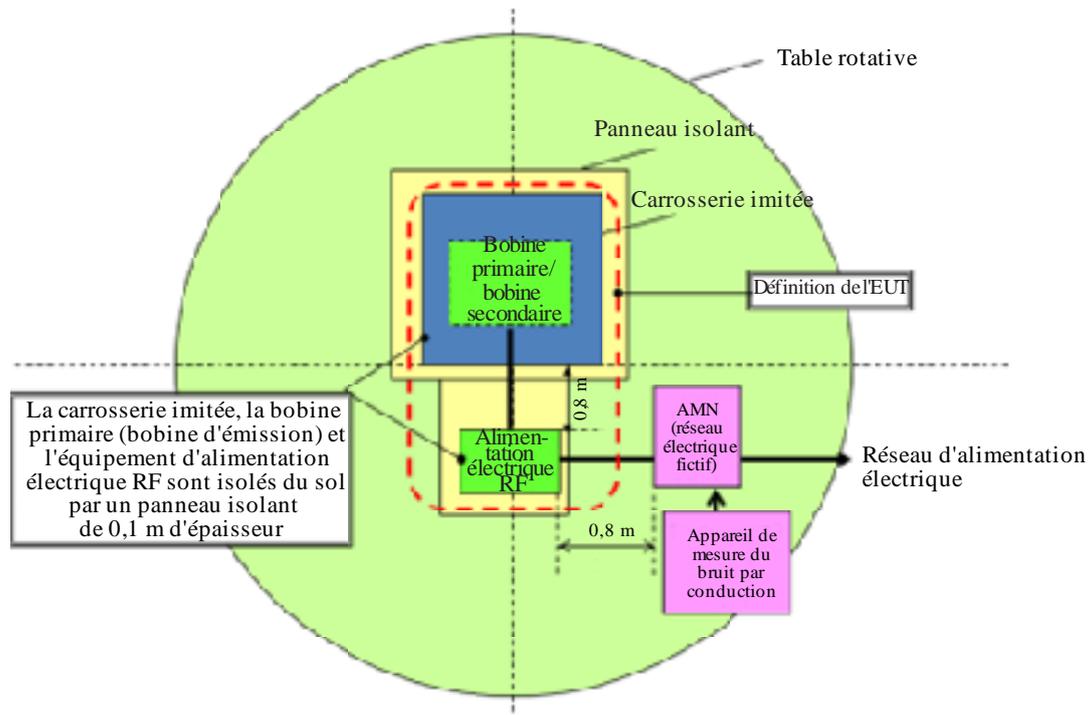
Configuration de la carrosserie imitée



Report SM.2303-A3-04

FIGURE A3-5

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



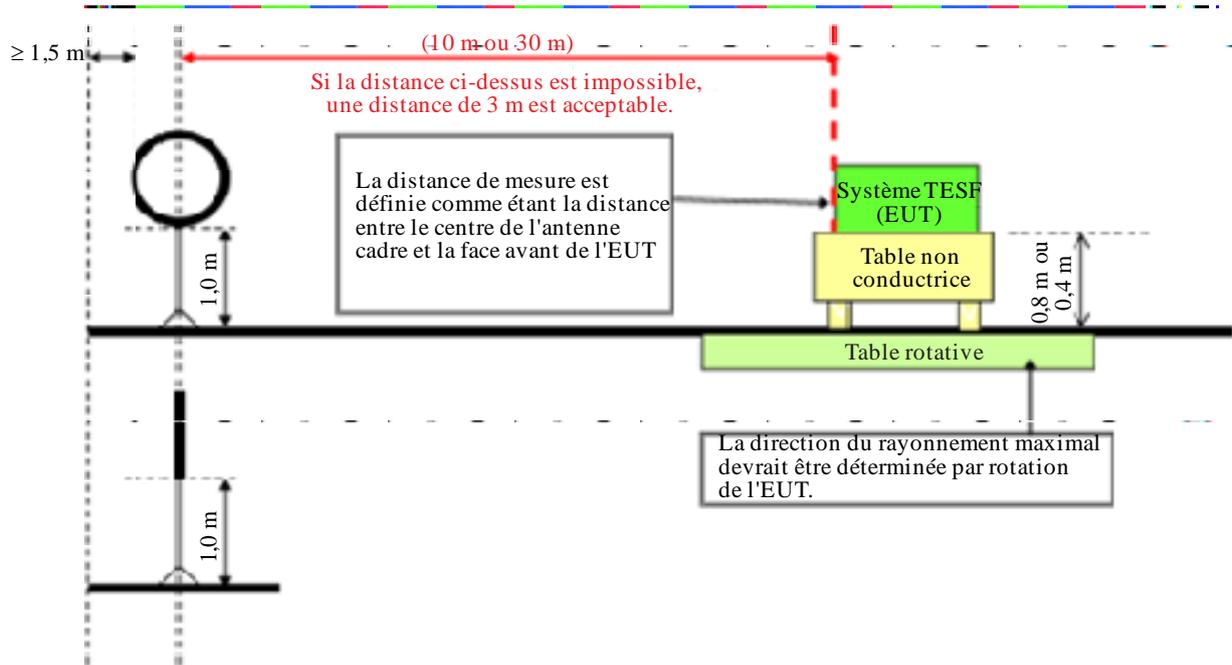
Report SM.2303-A3-05

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 TESH 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

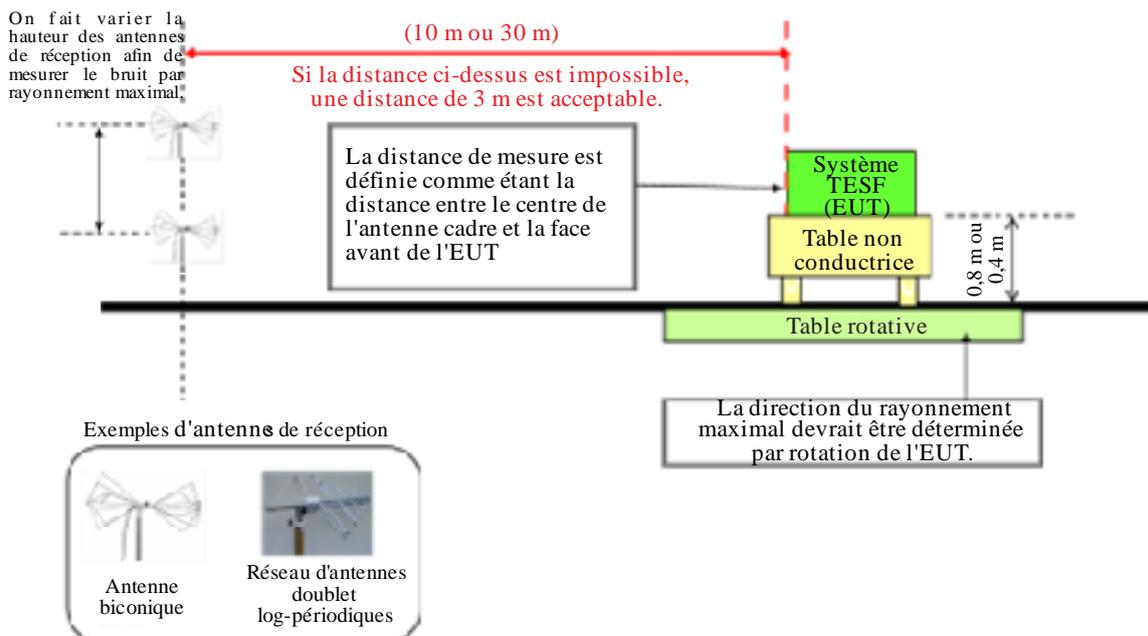
Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESH pour les dispositifs mobiles et portables et les appareils domestiques, dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz



Report SM.2303-A3-06

FIGURE A3-7

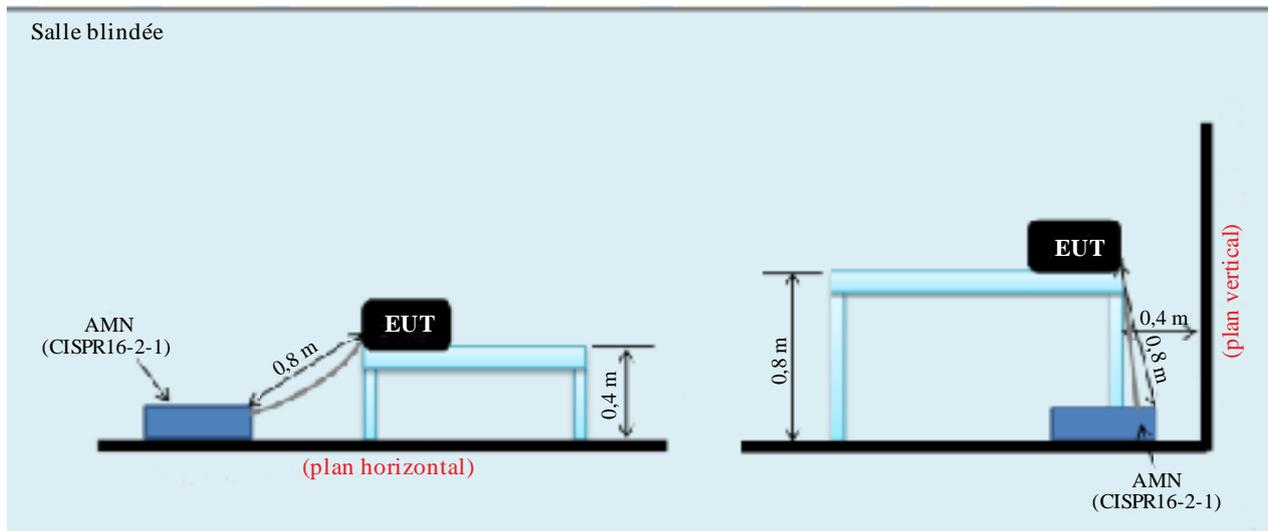
Méthodes de mesure du bruit par rayonnement émanant de systèmes TESH pour les dispositifs mobiles et portables et les appareils domestiques, dans la gamme de fréquences 30 MHz – 6 GHz



Report SM.2303-A3-07

FIGURE A3-8

Méthodes de mesure du bruit par conduction



Report SM.2303-A3-07

3 Limites cibles des rayonnements fixées par le BWF

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

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

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

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

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

- 1) Limites cibles provisoires du bruit par rayonnement correspondant au champ électrique
 - a) Gamme de fréquences TESH (gamme de fréquences utilisée pour la transmission d'énergie)
 - Puissance de l'émetteur de 3 kW : 36,7 mV/m à 30 m (91,3 dB 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 TESH (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 μ A/m à 30 m (-22,0 dB μ A/m à 30 m)
 - c) Autres gammes de fréquences

: 0,459 μ A/m à 30 m (-6,7 dB μ 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 μ V/m à 30 m (40 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 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)
: 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

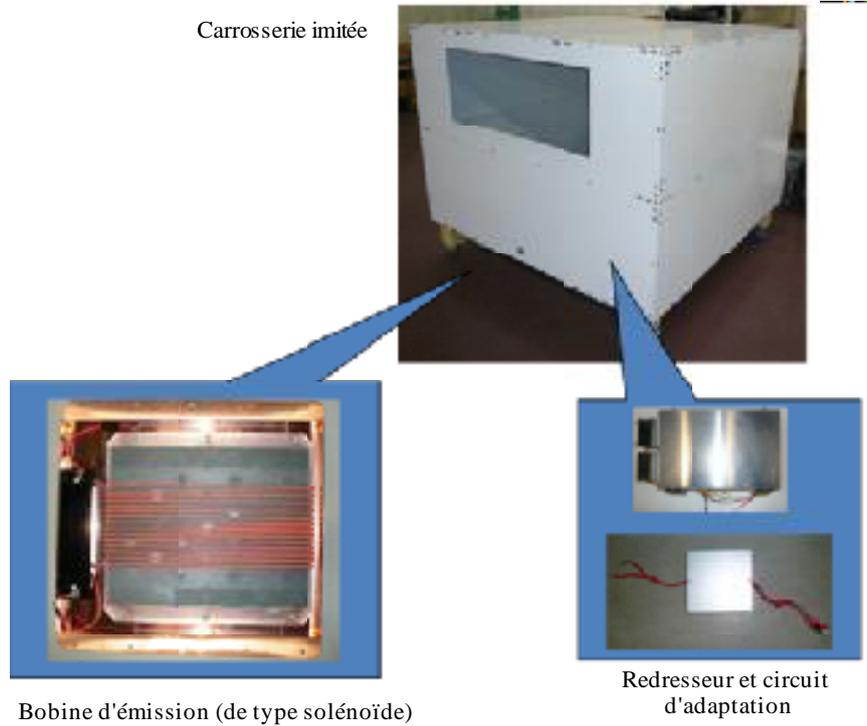
Système TESH	Recharge de véhicules électriques
Technique TESH	Résonance magnétique
Fréquence TESH	Equipement de test A: 120 kHz Equipement de test B: 85 kHz
Condition pour la TESH	Puissance de transfert: 3 kW Distance de transfert de l'énergie: 150 mm

FIGURE A3-9
Equipement de test A



Report SM.2303-A3-09

FIGURE A3-10
Equipement de test B



Report 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

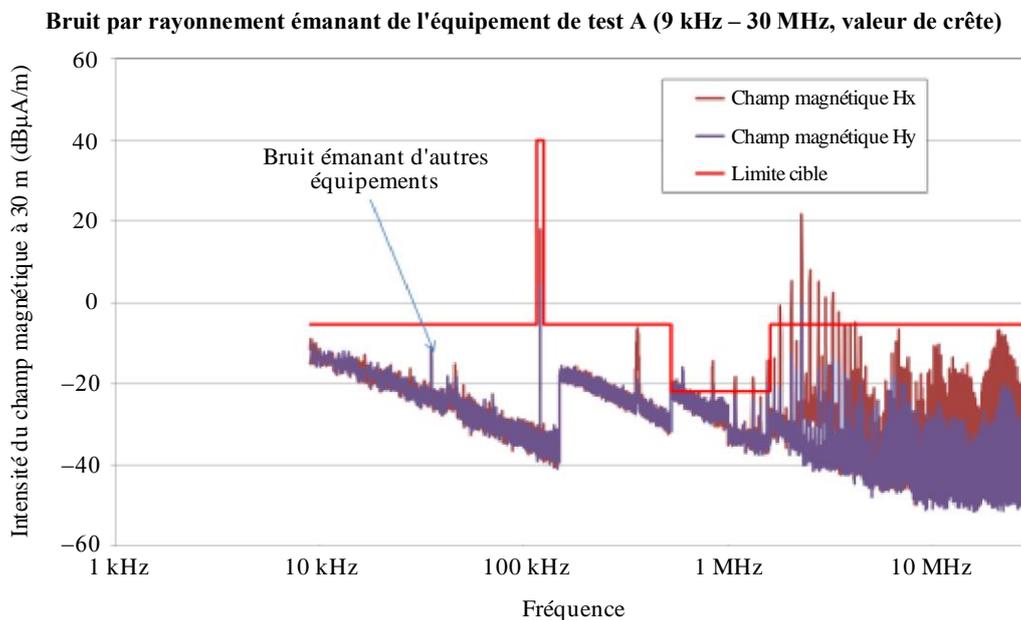
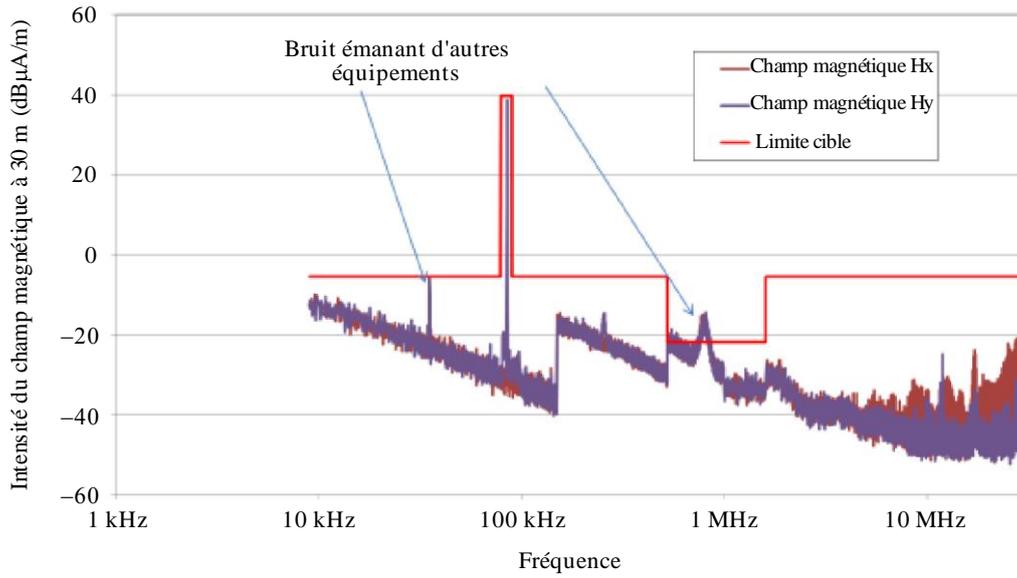


FIGURE A3-12

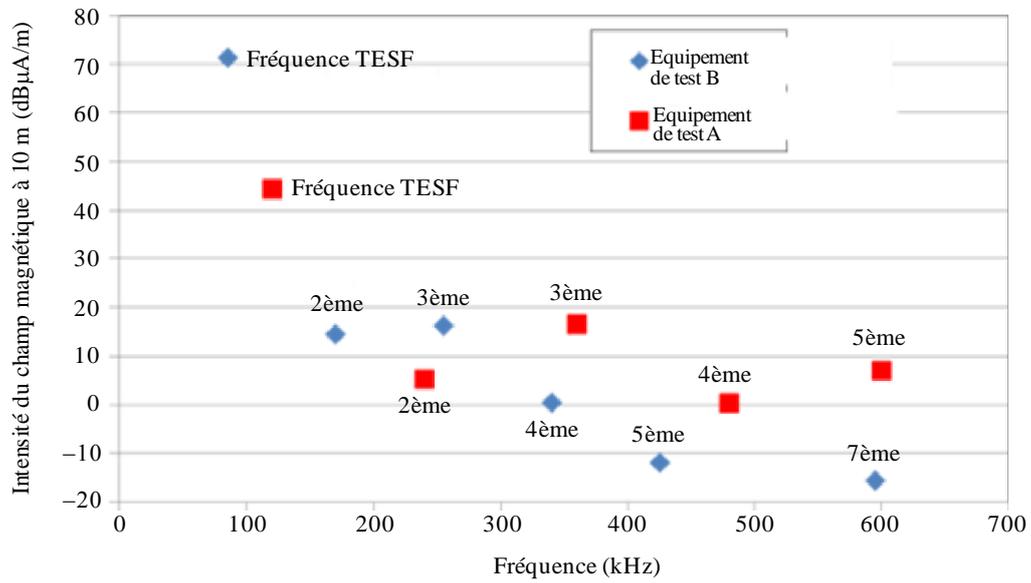
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test B (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Report SM.2303-A3-12

FIGURE A3-13

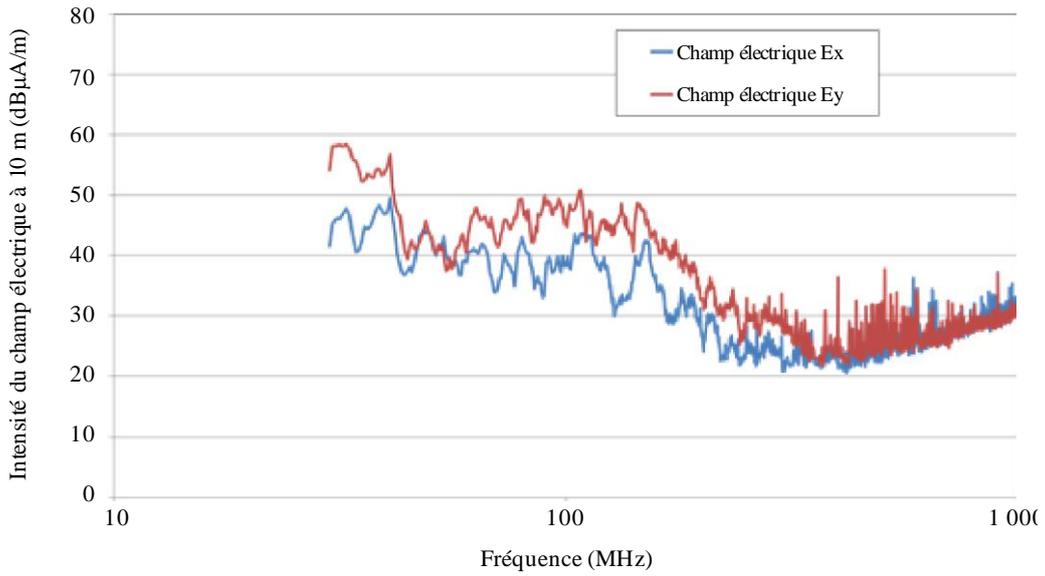
Résultats de mesure des harmoniques d'ordre supérieur (valeur de quasi-crête)



Report SM.2303-A3-13

FIGURE A3-14

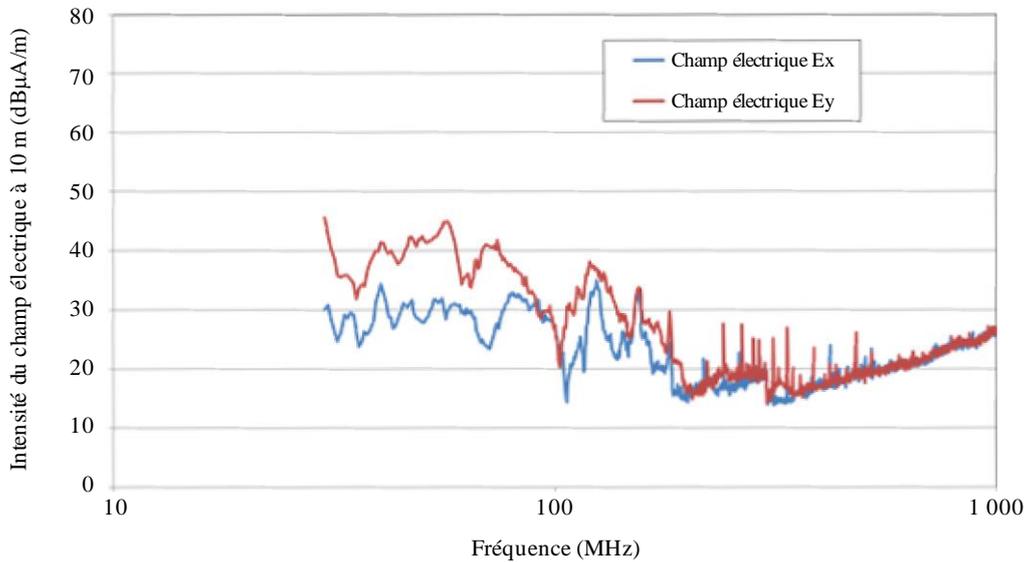
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test A (30 MHz – 1 GHz, valeur de crête)



Report SM.2303-A3-14

FIGURE A3-15

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

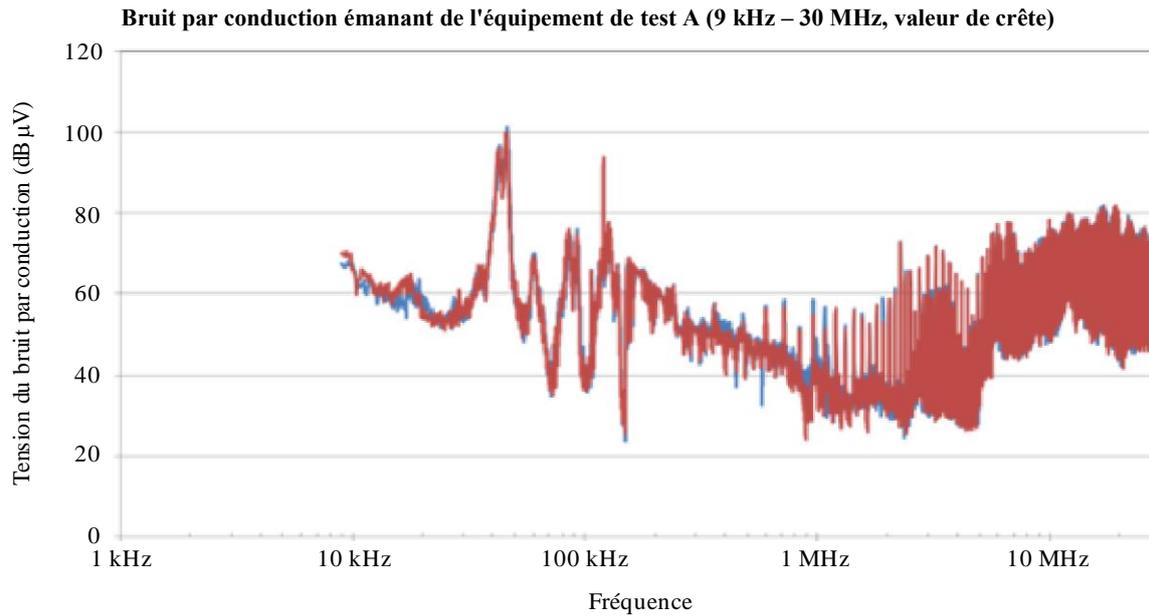


Report SM.2303-A3-15

3) Résultats de mesure du bruit par conduction

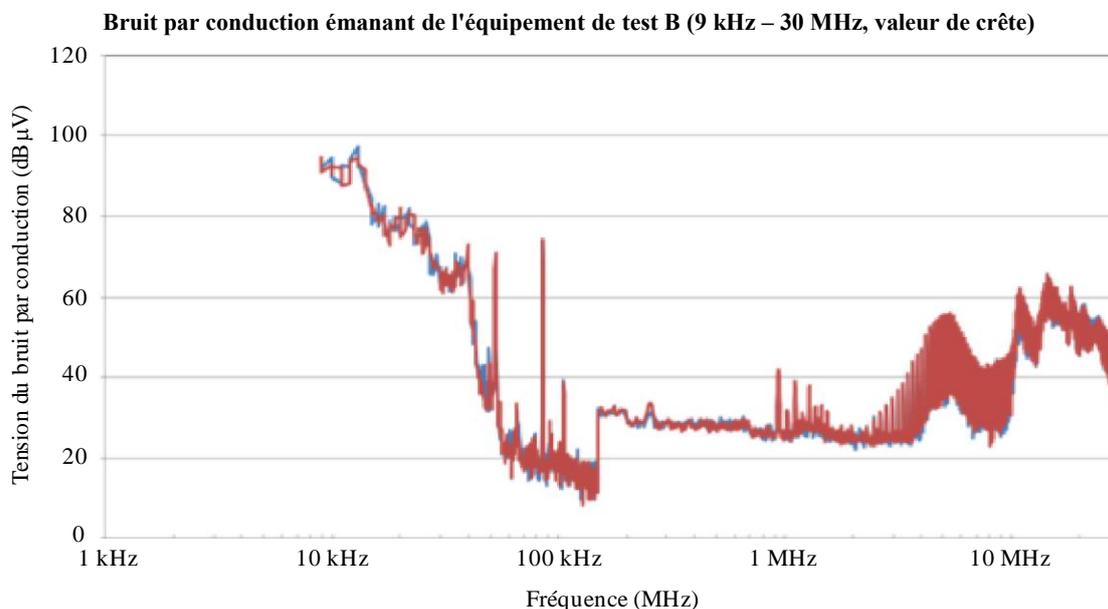
Les résultats de mesure du bruit par conduction dans la gamme de fréquences 30 MHz – 1 GHz sont présentés sur les Figures A3-16 et A3-17.

FIGURE A3-16



Report SM.2303-A3-16

FIGURE A3-17



Report SM.2303-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.

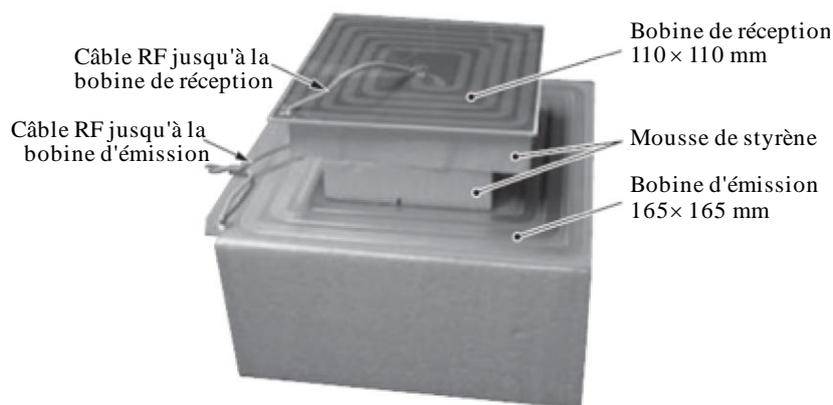
TABLEAU A3-2

**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**



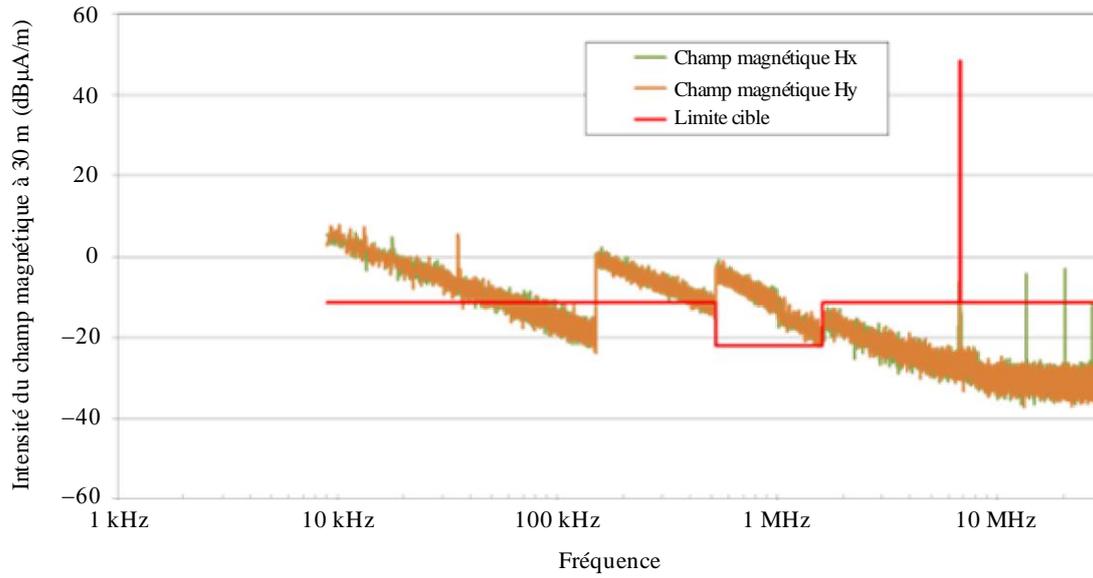
Report SM.2303-A3-18

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

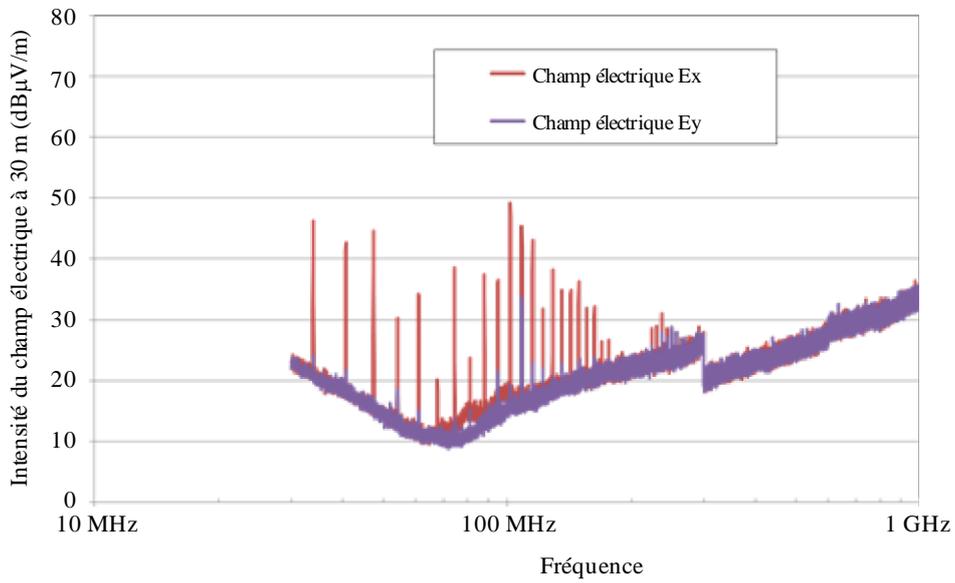
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Report SM.2303-A3-19

FIGURE A3-20

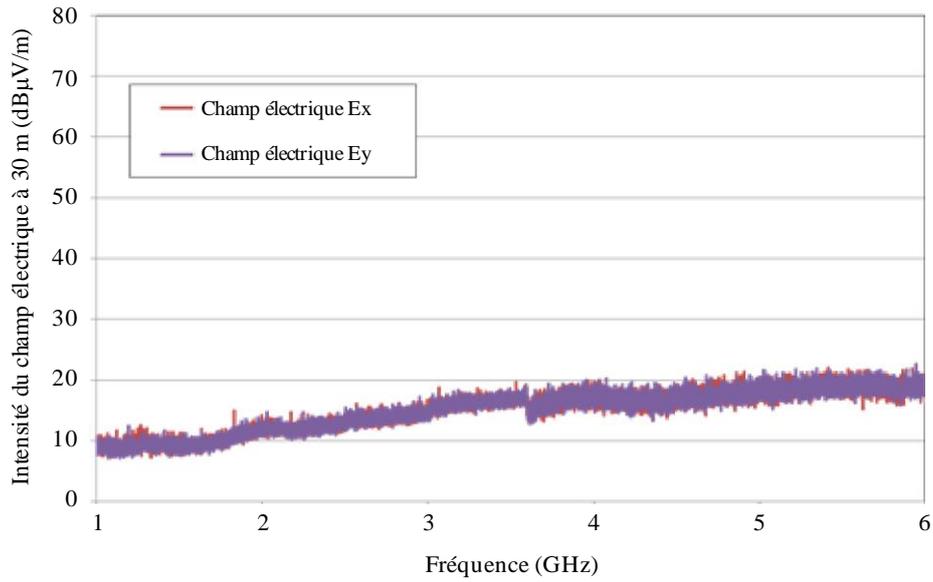
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test (30 MHz – 1 GHz, valeur de crête)



Report SM.2303-A3-20

FIGURE A3-21

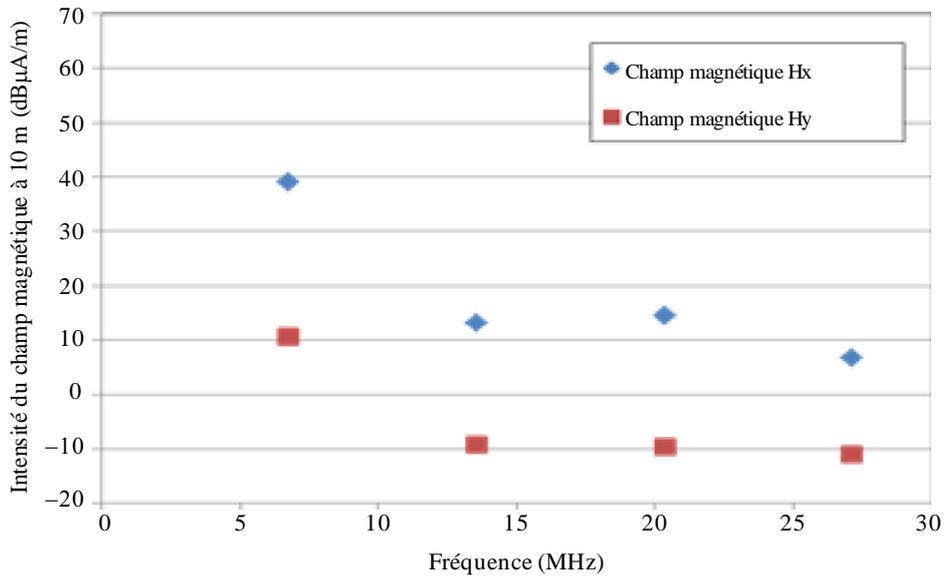
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test (1-6 GHz, valeur de crête)



Report SM.2303-A3-21

FIGURE A3-22

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

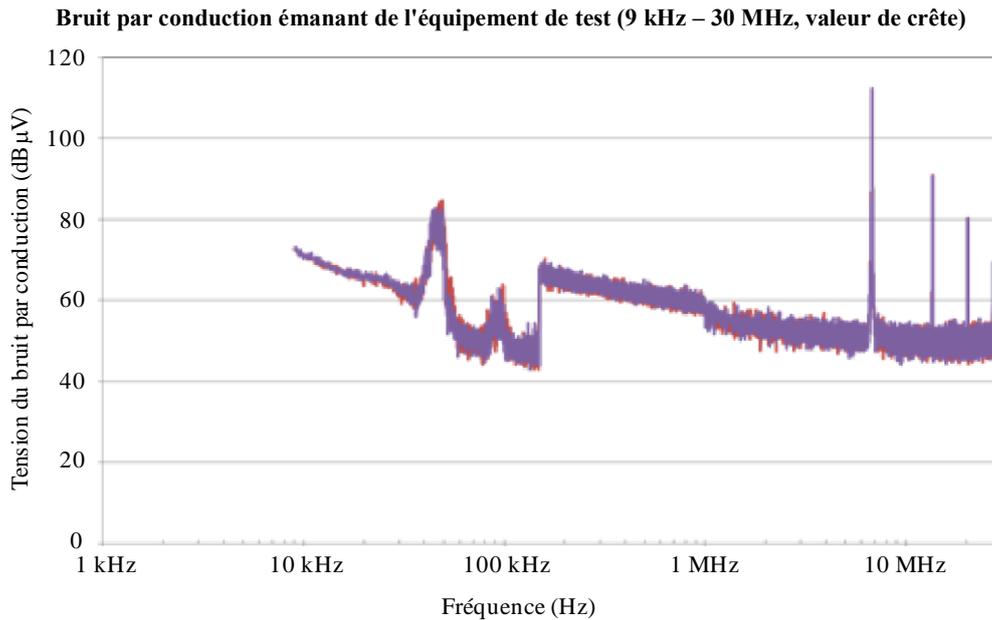


Report SM.2303-A3-22

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



Report 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 Figure 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.

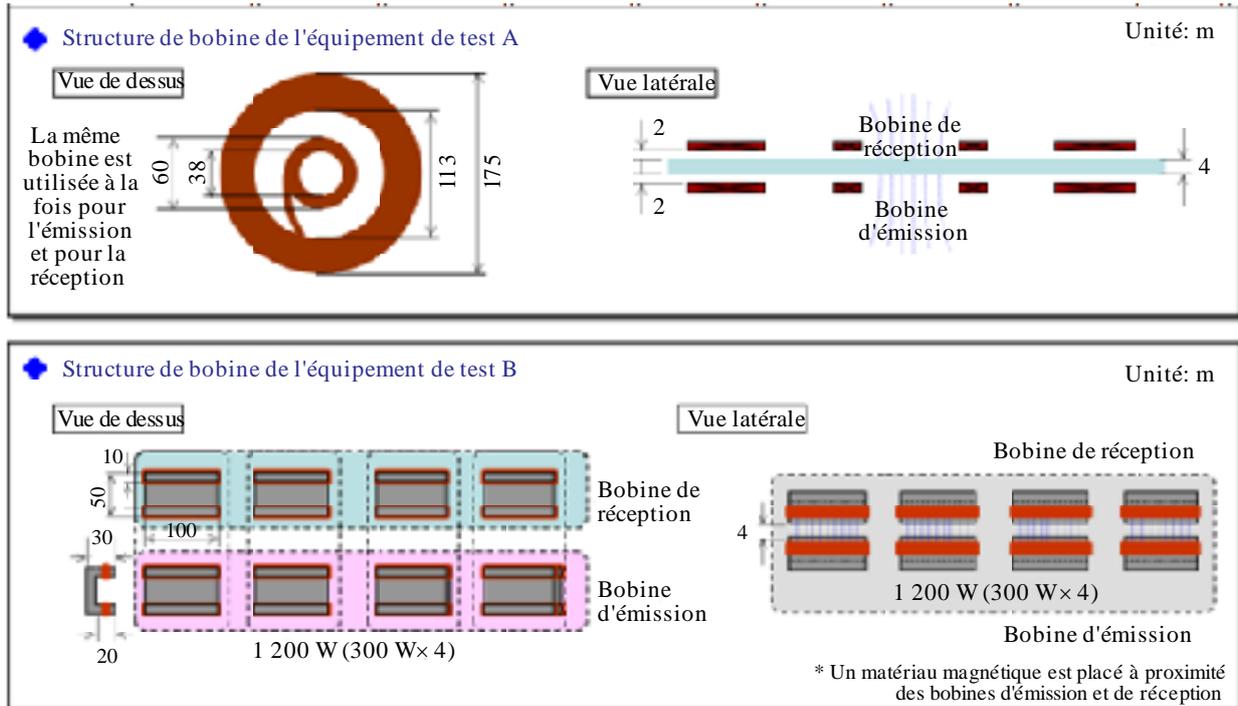
TABLEAU A3-3

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



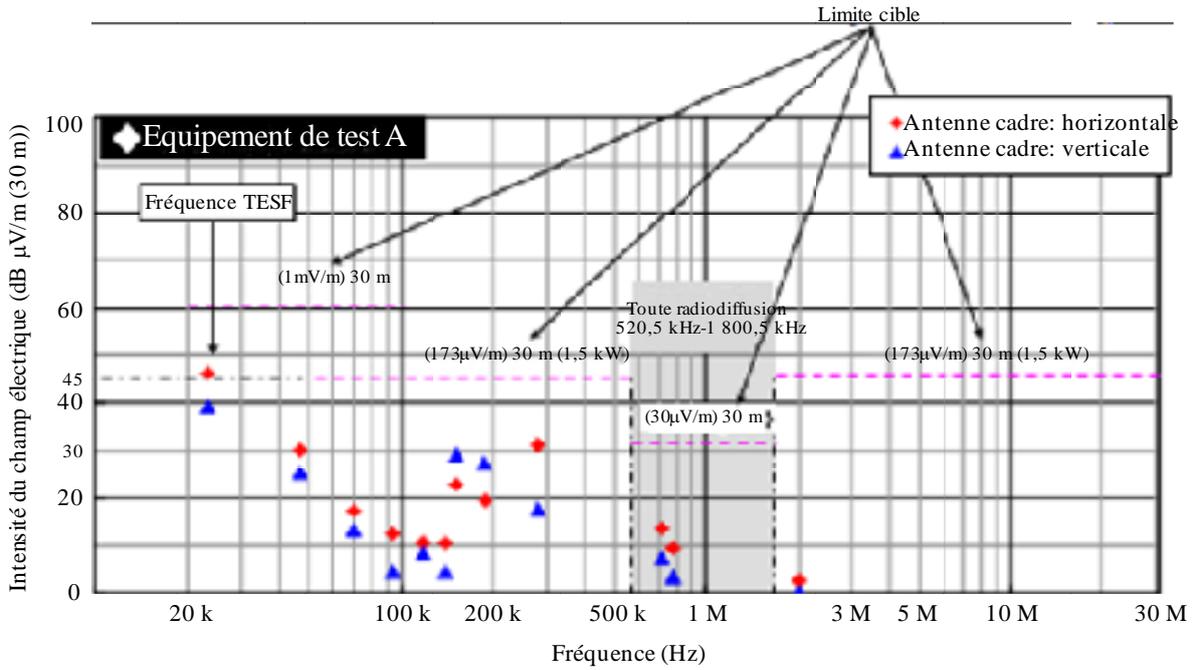
Report SM.2303-A3-24

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 Figure 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 TEF et les fréquences supérieures.

FIGURE A3-25

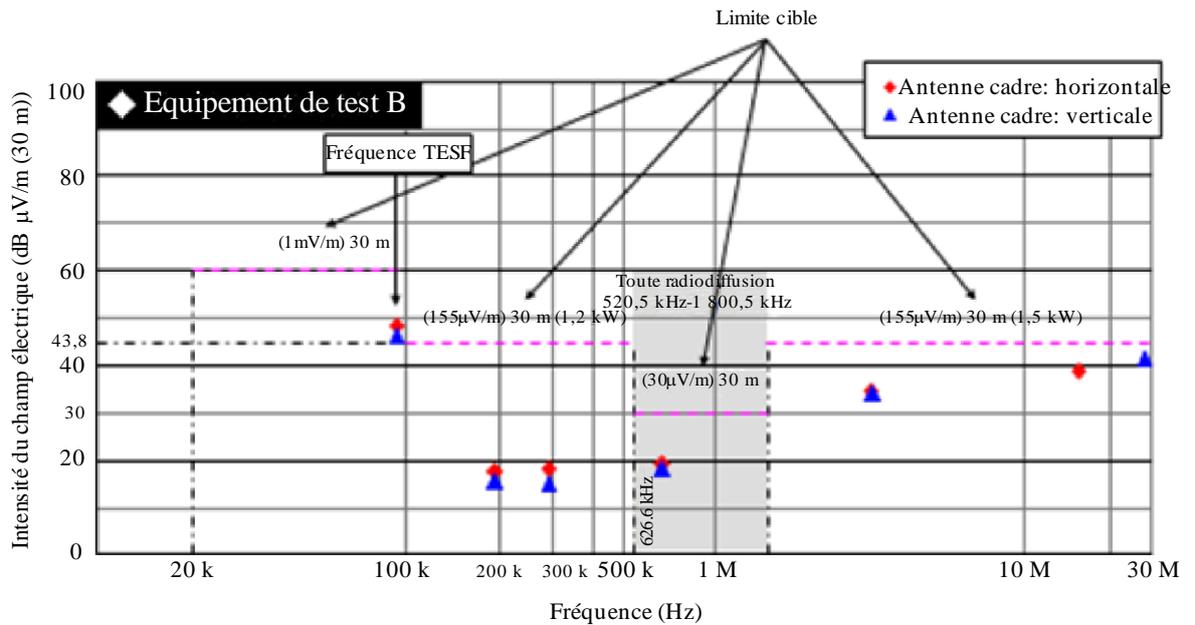
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test A (9 kHz – 30 MHz, valeur de quasi-crête)



Report SM.2303-A3-25

FIGURE A3-26

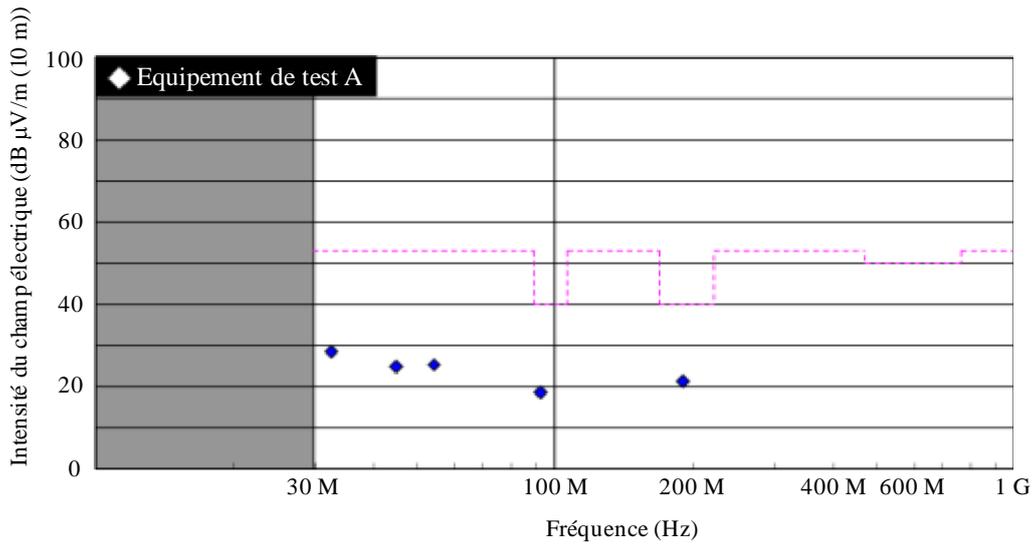
Bruit par rayonnement émanant de l'équipement de test B (9 kHz – 30 MHz, valeur de quasi-crête)



Report 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)



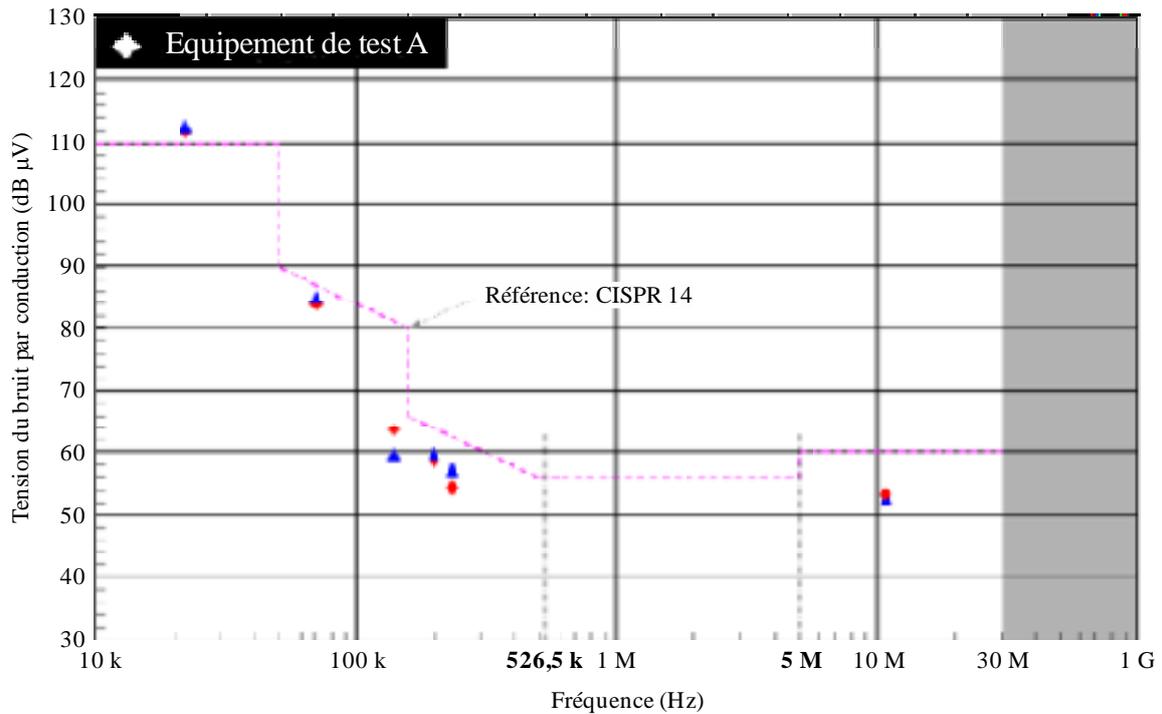
Report SM.2303-A3-27

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 Figure A3-28.

FIGURE A3-28

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



Report 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 TESH. La fréquence TESH 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 TESH	Dispositifs mobiles et informatiques
Technique TESH	Couplage du champ électrique
Fréquence TESH	493 kHz
Condition pour la TESH	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

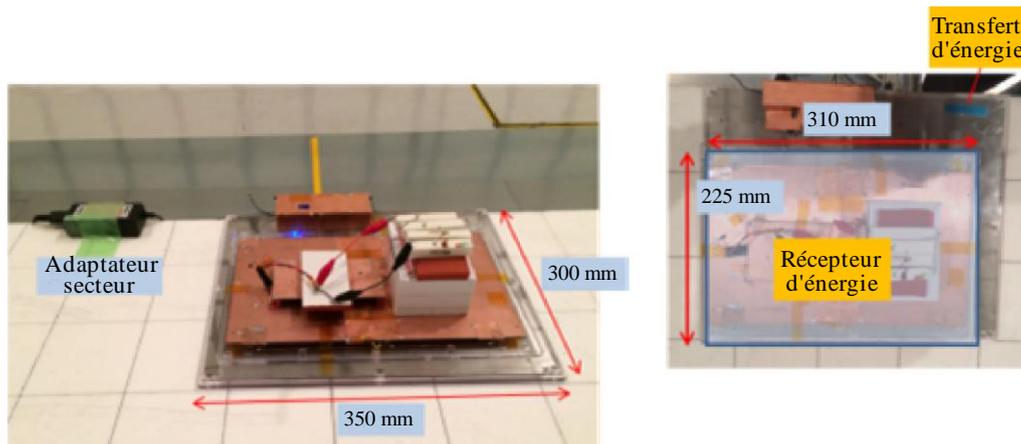
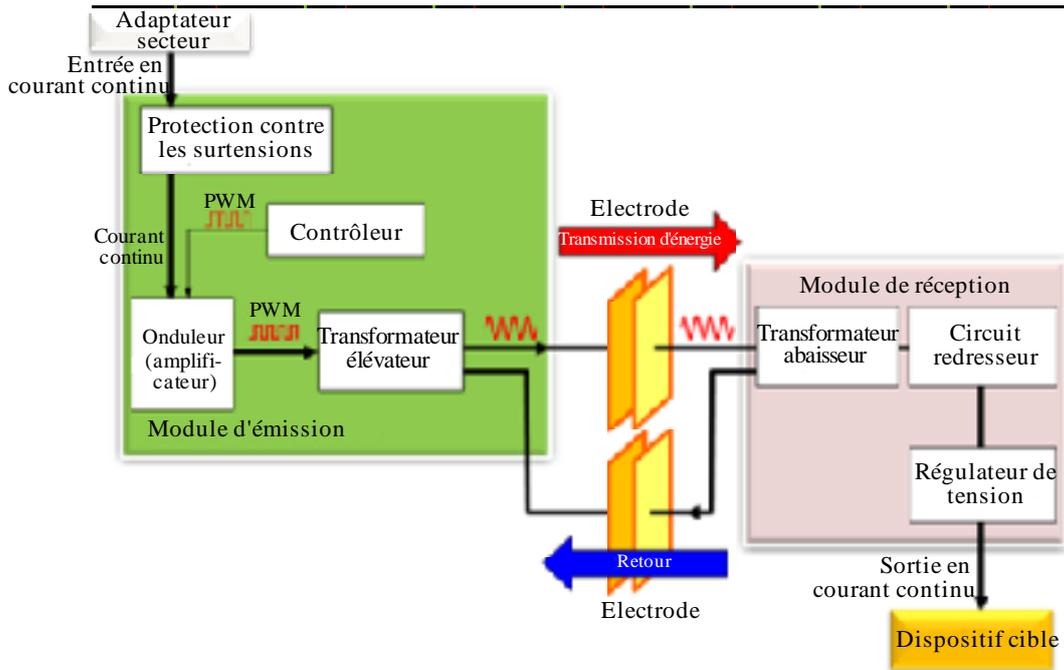


FIGURE A3-30

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



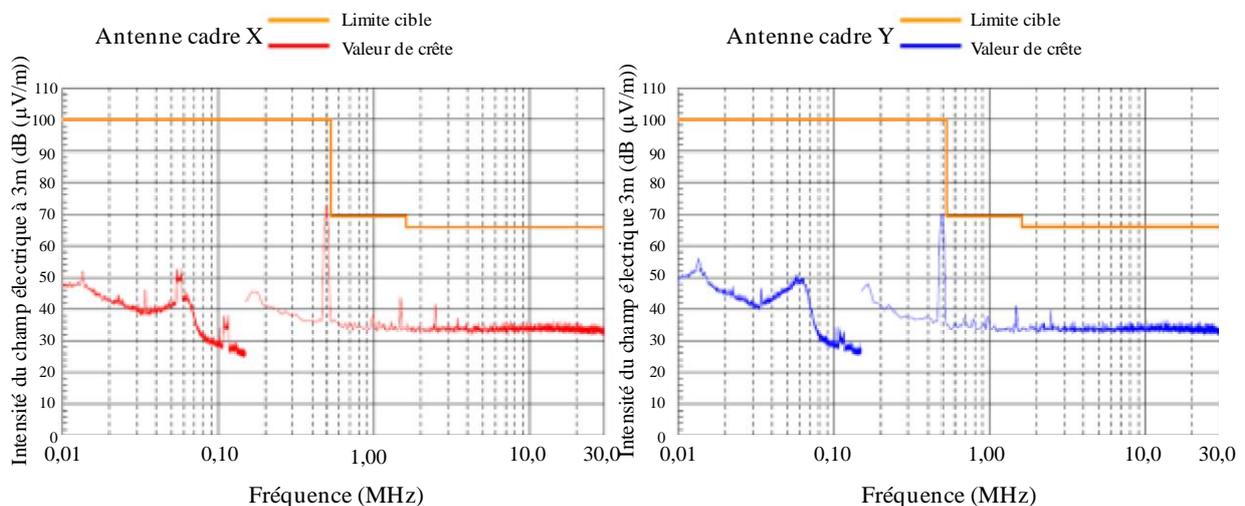
Report SM.2303-A3-30

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 Fig. 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

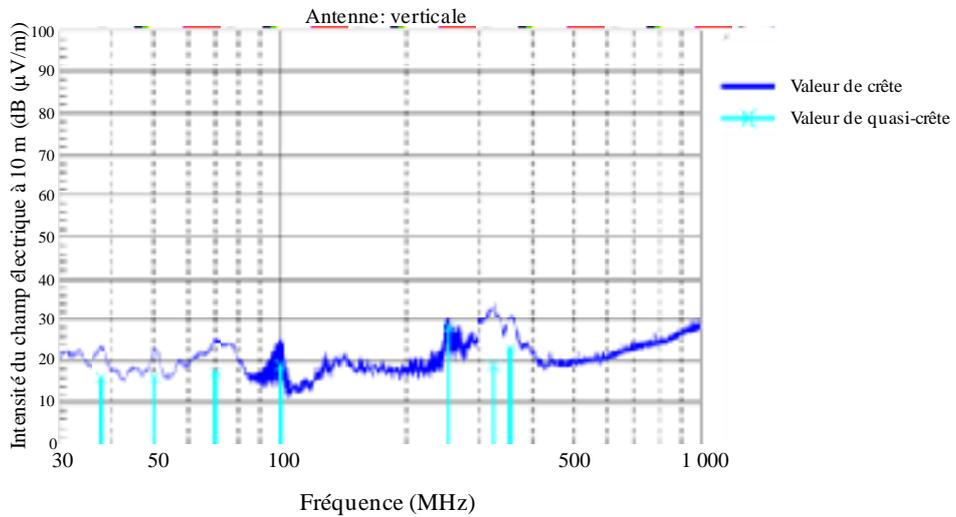
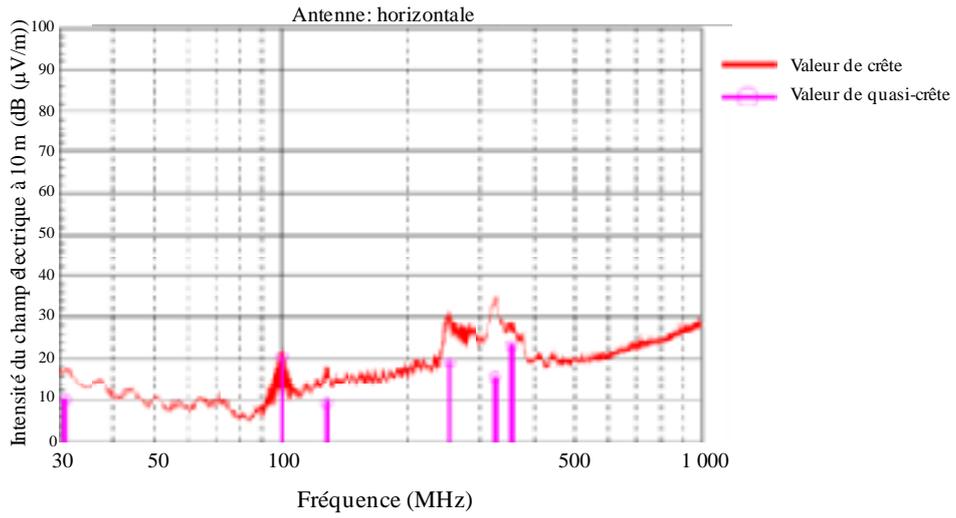
Bruit par rayonnement (9 kHz – 30 MHz, valeur de crête)



Report SM.2303-A3-31

FIGURE A3-32

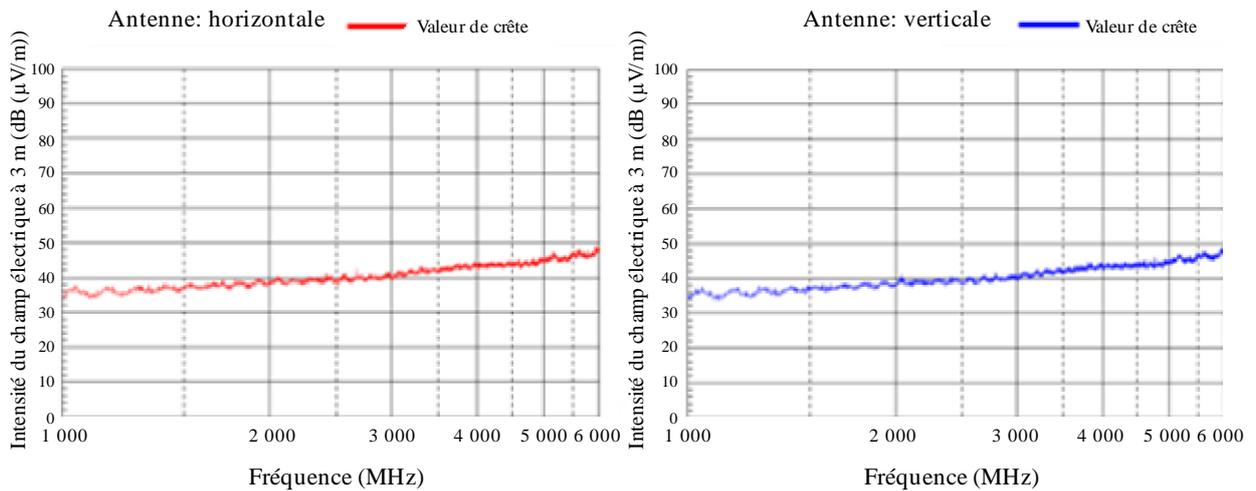
Bruit par rayonnement (30 MHz – 1 GHz, valeur de crête et valeur de quasi-crête)



Report SM.2303-A3-32

FIGURE A3-33

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



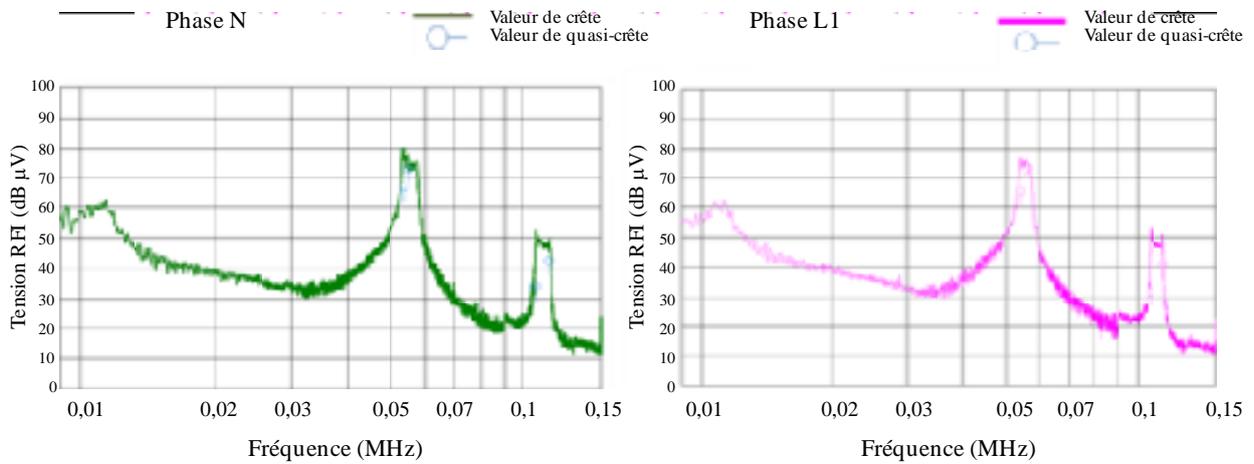
Report SM.2303-A3-33

3) Résultats de mesure du bruit par conduction

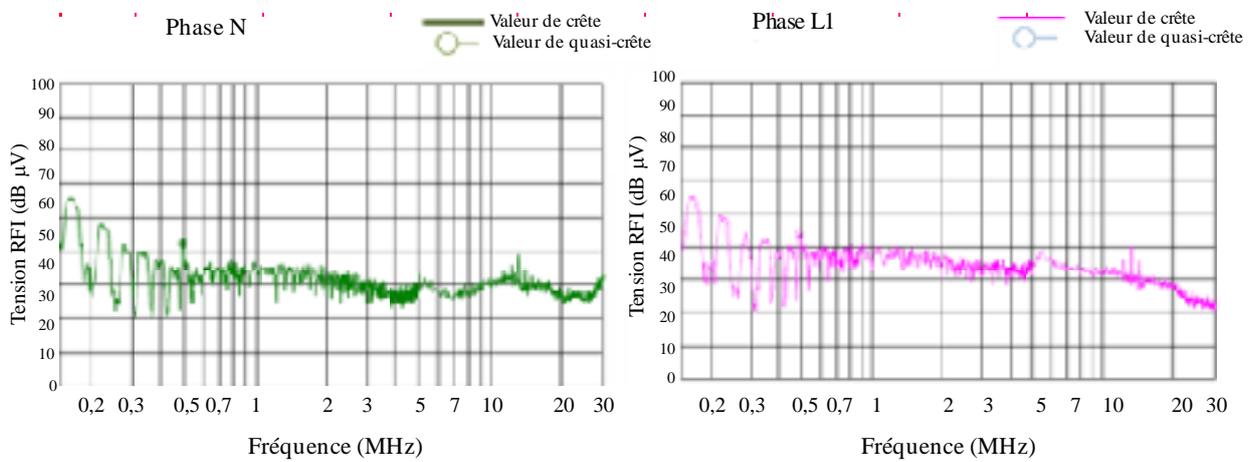
Les résultats de mesure du bruit par conduction dans la gamme de fréquences 9 kHz – 30 MHz sont présentés à la Figure A3-34.

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