

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Rapport UIT-R SM.2157
(09/2009)

Méthodes de mesure applicables aux systèmes de télécommunication à haut débit de données sur réseau électrique

Série SM
Gestion du spectre



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

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

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

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

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

Séries des Rapports UIT-R

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

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Services 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, 2010

© UIT 2010

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.2157

**Méthodes de mesure applicables aux systèmes de télécommunication
à haut débit de données sur réseau électrique**

(Question UIT-R 218/1)

(2009)

Résumé

On observe actuellement dans le monde une demande et une utilisation croissantes d'accès à large bande à l'Internet. Les systèmes de télécommunication sur réseau électrique peuvent être l'un des moyens offrant ce type d'accès. Ces systèmes émettent involontairement des rayonnements RF et ces émissions sont susceptibles de causer des brouillages aux récepteurs de radiocommunication. Le couplage des brouillages en direction des récepteurs affectés peut se faire par rayonnement ou par conduction (dites aussi «émissions conduites»).

Certaines administrations ont déjà adopté ou mettent au point des méthodes ou des procédures de mesure des rayonnements et/ou des émissions par conduction ayant pour origine les systèmes de télécommunication sur réseau électrique. Le présent Rapport présente une synthèse de ces méthodes et procédures (voir les Annexes 1 à 6 du présent Rapport).

D'autres administrations procèdent actuellement à une évaluation de ces méthodes de mesure. Ces administrations souhaiteront peut-être examiner les méthodes de mesure décrites dans les annexes du présent Rapport.

De plus, le Comité international spécial des perturbations radioélectriques (CISPR) qui définit les limites et les méthodes de mesure des perturbations radioélectriques causées par divers types de source, étudie actuellement des méthodes de mesure des émissions par conduction produits par les systèmes de télécommunication sur réseau électrique.

1 Rayonnements involontairement émis par les systèmes de télécommunication sur réseau électrique

Les modems de télécommunication sur réseau électrique (en anglais PLT: Power Line telecommunication) sont conçus pour communiquer entre eux en émettant ou en recevant des signaux via le réseau électrique. Toutefois, en général, la puissance du signal est concentrée au voisinage des deux fils de la ligne électrique. Lorsque les deux fils ne sont pas parfaitement symétriques, il peut y avoir fuite de l'énergie du signal depuis la ligne électrique sous forme de rayonnement. L'asymétrie de la ligne électrique est due à la présence de différentes charges qui y sont connectées tels des dispositifs électriques ou électroniques, et un grand nombre de circuits de dérivation connectés en parallèle sur les lignes électriques d'infrastructure telles des ampoules d'éclairage avec leurs interrupteurs. De plus, les lignes de dérivation peuvent présenter des résonances à certaines fréquences qui se traduisent par des asymétries de courant des signaux véhiculés sur les lignes. Ainsi, les rayonnements émis par les lignes électriques peuvent être dus à une asymétrie des courants des signaux circulant dans le système PLT, notamment par exemple, certains facteurs tels les modems PLT, l'architecture des lignes électriques et des charges variables. Les courants asymétriques peuvent varier dans le temps et avec la fréquence. Par conséquent, les niveaux des rayonnements émis par un système PLT dépendent tout d'abord de la puissance des signaux émis par les modems PLT, mais peuvent varier fortement dans le temps, avec la fréquence et selon l'emplacement (et éventuellement en fonction d'autres facteurs tels les objets réfléchissants se trouvant à proximité des lignes électriques).

2 Mesure des émissions produites par les PLT

On distingue deux catégories différentes de mesure des émissions produites par les PLT: à savoir les mesures des émissions par rayonnement et les mesures des émissions par conduction.

2.1 Mesure des émissions par rayonnement

Les champs électromagnétiques émis par les PLT sont généralement mesurés le long des lignes électriques ou à l'extérieur de la maison équipée de systèmes PLT. En général, les résultats des mesures du champ dépendent fortement de la distance et de la direction de mesure par rapport aux sources de rayonnement ainsi que de la polarisation de l'antenne utilisée. Dans la bande des ondes décimétriques, on utilise une antenne cadre ou une antenne unipolaire pour mesurer respectivement le champ magnétique ou le champ électrique.

Toutefois, il est difficile de convertir les données de mesure entre champ magnétique et champ électrique et inversement, en particulier à une distance inférieure à $\lambda/2\pi$ environ car un facteur de conversion de 377Ω peut ne pas être applicable.

Les mesures des émissions par rayonnement sont généralement effectuées *in situ* là où les services radioélectriques peuvent être brouillés. Toutefois, comme exposé à précédente section, il convient de noter que les résultats peuvent varier dans le temps, en fonction de la fréquence et selon l'emplacement.

Pour minimiser la probabilité de brouillage causé par les systèmes PLT, il faut mesurer les émissions par rayonnement comme indiqué dans les Annexes 1 (UIT-T), 2 (Etats-Unis d'Amérique) et 3 (Allemagne). L'Annexe 4 décrit des travaux en cours (au Brésil) visant à corréler les mesures des rayonnements réalisées avec différents types d'antenne. Les facteurs essentiels pour la mesure des émissions par rayonnement sont les caractéristiques du récepteur et de l'antenne de mesure utilisés (comme examiné dans les Annexes 3 et 4). En outre, la distance de mesure, la hauteur d'antenne et l'influence des objets réfléchissants pouvant se trouver à proximité des points de mesure sont aussi des éléments importants. L'Annexe 6 décrit les méthodes utilisées par le Centre de recherches sur les communications (Canada) pour la mesure des émissions RF par rayonnement et des émissions RF par conduction provenant des dispositifs PLT fonctionnant dans un environnement résidentiel. Les résultats de ces mesures sont exposés dans le Rapport UIT-R SM.2158.

2.2 Mesure des émissions par conduction

Contrairement à la mesure des émissions par rayonnement, la mesure des émissions par conduction peut être réalisée lors du test d'autorisation des équipements.

Comme décrit au § 2.1, les rayonnements involontairement émis par un système PLT sont dus à aux courants asymétriques (mode commun) qui résultent de la transformation des courants symétriques (mode différentiel) due à l'asymétrie et à la résonance du système PLT. Par conséquent, les mesures sont effectuées sur les composantes symétriques et asymétriques de la tension et de l'intensité du signal circulant sur la ligne électrique. Dans la réalité toutefois, les données de mesure peuvent s'étaler sur un très large éventail, car l'asymétrie dans les modems PLT, les lignes électriques et l'équipement connecté varie dans le temps et en fréquence ainsi qu'avec les architectures et les objets proches des lignes électriques. Ainsi, pour les tests de conformité des modems PLT, on utilise généralement un réseau appelé «réseau de stabilisation d'impédance» pour simuler les caractéristiques représentatives des conditions réelles existant sur les lignes électriques.

Afin de limiter les risques de brouillage d'autres types d'équipement électrique/électronique tels que les ordinateurs personnels et les appareils électroménagers, les mesures des émissions par conduction sont toujours nécessaires pour montrer le respect des limites applicables définies par

diverses normes telles celles du CISPR, en particulier en dessous de 30 MHz. De même, les mesures des émissions par conduction des modems PLT peuvent être utilisées pour les tests d'autorisation des équipements. Dans l'Annexe 6 (Japon), on exige de mesurer les courants de signal de mode commun circulant en sortie du modem sous test lorsque celui-ci est connecté à un RIS. Comme les caractéristiques d'un RIS sont strictement spécifiées pour une charge fixe vers le modem, les courants de mode différentiel du signal sont également restreints par les limites relatives aux courants de mode commun. Les facteurs essentiels relatifs aux mesures des émissions par conduction sont les caractéristiques du récepteur de mesure et du RIS utilisés.

Concernant les prescriptions en matière de protection des services de radiocommunication, il faut prendre en compte le niveau d'énergie RF rayonné par les systèmes PLT en espace libre ainsi que les émissions par conduction des systèmes PLT utilisant les mêmes circuits d'alimentation électrique que l'équipement de réception. Toutefois, il n'existe pas de correspondance bien définie entre l'énergie rayonnée par les PLT et les valeurs du courant transmis par conduction mesurées aux prises de courant des équipements PLT, ou de la puissance injectée sur les lignes électriques par les modems PLT. Le présent Rapport décrit une méthode de mesure des émissions par conduction mais il ne traite pas de la question de savoir s'il faut utiliser pour la réglementation relative aux systèmes PLT, les émissions par rayonnement ou bien les émissions par conduction.

2.3 Autres textes pertinents de l'UIT-R

Recommandation UIT-R SM.1753 – Méthodes pour mesurer le bruit radioélectrique.

Recommandation UIT-R P.372-9 – Bruit radioélectrique.

Rapport UIT-R SM.2055 – Radio noise measurements (Mesure du bruit radioélectrique, en anglais seulement).

Rapport UIT-R SM.2155 – Man-made noise measurements in the HF range (Mesure du bruit artificiel dans la bande des ondes décimétriques, en anglais seulement).

Annexe 1

Mesure des émissions perturbatrices conformément à la Recommandation UIT-T K.60¹

A1.1 Considérations générales

Afin d'obtenir les plus hautes valeurs de mesure des rayonnements perturbateurs, il convient de s'assurer que la partie du réseau de télécommunication qui fait l'objet de l'évaluation fonctionne aux niveaux de signal maximaux sur le site considéré et dans le mode identifié précédemment comme produisant les niveaux de champ perturbateur RF les plus élevés. Si le système est interactif, il importera de vérifier la présence de signaux en sens inverse (amont) au cas où leurs fréquences se trouveraient dans la plage de fréquences visée par la ou les plaintes.

¹ L'objet de cette Recommandation est de guider les administrations lors de l'examen des plaintes pour brouillage entre systèmes de télécommunication et n'est pas destinée à définir les prescriptions de conformité ou à constituer une recommandation pour la protection du spectre radioélectrique.

Les mesures intérieures sont particulièrement sujettes à des incertitudes dues aux réflexions ou à la méconnaissance du trajet de certains câbles, par exemple. Il importe de rechercher avec soin le niveau maximal d'émission et de prendre en compte les facteurs susceptibles d'avoir une influence.

Bien que la méthode de mesure du champ rayonné présente des inconvénients à savoir une incertitude relativement importante des mesures et des difficultés de positionnement, cette méthode est applicable aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. En outre, en cas de mesures intérieures, il convient d'apporter une attention particulière aux réflexions. Dans certains cas, la valeur de champ mesurée peut atteindre le double de la valeur calculée.

A1.2 Normalisation des résultats des mesures effectuées à une distance différente de la distance de mesure normalisée

L'exiguïté des lieux (dans le cas de mesures intérieures, par exemple) peut imposer le choix d'une distance de mesure inférieure à la distance de mesure normalisée. La distance de mesure choisie sera aussi grande que possible et en aucun cas inférieure à 1 m. Dans le cas de mesures extérieures, il pourra aussi être nécessaire de choisir une distance de mesure supérieure à la distance normalisée.

Si une distance de mesure supérieure ou inférieure à la distance normalisée doit être utilisée, on choisira trois points de mesure différents et accessibles situés le long de l'axe de mesure. La distance entre ces points doit être aussi grande que possible. En chaque point, le niveau du champ perturbateur sera mesuré. Les facteurs déterminants seront les conditions locales et la mesurabilité du champ perturbateur.

Les résultats des mesures seront ensuite portés sur un diagramme représentant la variation du niveau du champ en dB(μ V/m) en fonction du logarithme de la distance de mesure. La droite reliant les différentes valeurs mesurées représente la pente du champ le long de l'axe de mesure. S'il est impossible de déterminer cette pente, il faudra choisir des points de mesure supplémentaires. Le niveau de champ obtenu à la distance de mesure normalisée peut être lu sur le diagramme en prolongeant simplement la droite reliant les points de mesure.

La normalisation des résultats obtenus n'est pas autorisée si la distance réelle entre le point à partir duquel les mesures sont effectuées et le câble du réseau de télécommunication, n'est pas connue.

A1.3 Mesure des émissions perturbatrices entre 9 kHz et 30 MHz

A1.3.1 Introduction

Entre 9 kHz et 30 MHz, la composante magnétique des rayonnements perturbateurs doit être mesurée et évaluée.

Un système de mesure étalonné conforme à la Publication CISPR 16-1, composé d'un récepteur de mesure des perturbations radioélectriques (ou d'un analyseur de spectre approprié), associé à une antenne-cadre pour la mesure des composantes du champ magnétique, ainsi qu'un trépied, sont nécessaires.

D'autres équipements spécialisés, antennes cadre accordées par exemple, peuvent également être utilisés, si besoin est.

Pour accélérer la mesure, on commencera par utiliser un détecteur de crête. Si le bruit de fond rend inutilisable cette mesure simple, on utilisera un détecteur de quasi-crête, la valeur de quasi-crête sera appliquée.

Il est recommandé que le récepteur de mesure et l'antenne-cadre soient alimentés par une source d'alimentation indépendante sans prise de terre (alimentation par batterie, par exemple), notamment dans le cas de mesures intérieures, afin de minimiser le risque de formation de boucles d'induction via la terre qui pourraient perturber les mesures.

A1.3.2 Procédure de mesure

L'antenne-cadre sera installée sur un trépied à une hauteur de 1 m (bord inférieur de l'antenne), au point de mesure identifié auparavant comme présentant le champ perturbateur maximal, de manière qu'elle soit placée à la distance de mesure normalisée.

On réglera le récepteur de mesure sur la fréquence véhiculant la perturbation et utilisera le type de détecteur approprié, puis on placera l'antenne-cadre de manière telle que la valeur de mesure affichée soit la plus élevée.

La mesure des champs magnétiques rayonnés par des réseaux de télécommunication dans la gamme des fréquences inférieures ou égales à 30 MHz peut se compliquer en raison de la présence de divers signaux RF utiles de niveau élevé émis par des services de radiocommunication. Cette situation peut obliger à identifier certaines des fréquences (ci-après dénommées «fréquences quêtes») attribuées au voisinage de la fréquence du service de radiocommunication affecté, avec des champs faibles tel que le bruit de fond et le niveau des signaux ambiants soient à un niveau inférieur à la valeur limite applicable. Si possible, cette marge doit être supérieure à 6 dB. On devrait normalement effectuer cette opération sans modifier la position de l'antenne et, de préférence, avec le réseau de télécommunication désactivé.

Si le réseau ne peut être désactivé, on pourra également procéder comme suit:

- Orienter l'antenne-cadre afin d'obtenir un couplage minimal avec l'émission du réseau et vérifier que le bruit de fond et les signaux ambiants éventuels sont inférieurs à la valeur limite applicable. Si possible, cette marge doit être supérieure à 6 dB.
- Orienter l'antenne-cadre afin d'obtenir un couplage maximal, puis augmenter la distance de mesure et vérifier qu'il en résulte bien une réduction du champ mesuré, conformément au § 7.2 de la Recommandation UIT-T K.60.

Les fréquences quêtes ou les plages de fréquences identifiées seront utilisées pour la mesure de l'émission perturbatrice. L'opérateur du récepteur de mesure devra évaluer les niveaux de bruit de fond subjectivement, pour chacune de ces fréquences. Utilisant la largeur de bande de mesure et le détecteur spécifiés, on relèvera la valeur du niveau le plus élevé du champ perturbateur (en dB(μ V/m)) observé pendant une période de 15 secondes. On ne tiendra pas compte des crêtes isolées de courte durée.

A1.4 Mesure des émissions perturbatrices entre 30 et 3000 MHz

A1.4.1 Introduction

La composante électrique de l'émission perturbatrice doit être mesurée et évaluée.

Généralement, la composante électrique sera mesurée en termes de champ électrique (en dB(μ V/m)) à la distance de mesure normalisée.

A1.4.2 Equipement de mesure

Un système de mesure étalonné conforme à la Publication CISPR 16-1, composé obligatoirement d'un récepteur de mesure des perturbations radioélectriques (ou d'un analyseur de spectre approprié), associé à un doublet à large bande, une antenne biconique, une antenne log-périodique ou une antenne cornet, ou une antenne analogue à polarisation rectiligne, adaptées chacune à la mesure des composantes électriques du champ électromagnétique, et d'un un mât d'antenne.

Pour accélérer la mesure, il faut tout d'abord utiliser un détecteur de crête. Si le bruit de fond rend inutilisable cette mesure simple, on utilisera un détecteur de quasi-crête, la valeur de quasi-crête étant appliquée. Comme au-dessus de 1 GHz, il n'existe aucun détecteur de quasi-crête pour ces fréquences, on utilisera uniquement le détecteur de crête.

A1.4.3 Mesure du champ électrique perturbateur

L'antenne de mesure sera installée sur le mât en un point de mesure identifié auparavant comme présentant le champ perturbateur maximal tout en étant placée à la distance de mesure normalisée.

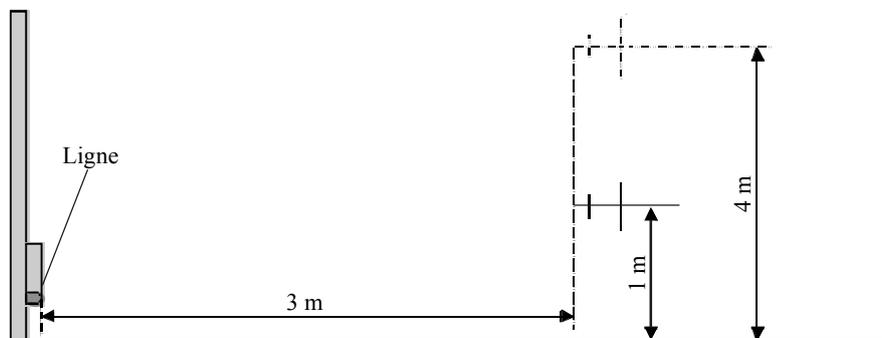
Les contraintes d'espace locales (dans le cas de mesures intérieures, par exemple) peuvent imposer une diminution de la distance de mesure inférieure. Dans ce cas, la distance de mesure choisie devra être supérieure ou égale à 1 m. Pour les mesures, on orientera l'antenne de manière à obtenir le couplage maximal avec la source perturbatrice, sans exploration verticale.

On réglera le récepteur de mesure ou l'analyseur de spectre à la fréquence acheminant la perturbation et choisira le type de détecteur approprié, puis on réalisera les mesures. A l'emplacement et au(x) point(s) de mesure spécifiés, on modifiera la direction, la hauteur et la polarisation (horizontale et verticale) de l'antenne de mesure afin de déterminer le champ RF perturbateur maximal. On déterminera la composante électrique du champ perturbateur en observant les valeurs données par le récepteur de mesure sur une période d'environ 15 secondes et on relèvera la valeur la plus élevée. Il conviendra ne pas tenir compte des crêtes isolées occasionnelles.

Si l'antenne et le réseau de télécommunication sont situés au même niveau, on fera varier la hauteur de l'antenne de 1 à 4 m (ou jusqu'à la hauteur maximale imposée par la hauteur de plafond) afin de déterminer le champ maximal. Lors de la variation de hauteur, l'antenne ne sera pas placée à moins de 0,5 m des objets réfléchissants (murs, plafonds, structures métalliques, par exemple). Les variations de la hauteur d'antenne peuvent être limitées en raison des conditions locales (voir la Fig. 1.)

Dans le cas de mesures extérieures, on fera varier la hauteur de l'antenne 1 à 4 m.

FIGURE 1
Variation de la hauteur de l'antenne



Annexe 2

Méthodes de mesure applicables aux émissions par rayonnement des systèmes de télécommunication sur ligne électrique aux États-Unis d'Amérique

A2.1 Définitions

Système à courants porteurs: Système ou partie de système qui transmet de l'énergie radiofréquence sur les lignes du réseau électrique. Un système à courants porteurs peut être conçu de manière telle que les signaux soient reçus par conduction directement depuis une connexion aux lignes électriques (antenne involontaire) ou que les signaux soient reçus par voie hertzienne, les signaux radiofréquence étant émis par les lignes électriques (antenne volontaire).

PLT d'accès: Système à courants porteurs fonctionnant comme émetteur involontaire utilisant des fréquences comprises entre 1705 MHz et 80 MHz sur des lignes moyenne (MV: Medium Voltage) ou basse tension (LV: Low Voltage), assurant des communications à large bande et placés côté alimentation des points d'interconnexion électrique avec les locaux du client.

Les lignes moyenne tension (MV) acheminent depuis une sous-station, des courants de tension comprise entre 1 000 et 40 000 V. Ces lignes peuvent être aériennes ou souterraines. Les lignes basse tension acheminent des courants basse tension (240/120 V par exemple) depuis un transformateur de distribution vers les locaux du client.

PLT domiciliaire: Système à courants porteurs fonctionnant comme un émetteur involontaire utilisant des fréquences comprises entre 1705 kHz et 80 MHz sur des lignes basse tension qui n'appartiennent pas, ne sont pas exploitées ou gérées par un fournisseur de courant électrique. Cela inclut les réseaux fermés situés dans les locaux d'un client ainsi que les réseaux situés dans les locaux du client formant des connexions avec les systèmes d'accès BPL (Broadband Power Line: large bande sur ligne électrique).

A2.2 Principes généraux des mesures applicables aux PLT d'accès et aux PLT domiciliaires

- 1 Les tests doivent être réalisés en réglant l'équipement sous test au niveau maximal.
- 2 Les tests doivent être réalisés en utilisant la valeur maximale du facteur d'utilisation du signal RF injecté (fréquence des salves): Des modes ou des logiciels de test peuvent être utilisés pour les transmissions amont et aval.
- 3 Les mesures doivent être réalisées sur un site de test où le niveau du signal ambiant est inférieur de 6 dB à la limite applicable. (Voir le CISPR 16-1-4 – Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques, Ed. 1.1, 2004-05, § 5 et 8.)
- 4 Lorsque la fréquence des salves de communication de données est au moins égale à 20 salves/s, il faut utiliser pour les mesures un détecteur de quasi-crête. Lorsque la fréquence des salves de communication de données est inférieure ou égale à 20 salves/s, il faut utiliser pour les mesures un détecteur de crête.
- 5 Pour les fréquences supérieures à 30 MHz, on utilise une antenne sensible au champ électrique (antenne biconique par exemple). Le signal doit être maximisé pour des hauteurs d'antenne comprises entre 1 et 4 m, pour les polarisations horizontale et verticale et conformément au § 4 (procédures) du CISPR 16-4. Pour les mesures sur les accès PLT uniquement, une autre solution consiste à réaliser ces mesures avec une hauteur d'antenne de 1 m à condition que l'on augmente de 5 dB les valeurs mesurées du champ pour tenir compte des effets de la hauteur d'antenne.

- 6 Pour les fréquences inférieures à 30 MHz, on utilise une boucle magnétique active ou passive. La hauteur de cette antenne à boucle magnétique doit être de 1 m, son plan étant orienté verticalement et l'émission étant maximisée en faisant pivoter l'antenne de 180° par rapport à son axe vertical. Lorsqu'on utilise des boucles magnétiques actives, il faut veiller à ce que les signaux ambiants ne saturent pas l'analyseur de spectre ou le préamplificateur d'antenne.
- 7 Les six émissions les plus intenses par rapport à la limite et indépendantes de la polarisation de l'antenne doivent être relevées comme indiqué au § 8 du CISPR 22 – Appareils de traitement de l'information – Caractéristiques des perturbations – Limites et méthodes de mesure radioélectriques, Ed. 5, 2004-05.
- 8 Tous les modes de fonctionnement doivent être testés dans toutes les bandes de fréquences de fonctionnement.

A2.3 Principes de mesure applicables aux accès PLT *Access PLT measurement principles*

a) Environnement de test

- 1 L'équipement sous test comprend tous les dispositifs électroniques PLT comme par exemple: les coupleurs, les injecteurs, les extracteurs, les répéteurs, les suramplificateurs, les concentrateurs les lignes électriques moyenne tension aériennes ou souterraines.
- 2 Les tests *in situ* doivent être réalisés sur trois installations type pour la ou les lignes aériennes ou enterrées.

b) Principes applicables aux mesures des émissions par rayonnement pour les installations avec lignes aériennes

- 1 Les mesures doivent être normalement effectuées à une distance horizontale de 10 m par rapport à la ligne aérienne. Au besoin, en raison des émissions ambiantes, les mesures peuvent être réalisées à 3 m de distance. Des corrections de distance devront être effectuées en utilisant un facteur d'extrapolation vers la distance spécifiée, de 20 dB/décade spécifié pour les fréquences supérieures ou égales à 30 MHz et de 40 dB/décade pour les fréquences inférieures à 30 MHz.
- 2 Les tests doivent être effectués à des distances de 0, 1/4, 1/2, 3/4 et 1 longueur d'onde en dessous du point d'injection du PLT sur la ligne électrique. Cet espacement est fondé sur la fréquence mi-bande utilisée par l'équipement sous test. En outre, lorsque la fréquence mi-bande est supérieure à la fréquence la plus basse injectée sur la ligne électrique d'un facteur supérieur à deux, les tests doivent être étendus par pas de 1/2 longueur d'onde de la fréquence mi-bande jusqu'à ce que la distance soit égale ou supérieure à la demi-longueur d'onde de la plus basse fréquence injectée (par exemple, lorsque le dispositif injecte des fréquences comprises entre 3 et 27 MHz, la longueur d'onde mi-bande correspondant à la fréquence de 15 MHz est de 20 m, et la longueur d'onde correspondant à la fréquence injectée la plus basse est de 100 m. Les mesures doivent être effectuées à 0, 5, 10, 15 et 20 m en-dessous de la ligne, correspondant à une ou demi longueur d'onde à la fréquence mi-bande. Etant donné que la fréquence mi-bande est supérieure à la fréquence minimale par un facteur supérieur à deux, des mesures additionnelles doivent être effectuées par intervalles de 10 m jusqu'à ce que la distance par rapport au point d'injection soit égale ou supérieure à 1/2x100 m. Ainsi, les points de mesure additionnels doivent se trouver à 30, 40 et 50 m du point d'injection).
- 3 Les tests doivent être répétés pour chaque composant d'accès PLT (injecteur, extracteur, répéteur, suramplificateur, concentrateur, etc.).

- 4 La correction de distance pour les mesures sur les lignes aériennes doit être fondée sur la distance oblique qui est la distance en visibilité directe entre l'antenne de mesure et la ligne aérienne. Les corrections de distance oblique doivent être effectuées en utilisant un facteur d'extrapolation vers la distance spécifiée, de 20 dB/décade pour les fréquences supérieures ou égales à 30 MHz et de 40 dB/décade pour les fréquences inférieures à 30 MHz.. (Lorsque par exemple, les mesures sont effectuées à une distance horizontale de 10 m avec une hauteur d'antenne de 1 m, la hauteur de la ligne électrique utilisée par le PLT étant de 11 m et la distance de portée oblique étant de 14,1 m (les distances verticale et horizontale sont toutes deux égales à 10 m) Aux fréquences inférieures à 30 MHz, les mesures seront extrapolées vers la distance de référence de 30 m exigée en soustrayant $40 \log(30/14.1)$ ou 13,1 dB aux valeurs mesurées. Pour les fréquences supérieures à 30 MHz, le facteur de correction est de $20 \log$).

NOTE 1 – Lorsque les dispositifs d'accès PLT sont couplés à des lignes électriques basse tension (à savoir à une prise électrique ou à des suramplificateurs de modems), on utilise les procédures applicables aux lignes aériennes comme indiqué plus haut pour les lignes basse tension.

c) Principes applicables aux mesures des émissions par rayonnement pour les installations sur lignes souterraines

Les installations sur lignes souterraines sont celles sur lesquelles le dispositif PLT est monté ou fixé sur une armoire de transformateur sur socle amortisseur ou un coffret de raccordement fixé au sol et couplé directement et uniquement aux câbles souterrains.

- 1 Les mesures doivent être normalement effectuées à une distance de 10 m par rapport au transformateur d'alimentation souterrain qui contient le(s) dispositif(s) PLT. Au besoin, en raison des émissions ambiantes, les mesures pourront être réalisées à 3 m de distance. Les corrections de distance doivent être effectuées en utilisant un facteur de correction par rapport à la distance spécifiée égal à 20 dB/décade pour les fréquences supérieures ou égales à 30 MHz et à 40 dB/décade pour les fréquences inférieures à 30 MHz.
- 2 Les mesures seront effectuées en des points situés autour du périmètre du transformateur d'alimentation souterrain, là où les rayonnements sont les plus intenses. Les mesures doivent être effectuées pour au moins 16 angles radiaux autour de l'équipement sous test (ou du transformateur d'alimentation associé au(x) dispositif(s) PLT). Au cas où les diagrammes de rayonnement directionnels présenteraient des anomalies, il faudra utiliser des angles d'azimut supplémentaires.

A2.4 Principes de mesure applicables aux dispositifs PLT domiciliaires

- 1 Pour les dispositifs PLT domiciliaires, il faudra effectuer des tests *in situ*.
- 2 Le cas échéant, le dispositif sera testé dans un environnement de laboratoire, comme un périphérique d'ordinateur, à la fois pour les tests d'émission par rayonnement et par conduction conformément aux procédures définies au § 8 du CISPR 22 – Appareils de traitement de l'information – Caractéristiques des perturbations – Limites et méthodes de mesure radioélectriques, Ed. 5, 2004-05.

a) Environnement de test et principes de mesure applicables aux émissions par rayonnement pour les tests *in situ*

- 1 L'équipement sous test est constitué par les modems PLT domiciliaires utilisés pour émettre et recevoir des signaux PLT sur des lignes basse tension auxquels sont associés les dispositifs d'interface d'ordinateur, le câblage du bâtiment et les lignes aériennes et souterraines qui les relient aux systèmes de distribution d'électricité.

- 2 Les tests *in situ* doivent être effectués avec l'équipement sous test installé dans un bâtiment sur un mur donnant vers l'extérieur au rez-de-chaussée ou au premier étage. Les tests seront effectués sur trois installations type. Les trois installations doivent inclure une combinaison de bâtiments avec une ou plusieurs lignes aériennes et lignes souterraines. Les bâtiments ne devront pas comporter de parement en aluminium ou en autre métal, ou de câblage blindé (par exemple câblage installé dans un conduit ou câble électrique armé).
- 3 Les mesures seront effectuées en des points autour du périmètre du bâtiment là où les rayonnements sont les plus intenses.
- 4 Les mesures devraient être normalement effectuées à une distance de 10 m par rapport au périmètre du bâtiment. Au besoin, en raison des émissions ambiantes, les mesures pourront être réalisées à 3 m de distance. Les corrections de distance doivent être effectuées en appliquant un facteur d'extrapolation vers la distance spécifiée de 20 dB/décade pour les fréquences supérieures ou égales à 30 MHz et de 40 dB/décade pour les fréquences inférieures à 30 MHz.

b) Principes applicables aux mesures additionnelles pour les tests *in situ* avec des lignes aériennes

- 1 En plus des tests radiaux autour du bâtiment, des tests seront réalisés en trois points le long de la ligne aérienne reliée au bâtiment (à savoir les câbles de branchement). Il est recommandé de débiter ces mesures à une distance de 10 m en-dessous de la ligne jusqu'à la connexion au bâtiment. Si ce test ne peut être effectué en raison d'une longueur insuffisante du câble de branchement, un texte expliquant la situation et donnant la configuration de test sera inclus dans le rapport technique.
- 2 Les mesures devraient être normalement effectuées à une distance horizontale de 10 m de la ligne aérienne. Au besoin, en raison des émissions ambiantes, les mesures pourront être réalisées à 3 m de distance. Des corrections de distance devront être appliquées en utilisant un facteur d'extrapolation vers la distance spécifiée égal à 20 dB/décade pour les fréquences supérieures ou égales à 30 MHz et à 40 dB/décade pour les fréquences inférieures à 30 MHz.
- 3 La correction de distance pour les mesures sur les lignes aériennes sera fondée sur la distance oblique qui est la distance en visibilité directe entre l'antenne de mesure et la ligne aérienne. Des corrections de distance oblique devront être appliquées en utilisant un facteur d'extrapolation vers la distance spécifiée égal à 20 dB/décade pour les fréquences supérieures ou égales à 30 MHz et à 40 dB/décade pour les fréquences inférieures à 30 MHz.

c) Principes de mesure applicables aux tests d'équipements tel un périphérique d'ordinateur

- 1 Le débit de données sera réglé au débit maximal utilisé par l'équipement sous test. On pourra utiliser des modes ou des logiciels de test afin de simuler le trafic de données.
- 2 Les mesures des rayonnements par conduction seront effectuées conformément au § 5 de la publication CISPR 22 - Appareils de traitement de l'information – Caractéristiques des perturbations - Limites et méthodes de mesure radioélectriques, Ed. 5, 2004-05.
- 3 Pour les dispositifs PLT domiciliaires fonctionnant comme des émetteurs involontaires rayonnant à des fréquences inférieures à 30 MHz ou supérieures à 30 MHz, les émissions produites par le périphérique d'ordinateur seront mesurées sur un emplacement d'essai en espace libre conformément aux procédures de mesures décrites au § 5 du CISPR 16-1-4 – Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques, Ed. 1.1, 2004-05.

Annexe 3

Spécifications applicables aux mesures des champs perturbateurs émanant des réseaux et systèmes de télécommunication entre 9 kHz et 33 GHz en Allemagne

A3.1 Introduction générale

A3.1.1 Domaine d'application

La présente annexe définit des procédures applicables aux mesures *in situ* des émissions non désirées perturbatrices produites par des installations et des réseaux de télécommunication. Les mesures dont il est question ici portent sur les émissions non désirées perturbatrices produites dans le spectre des radiofréquences (RF) consécutives à l'utilisation de fréquences pour la transmission d'informations sur des conducteurs ou le long de conducteurs. Dans le cas de signaux à large bande, il pourra être nécessaire d'utiliser une porteuse auxiliaire. Il faudra alors définir d'autres procédures de mesure.

Parmi les réseaux concernés, il y a les réseaux étendus WAN, les réseaux locaux LAN et les réseaux de télévision par câble ainsi que les technologies récemment mises au point dans le domaine des accès de télécommunication utilisant des réseaux de distribution d'électricité (PLT) et des réseaux téléphoniques (xDSL).

Le présent document ne définit pas les procédures de mesure des émissions produites par des équipements électroniques, utilisées pour les tests de conformité dans le cadre de la réglementation allemande sur la compatibilité électromagnétique (EMVG).

Les applications radioélectriques susceptibles d'être affectées par les émissions RF non désirées perturbatrices sont entre autres les récepteurs de signaux de fréquences étalons et étalon de temps, les récepteurs de services mobiles, les services de radiodiffusion sonore et télévisuelle, les téléphones sans cordon et les équipements radioélectriques des services de radioamateur.

La protection contre les émissions RF non désirées perturbatrices émanant de réseaux de télécommunication est spécifiquement demandée au numéro 15.12 du Règlement des radiocommunications (RR 15.12) et accordée dans l'Article 4(2) des Directives du Conseil 2004/10/EG du 15 décembre 2004 (Directive EMC).

La présente spécification ne traite pas de la mesure des émissions produites par les appareils électriques ou électroniques dans le cadre des tests de conformité des produits selon l'EMVG ou FTEG allemande.

A3.1.2 Plage de fréquences

Le présent texte s'applique aux fréquences comprises entre 9 kHz et 3 GHz.

A3.1.3 Procédures de mesure

Le présent texte définit des méthodes de mesure des émissions RF non désirées perturbatrices accompagnant les signaux utiles confinés dans des fils et produites par les installations et réseaux de télécommunication.

A3.1.4 Limites

Les limites applicables aux émissions non désirées perturbatrices émises par les installations et réseaux de télécommunication sont indiquées dans l'Appendice 1 de l'Annexe 3 du présent texte.

A3.2 Définitions et abréviations

Les définitions suivantes s'appliquent au présent texte:

Point de référence d'antenne: Centre géométrique de l'antenne ou point de référence visé dans la procédure d'étalonnage de l'antenne.

Facteur de pondération du détecteur: Différence entre l'indication donnée, pour un signal spécifique, par un détecteur de quasi-crête et celle donnée par un détecteur de crête.

Champ perturbateur: Champ électromagnétique produit en un endroit donné par une perturbation électromagnétique mesuré dans des conditions spécifiées (CEI - VEI 161-04 02).

NOTE – Dans le présent texte, seules sont prises en considération les composantes des signaux utiles confinés dans les fils susceptibles de créer des émissions non désirées perturbatrices sous forme de champs.

Perturbation électromagnétique: Processus électromagnétique susceptible de diminuer les performances d'un dispositif, d'un équipement ou d'un système (CEI – VEI 161-01-05).

Emission: Processus une par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique (CEI - VEI 161-01-08).

Couverture minimale: Dans la précédente spécification, la couverture minimale est normalement donnée lorsque le champ minimal nécessaire pour le service ou l'application considéré peut être vérifié au point de mesure.

Perturbation radio(fréquence): Perturbation électromagnétique se manifestant aux radiofréquences (CEI– VEI 161-01-13).

Réseau de télécommunication: Ensemble complet d'équipements techniques (lignes de transmission, équipement de commutation et tout autre équipement) indispensables pour assurer le fonctionnement normal voulu du réseau de télécommunication auquel l'équipement terminal de télécommunication est connecté par des terminaisons appropriées.

Installation de télécommunication: Equipement ou système capable d'envoyer, de transmettre, de commuter, de recevoir, de diriger ou contrôler des signaux électromagnétiques ou optiques identifiables comme messages.

NOTE – Si l'on traite ci-après de réseaux de télécommunication uniquement, les informations connexes sont également applicables aux installations de télécommunication.

Emission non désirée perturbatrice: Composantes des signaux utiles causées par des courants ou des tensions confinés dans des fils, qui émanent involontairement du conducteur et sont susceptibles de perturber les radiocommunications par couplage inductif ou capacitif (champ proche) ou par propagation d'ondes électromagnétiques (champ lointain).

Emission non désirée: Signal susceptible d'amener des troubles dans la réception d'un signal utile (CEI - VEI 161-01 03).

Signal utile: Signal sur le spectre de fréquence nécessaire à la communication à l'intérieur et le long des conducteurs.

A3.3 Principes applicables à la préparation des mesures et qualité des mesures

A3.3.1 Considérations générales

Il importera de recueillir toutes les informations techniques nécessaires à une compréhension exhaustive des paramètres de fonctionnement et de l'architecture du réseau de télécommunication qui doit faire l'objet des mesures. Par exemple, l'opérateur du réseau de télécommunication devrait fournir les spécifications et paramètres relatifs à la compatibilité électromagnétique des câbles et du matériel de connexion. Dans tous les cas, les informations obtenues devront faire l'objet de

vérifications par une étude préliminaire dont le détail est donné ci-dessous afin d'écartier les mesures des émissions non désirées émanant du réseau de télécommunication qui sont soumis à une réglementation autre que celle en cours d'évaluation.

A3.3.2 Caractéristiques de qualité de fonctionnement des réseaux de télécommunication

Les caractéristiques de base de qualité de fonctionnement nécessaires sont la distribution spectrale de l'amplitude et les caractéristiques fréquentielles des signaux utiles confinés dans les fils et le(s) mode(s) qui donnent les niveaux des émissions RF perturbatrices les plus élevés sur toutes les fréquences ou sur des fréquences particulières étudiées.

Il peut être aussi nécessaire de déterminer si les variations spectrales de l'amplitude peuvent être dues à une commande dynamique de puissance et si les caractéristiques du spectre de fréquences peuvent varier en fonction du débit de transfert de données.

Ces paramètres peuvent être déterminés de manière optimale pour un rapport $(S + N)/N$ élevé au moyen d'une pince ampèremétrique et d'un récepteur de mesure explorateur automatisé et à affichage panoramique pour observer le courant de conduction à l'interface d'alimentation (ou de terminaison) de la ligne de télécommunication. Il sera probablement nécessaire de coopérer avec l'opérateur de télécommunication pour éprouver le système au besoin.

Pendant l'étape préliminaire de l'étude, il est aussi nécessaire de déterminer si les émissions non désirées observées sont des émissions non désirées perturbatrices tel que définies au § A3.2, ou d'autres émissions non désirées produites par l'équipement électronique relié au réseau qui n'appartiennent pas au signal utile confiné dans les fils. Les émissions non désirées perturbatrices dans la bande de fréquences du signal utile confiné dans les fils devront respecter les dispositions du NB 30, s'ils n'ont pas été identifiés comme étant d'autres rayonnements non désirés.

A3.3.3 Choix des points de mesure

Le choix des points de mesure dépendra de l'objet des mesures. Cet objet peut être l'étude des plaintes pour brouillage ou la vérification de la conformité avec les limites.

A3.3.3.1 Etude des plaintes pour brouillage radioélectrique

Pour ce qui est l'étude des brouillages, le point de mesure initial (à l'intérieur ou à l'extérieur) devra se situer à la partie de la ligne la plus proche du récepteur de radiocommunication brouillé et/ou de l'antenne du dispositif brouillé.

A3.3.3.2 Vérification de la conformité des installations et des réseaux de télécommunication

Pour les tests de conformité, c'est la topologie de l'installation ou du réseau de télécommunication qui imposera le lieu ou les mesures devront être effectuées. Ce(s) point(s) devront être situés à l'endroit où l'expérience montre que les rayonnements perturbateurs seraient les plus intenses. Pour la plupart des systèmes interactifs, ces points seront par exemple, situés à chaque extrémité de la ligne de transmission, au niveau des amplificateurs intermédiaires qui pourraient être déployés, ou bien en des points où il y a des discontinuités d'impédance ou des fuites dans la ligne de transmission.

Dans un cas comme dans l'autre (c'est à dire ceux des § A3.3.3.1 et A3.3.3.2), il sera nécessaire d'utiliser un récepteur portable doté d'un indicateur de niveau du signal, ou toute autre technique de localisation appropriée, pour déterminer les points exacts où les niveaux des rayonnements perturbateurs sont les plus élevés.

Il sera nécessaire de faire des mesures sur le signal utile avec un rapport $(S + N)/N$ approprié afin de déterminer la forme d'onde: Une telle «empreinte» du signal peut être prise en mesurant le courant qui circule en un point accessible de la ligne de transmission (voir le § A3.3.2).

A3.3.4 Distance de mesure

A3.3.4.1 Vérification de la conformité des installations et des réseaux de télécommunication

Pour les mesures intérieures ou extérieures, la distance de mesure normalisée d est de 3 m. Cette distance est l'espace entre le point de référence de l'antenne de mesure et la partie du réseau de télécommunication la plus proche.

A3.3.4.1.1 Tracé de la distance de mesure pour les mesures intérieures

Lorsque la partie du réseau de télécommunication qui fait l'objet de mesures est inaccessible, située dans ou derrière un mur, un conduit ou une structure analogue, la distance de mesure d doit être prise perpendiculairement au bord extérieur du mur ou du conduit.

Lorsque, pour des mesures en intérieur à des fréquences allant jusqu'à 30 MHz, on ne dispose pas d'une distance dégagée de 3 m entre le réseau de télécommunication et l'antenne de mesure, la distance de mesure précitée peut être ramenée à 1 m. Dans ce cas, les dispositions des § A3.4.2.2 et A3.5.2.3 s'appliqueront.

A3.3.4.1.2 Tracé de la distance de mesure pour les mesures extérieures

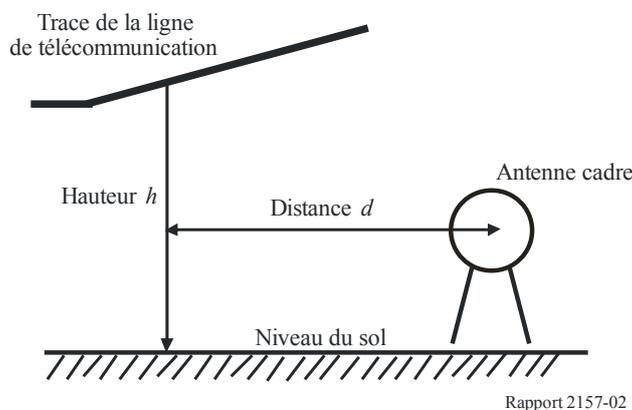
Pour les mesures effectuées extérieures d'un bâtiment ou d'une autre structure comportant un équipement ou des câbles d'un réseau de télécommunication, la distance de mesure d doit être prise perpendiculairement au mur externe du bâtiment ou de la structure concernée.

Lorsque la partie du réseau de télécommunication qui fait l'objet des mesures se trouve au-dessous du sol, la distance de mesure d doit être prise perpendiculairement à la droite représentant la projection verticale du réseau de télécommunication sur la surface du sol.

Lorsque la partie du réseau de télécommunication qui fait l'objet des mesures se trouve au-dessus de l'antenne de mesure, la distance de mesure d doit être prise perpendiculairement à la droite représentant la projection verticale du réseau de télécommunication sur la surface du sol.

Le principe de détermination de la distance est représenté à la Fig. 2.

FIGURE 2
Représentation schématique de la distance de mesure d depuis la projection verticale de la ligne de télécommunication par rapport au niveau du sol



Lorsque, pour les mesures extérieures, il n'est pas possible de placer l'antenne de mesure à une distance 3 m en raison des conditions locales, on appliquera la méthode spécifiée au § A3.4.2.3 pour les fréquences inférieures ou égale à 30 MHz.

Lorsque la partie du câble de télécommunication qui fait l'objet des mesures se trouve très au-dessus du mât de l'antenne disponible (c'est à dire à une hauteur supérieure à 10 m au-dessus du sol), on appliquera la méthode spécifiée au § A3.4.2.3 pour les mesures à des fréquences inférieures ou égales à 30 MHz et le niveau de la puissance RF perturbatrice sera mesuré conformément au § A.3.7 de la présente spécification pour les fréquences supérieures à 30 MHz.

A3.3.4.2 Etude de plaintes pour brouillage radioélectrique

Aucune distance de mesure spécifique n'est définie pour l'identification de la source des brouillages. Lorsque la source des brouillages est identifiée, la partie concernée de l'installation ou du réseau de télécommunication fait l'objet de mesures selon les principes énoncés au § A3.3.4.1. Au besoin, et pour des raisons spécifiques, des écarts par rapport à ces principes sont permis.

A3.3.5 Limites applicables aux émissions perturbatrices autorisées émanant des installations et réseaux de télécommunication

Les limites (ainsi que les corrections nécessaires) sont données dans l'Appendice 1 de la présente Annexe.

Il convient de noter que les limites de champ données dans l'appendice précité sont des limites crête. Néanmoins, pour minimiser l'incertitude liée à l'utilisation d'un détecteur de crête, on utilise pour les mesures un détecteur de quasi-crête.

Pour permettre une comparaison directe entre les niveaux de quasi-crête mesurés et les limites de crête, il sera nécessaire d'utiliser un facteur de pondération pour détecteur quasi-crête qui sera ajouté aux indications de niveau quasi-crête. Ce facteur de pondération dépendra de la largeur de bande de mesure et de l'architecture du signal du réseau de télécommunication étudié.

A moins qu'il ne soit déjà connu et accepté par l'opérateur du réseau de télécommunication, le facteur de pondération de quasi-crête devra être déterminé lors de l'étape préliminaire de l'étude. Ce facteur sera le plus facilement et le plus précisément déterminé en utilisant une pince ampèremétrique pour les mesures sur le réseau de télécommunication en un point où le signal utile est propre avec un rapport $(S + N)/N$ au moins égal à 20 dB.

Pour les fréquences comprises entre 30 et 1 000 MHz, le facteur de pondération peut aussi être déterminé en positionnant l'antenne au voisinage direct de la source de rayonnement.

Pour les fréquences comprises entre 1 000 et 3 000 MHz, il n'est pas nécessaire de corriger les résultats des mesures car on utilise dans ce cas, un détecteur de crête.

A3.4 Mesure des émissions perturbatrices entre 9 kHz et 30 MHz

A3.4.1 Equipement de mesure

L'équipement de mesure suivant spécifié dans la Publication CISPR 16-1, doit être utilisé:

- un système de mesure étalonné constitué d'un récepteur de mesure des perturbations radioélectriques et de l'antenne cadre associée pour la mesure des composantes du champ magnétique, avec un trépied; et
- un système de mesure étalonné constitué d'un récepteur de mesure des perturbations radioélectriques et d'une pince ampèremétrique associée pour la mesure des courants à haute fréquence au niveau des conducteurs.

Pour les fréquences comprises entre 9 et 150 kHz, on utilisera une largeur de bande de mesure de 200 Hz et un détecteur de quasi-crête.

Pour les fréquences comprises entre 150 kHz et 30 MHz, on utilisera une largeur de bande de mesure de 9 kHz et un détecteur de quasi-crête.

Au besoin, on pourra utiliser d'autres équipements spécialisés tel que des antennes cadre résonnantes et des antennes pour la mesure du champ électrique. Pour toutes les mesures du champ électrique qui pourraient s'avérer nécessaires, on utilisera un doublet actif tel que décrit dans l'Appendice 5 de l'Annexe 3.

Pour minimiser la présence éventuelle de boucles de terre susceptibles d'affecter les mesures, il est recommandé d'utiliser un récepteur de mesure et une antenne cadre reliés à une source d'alimentation électrique indépendante sans connexion à la terre (accumulateurs par exemple), en particulier pour les mesures intérieures.

A3.4.2 Méthode de mesure

A3.4.2.1 Considérations générales

Comme spécifié dans l'Appendice 1 de l'Annexe 3, le champ magnétique mesuré est converti, avec une impédance intrinsèque de 377Ω , en champ électrique.

Cette conversion peut déjà être réalisée automatiquement dans certains équipements de mesure.

Il faudra tenir compte du fait que les systèmes de télécommunication fonctionnent à leurs niveaux de signal maximaux et dans le mode, le cas échéant, antérieurement identifié comme donnant les niveaux de perturbation maximaux. Si le système est interactif, il sera particulièrement important de contrôler la présence de signaux sur le trajet inverse (amont), si ces signaux amont se trouvent dans la même plage de fréquences que celle visée par la plainte.

Lorsque les mesures doivent être effectuées sur une seule fréquence ou sur une bande de fréquences étroite seulement (dans les cas de brouillage par exemple), l'antenne sera réglée de manière à obtenir un couplage maximum avec le réseau de télécommunication étudié.

Lorsque les mesures doivent être effectuées sur un grand nombre de fréquences ou sur une plage fréquence à explorer, il faudra procéder à des séquences de mesure distinctes, l'antenne étant réglée dans chacune des directions orthogonales X, Y et Z. Les données pour chaque séquence de mesure devront être consignées et pour chaque fréquence, le champ efficace (E_{eff}) sera calculé au moyen de l'équation suivante (A3-1):

$$\frac{E_{eff}}{V/m} = \sqrt{\frac{E_X^2}{(V/m)^2} + \frac{E_Y^2}{(V/m)^2} + \frac{E_Z^2}{(V/m)^2}} \quad (A3-1)$$

Afin de faciliter au maximum cette tâche, on procédera par lecture des données pour chaque séquence de mesure sur une feuille de calcul et pour le calcul automatisé subséquents de E_{eff} .

Afin de réduire la durée des mesures, on recommande de commencer par une exploration préalable de la bande de fréquences concernée au moyen d'un détecteur de crête, suivie par d'autres mesures sur les valeurs des champs perturbateurs maximum constatés au moyen d'un détecteur de quasi-crête.

Pour l'antenne cadre, la distance de mesure d est l'espacement entre son centre géométrique et le réseau de télécommunication et, pour le doublet actif, l'espacement entre le point de référence du doublet et le réseau de télécommunication.

L'antenne sera montée sur un trépied à une hauteur de 1 m (mesuré au bord inférieur du cadre), au point précédemment identifié comme présentant le champ perturbateur maximum, de manière à ce que cette antenne se trouve à la distance de mesure prescrite depuis le réseau de télécommunication.

Le récepteur de mesure sera syntonisé sur la fréquence concernée et on utilisera le détecteur prescrit puis, on fera pivoter l'antenne de manière à avoir une indication du niveau de signal maximum en

provenance du réseau de télécommunication ou, dans les directions orthogonales X, Y et Z, puis on calculera le champ efficace maximal.

La mesure des champs magnétiques rayonnés par les réseaux de télécommunication à des fréquences inférieures ou égales à 30 MHz peut devenir compliquée en raison de la présence de divers signaux RF utiles de niveau élevé provenant de services radioélectriques. Dans ce cas, il pourra être nécessaire d'identifier certaines plages de fréquences où ces champs sont faibles dans les intervalles entre émissions radioélectriques où le bruit de fond et les éventuels niveaux des signaux ambiants sont en-dessous des limites applicables spécifiées dans l'Appendice 1 de la présente Annexe 3. Cette opération devra être effectuée sans modifier la position de l'antenne, le réseau de télécommunication étant de préférence désactivé.

Si le réseau ne peut être désactivé, on pourra utiliser l'une des solutions suivantes:

- Orienter l'antenne cadre de manière à obtenir le plus faible couplage avec le rayonnement du réseau et s'assurer que le bruit de fond et les éventuels signaux ambiants sont en-dessous des limites applicables spécifiées dans l'Appendice 1 de la présente Annexe 3.
- Orienter l'antenne cadre de manière à obtenir le couplage maximal puis augmenter la distance de mesure et s'assurer qu'on obtient une diminution correspondante du champ mesuré.

Le nombre de fréquences ou la plage de fréquences quiètes requises dépendra selon qu'il s'agit de mesures de conformité globale ou de l'étude d'une plainte pour brouillage de plus faible ampleur. Pour les tests de conformité globale, on préférera avoir un nombre de plages de fréquences quiètes le plus élevé possible. Ces fréquences devraient être le plus uniformément espacées que possible sur tout le spectre du signal utile du service de télécommunication étudié. Un tracé de fréquence sur la totalité du spectre faisant l'objet des mesures facilitera l'identification rapide des fréquences susceptibles d'être utilisées pour l'analyse subséquente. Des explorations sur la plage de fréquences observée pourront être effectuées au moyen d'un détecteur de crête par pas égaux à la demi-largeur de bande de mesure.

Pour l'étude des plaintes pour brouillage, un petit nombre de fréquences quiètes autour de la fréquence qui fait l'objet de la plainte devrait suffire. Ces fréquences peuvent être identifiées et mesurées par syntonisation manuelle.

Dans les deux cas, les fréquences ou les plages de fréquences quiètes identifiées seront utilisées pour les mesures des émissions non désirées perturbatrices. L'opérateur du récepteur de mesure devra évaluer subjectivement les niveaux de bruit de fond sur chacune de ces fréquences. En utilisant la largeur de bande et le détecteur spécifiés, on consignera les niveaux du champ perturbateur les plus élevés (dB(μ V/m)) observés par intervalles de 15 s. On ignorera les crêtes isolées de faible durée.

Le réseau de télécommunication étant en fonctionnement, les mesures seront répétées sur toutes les fréquences quiètes identifiées en utilisant la même procédure spécifiée ci-dessus. Les résultats seront consignés et la différence sera calculée entre les niveaux mesurés avec le réseau de télécommunication en fonctionnement normal et le réseau désactivé.

Si le niveau de bruit ambiant est toujours supérieur à la limite, une pince ampèremétrique pourra être utilisée pour vérifier la différence calculée (ce test fait encore l'objet d'un complément d'étude).

A3.4.2.2 Mesure à une distance inférieure à 3 m

Dans le cas de mesures à des distances inférieures à 3 m, la distance de mesure sera prise sur la droite perpendiculaire au chemin du câble de télécommunication (ou sa projection sur le sol) par rapport au bord extérieur de l'antenne cadre.

S'il n'est pas possible d'effectuer les mesures à la distance normalisée de 3 m, en raison par exemple des conditions locales dans le bâtiment, les mesures peuvent être faites à une distance plus faible mais pas inférieure à 1 m.

Dans ce cas, la méthode de mesure est la même que celle utilisée pour une distance de 3 m et le résultat de mesure sera corrigé au moyen du facteur de conversion donné par l'équation (A3-2) suivante:

$$E_{dist} = E_{meas} + 20 \log \frac{d_{meas}}{d_{stand}} \quad (\text{A3-2})$$

dans laquelle:

- E_{meas} : résultat de la mesure (dB(μ V/m))
- E_{dist} : résultat de la mesure corrigé (dB(μ V/m))
- d_{meas} : distance de mesure (m)
- d_{stand} : distance de mesure normalisée (3 m).

A3.4.2.3 Mesure à une distance supérieure à 3 m

Si, en raison des conditions locales, on doit choisir une distance de mesure supérieure à 3 m, il faut déterminer deux points de mesure situés sur un axe de mesure perpendiculaire au chemin du câble de télécommunication. A titre indicatif, la distance entre les deux points doit être aussi grande que possible. Le niveau du champ perturbateur sera mesuré conformément au § A3.3.4.2.1. Eventuellement, les éléments décisifs sont les conditions locales et la mesurabilité du champ perturbateur.

Les résultats des mesures (dB(μ V/m)) doivent être tracés sur un diagramme dans lequel l'échelle des distances est logarithmique. La droite reliant les résultats des mesures représentent la diminution du champ sur l'axe de mesure. S'il n'est pas possible de déterminer la diminution du champ, on choisira des points de mesure additionnels. Le niveau du champ perturbateur à la distance normalisée de 3 m sera déterminé à partir du diagramme au moyen de la droite de liaison.

A3.4.3 Mesure du champ électrique

Le champ électrique sera mesuré en cas de brouillage seulement là où l'on suppose que l'émission perturbatrice est principalement un champ électrique. Cela peut être le cas lorsque la limite pour le champ magnétique n'a pas été dépassée et que néanmoins, l'équipement de réception utilisant une antenne pour champ électrique subit des brouillages.

La procédure de mesure est la même que celle utilisée pour le champ perturbateur magnétique. L'Appendice 5 de la présente Annexe contient une description de l'antenne à utiliser.

A3.5 Mesure des émissions perturbatrices entre 30 et 3 000 MHz

A3.5.1 Equipement de mesure

L'équipement de mesure, spécifié dans la Publication CISPR 16-1, sera le suivant:

- Un système de mesure étalonné constitué d'un récepteur de mesure des perturbations radioélectriques associé à une antenne doublet à large bande ou une antenne log-périodique adaptée à la mesure de la composante électrique du champ, et enfin un mât d'antenne.

NOTE 1 – Les résultats des mesures obtenus avec le système de mesure étalonné décrit ci-dessus ne nécessitent pas de correction ultérieure même si elles seraient réalisées dans des conditions de champ proche.

Les prescriptions en matière de récepteur de mesure des perturbations radioélectriques sont données dans la Publication CISPR 16-1.

Pour les fréquences comprises entre 30 et 1 000 MHz, on utilisera une largeur de bande de mesure de 120 kHz et un détecteur de quasi-crête.

Pour les fréquences comprises entre 1 000 et 3 000 MHz, on utilisera une largeur de bande de mesure de 1 MHz et un détecteur de crête.

A3.5.2 Méthodes de mesure

A3.5.2.1 Considérations générales

Il faudra tenir compte du fait que le système de télécommunication fonctionne à ses niveaux de signal normal maximaux et dans ce mode, le cas échéant (s'il existe plusieurs modes de fonctionnement), précédemment identifié comme donnant les niveaux de perturbation maximaux. Si le système est interactif, il sera particulièrement important de contrôler la présence de signaux sur le trajet inverse (amont) lorsque ces signaux se trouvent dans la même plage de fréquences que celle visée par la ou les plaintes.

Afin de réduire la durée des mesures, il est recommandé d'effectuer d'abord une exploration de la plage de fréquences en utilisant un détecteur de quasi-crête, puis de faire des mesures avec un détecteur de quasi-crête uniquement sur les fréquences où l'on a relevé auparavant des niveaux de champ perturbateur RF maximaux.

La distance de mesure d est la distance entre la partie du réseau de télécommunication étudié et le balun dans le cas d'un doublet à large bande, ou le point de référence de l'antenne dans le cas d'une antenne log-périodique.

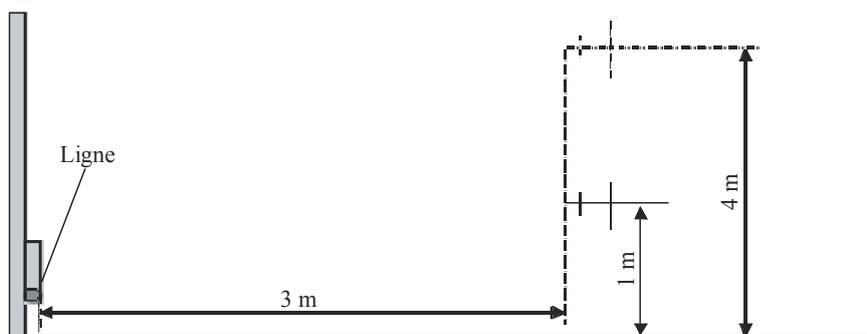
A3.5.2.2 Mesure à une distance de 3 m (distance normalisée)

La distance de mesure est de 3 m. Au point de mesure spécifié, on fera varier la direction, la hauteur et la polarisation (horizontale et verticale) de l'antenne de mesure de manière à mesurer le champ perturbateur RF maximum.

Si l'antenne et le réseau de télécommunication sont situés au même niveau du plan de sol, on fera varier la hauteur d'antenne entre 1 et 4 m afin de déterminer le champ maximum. Pendant ces variations, il ne faut pas que l'antenne soit positionnée à moins de 0,5 m des objets réfléchissants (murs, plafonds, structures métalliques, etc.). La variation de la hauteur d'antenne peut parfois être limitée en raison des conditions locales (voir la Fig. 3).

FIGURE 3

Variation de la hauteur d'antenne



Si, par exemple, lors de mesures extérieures, le support de l'antenne ne se trouve pas au même niveau du plan de sol comme dans le cas de lignes ou de l'équipement de télécommunication, on fera varier la hauteur de l'antenne dans une fourchette comparable à celle indiquée dans l'alinéa précédent.

A3.5.2.3 Mesures à une distance inférieure à 3 m

Les mesures destinées à vérifier la conformité sur des installations et réseaux de télécommunication à des fréquences supérieures à 30 MHz, sont effectuées extérieures uniquement. Dans ce cas, la distance de mesure choisie pourra être de 3 m (distance normalisée) ou bien supérieure à 3 m.

Si lors de l'étude des plaintes pour brouillage radioélectrique, il est nécessaire de procéder à des mesures extérieures pour l'identification des sources perturbatrices et si on ne peut pas avoir une distance de 3 m en raison de conditions locales, les mesures pourront être effectuées à une distance plus petite mais pas inférieure à 1 m. La distance de mesure est la distance entre le conducteur et le point de référence de l'antenne. Lors des mesures, l'antenne doit être orientée de manière à obtenir le couplage maximal avec la source perturbatrice, sans exploration verticale. Dans ce cas, le résultat des mesures doit être corrigé au moyen de l'équation de conversion suivante:

$$E_{dist} = E_{meas} + 20 \log \frac{d_{meas}}{d_{stand}} \quad (A3-3)$$

dans laquelle:

- E_{meas} : résultat de la mesure (dB(μ V/m))
- E_{dist} : résultat de mesure corrigé (dB(μ V/m))
- d_{meas} : distance de mesure (m)
- d_{stand} : distance de mesure normalisée (3 m).

NOTE 1 – Les résultats des mesures obtenus au moyen d'un système de mesure étalonné (voir le § A3.5.1) ne nécessitent pas de correction ultérieure, même si ces mesures sont effectuées dans des conditions de champ proche.

A3.5.2.4 Mesures à des distances supérieures à 3 m

Si les conditions locales imposent une distance de mesure supérieure à 3 m, la puissance perturbatrice RF rayonnée sera mesurée conformément à la méthode de substitution spécifiée au § A3.6.

A3.5.3 Détermination du champ électrique

La composante électrique du champ perturbateur sera déterminée par observation de l'indication donnée par le récepteur de mesure pendant une période de 15 s environ et en consignnant ensuite son indication maximale. Les crêtes isolées occasionnelles seront ignorées.

Si la méthode de mesure donne des résultats de mesure en termes de niveaux de tension RF, le niveau du champ perturbateur peut être calculé à partir du niveau de tension RF mesuré au port antenne du récepteur de mesure au moyen de l'équation suivante:

$$E_{dist} = V_{rec} + a_c + AF \quad (A3-4)$$

dans laquelle:

- E_{dist} : niveau du champ électrique calculé (dB(μ V/m))

V_{rec} : niveau de tension RF mesuré (dB(μ V)) au port d'entrée du récepteur de mesure (à 50 Ω)

a_c : affaiblissement dans le câble de mesure (dB)

AF : facteur d'antenne² de l'antenne de mesure (dB).

NOTE 1 – Pour le calcul des niveaux de champ perturbateur, le facteur d'antenne de l'antenne de mesure (espace libre, selon la déclaration du fabricant ou du rapport d'étalonnage) doit être utilisé dans tous les cas, indépendamment de la distance de mesure réellement utilisée.

A3.6 Mesure de la puissance RF perturbatrice rayonnée entre 30 et 3 000 MHz

A3.6.1 Equipement de mesure

Les prescriptions relatives aux récepteurs de mesure des perturbations radioélectriques, les largeurs de bande de mesure, les détecteurs et les antennes utilisées pour la mesure de la puissance perturbatrice RF rayonnée sont donnés dans la Publication CISPR 16-1.

A3.6.2 Distance de mesure

La mesure des composantes électriques du champ magnétique comporte des incertitudes intrinsèques dues aux réflexions sur les jonctions diélectriques ou conductrices et aux éléments parasites se trouvant autour du lieu de mesure. Les mesures effectuées dans des conditions de champ proche peuvent se traduire par des incertitudes supplémentaires. Certaines de ces incertitudes peuvent être éliminées en déterminant la puissance RF perturbatrice rayonnée par la source de brouillage dans les mêmes conditions ambiantes au moyen d'une antenne de substitution.

La puissance RF perturbatrice rayonnée sera mesurée à une distance offrant des conditions de champ lointain par rapport à la source du rayonnement perturbateur. Pour des éléments rayonnants de type doublet, la condition de champ lointain est pleinement satisfaite là où la distance de mesure est calculée et utilisée conformément à l'équation (A3-5) suivante:

$$d \geq 4\lambda \quad (\text{A3-5})$$

où la distance de mesure d est supérieure ou égale à 30 m (dans la plupart des cas réels, le respect de la condition $d \geq \lambda$ est déjà suffisante).

A3.6.3 Placement de l'antenne de mesure

La mesure de la puissance perturbatrice rayonnée doit être effectuée uniquement en champ lointain tel que décrit au § A3.6.2. Cette condition étant satisfaite, le point de mesure des rayonnements indésirables émis du réseau de télécommunication (et la puissance perturbatrice rayonnée équivalente qui est ensuite simulée par l'antenne de substitution) sera le point où le champ perturbateur maximal a été identifié tel que décrit au § A3.3.3.

A3.6.4 Placement de l'antenne de substitution

Au départ, l'antenne de substitution devrait être placée à 1 m de la façade du bâtiment dans lequel se trouve le réseau de télécommunication.

L'emplacement devrait être choisi de manière telle que la droite imaginaire entre l'antenne et l'antenne de mesure soit perpendiculaire à la direction du câble de télécommunication ou de la façade bâtiment contenant le réseau de télécommunication.

² Facteur d'antenne conformément à la déclaration du fabricant ou au rapport d'étalonnage (pour la distance normalisée si possible).

A3.6.5 Méthode de mesure

A3.6.5.1 Mesure des rayonnements RF perturbateurs

Au point de mesure choisi conformément au § A3.6.3, on fera varier la direction, la hauteur et la polarisation de l'antenne de mesure afin d'identifier les niveaux des rayonnements indésirables maximum émanant du réseau de télécommunication. L'antenne de mesure devra rester dans cette position après que le niveau du champ perturbateur a été déterminé et consigné.

NOTE 1 – Une mesure de substitution n'est pas nécessaire lorsque le champ perturbateur mesuré conformément au § A3.5 sous des conditions de champ lointain, après sa conversion en niveau de champ à la distance normalisée de 3 m au moyen de l'équation (A3-2), est supérieur à la limite associée (appendice 1 de l'Annexe 3) par plus de 20 dB.

A3.6.5.2 Mesure de substitution

Pendant l'utilisation de l'antenne de substitution, sa fréquence de fonctionnement doit ne pas avoir déjà été occupée par d'autres services ou applications radioélectriques terrestres.

Lors des tests de conformité sur des installations ou réseaux de télécommunication, on doit utiliser les fréquences adéquates dans les bandes de fréquences ISM (Industriel scientifique Médical) ou de telles fréquences affectées à cette fin.

Lorsqu'on étudie les cas de plaintes pour brouillage radioélectrique notifiées, après identification de la source perturbatrice, la partie concernée du réseau de télécommunication doit être inactivée, ou au moins le service de télécommunication à l'origine des perturbations doit être mis temporairement hors service et la fréquence du service ou de l'application radioélectrique utile affecté par les brouillages ne doit pas être occupée. Lorsque cela n'est pas possible, la fréquence de fonctionnement de l'antenne de substitution doit être modifiée aussi faiblement que possible afin d'affaiblir progressivement le(s) émission(s) non désirée(s) relativement au réseau de télécommunication et/ou d'éviter des émissions à des fréquences déjà occupées par des services ou applications terrestres.

L'antenne de substitution doit être placée en son point spécifié (voir le § A3.6.4) et alimenté par un générateur de signal RF non modulé.

NOTE 1 – Pour les fréquences inférieures à 150 MHz, on utilise un doublet à large bande comme antenne de substitution. Pour les fréquences plus élevées, on utilise un doublet demi-onde accordé ou une antenne log-périodique. Afin de faciliter une adaptation optimale, on insérera un affaiblisseur de 10 dB au point d'alimentation de l'antenne de substitution. Pour éviter tout rayonnement par le câble d'antenne, on placera 3 tores en ferrite tous les 30 à 50 cm le long du câble entier d'antenne.

L'antenne de substitution sera alimentée par un générateur de signal RF avec un niveau de puissance constant. On fera alors varier la hauteur d'antenne (1 à 4 m), sa distance par rapport au bâtiment et l'orientation de son plan de polarisation afin d'obtenir l'indication maximale sur le récepteur de mesure. On réglera ensuite le niveau RF du générateur de signal sur la valeur précédemment relevée pour le rayonnement indésirable du réseau de télécommunication (voir le § A3.6.5.1).

A3.6.5.3 Calcul de la puissance RF perturbatrice

Le niveau de la puissance efficace RF perturbatrice est calculé au moyen de l'équation (A3-6) suivante:

$$p_U = u_S - a_S - a_c - c_r + G_D + 4 \quad \text{dB} \quad (\text{A3-6})$$

Dans laquelle:

p_U : niveau calculé de la puissance RF rayonnée perturbatrice (dB(pW))

- u_S : niveau de tension en sortie du générateur de signal RF dB(μ V/m) sur 50 Ω
- a_S : affaiblissement d'insertion de l'affaiblisseur au point d'alimentation de l'antenne (dB)
- a_c : affaiblissement d'insertion du câble d'antenne reliant le générateur de signal à l'antenne de substitution (dB)
- c_r : facteur de conversion utilisé pour convertir le niveau de puissance RF au point d'alimentation d'un doublet demi-onde accordé (antenne de substitution) en une puissance correspondant à la puissance efficace RF perturbatrice rayonnée:

$$c_r = 10 \log Z_{Fp} \text{ dB}(\Omega) \quad (\text{A3-7})$$

pour une impédance du point d'alimentation de $Z_{Fp} = 50 \Omega$, le facteur de conversion applicable est $c_r = 17 \text{ dB}$. L'affaiblissement d'insertion du balun est considéré comme négligeable

- G_D : gain de l'antenne de substitution relativement à un doublet demi-onde accordé
- 4 dB: facteur de conversion comptant pour les réflexions sur le mur en face duquel la mesure est effectuée.

A3.7 Traitement des résultats des mesures et comparaison avec les limites spécifiées

A3.7.1 Correction des résultats des mesures obtenus avec un détecteur de quasi-crête

Les résultats des mesures obtenus avec un détecteur de quasi-crête doivent toujours être corrigés par l'adjonction du facteur de pondération de quasi-crête.

Lorsque le rapport $(S + N)/N$ est supérieur à 20 dB, une correction supplémentaire des résultats des mesures n'est pas nécessaire. Lorsque ce rapport est inférieur à 20 dB et que N est dominé par le bruit, les résultats des mesures peuvent éventuellement subir une correction supplémentaire égale à ΔU comme indiqué dans l'appendice 2 de l'Annexe 3.

NOTE 1 – Pour appliquer une correction éventuelle acceptable des résultats des mesures, le rapport $(S + N)/N$ doit être supérieur à 2 dB.

Lorsque le rapport $(S + N)/N$ est inférieur à 20 dB et que les résultats des mesures n'ont pas été corrigés, l'incertitude plus grande des mesures est celle spécifiée dans le Tableau 3 de l'appendice 3 de l'Annexe 3.

A3.7.2 Correction des résultats des mesures obtenus avec un détecteur de crête

Lorsque le rapport $(S + N)/N$ est supérieur à 20 dB, une correction supplémentaire des résultats des mesures obtenus n'est pas nécessaire. Lorsque ce rapport est inférieur à 20 dB et que N est dominé par le bruit, les résultats des mesures peuvent être corrigés conformément à la méthode décrite dans l'appendice 4 de l'Annexe 3.

A3.7.3 Traitement de l'incertitude sur les mesures

Pour les tests de conformité, les dispositions relatives à l'incertitude sur les mesures s'appliquent à l'avantage du réseau de télécommunication et au désavantage du service de radiocommunication. La moitié de l'incertitude sur les mesures concernées doit être soustraite du résultat des mesures et valeur résultante doit être comparée à la limite spécifiée.

Pour l'étude des cas signalés de plainte pour brouillage radioélectrique, il n'est pas tenu compte de l'incertitude sur les mesures pour le résultat des mesures.

L'incertitude sur les mesures doit figurer dans le dans le rapport de test.

A3.7.4 Comparaison des résultats des mesures avec les limites spécifiées

Les résultats des mesures, éventuellement corrigés conformément au § A3.7.1 ou au § A3.7.2, doivent éventuellement être comparés aux limites spécifiées associées pour les rayonnements indésirables autorisés spécifiés dans l'Appendice 1 de l'Annexe 3.

Appendice 1 de l'Annexe 3

Exemples de limites applicables aux rayonnements indésirables émanant d'installations et de réseaux de télécommunication dans des plages de fréquences contenant des fréquences attribuées aux services de sécurité

TABLEAU 1

Exemples de limites applicables aux rayonnements indésirables

Gamme de fréquences (MHz)	Limites du champ perturbateur (valeurs crêtes (dB(μ V/m)))	Distance de mesure (m)	Largeur de bande de mesure
0,009-0,15	40 à $20 \cdot \log(f/\text{MHz})$	3	200 Hz
0,15-1	40 à $20 \cdot \log(f/\text{MHz})$	3	9 kHz
1-30	40 à $8,8 \cdot \log(f/\text{MHz})$	3	9 kHz
30-1 000	$27^{(1)}$	3	120 kHz
1 000-3 000	$40^{(2)}$	3	1 MHz

⁽¹⁾ Correspond à une puissance RF efficace équivalente rayonnée de 20 dB(pW).

⁽²⁾ Correspond à une puissance RF efficace équivalente rayonnée de 33 dB(pW).

Dispositions applicables

Dans la plage de fréquences 30-3 000 MHz, les limites du champ perturbateur et leur puissance RF perturbatrice rayonnée correspondante représentent le même potentiel de perturbation si et seulement si la perturbation RF rayonnée est produite par un élément rayonnant ponctuel à une distance de 3 m.

Les limites sont spécifiées en termes de champ électrique. Aux fréquences inférieures à 30 MHz, ces limites s'appliquent aussi, expressément converties au moyen d'une impédance de propagation d'une onde en espace libre de 377Ω , en un champ magnétique mesuré conformément au § A3.4.

Pour les mesures extérieures à une distance de 3 m, le résultat des mesures doit être corrigé par le facteur C applicable indiqué dans le Tableau 2.

Pour les mesures intérieures, le résultat des mesures doit toujours être corrigé par le facteur C applicable indiqué dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Facteurs de correction C représentant les différences entre la propagation des ondes électromagnétiques en espace libre et en champ libre

Plage de fréquences (MHz)	Facteur de correction pour les		
	Mesures extérieures à une distance de 3 m		Mesures intérieures
	C (dB), polarisation verticale	C (dB), polarisation horizontale	C (dB)
30-40	-3	+2	-3
> 40-50	-3	± 0	-3
> 50-80	-3	-2	-3
> 80-3 000	-3	-3	-3

Ces facteurs de correction C représentent la différence de champ en espace libre et en champ libre³.

Pour la comparaison des résultats des mesures avec les limites spécifiées au Tableau 1, on utilise l'équation:

$$E_{corr} = E_{dist} + C \quad (A1)$$

dans laquelle:

E_{dist} : niveau mesuré du champ perturbateur (dB(μ V/m)); et

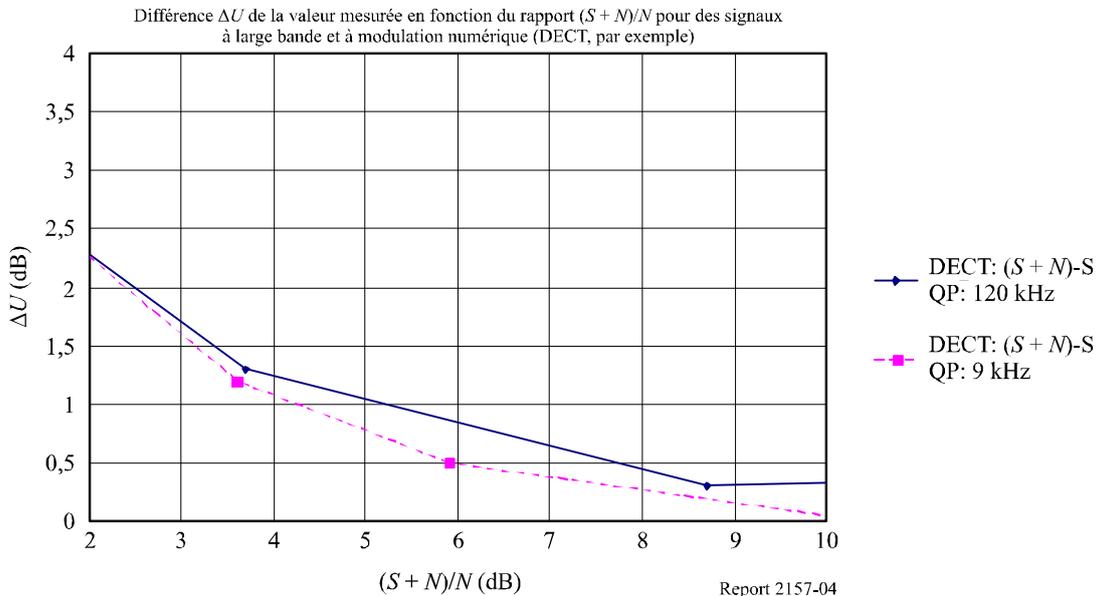
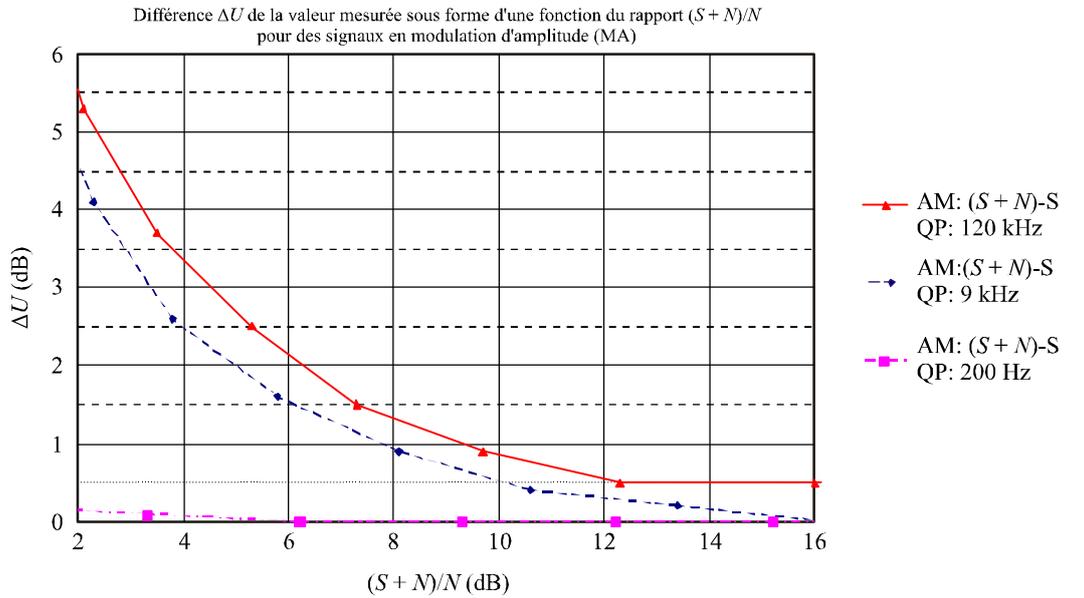
E_{corr} : niveau corrigé du champ perturbateur (dB(μ V/m)) destiné à la comparaison avec les limites spécifiées.

³ Mesure sur un site de test avec un plan de sol parfaitement conducteur.

Appendice 2 de l'Annexe 3

FIGURE 4

Correction des résultats obtenus avec de détecteurs de quasi-crête dans le cas de petits rapports $(S + N)/N$



Légende:

- $(S + N) - N$: rapport signal + bruit/bruit (dB)
- $(S + N) - S$: rapport signal + bruit/signal (dB)
- U : augmentation du niveau du signal en raison de la superposition du signal (dB)
- $U_{meas.} = U_{indication} - \Delta U$

Appendice 3 de l'Annexe 3

Détermination de l'incertitude sur les mesures

A3.A3.1 Incertitude apparaissant lors de mesure du champ

Les contributions des composantes individuelles du système de mesure à l'incertitude totale sur les mesures sont illustrées dans le Tableau 3. Ces incertitudes ont été obtenues conformément aux principes énoncés dans le CISPR/A.

TABLEAU 3

Contributions des composantes individuelles du système de mesure à l'incertitude sur les mesures lors des mesures de champ pour des fréquences allant jusqu'à 1 000 MHz (jusqu'à 3 GHz à l'étude)

	Mesure du			
	Champ magnétique	Champ électrique		
Plage de fréquences	< 30 MHz	< 30 MHz	30-300 MHz	300-1 000 MHz
Composante du système de mesure	Contribution (dB)			
Indication du récepteur	0,1	0,1	0,1	0,1
Affaiblissement antenne – récepteur	0,1	0,1	0,2	0,2
Facteur d'antenne	1,0	1,0	2,0	2,0
Récepteur				
Tension sinusoïdale	1,0	1,0	1,0	1,0
Réponse pour des impulsions en amplitude	1,5	1,5	1,5	1,5
Taux de récurrence des impulsions	1,5	1,5	1,5	1,5
Désadaptation entre l'antenne et le récepteur	–	–	0,7	0,7
Antenne				
Interpolation en fréquence du facteur d'antenne	–	–	0,5	0,3
Ecart de hauteur d'antenne	–	–	1,0	0,3
Différence de directivité	–	–	0	1,0
Position du centre de phase	–	–	0	1,0
Transpolarisation/symétrie	–	–	0,9	0,9
Site				
Répétabilité au niveau du site	2,0	2,0	3,0	3,0
Espacement	0,3	0,3	0,3	0,3
Environnement	3,0	3,0	5,0	5,0
Total (dB)	5,1	5,1	7,7	7,8

Les résultats des mesures obtenus contiennent une incertitude de mesure intrinsèque comme montré dans le Tableau 3.

A3.A3.2 Incertitude sur les mesures lorsque le rapport $(S + N)/N$ est petit

Si, lors des mesures, le rapport $(S + N)/N$ est toujours petit, l'incertitude sur les mesures de 3 dB environ qui est liée au détecteur de quasi-crête, devient importante et se traduit comme suit:

TABLEAU 4

Contribution du détecteur de quasi-crête pour des rapports $(S + N)/N$ petits

	Mesure du			
	Champ magnétique	Champ électrique		
Plage de fréquences	< 30 MHz	< 30 MHz	30-300 MHz	300-1 000 MHz
Composante du système de mesure	Contribution (dB)			
Détecteur de quasi-crête	3	3	3	3
Total (dB)	6,2	6,2	8,4	8,5

Les résultats des mesures obtenus contiennent une incertitude de mesure intrinsèque comme montré dans le Tableau 4.

A3.A3.3 Incertitude sur les mesures lors des mesures de la puissance RF perturbatrice rayonnée

Si, lors des mesures, le rapport $(S + N)/N$ est supérieur ou égal à 20 dB, les résultats contiennent une incertitude de mesure intrinsèque de 8 dB.

Si, lors des mesures, le rapport $(S + N)/N$ est compris entre 6 et 20 dB, les résultats contiennent une incertitude de mesure intrinsèque de 9 dB.

Appendice 4 de l'Annexe 3

Correction des résultats donnés par des détecteurs crête ou les détecteurs moyennés lorsque les rapports $(S + N)/N$ sont petits

(Selon les principes énoncés dans le CISPR/A)

A3.A4.1 Explication du problème

Lors des mesures *in situ* sur les installations et réseaux de télécommunication, les conditions relatives au champ ambiant ne s'accordent pas souvent avec les recommandations de la publication CISPR 16-1 pour les sites découverts.

Les émissions non désirées perturbatrices se trouvent souvent dans des bandes de fréquence déjà occupées par d'autres champs ambiants et ne peuvent être mesurées et évaluées avec le récepteur de mesure CISPR, en raison d'une marge insuffisante entre la fréquence du champ perturbateur lui-même et celles d'un autre champ ambiant, ou en raison de la superposition des deux champs. En pareil cas, le récepteur de mesure ne peut faire la distinction entre les rayonnements indésirables émis par le réseau de télécommunication et les autres champs ambiants.

Dans ce qui suit, une méthode de mesure modifiée est décrite et rend possible la distinction entre les rayonnements indésirables émis par les réseaux de télécommunication et les autres champs ambiants existants.

A3.A4.2 Méthode de mesure

A3.A4.2.1 Description générale

Les combinaisons suivantes de rayonnements perturbateurs indésirables et de champs ambiants peuvent se présenter dans la pratique.

TABLEAU 5

Combinaisons de rayonnements perturbateurs et de champs ambiants

Type de rayonnement perturbateur émis par les installations/réseaux sous test	Type de champ ambiant constaté dans des conditions <i>in situ</i>
Bande étroite	Bande étroite
	Large bande
Large bande	Bande étroite
	Large bande

Pendant les mesures des rayonnements indésirables perturbateurs deux problèmes doivent être résolus:

- premièrement les émissions perturbatrices émanant de l'installation ou du réseau de télécommunication doivent être différenciées des autres champs ambiants; et
- deuxièmement, il faut faire la distinction entre émissions à bande étroite et les émissions à large bande.

A cette fin, les récepteurs de mesure et les analyseurs de spectre modernes disposent de plusieurs largeurs de bande et de plusieurs types de détecteur. Ces caractéristiques et possibilités peuvent être utilisées pour l'analyse du spectre de fréquences du signal somme reçu en vue de la discrimination entre les spectres de fréquences dû aux rayonnements perturbateurs et ceux dus aux champs ambiants, les émissions à bande étroite et à large bande, et pour la mesure (ou au moins pour l'estimation) de l'émission perturbatrice.

A3.A4.2.2 Méthode de mesure des émissions perturbatrices en tenant compte de la présence des champs ambiants à bande étroite

Selon le type d'émission perturbatrice produite par l'installation ou le réseau de télécommunication, la mesure sera fondée sur:

- l'analyse du spectre du signal somme avec une largeur de bande inférieure à celle spécifiée dans la Publication CISPR 16-1 pour le récepteur de mesure;
- la spécification d'une largeur de bande appropriée permettant l'identification d'une émission perturbatrice à bande étroite voisine des autres champs ambiants;

- l'utilisation du détecteur de crête lorsque l'émission perturbatrice semble modulée en amplitude, ou utilisation du détecteur moyennneur;
- l'augmentation du rapport signal/bruit par réduction de la largeur de bande de mesure, au cas où un rayonnement perturbateur à bande étroite apparaîtrait dans un autre champ ambiant à large bande; et
- l'étude de la superposition de l'émission perturbatrice et du champ ambiant, lorsque la distinction entre les deux n'est pas possible.

A3.A4.2.3 Méthode de mesure des émissions perturbatrices en présence de champs ambiants à large bande

En pareil cas, la mesure sera fondée sur:

- l'analyse du spectre du signal somme avec une bande passante du récepteur de mesure conformément à la Publication CISPR 16-1;
- la mesure avec une largeur de bande étroite (en cas d'émissions perturbatrices à bande étroite, la diminution de la largeur de bande du récepteur entraîne une augmentation du rapport signal/bruit);
- l'utilisation d'un détecteur moyennneur en cas d'émission perturbatrice à bande étroite;
- l'étude de la superposition de l'émission perturbatrice et du champ ambiant, lorsque la distinction entre les deux n'est pas possible.

A3.A4.3 Correction des résultats des mesures en cas de superposition

Lorsque l'émission perturbatrice et le signal présents au point de mesure apparaissent dans la même plage de fréquence, cela provoque une superposition de ces signaux dans la partie RF du récepteur de mesure des perturbations, aboutissant à des valeurs relevées plus grandes du résultat des mesures. Cette augmentation peut être analysée comme suit:

- le niveau du champ ambiant E_a (dB(μ V)) doit être mesuré, la source des perturbations étant éteinte;
- le niveau du champ résultant E_r (dB(μ V)) doit être mesuré, la source des perturbations étant activée;
- le rapport des amplitudes d entre les niveaux mesurés doit alors être calculé comme suit:

$$d = E_r - E_a \quad (\text{A4-1})$$

Le rapport des amplitudes d représente l'augmentation des valeurs relevées due à la superposition des signaux.

La valeur relevée E_r plus grande est corrigée par soustraction du facteur de correction I à cette valeur:

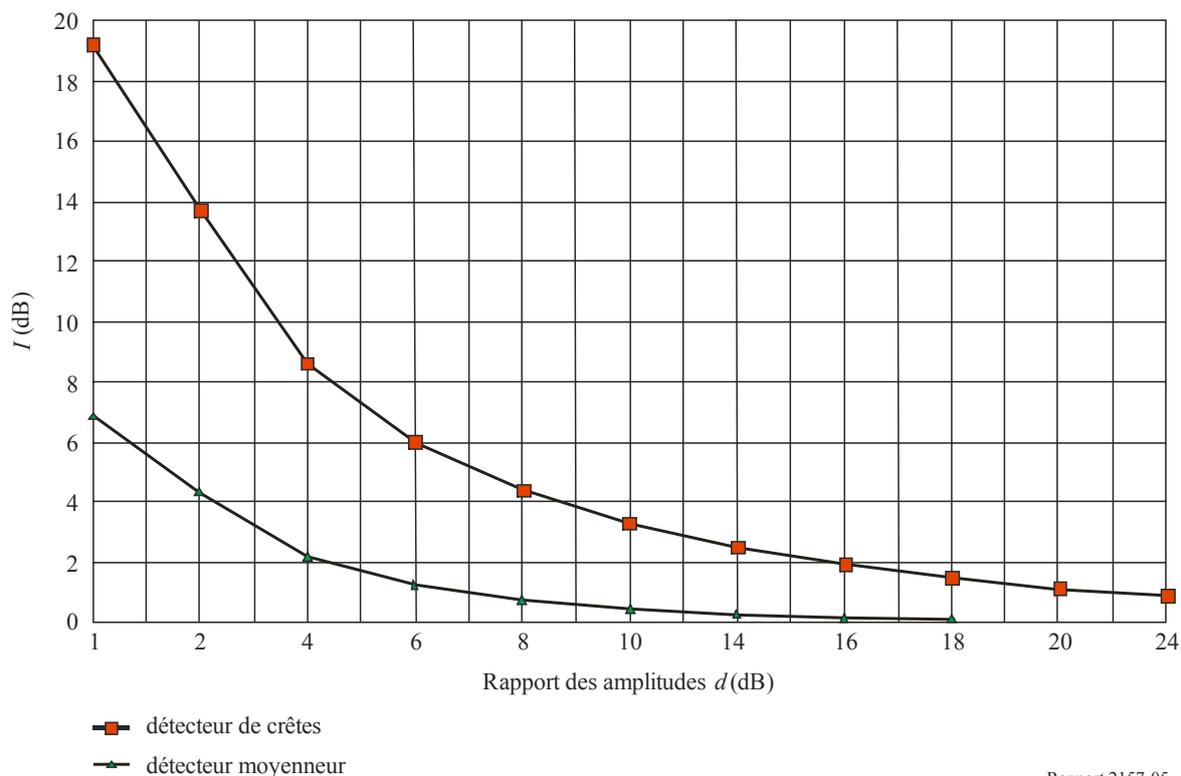
$$E_i = E_r - I \quad (\text{A4-2})$$

Le niveau corrigé obtenu de la valeur relevée E_i , représentant le résultat des mesures doit être consigné dans les rapports de test.

Le facteur de correction I peut être graphiquement déduit du diagramme de la Fig. 5.

FIGURE 5

Détermination de l'amplitude du signal perturbateur au moyen
du rapport des amplitudes d et du facteur de correction I



Appendice 5 de l'Annexe 3

Mesure des composantes électriques du champ pour des fréquences jusqu'à 30 MHz, spécifications relatives à un doublet actif

Le doublet actif adapté aux mesures des champs électriques entre 9 kHz et 30 MHz doit présenter les caractéristiques suivantes:

- longueur totale du doublet: $< 0,50$ m
- symétrie du doublet: ≤ 1 dB
- facteur d'antenne: ≤ 20 dB/m
- impédance de sortie: 50Ω

Annexe 4

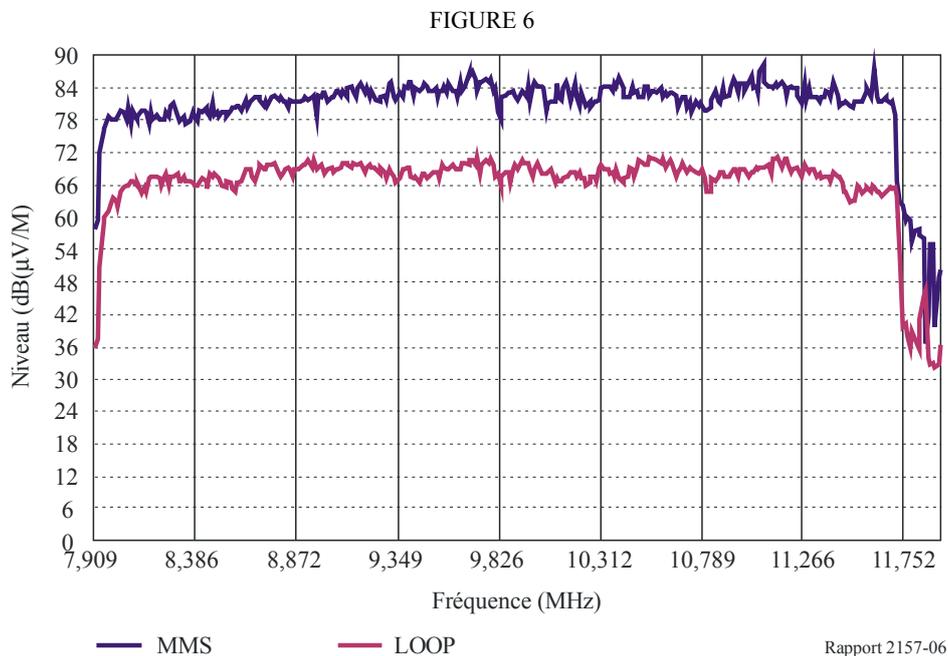
Corrélation d'une antenne unipolaire d'une station de monitoring mobile avec une antenne-cadre au Brésil

Les systèmes de télécommunication sur réseau électrique (PLT) sont des émetteurs involontaires de rayonnements RF susceptibles de causer des brouillages préjudiciables aux récepteurs radio. La présente Annexe contient une description des études brésiliennes relatives aux mesures des brouillages émanant des systèmes PLT à haut débit sur la base d'une autre méthode faisant appel à une antenne unipolaire installée sur une station de monitoring mobile. Les résultats devraient être rapprochés des méthodes et résultats présentés dans la Recommandation UIT-T K60 et les documents FCC-04-245. Ces références ont été utilisées dans les présents travaux.

Les tests ont été réalisés dans la bande 7-12 MHz. Cette bande est utilisée par plusieurs services de télécommunication. L'avantage de cette méthode d'étude tient à l'utilisation pour les mesures, des fonctions automatisées d'une station de monitoring mobile.

Cette nouvelle méthode a été comparée à la méthode traditionnelle de mesure qui utilise une antenne cadre reliée à un analyseur de spectre. Les premiers tests ont montré que l'élimination de la transpolarisation a une grande influence sur le système de mesure utilisant une station de monitoring mobile. L'erreur pourrait toutefois être minimisée en recourant un facteur de correction.

La Fig. 6 est une comparaison entre les mesures obtenues avec les deux méthodes. On peut constater une différence de 12 dB.



Actuellement, la méthode qui fait appel à une station de monitoring mobile peut être utilisée pour une évaluation qualitative, étant adaptée aux opérations périodiques de monitoring du spectre, ou pour une première approximation d'une évaluation quantitative ultérieure. L'analyse des incertitudes et des statistiques d'erreur appelle un complément d'étude.

Annexe 5

Méthodes de mesure applicables aux tests de conformité au Japon

A5.1 Réseau électrique artificiel

Le réseau électrique artificiel doit avoir les caractéristiques spécifiées dans le Document CISPR 16-1-2.

A5.2 Réseau de stabilisation d'impédance

A5.2.1 Réseau ISN1

Entre 150 KHz et 30 MHz, le réseau ISN1 (Impedance Stabilization Network 1) doit avoir les caractéristiques suivantes:

- a) Il doit disposer de ports pour le PLT sous test, une source d'alimentation en courant électrique, et un plan de sol métallique de référence. La source d'électricité est aussi connectée à l'équipement associé assurant la communication avec l'équipement sous test.
- b) L'impédance de mode commun vue depuis le port de l'équipement sous test doit être de $25 \pm 3 \Omega$ avec une phase de $0 \pm 20^\circ$.
- c) L'impédance de mode différentiel vue depuis le port de l'équipement sous test doit être de $100 \pm 10 \Omega$ avec une phase $0 \pm 25^\circ$.
- d) Le facteur LCL mesuré au port de l'équipement sous test doit être de 16 ± 3 dB.
- e) Pour empêcher le courant du signal de l'équipement associé de perturber les résultats des mesures, l'intensité de mode commun de l'équipement associé doit être affaibli d'au moins 20 dB.
- f) Pour empêcher le courant de mode commun de l'équipement associé de perturber les résultats des mesures, ce courant doit être affaibli d'au moins de 35 dB.

A5.2.2 Réseau ISN2

Le réseau ISN2 (Impedance Stabilization Network 2) doit avoir les caractéristiques du réseau ISN spécifiées dans le Document CISPR 22.

A5.3 Sonde de courant

La sonde de courant servant à la mesure du courant de mode commun du PLT doit être conforme aux prescriptions du CISPR 16-1-2.

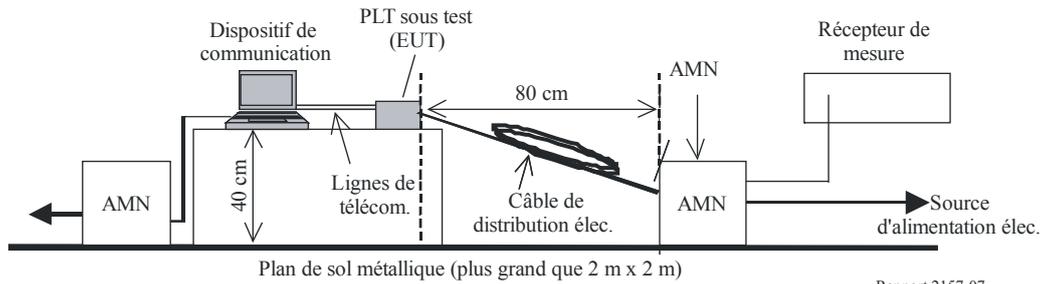
A5.4 Montages de mesure pour les tests de conformité

A5.4.1 Mesure de la tension délivrée par le réseau électrique au port d'alimentation électrique lorsque le PLT se trouve en mode repos

Voir la Fig. 7.

FIGURE 7

Mesure de la tension délivrée par le réseau au port d'alimentation électrique du PLT lorsque le PLT se trouve en mode repos

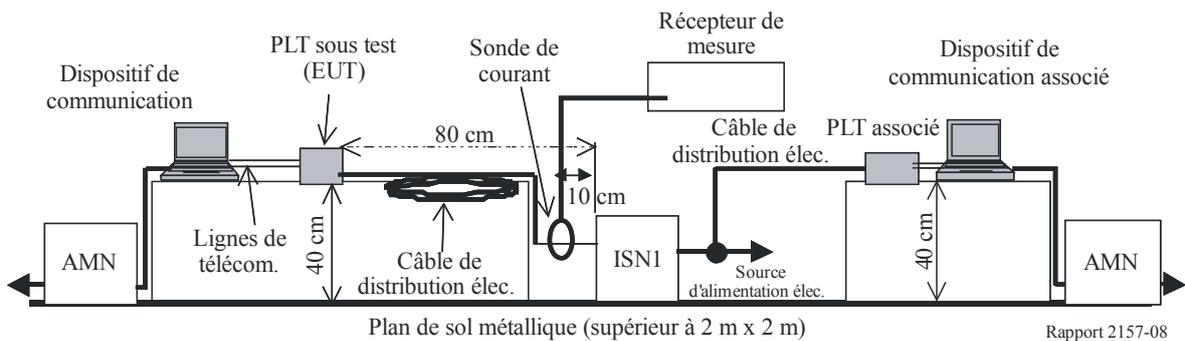


A5.4.2 Mesure du courant de mode commun au port alimentation électrique lorsque le PLT se trouve en mode communication

Voir la Fig. 8.

FIGURE 8

Mesure du courant de mode commun au port alimentation électrique lorsque le PLT se trouve en mode communication

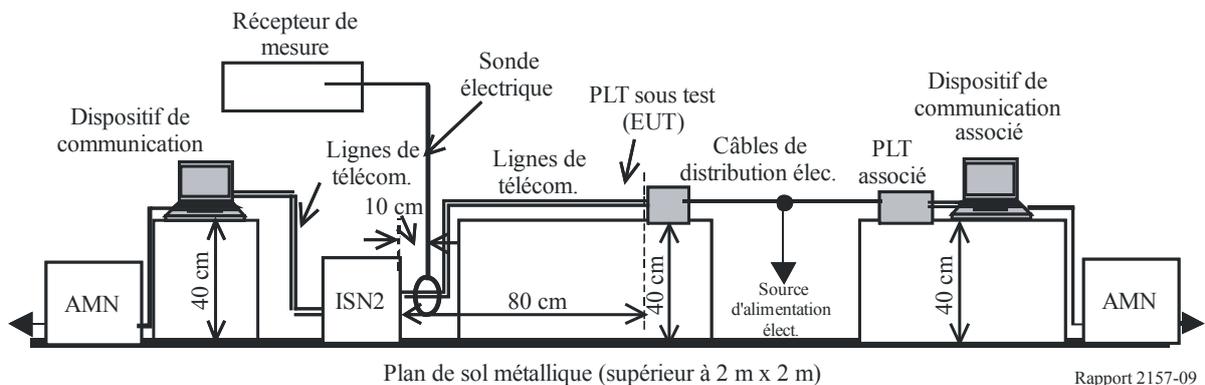


A5.4.3 Mesure du courant de mode commun au port télécommunication lorsque le PLT se trouve en mode communication

Voir la Fig. 9.

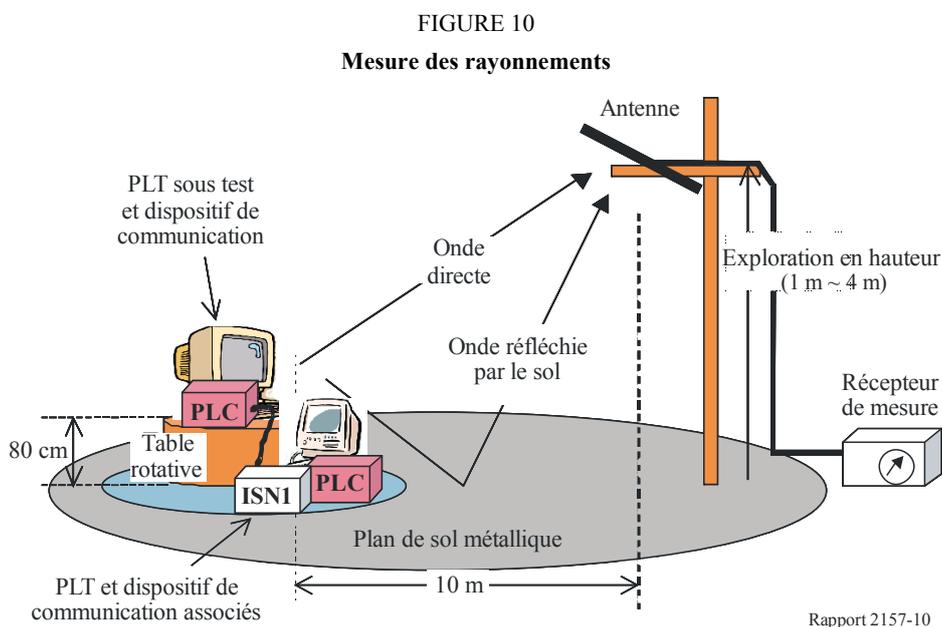
FIGURE 9

Mesure du courant de mode commun au port télécommunication lorsque le PLT se trouve en mode communication



A5.4.4 Mesure des rayonnements lorsque le PLT se trouve en mode communication

Voir la Fig. 10.



Annexe 6

Méthodologie de test du Centre de recherche sur les communications (Canada) pour la détermination des émissions RF produites par les dispositifs PLT

La North American Broadcasters Association (NABA) a octroyé un contrat au Centre de recherche sur les communications du Canada (CRC) pour la réalisation de mesures sur les émissions RF produites par les dispositifs PLT fonctionnant dans un environnement résidentiel. La présente Annexe décrit une procédure de test pour la mesure des émissions RF et la détermination des brouillages susceptibles d'être causés, dans un environnement résidentiel, aux services de radiodiffusion par les dispositifs PLT. Les tests ont été effectués par le CRC de novembre 2008 à janvier 2009.

Une évaluation en laboratoire des dispositifs PLT est présentée au § A6.1 et vise à caractériser les émissions par conduction de ces dispositifs comme point de référence pour les mesures des rayonnements électromagnétique. La méthode d'essai sur site est décrite au § A6.2.

A6.1 Évaluation en laboratoire

Les dispositifs PLT ont fait l'objet d'une évaluation en laboratoire avant les essais sur site. Le principal objectif de ces tests était de caractériser et de comparer tous les dispositifs PLT selon les critères suivants:

- Plage de fréquences de fonctionnement.
- Puissance transmise par conduction dans la plage de fréquences de fonctionnement telle que spécifiée par le fabricant.

- Puissance transmise par conduction jusqu'à 110 MHz.
- Allure générale du spectre.
- Quantification des différences de rayonnement entre le mode transfert et le mode repos.
- Quantification de la différence entre les mesures utilisant un détecteur de crête et celles utilisant un détecteur de quasi-crête.

De plus, l'évaluation en laboratoire permettait de comprendre le fonctionnement de ces dispositifs, plus particulièrement:

- Application de la méthode de mesure et détermination de la façon dont les dispositifs fonctionnent.
- Etude du mode transfert de données et du mode repos des dispositifs PLT.
- Quantification du niveau de la puissance de sortie des dispositifs PLT.

La caractérisation en laboratoire est effectuée en deux parties. La première partie consistait à évaluer l'utilisation d'un détecteur de quasi-crête pour les essais sur site. La détection quasi-crête est généralement utilisée pour la mesure des rayonnements électromagnétiques. Dans les fréquences de fonctionnement de dispositifs PLT. Toutefois, les premiers travaux effectués avec un détecteur de quasi-crête ont montré que ce type de détecteur était conçu pour la mesure des signaux à bande étroite et ne convenait pas à la mesure des signaux à large bande des dispositifs PLT. La première partie de la présente section expose ce sujet et détermine la relation entre mesure utilisant des détecteurs de quasi-crête et des détecteurs de crête.

La deuxième partie de l'évaluation en laboratoire caractérisait et comparait les dispositifs PLT sur la base de la mesure de la puissance transmise par conduction.

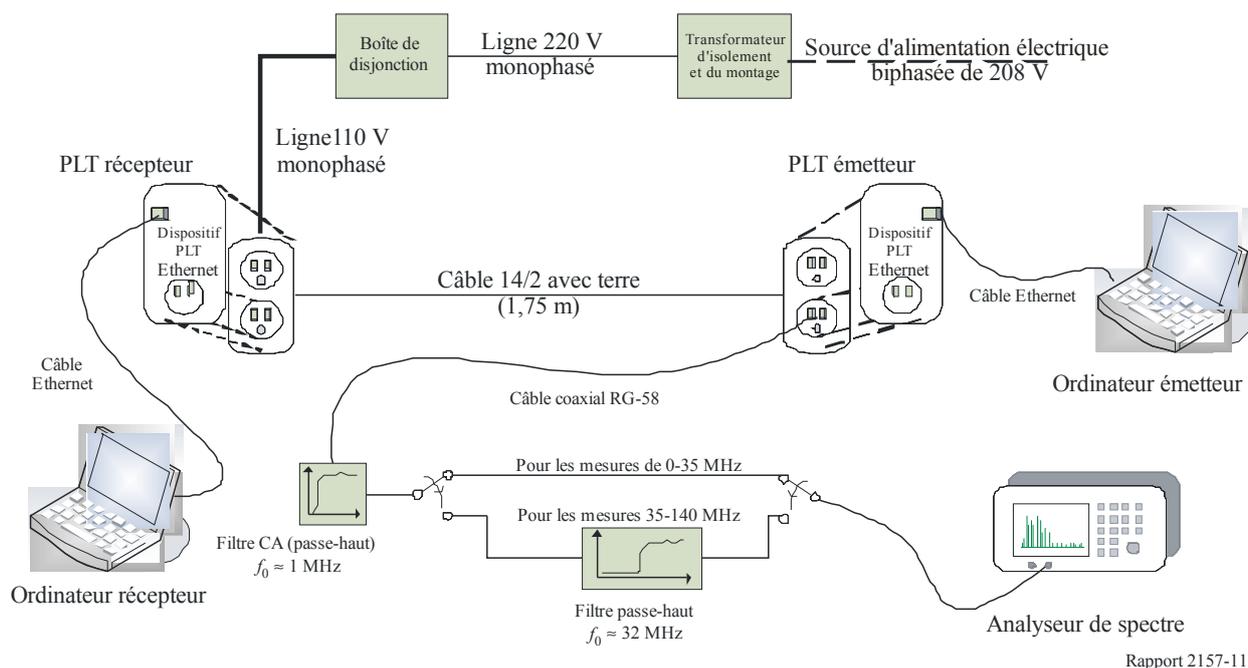
A6.1.1 Configuration de test en laboratoire

La configuration de mesure en laboratoire de la puissance transmise par conduction est présentée à la Fig. 11. La source de courant alternatif délivre du courant à 208 V biphasé appliqué via un transformateur souleveur et un coupe-circuit pour isoler le courant et assurer sa conversion en courant alternatif 110-120 V monophasé. Deux prises servent au raccordement des deux dispositifs PLT au moyen d'un câble électrique 14/2 de 1,75 m avec terre. Un ordinateur est affecté à chaque dispositif PLT pour le transfert de données. Un ordinateur envoie un gros fichier à un ordinateur récepteur.

La mesure de la puissance est effectuée au moyen d'un analyseur de spectre avec une largeur de bande de résolution de 9 kHz et d'un détecteur de crête. Afin de mesurer au moyen d'un analyseur de spectre le signal transmis par conduction par les dispositifs PLT, il faut utiliser un filtre de courant alternatif pour éliminer la composante alternative 110-120 V. Ce filtre est du type LC du deuxième ordre réalisé pour la circonstance avec une fréquence de coupure de 1 MHz.

Afin de mesurer avec une meilleure précision les faibles niveaux des signaux des dispositifs PLT au-dessus de 30 MHz, on utilise un filtre passe-haut pour affaiblir les porteuses principales des dispositifs PLT présents dans la plage de fréquences de fonctionnement. Cela est nécessaire pour pouvoir mesurer des émissions jusqu'à 110 MHz sans surcharger l'analyseur de spectre. Comme le montre la Fig. 11, deux configurations de laboratoire sont utilisées, à savoir une sans filtre passe-haut et l'autre avec. Le filtre passe-haut a une fréquence de coupure à -3 dB de 32 MHz. Seules les mesures au-dessus de 35 MHz sont effectuées avec ce filtre passe-haut et consignées. La largeur de bande de résolution pour ces mesures est de 120 kHz.

FIGURE 11

Montage de mesure de la puissance transmise par conduction par les dispositifs PLT

Rapport 2157-11

A6.1.2 Comparaison entre mesures effectuées avec un détecteur de crête et mesures effectuées avec un détecteur de quasi-crête dans le contexte d'émissions de PLT

Les mesures de compatibilité électromagnétique dans les fréquences de fonctionnement des dispositifs PLT sont habituellement effectuées au moyen d'un détecteur de quasi-crête. Un détecteur de quasi-crête est constitué d'un détecteur de crête suivi d'un intégrateur à perte qui présente un temps de descente plus long que le temps de montée. Ce type de détecteur est conçu pour la mesure du facteur de nuisance des signaux impulsionnels sur les autres dispositifs. En raison de la complexité de sa mise en oeuvre, le détecteur de quasi-crête disponible pour l'analyseur de spectre a un temps de réponse extrêmement long. La mesure effectuée sur des signaux dans la bande 1-108 MHz peut prendre jusqu'à deux heures alors qu'une mesure avec un détecteur de crête classique ne prendrait que quelques secondes. Par conséquent, on utilise la détection de crête pour les mesures sur site. Des tests en laboratoire sont effectués pour déterminer la relation entre détecteurs de crête et détecteurs de quasi-crête.

A6.1.2.1 Méthodologie de test

Les mesures de la puissance émise par conduction sont réalisées afin de faire des comparaisons entre détecteurs de crête et détecteurs de quasi-crête. Les mesures sont effectuées sur une petite largeur de bande de 100 kHz à une fréquence centrale de 15 MHz. Une moyenne des mesures de la puissance émise par conduction dans cette bande de 100 kHz est déterminée pour chaque paire de dispositifs PLT et pour chacun des deux types de détecteur précités. La différence de puissance moyenne est considérée comme étant la différence entre la détection de crête et la détection de quasi-crête. On montre qu'en laboratoire, cette petite largeur de bande de 100 kHz est suffisamment grande pour que les résultats soient reproductibles avec d'autres fréquences centrales. Ce test est réalisé pour chaque dispositif PLT retenu pour les essais sur site, les mesures étant effectuées alors que les dispositifs PLT sont en mode émission de données.

A6.1.3 Mesure de la puissance émise par conduction

Les mesures de la puissance émise par conduction sont effectuées dans la bande 0-100 MHz en utilisant deux modes de fonctionnement, à savoir le mode transfert de données et le mode repos.

L'objectif de ces tests est de déterminer le niveau du signal injecté en sortie dans les lignes électriques jusqu'à 110 MHz dans les deux modes et la largeur de bande et l'allure du spectre des dispositifs PLT.

A6.1.3.1 Méthodologie de test

La configuration de test utilisée pour ces mesures est présentée à la Fig. 11. Afin d'obtenir une bonne précision, les mesures sont effectuées de 0 à 110 MHz par pas consécutifs de 10 MHz, l'analyseur de spectre étant réglé pour une largeur de bande de résolution de 9 kHz et en utilisant une détection de crête. En général, le niveau de référence de l'analyseur de spectre est réglé à une valeur aussi faible que possible sans créer de surcharge spectrale. Comme expliqué au § A6.1.1, un filtre passe-haut est utilisé pour obtenir une mesure plus précise à des fréquences supérieures à 35 MHz. En conséquence, on peut observer une discontinuité du bruit de fond pour les résultats à 35 MHz.

Une première mesure est faite pour évaluer le niveau du bruit ambiant du système. Dans ce cas, les dispositifs PLT ne sont pas connectés au banc d'essai. Ensuite, le niveau de sortie de chaque dispositif PLT est mesuré de 0 à 110 MHz pendant que les dispositifs transfèrent les données au débit maximal (mode transfert de données). Enfin, le troisième ensemble de mesures est effectué pendant que ces dispositifs ne transfèrent pas activement de données (mode repos). Le niveau de puissance de sortie pendant les tests est le niveau de puissance préréglé en usine, et il est possible qu'il ne soit pas réglable.

A6.2 Test de compatibilité électromagnétique (EMI) sur site

Les mesures de champ RF sont effectuées avec des maisons résidentielles à un et deux niveaux. Les maisons sont connectées à une grille de distribution d'électricité via des lignes de courant alternatif souterraines ou aériennes. L'avant et l'arrière des maisons doivent être suffisamment dégagés pour pouvoir faire des mesures de champ à des distances de 3 et 10 m des murs extérieurs; de sorte que ces deux distances sont retenues pour les mesure de champ RF.

A6.2.1 Méthodologie des tests sur site

Pour les mesures du champ RF, on choisit plusieurs maisons représentatives de différentes configurations et de différents matériaux de construction. Un récapitulatif des sites de test est consigné avec une description complète de chaque site, y compris le type de maison, les matériaux constituant les murs extérieurs et le type de ligne électrique utilisé pour relier la maison à la grille de distribution d'électricité voisine (lignes souterraines ou aériennes), des photographies de la maison et un plan de chaque maison. Les dispositifs PLT sont testés par paires du même modèle, connectés aux prises de courant à l'intérieur des maisons. Les paires de dispositifs PLT sont sélectionnées conformément aux tests de laboratoire présentés au § A6.1.1 ci-dessus. Lors des tests sur site, les dispositifs sont placés à l'intérieur de la maison à distance l'un l'autre, représentant un réseau domiciliaire réaliste. La paire de dispositifs est placée de manière telle à avoir un dispositif PLT dans une pièce près de la façade avant de la maison et l'autre dispositif près de la façade arrière. Dans le cas d'une maison à deux niveaux, un dispositif PLT est placé au premier niveau et l'autre au second niveau. Le niveau de puissance de sortie pendant les tests est le niveau préréglé en usine, lequel peut ne pas être réglable.

Chaque dispositif PLT est connecté à un ordinateur personnel. Les deux modes de fonctionnement des PLT sont testés. Le mode transfert de données pour toutes les maisons et le mode repos pour quelques maisons sélectionnées. Pour le mode transfert de données, les mesures sont effectuées pendant le transfert d'un gros fichier entre les deux ordinateurs. Les mesures de référence du bruit ambiant sont également effectuées en chaque point de mesure.

Le champ RF est mesuré au moyen d'une antenne cadre étalonnée pour les fréquences comprises entre 0 et 30 MHz et d'une antenne doublet étalonnée pour les fréquences comprises entre 30 et 108 MHz (voir les spécifications d'antenne au § A6.2.). Le facteur d'antenne de ces antennes est étalonné avec précision pour permettre de mesurer le champ électrique (dB(μ V/m)). Les antennes sont placées à 2 m au-dessus du niveau du sol. Les mesures sont réalisées à 3 et 10 m des façades avant et arrière des maisons.

Les mesures en mode repos entre 30 et 108 MHz (doublet) sont effectuées pour confirmer les conclusions découlant des évaluations en laboratoire.

Il y a quatre points de mesure pour chaque maison:

- Façade avant, distance: 3 m.
- Façade avant, distance: 10 m.
- Façade arrière, distance: 3 m
- Façade arrière, distance: 10 m.

Les mesures suivantes sont effectuées en chaque point:

- Niveau du bruit ambiant entre 0 et 30 MHz (antenne cadre).
- Champ RF entre 0 et 30 MHz dans le mode transfert de données pour chaque paire de dispositifs PLT.

Pour confirmer les conclusions découlant des essais en laboratoire, les mesures suivantes sont réalisées sur quelques maisons sélectionnées:

- Champ RF entre 0 et 30 MHz dans le mode repos.
- Champ RF entre 30 et 108 MHz dans les modes repos et transfert de données.

D'autres tests sont aussi effectués afin de mesurer le champ électrique sous des lignes électriques aériennes.

A6.2.2 Configuration de test sur site

La mesure du champ RF exigeait la présence de composants et d'équipements de mesure étalonnés pour les fréquences comprises entre 0 et 108 MHz. La liste des équipements utilisés pour les tests de champ est la suivante:

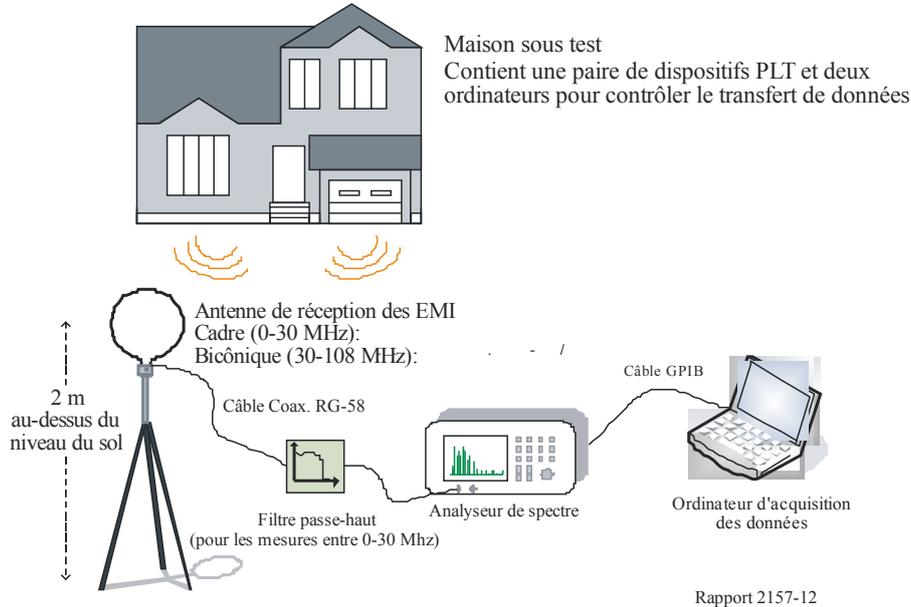
- Un analyseur de spectre
- Une antenne-cadre (passive)
 - fréquences de fonctionnement: 10 kHz-30 MHz
- Une antenne doublet (passive)
 - fréquences de fonctionnement: 20 MHz-330 MHz
- Un filtre RF passe-bas
 - fréquence de coupure à -1 dB: 31 MHz
 - fréquence de coupure à -40 dB: 35 MHz
- Une paire de dispositifs PLT
- Deux ordinateurs utilisés pour le transfert de données sur le réseau PLT
- Un ordinateur pour stocker les résultats de mesures de champ.

La Fig. 12 montre la configuration de test pour la mesure du champ. Comme précédemment indiqué, il y a quatre emplacements d'antenne pour chaque maison où le champ est mesuré (à l'avant et à l'arrière, 3 et 10 m). L'antenne est placée à 2 m au-dessus du niveau du sol. Un filtre passe-bas est placé entre l'antenne et l'analyseur de spectre. Ce filtre sert à éliminer les signaux de forte

puissance en ondes métriques (stations FM et TV) lors des mesures à des fréquences en-dessous de 30 MHz afin d'éviter de surcharger l'analyseur de spectre. Un ordinateur portable est utilisé pour commander l'analyseur et stocker les résultats de mesures.

FIGURE 12

Configuration de test pour les mesures du champ RF



La procédure suivante est utilisée pour chaque maison et pour chaque point de mesure. Une première mesure est réalisée pour consigner le niveau du bruit ambiant. Une paire de dispositifs PLT est ensuite connectée et le transfert de données déclenché pour mesurer le champ RF. Le même processus est répété pour les deux autres paires de dispositif PLT. L'antenne est alors déplacée vers un autre point et un autre ensemble de mesures réalisé.

D'autres mesures pour les tests sont réalisés pour le mode repos, l'antenne doublet (30-108 MHz) et les lignes électriques aériennes sur une sélection de plusieurs maisons.

D'autres tests sont effectués avec un détecteur de crête à la place d'un détecteur de quasi-crête comme expliqué au § A6.1.2. Le filtre passe-bas, le câble et les antennes sont étalonnés pour mesurer les EMI (dB(μ V/m)). L'analyseur de spectre est réglé pour les mesures comme suit:

Pour les fréquences comprises entre 0 et 30 MHz (utilisant une antenne cadre):

- Largeur de bande de résolution: 9 kHz
- Détecteur de crête
- Durée maximale de gel d'une trace (10 s)
- Un point sur la trace tous les 50 kHz (601 points au total).

Pour les fréquences allant de 30 à 108 MHz (utilisation d'une antenne doublet)

- Largeur de bande de résolution = 120 kHz
- Détecteur de crête
- Durée maximal de gel d'une trace (10 s)
- Un point sur la trace tous les 50 kHz (1561 points au total).

A6.2.3 Méthodologie d'analyse

Pour l'analyse du champ RF mesuré, toutes les mesures effectuées dans diverses maisons ont été groupées par distance et dispositif respectifs. Des sites n'ont pas été inclus dans l'analyse statistique lorsque des brouillages produits par les dispositifs PLT étaient détectés dans les maisons voisines. L'analyse statistique inclut le champ RF maximal mesuré pour chaque dispositif. De plus, les mesures effectuées dans toutes les maisons ont été utilisées pour calculer un intervalle de confiance qui devrait représenter le champ maximal prévu émis par les dispositifs PLT placés dans des maisons type. Un intervalle de confiance de 95 % du champ RF est calculé à partir de l'écart type pour les maisons de l'échantillon, en prenant une distribution normale pour hypothèse. Les calculs dans cette analyse statistique sont effectués avec des valeurs linéaires. Comme indiqué ci-dessus, la contribution au brouillage causé par des sources autres que les dispositifs PLT n'est pas négligeable et ne peut être éliminée de l'analyse statistique.

A6.3 Tests sur site du courant de mode commun (CMI) et du courant de mode différentiel (DMI)

Les mesures de courant de mode commun et du courant de mode différentiel sont effectuées dans les habitations résidentielles: L'objet de ces mesures est de déterminer s'il existe une relation entre ces deux mesures et les brouillages électromagnétiques (EMI) causés par les dispositifs PLT.

A6.3.1 Configuration de test pour les mesures de CMI et de DMI sur site

Les mesures sont effectuées sur quatre prises dans chaque maison. Deux de ces prises sont les mêmes que celles qui sont utilisées pour connecter les dispositifs lors des tests d'EMI sur site. Les CMI et DMI sont mesurés au niveau de ces deux prises en insérant un court câble d'extension entre le dispositif PLT et la prise. Deux prises supplémentaires (une à chaque niveau des maisons) font l'objet de tests. Un câble d'extension à terminaison ouverte est utilisé pour mesurer le CMI et le DMI au niveau de ces prises. En conséquence, il y a deux configurations de test du CMI et du DMI différentes qui sont utilisées pour ces mesures comme indiqué ci-dessus.

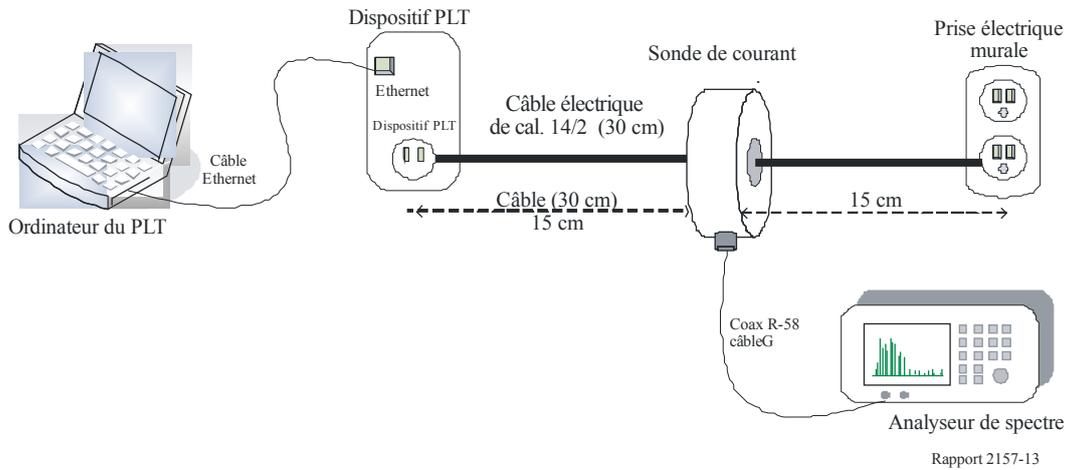
Les mesures de CMI et de DMI nécessitent les équipements suivants:

- Un analyseur de spectre
- Une sonde de courant
 - fréquences de fonctionnement : 20 kHz - 100 MHz
- Deux câbles 14/2 avec terre (câble de 30 cm et 3 m)
- Une paire de dispositifs PLT
- Deux ordinateurs utilisés pour le transfert de données sur le réseau PLT.

Les Fig. 13 et 14 montrent la configuration de test avec les équipements utilisés. La Fig. 13 montre la configuration de test lorsque lors du test, un dispositif est connecté à une prise, tandis que la Fig. 14 montre la configuration de test utilisée pour effectuer des tests sur d'autres prises de la maison (aucun dispositif connecté).

FIGURE 13

Configuration de test du CMI et du DMI au niveau de la prise sur laquelle de PLT est connecté

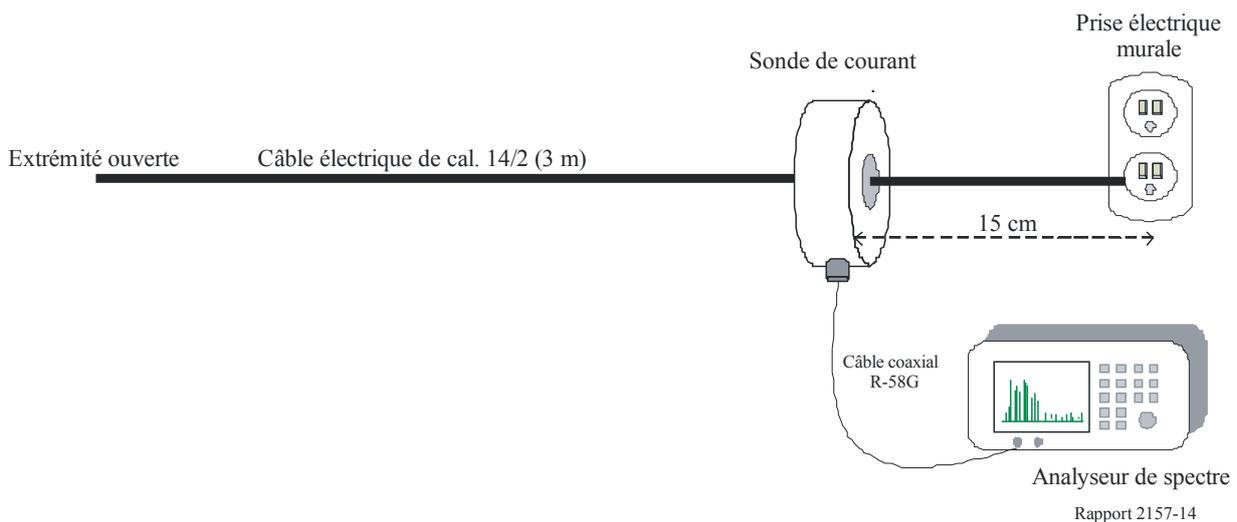


Comme le montre la Fig. 13, un câble électrique d'extension de 30 cm est inséré entre le dispositif PLT et sa prise respective. Une sonde de courant est placée au milieu du câble d'extension pour mesurer le courant avec l'analyseur de spectre. Les mesures sont réalisées pendant que les dispositifs PLT sont branchés sur le réseau électrique et qu'ils se trouvent en mode transfert de données.

Pendant les mesures de courant de mode commun (CMI), la sonde de courant encercle tous les fils du câble électrique (phase, neutre et terre). Pour les mesures de courant de mode différentiel, la gaine du câble électrique est ôtée et seul le fil de phase est placé dans la sonde de courant tandis que le neutre et la terre sont placés en dehors de la sonde.

FIGURE 14

Configuration de test de CMI et DMI au niveau de la prise électrique



La Fig. 14 montre la configuration de test lorsqu'on procède au test des prises électriques sur lesquelles aucun dispositif PLT n'est connecté. On peut voir sur la figure qu'un câble d'extension de 3 m non relié à une extrémité sert à placer la sonde de courant. Les deux dispositifs PLT de la paire sont encore connectés à leurs prises originales respectives dans la maison puis le transfert de données est déclenché.

Les mesures sont effectuées entre 0 et 30 MHz pour les configurations. Les réglages de l'analyseur de spectre sont les suivants:

- Largeur de bande de résolution = 10 kHz
 - Détecteur de moyenne
 - Temps maximal de gel de la trace: 10 s
 - Une trace tous les 50 kHz (601 points au total).
-