

COMMISSION
ÉLECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CISPR
16-1

1993

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1997-07

COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

Amendement 1

Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques

Partie 1:

Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques

Amendment 1

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods

Part 1:

Radio disturbance and immunity measuring apparatus

© IEC 1997 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

AVANT PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapports de vote
CISPR/A(BC)62	CISPR/A(BC)80
CISPR/A(BC)64	CISPR/A(BC)81
CISPR/A(BC)76	CISPR/A(BC)83
CISPR/A(BC)57	CISPR/A(BC)70
CISPR/A(BC)58	CISPR/A(BC)71
CISPR/A(BC)63	CISPR/A(BC)158
CISPR/A(BC)68	CISPR/A(BC)160
CISPR/A(BC)65	CISPR/A(BC)159
CISPR/A(BC)69	CISPR/A(BC)161

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

Page 24

2.8 Efficacité d'écran

Remplacer le texte de ce paragraphe par le texte suivant:

2.8.1 Efficacité d'écran

L'efficacité d'écran est une mesure de l'aptitude d'un récepteur de mesure à fonctionner dans un champ électromagnétique sans dégradation. L'exigence s'applique aux récepteurs fonctionnant dans «la plage de lecture du CISPR» spécifiée par le fabricant telle que décrite en 1.3.11.

Le blindage du récepteur doit être tel que, lorsque ce dernier se trouve dans un champ électromagnétique ambiant de 3 V/m, non modulé, à n'importe quelle fréquence comprise entre 9 kHz et 1 000 MHz, l'erreur entraînée ne doit pas dépasser 1 dB, au maximum et au minimum de «la plage de lecture du CISPR» spécifiée par le fabricant du récepteur. Dans les cas où le récepteur de mesure ne satisfait pas à la condition des 3 V/m, la valeur du champ et la fréquence auxquelles l'erreur dépasse 1 dB, doivent être indiquées par le fabricant. L'essai doit être effectué comme décrit ci-dessous.

Le récepteur est placé à l'intérieur d'une enceinte blindée. Un signal d'entrée est appliqué au récepteur par l'intermédiaire d'un câble de 2 m bien blindé (par exemple câble semi-rigide) à travers un connecteur de traversée monté sur la paroi de l'enveloppe et raccordé à un générateur de signaux placé à l'extérieur de l'enveloppe. Le niveau du signal d'entrée doit être réglé au maximum puis au minimum de la plage de lecture du CISPR, spécifiée par le fabricant du récepteur. Toutes les autres prises coaxiales du récepteur doivent être chargées par leur impédance caractéristique.

FOREWORD

This amendment has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

The text of this amendment is based on the following documents:

FDIS	Reports on voting
CISPR/A(CO)62	CISPR/A(CO)80
CISPR/A(CO)64	CISPR/A(CO)81
CISPR/A(CO)76	CISPR/A(CO)83
CISPR/A(CO)57	CISPR/A(CO)70
CISPR/A(CO)58	CISPR/A(CO)71
CISPR/A(CO)63	CISPR/A(CO)158
CISPR/A(CO)68	CISPR/A(CO)160
CISPR/A(CO)65	CISPR/A(CO)159
CISPR/A(CO)69	CISPR/A(CO)161

Full information on the voting for the approval of this amendment can be found in the reports on voting indicated in the above table.

Page 25

2.8 Screening effectiveness

Replace the text of this subclause by the following:

2.8.1 Screening effectiveness

Screening effectiveness is a measure of the ability of the measuring receiver to operate in an electromagnetic field without degradation. The requirement applies to receivers operating within the "CISPR indication range" specified by the manufacturer as described in 1.3.11.

The screening of the receiver shall be such that when it is immersed in an ambient electromagnetic field of 3 V/m (unmodulated) at any frequency in the range 9 kHz to 1 000 MHz, an error of not greater than 1 dB is produced at the maximum and minimum of the CISPR indicating range as specified by the manufacturer of the receiver. In cases where a measuring receiver is not immune to the requirement of 3 V/m, the field strength and frequency at which the error exceeds 1 dB shall be stated by the manufacturer. The test shall be performed as described below.

The receiver is placed inside a screened enclosure. An input signal is applied to the receiver via a 2 m long well-screened cable (e.g. semi-rigid), through a feedthrough in the enclosure wall, to a signal generator placed outside the enclosure. The level of the input signal shall be at the maximum and the minimum of the CISPR indication range as specified by the manufacturer of the receiver. All other coaxial terminals of the receiver shall be terminated in their characteristic impedance.

Seuls les câbles essentiels (par exemple câbles d'alimentation et câbles d'entrée) nécessaires à l'utilisation du récepteur de mesure dans sa configuration minimale (à l'exclusion des options telles que casques d'écoute) doivent être connectés pendant l'essai. Les câbles doivent avoir la longueur et la disposition correspondant à l'utilisation habituelle.

La valeur du champ ambiant au voisinage du récepteur de mesure doit être mesurée par un mesureur de champ.

L'indication de l'appareil de mesure du récepteur en présence du champ électromagnétique ambiant ne doit pas différer de plus de 1 dB de celle donnée par l'appareil de mesure en l'absence du champ.

2.8.2 Limitation des émissions radioélectriques produites par le récepteur de mesure

2.8.2.1 Emissions conduites

La tension perturbatrice RF à tout point de connexion pour une ligne extérieure (pas uniquement aux bornes d'alimentation) ne doit pas dépasser les limites des appareils de classe B, spécifiées en 5.1 du CISPR 11*. La mesure de la tension perturbatrice n'est toutefois pas exigée pour les conducteurs intérieurs des connexions blindées destinées aux appareils blindés. La puissance injectée par l'oscillateur local mesurée à l'entrée du récepteur de mesure, fermée sur son impédance caractéristique, ne doit pas dépasser 34 dB(pW) ce qui est équivalent à 50 µV dans 50 Ω.

2.8.2.2 Emissions rayonnées

Le champ RF rayonné par le récepteur de mesure ne doit pas dépasser les limites des appareils de classe B, spécifiées en 5.2 du CISPR 11* pour la bande de fréquences de 9 kHz à 1 000 MHz. Les limites s'appliquent également aux bandes de fréquences indiquées au tableau 1 (fréquences ISM) du CISPR 11. Dans la bande de fréquences de 1 GHz à 18 GHz, la limite applicable est de 45 dB(pW).

Avant d'effectuer des mesures d'émission conduite ou rayonnée, il est essentiel de vérifier que la contribution de bruit des appareils de mesure (par exemple ordinateur de commande) n'affecte pas les résultats de mesure.

Page 66

15 Antennes pour la mesure des perturbations radioélectriques rayonnées

Ajouter le texte suivant à la fin du second alinéa d'introduction:

Voir annexe Q pour plus d'information sur les paramètres des antennes à large bande.

Page 68

15.2.1 Antenne magnétique

Ajouter, après le texte existant, le nouveau texte suivant:

* CISPR 11: 1990, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbations électromagnétiques des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique.*

Only essential leads (e.g. mains and input cables) for the normal use of the measuring receiver in its minimum configuration (excluding options such as headphones) shall be connected during the test. The leads shall have the lengths and be arranged as in typical use.

The strength of the ambient field in the vicinity of the measuring receiver shall be measured by a field strength monitor.

The receiver meter indication in the presence of the ambient electromagnetic field shall differ by not more than 1 dB from the meter indication when the field is absent.

2.8.2 Limitation of radio-frequency emissions from the measuring receiver

2.8.2.1 Conducted emissions

The radio disturbance voltage at any connecting pin of external lines (not only the mains terminals) shall not exceed the limits for class B equipment given in 5.1 of CISPR 11*. The measurement of the radio disturbance voltage is however not required on the inner conductors of screened connections to screened equipment. The local oscillator injection power at the measuring receiver input terminated with its characteristic impedance shall not exceed 34 dB(pW) which is equivalent to 50 μ V across 50 Ω .

2.8.2.2 Radiated emissions

The radio disturbance field strength emitted by the measuring receiver shall not exceed the limits for class B equipment given in 5.2 of CISPR 11*, for the frequency range of 9 kHz to 1 000 MHz. The limits shall also apply for frequency bands (ISM frequencies) listed in table 1 of the same publication. In the frequency range of 1 to 18 GHz, a limit of 45 dB(pW) shall apply.

Before performing radiated and conducted emission measurements, it is essential that the noise contributions of the test equipment do not affect the measured results (e.g. computer control).

Page 67

15 Antennas for measurement of radiated radio disturbance

Add the following text at the end of the introductory paragraph:

For additional information about the parameters of broadband antennas see annex Q.

Page 69

15.2.1 Magnetic antenna

Add, after the existing text, the following new text:

* CISPR 11: 1990, *Limits and methods of measurement of electromagnetic disturbance characteristics of industrial, scientific and media (ISN) radio-frequency equipment.*

L'unité de la composante magnétique du champ est le $\mu\text{A/m}$ ou, en unité logarithmique, $20 \lg (\mu\text{A/m}) = \text{dB} (\mu\text{A/m})$. La limite d'émission associée doit être exprimée dans les mêmes unités.

NOTE – On peut effectuer la mesure directe de la composante magnétique du champ rayonné, en $\mu\text{A/m}$ ou en $\text{dB}(\mu\text{A/m})$ dans toutes les conditions, c'est-à-dire en champ proche ou en champ lointain. Toutefois, de nombreux récepteurs de mesure du champ sont étalonnés en termes de champ électrique équivalent pour une onde plane en $\text{dB}(\mu\text{V/m})$, c'est-à-dire en considérant que le rapport des composantes E et H est de 120π ou 377Ω . Cette hypothèse est justifiée dans les conditions de champ lointain, à une distance de la source dépassant un sixième de la longueur d'onde ($\lambda/2\pi$), et dans ce cas la valeur correcte de la composante H peut être obtenue en divisant la valeur de E indiquée par le récepteur par 377, ou en soustrayant 51,5 dB du niveau de E en $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ pour obtenir la valeur de H en $\text{dB}(\mu\text{A/m})$.

Il convient de bien comprendre que le rapport entre E et H déterminé ci-dessus ne s'applique qu'aux conditions de champ lointain.

Pour obtenir la valeur de H ($\mu\text{A/m}$), la lecture E ($\mu\text{V/m}$) est divisée par 377Ω :

$$H (\mu\text{A/m}) = E (\mu\text{V/m}) / 377 \Omega \quad (1)$$

Pour obtenir la valeur de H $\text{dB}(\mu\text{A/m})$, on soustrait à la lecture de E $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ 51,5 $\text{dB}(\Omega)$:

$$H \text{ dB}(\mu\text{A/m}) = E \text{ dB}(\mu\text{V/m}) - 51,5 \text{ dB}(\Omega) \quad (2)$$

L'impédance $Z = 377 \Omega$, avec $20 \lg Z = 51,5 \text{ dB}(\Omega)$, utilisée dans les conversions ci-dessus, est une constante provenant de l'étalonnage des appareils de mesure du champ indiquant le champ magnétique en $\mu\text{V/m}$ (ou $\text{dB}(\mu\text{V/m})$).

Page 68

15.3 Gamme de fréquences de 150 kHz à 30 MHz

15.3.1 Antenne électrique

Ajouter, après le texte existant, le nouveau texte suivant:

L'unité de la composante électrique du champ est le $\mu\text{V/m}$ ou, en unité logarithmique, $20 \lg (\mu\text{V/m}) = \text{dB} (\mu\text{V/m})$. La limite d'émission associée doit être exprimée dans les mêmes unités.

Page 72

Ajouter après le paragraphe 15.6, le nouveau paragraphe 15.7 suivant:

15.7 Montages utilisant des antennes particulières

15.7.1 Système d'antennes cadres

Dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz, le pouvoir perturbateur de la composante magnétique du rayonnement produit par un appareil en essai peut être déterminé au moyen d'un système d'antennes cadres particulier, où il est mesuré en tant que courants induits par le champ magnétique dans les antennes cadres constituant le système. Le système permet d'effectuer les mesures à l'intérieur.

The unit of the magnetic field strength is $\mu\text{A/m}$ or, in logarithmic units, $20 \log(\mu\text{A/m}) = \text{dB}(\mu\text{A/m})$. The associated emission limit shall be expressed in the same units.

NOTE – Direct measurements can be made of the strength of the magnetic component, in $\text{dB}(\mu\text{A/m})$ or $\mu\text{A/m}$ of a radiated field under all conditions, that is, both in the near field and in the far field. However, many field strength measuring receivers are calibrated in terms of the equivalent plane wave electric field strength in $\text{dB}(\mu\text{V/m})$, i. e. assuming that the ratio of the E and H components is 120π or 377Ω . This assumption is justified under far-field conditions at distances from the source exceeding one sixth of a wavelength ($\lambda/2\pi$), and in such cases the correct value for the H component can be obtained by dividing the E value indicated on the receiver by 377, or by subtracting 51,5 dB from the E level in $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ to give the H level in $\text{dB}(\mu\text{A/m})$.

It should be clearly understood that the above fixed E and H ratio applies only under far-field conditions.

To obtain the reading of $H(\mu\text{A/m})$, the reading $E(\mu\text{V/m})$ is divided by 377Ω :

$$H(\mu\text{A/m}) = E(\mu\text{V/m}) / 377 \Omega \quad (1)$$

To obtain the reading of $H \text{ dB}(\mu\text{A/m})$, 51,5 $\text{dB}(\Omega)$ is subtracted from the reading $E \text{ dB}(\mu\text{V/m})$:

$$H \text{ dB}(\mu\text{A/m}) = E \text{ dB}(\mu\text{V/m}) - 51,5 \text{ dB}(\Omega) \quad (2)$$

The impedance $Z = 377 \Omega$, with $20 \log_{10} Z = 51,5 \text{ dB}(\Omega)$, used in the above conversions is a constant originating from the calibration of field strength measuring equipment indicating the magnetic field in $\mu\text{V/m}$ (or $\text{dB}(\mu\text{V/m})$).

Page 69

15.3 Frequency range 150 kHz to 30 MHz

15.3.1 Electric antenna

Add, after the existing text, the following new text:

The unit of electric field strength shall be $\mu\text{V/m}$ or, in logarithmic units, $20 \log(\mu\text{V/m}) = \text{dB}(\mu\text{V/m})$. The associated emission limit shall be expressed in the same units.

Page 73

Add, after subclause 15.6, the following new subclause 15.7:

15.7 Special antenna arrangements

15.7.1 Loop antenna system

In the frequency range 9 kHz to 30 MHz the interference capability of the magnetic field component of the radiation of a single (EUT) can be determined by using a special loop antenna system (LAS). In the LAS, this capability is measured in terms of the currents induced by the magnetic field in the loop antennas of the LAS. The LAS allows indoor measurements.

Le système se compose de trois grandes antennes circulaires, de 2 m de diamètre, occupant des plans mutuellement perpendiculaires, montés sur un support non métallique. Une description complète de ce système est donnée en annexe R.

L'appareil en essai est installé au centre du système. Ses dimensions maximales doivent être telles que la distance entre cet appareil et l'une des antennes est au moins de 0,20 m. Des instructions pour le cheminement des câbles de signaux sont données à l'article R.3, note 2 et à la figure R.6. Il convient que les câbles cheminent ensemble et sortent du volume de la boucle dans le même octant de la cellule, et à une distance supérieure à 0,4 m de chacune des antennes cadres.

Les trois grandes antennes cadres occupant des plans mutuellement perpendiculaires permettent de mesurer le pouvoir perturbateur du champ rayonné dans toutes les polarisations, avec la précision prescrite, sans qu'il soit nécessaire de faire tourner l'appareil en essai ou de modifier l'orientation des antennes.

Chacune des trois antennes doit être conforme aux prescriptions de validation données à l'article R.5.

NOTE – On peut utiliser des antennes circulaires d'un diamètre différent de celui normalisé à 2 m, à condition que ce diamètre D soit inférieur ou égal à 4 m et que la distance entre l'appareil en essai et l'une des antennes soit d'au moins 0,10 (D) m. Les facteurs de corrections à appliquer pour les antennes non normalisées sont donnés à l'article R.6.

Page 82

Ajouter, après le paragraphe 16.6.3 le nouveau paragraphe 16.7 suivant:

16.7 Aptitude des autres emplacements d'essai

Il existe beaucoup d'emplacements d'essai et de moyens d'essai construits pour mesurer les émissions rayonnées. La plupart sont protégés contre les intempéries et contre les perturbations provoquées par le bruit radioélectrique ambiant. Les emplacements d'essai en espace libre, couverts et protégés contre les intempéries et les cages de Faraday tapissées de matériaux absorbants, font partie de ces emplacements d'essai.

Chaque fois qu'un matériau absorbant entoure l'emplacement d'essai, il est possible que le résultat d'une mesure unique d'atténuation normalisée de l'emplacement (ANE), comme spécifiée en 16.6, ne suffise pas à démontrer l'aptitude de l'emplacement d'essai.

On recommande la procédure suivante pour démontrer l'aptitude de tel emplacement d'essai. Elle est basée sur de multiples mesures d'ANE effectuées dans tout le volume occupé par l'appareil en essai. Ces mesures d'ANE doivent toutes être comprises dans le bilan d'erreur de ± 4 dB pour que l'emplacement soit jugé apte et équivalent à un emplacement d'essai en espace libre.

Les dispositions de ce paragraphe concernent les autres emplacements d'essai qui sont munis d'un plan de sol conducteur.

16.7.1 Atténuation normalisée pour les autres emplacements d'essai

Pour un autre emplacement d'essai, une mesure unique d'ANE est insuffisante pour mettre en évidence les réflexions dues aux matériaux de construction et/ou aux matériaux absorbants RF constituant les murs et le plafond de l'emplacement. Pour ces emplacements un «volume d'essai» est défini comme le volume tracé par le plus gros appareil ou système à mesurer, lorsqu'il tourne de 360° autour de sa position centrale, par exemple sur une table tournante. Pour l'évaluation de tels emplacements, il peut être nécessaire d'effectuer au maximum 20 mesures d'atténuation de l'emplacement comme indiqué aux figures 51a et 51b. Ces 20 mesures se déduisent de: cinq positions dans le plan horizontal (centre, droite, gauche, devant, derrière, par rapport au centre et à une ligne tracée du centre à la position de l'antenne de mesure), pour les deux polarisations (horizontale et verticale) et pour deux hauteurs (1 m et 2 m en polarisation horizontale et 1 m et 1,5 m en polarisation verticale).

The LAS consists of three circular, mutually perpendicular large-loop antennas (LLAs), having a diameter of 2 m, supported by a non-metallic base. A full description of the LAS is given in annex R.

The EUT is positioned in the centre of the LAS. The maximum dimensions of the EUT are limited so that the distance between the EUT and an LLA is at least 0,20 m. Guidelines for the routing of signal cables are given in clause R.3, note 2 and figure R.6. Cables should be routed together and leave the loop volume in the same octant of the cell and no closer than 0,4 m to any of the LAS loops.

The three mutually perpendicular LLAs allow measurement of the interference capability of all polarizations of the radiated field with the prescribed accuracy, and without rotation of the EUT or changing the orientation of the LLAs.

Each of the three LLAs shall comply with the validation requirements given in clause R.5.

NOTE – Circular LLAs having a diameter different from the standardized diameter of 2 m may be used, provided their diameter $D \leq 4$ m and the distance between the EUT and a LA is at least $0,10(D)$ m. Correction factors for non-standardized diameters are given in clause R.6.

Page 83

Add, after subclause 16.6.3, the following new subclause 16.7:

16.7 Alternative test site suitability

There are many different test sites and facilities that have been constructed to make radiated emission measurements. Most are protected from the weather and the adverse effects of the radio frequency ambient. These include all weather-covered open area test sites and absorber-lined shielded rooms.

Whenever construction material encloses a test site, there is the possibility that the results of a single normalized site attenuation (NSA) measurement, as specified in 16.6, are not adequate to show such alternative site suitability.

To assess alternative test site suitability, the following procedure is recommended. It is based on making multiple NSA measurements throughout a volume occupied by the EUT. These NSA measurements shall all come within the error budget of ± 4 dB to be judged suitable as an equivalent to an open area test site.

The discussion in this section concerns alternative test sites which have a conducting ground plane.

16.7.1 Normalized site attenuation for alternative test sites

For an alternative test site a single NSA measurement is insufficient to pick up possible reflections from the construction and/or RF-absorbing material comprising the walls and ceiling of the facility. For these sites a "test volume" is defined as that volume traced out by the largest equipment or system to be tested as it is rotated about its centre location through 360° , such as by a turntable. In evaluating horizontal and vertical polarization, such as illustrated in figures 51a and 51b, it may require a maximum of 20 separate site attenuation measurements, i.e. five positions in the horizontal plane (centre, left, right, front, and rear, measured with respect to the centre and a line drawn from the centre to the position of the measuring antenna), for two polarizations (horizontal and vertical), and for two heights (1 m and 2 m horizontal, 1 m and 1,5 m vertical).

Ces mesures sont effectuées avec une antenne à large bande et les distances sont mesurées par rapport au centre de l'antenne. Les antennes d'émission et de réception doivent être alignées, leurs éléments respectifs doivent être parallèles les uns aux autres et doivent être perpendiculaires à l'axe de mesure.

Pour les mesures en polarisation verticale, les positions décentrées des antennes d'émission sont placées à la périphérie du volume d'essai. De plus, le point le plus bas de l'antenne doit se situer à plus de 25 cm du sol, ce qui peut nécessiter de placer le centre de l'antenne à une hauteur légèrement supérieure à 1 m lors de la mesure à la plus faible hauteur.

Pour les mesures en polarisation horizontale dans les positions droite et gauche, si la distance entre les matériaux de construction et/ou les matériaux absorbants constituant les murs latéraux, et la périphérie de l'appareil en essai est inférieure à 1 m, le centre de l'antenne est déplacé vers le centre du volume de sorte que le point extrême de l'antenne soit situé à la périphérie ou à une distance de la périphérie ne dépassant pas 10 % du diamètre du volume d'essai. Pour les positions avant et arrière, les antennes sont placées à la périphérie du volume d'essai.

On peut réduire le nombre de mesures nécessaires dans les conditions données ci-dessous:

- a) On peut ne pas effectuer les mesures en polarisation verticale et horizontale pour la position arrière si le point le plus proche des matériaux de construction ou des matériaux absorbants est situé à une distance supérieure à 1 m de la limite arrière du volume d'essai.

NOTE – Il a été montré que les sources situées au voisinage d'interfaces diélectriques présentaient des variations de distribution de courant qui peuvent affecter les caractéristiques de rayonnement de la source en ces endroits. Lorsque l'appareil en essai peut être situé près de ces interfaces, des mesures supplémentaires d'atténuation de l'emplacement sont nécessaires.

- b) Le nombre total de mesures en polarisation horizontale le long du diamètre du volume d'essai, entre les positions droite et gauche peut être réduit au nombre minimal nécessaire pour que les surfaces projetées par l'antenne couvrent, au total, 90 % du diamètre.
- c) On peut ne pas effectuer les mesures à 1,5 m de hauteur en polarisation verticale si le point le plus haut de l'appareil en essai, y compris la table de montage, est situé à moins de 1,5 m de haut.
- d) Si le volume d'essai est inférieur ou égal à 1 m en profondeur par 1,5 m en largeur et 1,5 m en hauteur, y compris une table éventuellement, les mesures en polarisation horizontale sont effectuées uniquement pour les positions centre, avant, arrière, mais aux deux hauteurs 1 m et 2 m. Si le point a) ci-dessus s'applique, la position arrière peut être omise. Ceci entraîne un minimum de huit mesures: quatre positions en polarisation verticale (gauche, centre, droit et avant) pour une hauteur et quatre positions en polarisation horizontale (centre et avant) pour deux hauteurs; voir figures 51c et 51d.

Les mesures d'ANE doivent être effectuées avec les antennes d'émission et de réception séparées par une distance constante, conformément aux tableaux 16 et 17. Noter que ces tableaux ont été modifiés pour s'adapter à ces mesures d'ANE, en ajoutant des valeurs pour une nouvelle hauteur de l'antenne d'émission et en limitant le balayage en hauteur entre 1 m et 4 m pour une distance R de 30 m. L'antenne de réception doit être déplacée pour maintenir une distance appropriée le long de la ligne passant par le centre de la table tournante (voir figures 51a, 51b, 51c et 51d). On considère que l'emplacement d'essai est apte aux mesures de rayonnement si toutes les mesures d'ANE prescrites ci-dessus remplissent les exigences du 16.7.2 et si le plan de sol remplit les exigences du 16.7.3 ci-dessous.

NOTE – Des études sont en cours pour déterminer si des essais supplémentaires sont nécessaires pour vérifier l'aptitude des emplacements d'essai.

These measurements are carried out with a broadband antenna and distances are measured with respect to the centre of the antenna. The transmit and receive antennas shall be aligned with the antenna elements parallel to each other and orthogonal to the measurement axis.

For vertical polarization, the off-centre positions of the transmit antenna are at the periphery of the test volume. Furthermore, the lower tip of the antenna shall be greater than 25 cm from the floor, which may require the centre of the antenna to be slightly higher than 1 m for the lowest height measurement.

For horizontal polarization measurements in the left and right positions if the distance between the construction and/or absorbing material on the side walls and EUT periphery is less than 1 m, the centre of the antenna is moved towards to central position so that the extreme tip of the antenna is either at the periphery or distant from the periphery by not more than 10 % of the test volume diameter. The front and rear positions are at the periphery of the test volume.

The number of required measurements can be reduced under the following circumstances:

- a) The vertical and horizontal polarization measurements in the rear position may be omitted if the closest point of the construction and/or absorbing material is at a distance greater than 1 m from the rear boundary of the test volume.

NOTE – Radiated emission sources located near dielectric interfaces have been shown to have variations in current distribution that can affect the radiated properties of the source at that location. When EUT can be located near these interfaces, additional site attenuation measurements are required.

- b) The total number of horizontal polarization measurements along the test volume diameter joining the left and right positions may be reduced to the minimum number necessary for the antenna footprints to cover 90 % of the diameter.
- c) The vertical polarization measurements at the 1,5 m height may be omitted if the top of the EUT, including any table mounting, is less than 1,5 m in height.
- d) If the test volume is no larger than 1 m in depth, by 1,5 m in width, by 1,5 m in height, including table if used, horizontal polarization measurements need only be made at the centre, front and rear positions but at the height of both 1 m and 2 m. If item a) above applies, the rear position may be omitted. This will require a minimum of eight measurements: four positions vertical polarization (left, centre, right, and front) for one height, and four positions horizontal polarization (centre and front) for two heights; see figures 51c and 51d.

NSA measurements shall be performed with the transmit and receive antenna separation held constant according to tables 16 and 17. Note that these tables have been modified to accommodate these NSA measurements by adding values for an additional transmit height and to limit the 30 m scan height to between 1 m and 4 m. The receive antenna must be moved to maintain the appropriate separation along a line towards the turntable centre (see figures 51a, 51b, 51c and 51d). The alternative test site is considered suitable for performing radiated emission testing if all NSA measurements prescribed above meet the requirements of 16.7.2 and the ground plane requirements of 16.7.3 below.

NOTE – Studies are underway to determine if any further tests are required to show alternate test site suitability.

16.7.2 Atténuation de l'emplacement

Un emplacement d'essai doit être considéré comme acceptable pour les mesures de rayonnement électromagnétique si les valeurs d'ANE mesurées sont à ± 4 dB égales à la valeur théorique d'ANE pour un emplacement idéal.

16.7.3 Plan de sol conducteur

Les emplacements d'essai pour les mesures de rayonnement doivent être munis d'un plan de sol conducteur. Le plan de sol doit dépasser d'au moins 1 m la périphérie de l'appareil en essai et l'antenne de mesure la plus grande. Il doit couvrir toute la zone située entre l'appareil en essai et l'antenne. Le plan de sol doit être en métal sans trou ni espace de dimensions longitudinales supérieures à un dixième de la longueur d'onde à la fréquence de mesure la plus élevée. Il peut être nécessaire d'utiliser un plan de sol de dimensions supérieures si les mesures d'ANE ne remplissent pas le critère de ± 4 dB.

NOTE – Des études sont en cours pour savoir s'il est nécessaire de spécifier une dimension minimale du plan de sol.

16.7.2 Site attenuation

A measurement site shall be considered acceptable for radiated electromagnetic field measurements if the measured horizontal and vertical NSA measurements are within ± 4 dB of the theoretical normalized site attenuation for an ideal site.

16.7.3 Conducting ground plane

A conducting ground plane is required at a radiated emission test site. The conducting ground plane shall extend at least 1 m beyond the periphery of the EUT and the largest measurement antenna, and cover the entire area between the EUT and the antenna. It shall be of metal with no holes or gaps having longitudinal dimensions larger than one-tenth of a wavelength at the highest frequency of measurement. A larger size conducting ground plane may be required if the NSA measurements do not meet the ± 4 dB criterion.

NOTE – Ongoing studies may indicate the need for specifying minimum conductive ground plane size.

**Tableau 16 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement
(géométries recommandées pour les doublets demi-onde accordés
avec polarisation horizontale)**

Polarisation	Horizontale	Horizontale	Horizontale
R	3 m	10 m	30 m
h_1	2 m	2 m	2 m
h_2	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m
f_m MHz	A_N dB		
30	11,0	24,1	41,7
35	8,8	21,6	39,1
40	7,0	19,4	36,8
45	5,5	17,5	34,7
50	4,2	15,9	32,9
60	2,2	13,1	29,8
70	0,6	10,9	27,2
80	-0,7	9,2	24,9
90	-1,8	7,8	23,0
100	-2,8	6,7	21,2
120	-4,4	5,0	18,2
140	-5,8	3,5	15,8
160	-6,7	2,3	13,8
180	-7,2	1,2	12,0
200	-8,4	0,3	10,6
250	-10,6	-1,7	7,8
300	-12,3	-3,3	6,1
400	-14,9	-5,8	3,5
500	-16,7	-7,6	1,6
600	-18,3	-9,3	0
700	-19,7	-10,6	-1,4
800	-20,8	-11,8	-2,5
900	-21,8	-12,9	-3,5
1000	-22,7	-13,8	-4,5

**Table 16 – Normalized site attenuation
(recommended geometries for tuned half-wave dipoles
with horizontal polarization)**

Polarization R h₁ h₂	Horizontal 3 m 2 m 1 m to 4 m	Horizontal 10 m 2 m 1 m to 4 m	Horizontal 30 m 2 m 1 m to 4 m
f_m MHz	A_N dB		
30	11,0	24,1	41,7
35	8,8	21,6	39,1
40	7,0	19,4	36,8
45	5,5	17,5	34,7
50	4,2	15,9	32,9
60	2,2	13,1	29,8
70	0,6	10,9	27,2
80	–0,7	9,2	24,9
90	–1,8	7,8	23,0
100	–2,8	6,7	21,2
120	–4,4	5,0	18,2
140	–5,8	3,5	15,8
160	–6,7	2,3	13,8
180	–7,2	1,2	12,0
200	–8,4	0,3	10,6
250	–10,6	–1,7	7,8
300	–12,3	–3,3	6,1
400	–14,9	–5,8	3,5
500	–16,7	–7,6	1,6
600	–18,3	–9,3	0
700	–19,7	–10,6	–1,4
800	–20,8	–11,8	–2,5
900	–21,8	–12,9	–3,5
1000	–22,7	–13,8	–4,5

**Tableau 17 – Affaiblissement normalisé de l'emplacement*
(géométries recommandées pour les antennes à large bande)**

Polarisation	Horizontale	Horizontale	Horizontale	Verticale	Verticale	Verticale	Verticale
R	3 m	10 m	30 m	3 m	3 m	10 m	30 m
h ₁	1 m	1 m	1 m	1 m	1,5 m	1 m	1 m
h ₂	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m	1 m à 4 m
f _m MHz	A _N dB						
30	15,8	29,8	47,8	8,2	9,3	16,7	26,0
35	13,4	27,1	45,1	6,9	8,0	15,4	24,7
40	11,3	24,9	42,8	5,8	7,0	14,2	23,5
45	9,4	22,9	40,8	4,9	6,1	13,2	22,5
50	7,8	21,1	38,9	4,0	5,4	12,3	21,6
60	5,0	18,0	35,8	2,6	4,1	10,7	20
70	2,8	15,5	33,1	1,5	3,2	9,4	18,7
80	0,9	13,3	30,8	0,6	2,6	8,3	17,5
90	-0,7	11,4	28,8	-0,1	2,1	7,3	16,5
100	-2,0	9,7	27	-0,7	1,9	6,4	15,6
120	-4,2	7,0	23,9	-1,5	1,3	4,9	14,0
140	-6,0	4,8	21,2	-1,8	-1,5	3,7	12,7
160	-7,4	3,1	19	-1,7	-3,7	2,6	11,5
180	-8,6	1,7	17	-2,3	-5,3	1,8	10,5
200	-9,6	0,6	15,3	-3,6	-6,7	1,0	9,6
250	-11,7	-1,6	11,6	-7,7	-9,1	-0,5	7,7
300	-12,8	-3,3	8,8	-10,5	-10,9	-1,5	6,2
400	-14,8	-5,9	4,6	-14,0	-12,6	-4,1	3,9
500	-17,3	-7,9	1,8	-16,4	-15,1	-6,7	2,1
600	-19,1	-9,5	0	-16,3	-16,9	-8,7	0,8
700	-20,6	-10,8	-1,3	-18,4	-18,4	-10,2	-0,3
800	-21,3	-12,0	-2,5	-20,0	-19,3	-11,5	-1,1
900	-22,5	-12,8	-3,5	-21,3	-20,4	-12,6	-1,7
1 000	-23,5	-13,8	-4,4	-22,4	-21,4	-13,6	-3,5

* Ces données s'appliquent aux antennes qui sont éloignées d'au moins 25 cm du plan de sol lorsque les centres de ces antennes sont situés à 1 m au-dessus du plan de sol, en polarisation verticale.

Table 17 – Normalized site attenuation*
(recommended geometries for broadband antennas)

Polarization	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
R	3 m	10 m	30 m	3 m	3 m	10 m	30 m
h_1	1 m	1 m	1 m	1 m	1,5 m	1 m	1 m
h_2	1 m to 4 m	1 m to 4 m	1 m to 4 m	1 m to 4 m	1 m to 4 m	1 m to 4 m	1 m to 4 m
f_m MHz	A_N dB						
30	15,8	29,8	47,8	8,2	9,3	16,7	26,0
35	13,4	27,1	45,1	6,9	8,0	15,4	24,7
40	11,3	24,9	42,8	5,8	7,0	14,2	23,5
45	9,4	22,9	40,8	4,9	6,1	13,2	22,5
50	7,8	21,1	38,9	4,0	5,4	12,3	21,6
60	5,0	18,0	35,8	2,6	4,1	10,7	20
70	2,8	15,5	33,1	1,5	3,2	9,4	18,7
80	0,9	13,3	30,8	0,6	2,6	8,3	17,5
90	-0,7	11,4	28,8	-0,1	2,1	7,3	16,5
100	-2,0	9,7	27	-0,7	1,9	6,4	15,6
120	-4,2	7,0	23,9	-1,5	1,3	4,9	14,0
140	-6,0	4,8	21,2	-1,8	-1,5	3,7	12,7
160	-7,4	3,1	19	-1,7	-3,7	2,6	11,5
180	-8,6	1,7	17	-1,3	-5,3	1,8	10,5
200	-9,6	0,6	15,3	-3,6	-6,7	1,0	9,6
250	-11,7	-1,6	11,6	-7,7	-9,1	-0,5	7,7
300	-12,8	-3,3	8,8	-10,5	-10,9	-1,5	6,2
400	-14,8	-5,9	4,6	-14,0	-12,6	-4,1	3,9
500	-17,3	-7,9	1,8	-16,4	-15,1	-6,7	2,1
600	-19,1	-9,5	0	-16,3	-16,9	-8,7	0,8
700	-20,6	-10,8	-1,3	-18,4	-18,4	-10,2	-0,3
800	-21,3	-12,0	-2,5	-20,0	-19,3	-11,5	-1,1
900	-22,5	-12,8	-3,5	-21,3	-20,4	-12,6	-1,7
1 000	-23,5	-13,8	-4,4	-22,4	-21,4	-13,6	-3,5

* This data applies to antennas that have at least 25 cm of ground plane clearance when the centre of the antennas is 1 m above the ground plane in vertical polarization.

Remplacer l'article 20 existant (à l'étude) par le nouvel article 20 suivant:

20 Dispositifs de couplage pour la mesure des lignes de transmission de données

Le potentiel de brouillage (et l'immunité) des lignes de transmission de données peut être évalué en mesurant (ou en injectant) une tension ou un courant perturbateur conduit. Dans ce but, des dispositifs de couplage sont nécessaires pour mesurer la perturbation tout en rejetant le signal utile présent sur la ligne. Les dispositifs considérés doivent mesurer l'émission et l'immunité électromagnétique (mode commun et mode différentiel, courant et tension). Les dispositifs types, pour ce genre de mesure, sont les sondes de courant et les réseaux fictifs.

NOTE – Les lignes de transmission de données comprennent les lignes de télécommunications et les bornes des appareils destinés à être connectés à ces lignes.

Lorsqu'on utilise une sonde de courant et que la valeur limite est spécifiée en volts, la valeur du courant doit être multipliée par l'impédance de la ligne de transmission de données ou par l'impédance de charge comme spécifié par la procédure de mesure détaillée. Cette impédance peut être en mode commun ou en mode différentiel, comme demandé par la procédure de mesure détaillée.

Le paragraphe 20.1 donne la spécification des réseaux fictifs (réseau en T) en mode commun (asymétrique). L'annexe S donne un exemple de réseau fictif asymétrique avec ses paramètres.

20.1 Exigences pour les réseaux fictifs asymétriques

La figure 52 indique le schéma général du circuit du réseau fictif.

Les caractéristiques du réseau fictif pour la mesure des perturbations asymétriques doivent être réalisées dans la bande de fréquences correspondant à celle des tensions perturbatrices asymétriques et à celle transmettant le signal utile. Ces caractéristiques sont données au tableau 18.

Replace existing clause 20 (under consideration) by the following new clause 20:

20 Coupling devices for measuring signal lines

The interference potential (and immunity) of signal lines may be assessed by measurement (or injection) of the conducted disturbance voltage or current. For this purpose coupling devices are needed to measure the disturbance component while rejecting the intentional signal on the line. The devices included are to measure the electromagnetic emission and immunity (common and differential mode, current and voltage). Typical devices for this kind of measurements are current probes and artificial networks (AN).

NOTE – Signal lines include telecommunication lines and terminals of equipment intended to be connected to these lines.

When the current probe is used and the limit value is specified in volts, the current value shall be multiplied by the impedance of the signal line or termination impedance as specified by the detailed measurement procedure. This impedance may be common mode or differential mode as required by the detailed measurement procedure.

Subclause 20.1 gives the specification for common mode (asymmetrical) artificial networks (T-Network). An example of an asymmetrical artificial network and its required parameters are given in annex S.

20.1 Requirements for asymmetrical artificial networks

Figure 52 shows the general circuit diagram for the artificial network.

The characteristics of the artificial network for the measurement of asymmetric disturbances shall be realized in the frequency band corresponding to the frequency band of the asymmetric disturbance voltages and the frequency band transmitted by the wanted signal. These characteristics are given in table 18.

Tableau 18 – Caractéristiques du réseau fictif pour la mesure des perturbations asymétriques

a) Impédance de charge du réseau pour la tension perturbatrice asymétrique	150 $\Omega \pm 20 \%$
b) Réjection de mode différentiel du réseau ¹⁾ . Entre les bornes d'entrée ou de sortie, respectivement, et les bornes du récepteur de mesure.	> 70 dB ²⁾
c) Atténuation de découplage pour les signaux asymétriques entre les bornes de connexion de la ligne de transmission de données (ou appareil auxiliaire) et l'appareil en essai	> 25 dB ²⁾
d) Perte d'insertion du circuit de mesure symétrique entre les bornes de connexion de l'appareil en essai et celles de la ligne de transmission de données (ou de l'appareil auxiliaire)	< 3 dB ²⁾
e) Impédance de charge symétrique du réseau (à réaliser par la connexion d'une charge de sortie, d'un simulateur de signal auxiliaire, ou d'une ligne de transmission de données avec une impédance définie en mode différentiel, ou en utilisant un réseau de terminaison)	A déterminer ³⁾
f) Largeur de bande de transmission pour le signal symétrique utile (analogique ou numérique)	A déterminer ³⁾
g) Gamme de fréquences	9 kHz à 30 MHz ⁴⁾
1) Pour l'émission	9 kHz à 150 MHz ⁴⁾
2) Pour l'immunité	9 kHz à 150 MHz ⁴⁾
1) La réjection du mode différentiel au mode commun est essentielle pour pouvoir utiliser le réseau fictif asymétrique. Il peut être nécessaire que la réjection du réseau soit supérieure à 70 dB lorsque le rapport entre le signal utile et la limite de perturbation dépasse 70 dB à la fréquence du signal utile. 2) Lorsque la fréquence du signal utile, y compris la largeur de bande de transmission, est située en dessous de la gamme de fréquences à mesurer, il n'est pas nécessaire de respecter les dispositions de b), c) et d). 3) A déterminer en fonction du signal utile. 4) On peut utiliser plus d'un réseau pour couvrir la gamme de fréquences dans sa totalité.	

Table 18 – Characteristics of the artificial network for the measurement of asymmetric disturbance

a) Termination impedance of the network for the asymmetric disturbance voltage.	150 $\Omega \pm 20\%$
b) Differential mode rejection of the network ¹⁾ Effective from input and output terminals, respectively, to the terminals of the measuring receiver.	> 70 dB ²⁾
c) Decoupling attenuation for asymmetrical signals between the terminals for connection of the signal line (or associated equipment) and the EUT.	> 25 dB ²⁾
d) Insertion loss of the symmetrical measuring circuit between terminals for connection of the EUT and the signal line (or associated equipment).	< 3 dB ²⁾
e) Symmetrical load impedance of the network (To be realized by connection of a termination load, an associated signal simulator, or a signal line with a defined differential mode impedance, or by using a termination network)	t. b. d. ³⁾
f) Transmission bandwidth for the wanted symmetrical signal (analogue or digital) .	t. b. d. ³⁾
g) Frequency range 1) For emission	9 kHz to 30 MHz ⁴⁾
2) For immunity	9 kHz to 150 MHz ⁴⁾
¹⁾ The differential mode to common mode rejection is crucial to the usability of the asymmetrical network. The rejection of the network may be required to be greater than 70 dB when the intentional signal to interference limit ratio is greater than 70 dB at the frequency of the intentional signal. ²⁾ When the intentional signal frequency, including transmission bandwidth, is below the frequency range to be measured, requirements b, c, and d need not be observed. ³⁾ t. b. d. = to be defined (depending on intentional signal). ⁴⁾ More than one network may be used to cover the complete frequency range.	

Ajouter, après l'article 20, le nouvel article 21 suivant:

21 Main artificielle et élément RC série

21.1 Introduction

Dans certaines spécifications de produit la main artificielle est requise pour les appareils en essai qui ne possèdent pas une mise à la terre connectée aux parties métalliques de l'appareil en essai et qui sont tenus à la main en utilisation normale. Les boîtiers en plastique recouverts d'une couche métallique peuvent également nécessiter l'utilisation de la main artificielle. La main artificielle est utilisée pour les essais d'émissions conduites dans la gamme de fréquences de 150 kHz à 30 MHz (les fréquences les plus critiques sont comprises entre 5 MHz et 30 MHz) pour simuler l'influence des mains de l'utilisateur sur les mesures. Les types d'appareils à évaluer avec la main artificielle sont: les outils électriques, les appareils domestiques tels que les mixeurs tenus à la main, les combinés téléphoniques, les manettes de jeux, les claviers, etc.

21.2 Construction de la main artificielle et de l'élément RC

La main artificielle est constituée d'une feuille métallique (en bande) de dimensions spécifiées, qui est placée sur, ou enroulée autour, de la partie de l'appareil normalement en contact avec la main de l'utilisateur, de manière spécifiée.

La feuille métallique est reliée de façon spécifiée au point de référence du système de mesure de perturbation à travers un élément RC constitué d'un condensateur $C = 220 \text{ pF} \pm 20 \%$ en série avec une résistance $R = 510 \Omega \pm 10 \%$ (voir figure 53a).

Les bandes de feuille métallique utilisées pour simuler l'influence de la main de l'utilisateur autour de la poignée d'un appareil ou du corps d'un appareil ont une largeur typique de 60 mm. Dans le cas d'un clavier, une feuille métallique, ou de façon plus pratique, une plaque métallique de dimensions maximales 100 mm × 300 mm, peut être placée sur le dessus des touches. Des exemples sont donnés aux figures 53 et 54.

La longueur du fil entre l'élément RC et la feuille métallique doit être de 1 m. Si l'installation d'essai nécessite une longueur de fil plus importante, l'inductance totale du fil doit être inférieure à 1,4 µH si la fréquence de mesure est proche de 30 MHz.

Si l'on considère tous les fils d'interconnexions comme un fil unique en espace libre, l'inductance L du fil doit être inférieure à 1,4 µH si la limite supérieure de la gamme de fréquences pour l'essai d'émission conduite est 30 MHz. Pour une longueur donnée d'un fil unique, cette exigence permet le calcul du diamètre minimal d (en mètres) des fils à utiliser, à partir de la formule:

$$L = \frac{\mu l}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{4l}{d} \right) - 1 \right] \quad (\text{H})$$

où

$\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m};$

l est la longueur du fil en mètres;

d est le diamètre du fil en mètres.

NOTE – Lorsque l'exigence de 1,4 µH est satisfaite, l'impédance du réseau RC prédomine suffisamment à 30 MHz.

Add, after clause 20, the following new clause 21:

21 The artificial hand and series RC element

21.1 Introduction

In some product specifications the artificial hand is required for EUTs which do not have an earth ground connected to the metallic parts of the EUT and which in normal use are hand-held. Housings of plastic with a conductive coating may also require the use of the artificial hand. The artificial hand is used in conducted emission tests in the frequency range of 150 kHz to 30 MHz (the most critical frequencies are 5 MHz–30 MHz) to simulate the influence of the operator's hands on the measurements. The types of equipments to be evaluated with the artificial hand are: electric tools, household equipment, such as hand-held mixers, telephone handsets, joysticks, keyboards, etc.

21.2 Construction of the artificial hand and RC element

The artificial hand consists of a (strip of) metal foil of specified dimensions, which is placed on or wrapped around that part of the equipment normally touched by the user's hand, in a specified way.

The metal foil is connected in a specified way to the reference point of the disturbance measuring system via an RC element consisting of a capacitor $C = 220 \text{ pF} \pm 20 \%$ in series with a resistor $R = 510 \Omega \pm 10 \%$ (see figure 53a).

The strips of metal foil used to simulate the influence of a user's hand around an equipment handle or an equipment body are typically 60 mm wide. In the case of a keyboard a metal foil, or more practically a metal plate of maximum dimensions 100 mm $\times$ 300 mm, may be placed on top of the keys. Examples are given in figures 53 and 54.

The lead length between the RC element and the metal foil shall be 1 m long. If the test set-up requires a longer lead length, the total inductance of the lead shall be less than 1,4 μH if the frequency of measurement is near 30 MHz.

When considering the total of the interconnecting wires as a single wire in free space, the inductance L of the wire shall be less than 1,4 μH if the upper limit of the frequency range in the conducted emission test is 30 MHz. For a given single-wire length this requirement allows the calculation of the minimum diameter d (in m) of the wires to be used from

$$L = \frac{\mu l}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{4l}{d} \right) - 1 \right] \quad (\text{H})$$

where

$\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$;

l is the length of the wire, in metres

d is the diameter of the wire, in metres

NOTE – When complying with the inductance requirement of 1.4 μH , the impedance of the RC network sufficiently dominates at 30 MHz.

21.2 Utilisation de la main artificielle

La longueur maximale du fil entre l'élément RC et la masse de référence est généralement satisfaite lorsque la longueur du fil ne dépasse pas 1 m. L'élément RC peut, par exemple, être placé soit aussi près que possible de la feuille métallique soit aussi près que possible du point de référence. Le choix correct dépend en grande partie de l'impédance interne en mode commun (généralement inconnue) de la source de perturbation en présence de la feuille métallique et de l'impédance caractéristique de la ligne de transmission constituée du fil de connexion et de son environnement. Si la gamme de fréquences pour les mesures d'émission est limitée à 30 MHz, la position de l'élément RC n'est pas critique, et il est pratique (également du point de vue de la reproductibilité) d'insérer l'élément RC dans l'enveloppe du réseau fictif ou du simulateur d'impédance de ligne.

Pour les mesures d'émission conduite sur le réseau d'alimentation, le point de référence est la masse de référence du réseau. Pour les mesures d'émission conduite sur les lignes de signaux ou de commande, le point de référence est la masse de référence du réseau de simulation d'impédance de ligne. Le principe général à suivre pour l'application de la main artificielle est que la borne M de l'élément RC doit être reliée à toute partie métallique exposée non en mouvement et à la feuille métallique enroulée autour de toutes les poignées fixes ou détachables, fournies avec l'appareil. Les parties métalliques couvertes de peinture ou de laque sont considérées comme des parties métalliques exposées et doivent être directement reliées à l'élément RC.

Les points suivants spécifient l'application détaillée de la main artificielle:

- a) Lorsque le boîtier de l'appareil est entièrement métallique et est relié à la terre, la main artificielle ne s'applique pas.
- b) Lorsque le boîtier de l'appareil est en matériau isolant, la feuille métallique doit être enroulée autour de la poignée B (voir figure 53c) et également autour de la seconde poignée D, si elle existe. Une feuille métallique de 60 mm de large doit également être enroulée autour du corps C (voir figure 53c) au point où se trouve la carcasse métallique du stator du moteur, ou autour de la boîte de vitesse si cette disposition donne un niveau de perturbation plus élevé. Toutes ces parties de feuille métallique ainsi que les bagues ou manchons métalliques, s'ils existent, doivent être reliés ensemble et à la borne M de l'élément RC.
- c) Lorsque le boîtier de l'appareil est en partie métallique et en partie isolant et qu'il possède des poignées isolantes, la feuille métallique doit être enroulée autour des poignées B et D (figure 53c). Si le boîtier n'est pas métallique à l'emplacement du moteur, une feuille métallique de 60 mm de large doit être enroulée autour du corps C à l'emplacement où se trouve le stator du moteur, ou autour de la boîte de vitesse si celle-ci est entourée d'un matériau isolant et que l'on obtienne un niveau de perturbation plus élevé. La partie métallique du corps, le point A, la feuille métallique autour des poignées B et D et la feuille métallique autour du corps C doivent être reliés ensemble et à la borne M de l'élément RC.
- d) Lorsqu'un appareil de classe II (sans conducteur de protection) possède deux poignées en matériau isolant A et B et un boîtier en métal C, par exemple une scie électrique (voir figure 53c), la feuille métallique doit être enroulée autour des poignées A et B. La feuille métallique sur A et B et le corps métallique C doivent être reliés ensemble et à la borne M de l'élément RC.
- e) La figure 54 donne des exemples pour un combiné téléphonique et pour un clavier. Pour un combiné téléphonique la feuille de 60 mm de large est enroulée autour de la poignée avec un certain recouvrement de la feuille. Dans le cas d'un clavier, il convient que la feuille métallique ou la plaque de circuit imprimé couvre entièrement les touches, si cela est possible. Si l'on utilise une plaque de circuit imprimé, la partie métallique doit être placée sur le clavier. Elle ne doit pas cependant dépasser les dimensions de 300 mm par 100 mm.

21.2 The use of the artificial hand

The maximum length of wire between the RC element and the reference ground is generally met when the wire length does not exceed 1 m. The RC element may, for example, be placed either as close as possible to the metal foil or as close as possible to the reference point. The correct choice largely depends on the (generally unknown) internal common mode impedance of the disturbance source in the presence of the metal foil and the characteristic impedance of the transmission line formed by the connecting wire and its environment. If the frequency range of the emission measurements is limited to 30 MHz, the position of the RC element is not critical, and a practical position (also from the reproducibility point of view) of the RC element is inside the artificial mains network or the line impedance simulation network.

When the conducted emission to the mains is measured, the reference point is the reference ground in the artificial mains network (AMN). When this emission is measured on a signal or control line, the reference point is the reference ground of the line impedance simulation network (LISN). The general principle to be followed in the application of the artificial hand is that terminal M of the RC element shall be connected to any exposed non-rotating metalwork and to metal foil wrapped around all handles, both fixed and detachable, supplied with the appliance. Metalwork which is covered with paint or lacquer is considered an exposed metalwork and shall be directly connected to the RC element.

The following items specify the detailed application of the artificial hand:

- a) When the housing of the appliance is entirely of metal and is earth-grounded, the artificial hand is not required.
- b) When the case of the appliance is of insulating material, metal foil shall be wrapped around the handle B (figure 53c) and also around the second handle D, if present. Metal foil 60 mm wide shall also be wrapped around the body C (see figure 53c) at the point where the iron core of the motor stator is located, or around the gearbox if this gives a higher interference level. All these pieces of metal foil, and the metal ring or bushing A, if present, shall be connected together and to the terminal M of the RC element.
- c) When the case of the appliance is partly metal and partly insulating material, and has insulating handles, metal foil shall be wrapped around the handles B and D (figure 53c). If the case is non-metallic at the location of the motor, a metal foil 60 mm wide shall be wrapped around the body C at the point where the iron core of the motor stator is located, or alternatively around the gearbox, if this is of insulating loading material and a higher interference level is obtained. The metal part of the body, the point A, the metal foil around the handles B and D and the metal foil on the body C shall be connected together and to the terminal M of the RC element.
- d) When a class II appliance (without ground wire) has two handles of insulating material A and B and a case of metal C, for example an electric saw (figure 53c), metal foil shall be wrapped around the handles A and B. The metal foil at A and B and the metal body C shall be connected together and to terminal M of the RC element.
- e) Figure 54 gives examples for a telephone handset and a keyboard. For the handset, the 60 mm wide foil is wrapped around the handle with some overlap of the foil. In the case of a keyboard the foil or the PCB should fully cover the keys as far as possible. Using a PCB, the metal side has to be placed on the keyboard. It does not, however, need to exceed the dimensions of 300 mm × 100 mm.

Remplacer le tableau G.4 existant par le nouveau tableau suivant:

Tableau G.4 – Facteurs de correction de couplage mutuel pour la géométrie utilisant des doublets résonnants accordables séparés de 3 m

ΔA_{TOT} – Facteur total de correction en décibels		
f_m MHz	Polarisation horizontale	Polarisation verticale
	R = 3 m $h_1 = 2$ m $h_2 = 1$ m à 4 m	R = 3 m $h_1 = 2,75$ m $h_2 =$ (voir tableau G.3.)
30	3,1	2,9
35	4,0	2,6
40	4,1	2,1
45	3,3	1,6
50	2,8	1,5
60	1,0	2,0
70	-0,4	1,5
80	-1,0	0,9
90	-1,0	0,7
100	-1,2	0,1
120	-0,4	-0,2
125	-0,2	-0,2
140	-0,1	0,2
150	-0,9	0,4
160	-1,5	0,5
175	-1,8	-0,2
180	-1,0	-0,4

NOTES

- Valeurs calculées pour les doublets résonnants en utilisant la méthode des moments et le code NEC (Numerical Electromagnetic Code) ou le système informatique (MININEC).
G.J.Burke and A.J.Poggio, *Numerical Electromagnetic Code – Method of Moments*, Lawrence Livermore Laboratory, California, January 1981.
J.W. Rockway, J.C. Logan, D.W.S. Tam, S.T.Li, *The MININEC System: Microcomputer Analysis of Wire Antennas*, Artech House, Boston, 1988.
Berry, J.; Pate, B.; Knight: Variations in mutual Coupling Correction Factors for Resonant Dipoles Used In Site Attenuation Measurements, Proc. IEEE Sym. on EMC, Washington, DC, 1990.
- On suppose que les facteurs d'antenne sont les facteurs théoriques en espace libre pour les doublets résonnants avec une perte de 0,5 dB pour le symétriseur, pour chaque antenne.
- Ces facteurs de correction ne décrivent pas entièrement les facteurs d'antenne mesurés au-dessus d'un plan de sol, par exemple à des hauteurs de 3 m ou de 4 m, dans la mesure où ces facteurs d'antenne sont différents des facteurs d'antenne en espace libre aux basses fréquences. Toutefois, compte tenu des marges d'erreur données au tableau M, les valeurs sont adéquates pour indiquer les anomalies d'un emplacement.
- On attire l'attention de l'utilisateur sur le fait que certains doublets demi-onde ou certaines antennes équipées de symétriseurs inhabituels peuvent présenter des caractéristiques différentes de celles données en G.5.
- Les facteurs de correction de couplage mutuel pour des distances de 10 m et de 30 m sont à l'étude. A titre provisoire on peut évaluer un emplacement d'essai en considérant que ces facteurs de correction sont égaux à zéro.

Replace existing table G.4 by the following new table G.4:

Table G.4 – Mutual coupling correction factors for geometry using resonant tunable dipoles spaced 3 m apart

ΔAF_{TOT} – Total correction factor in decibels		
f_m MHz	Horizontal polarization	Vertical polarization
	R = 3 m	R = 3 m
	$h_1 = 2$ m $h_2 = 1$ m to 4 m	$h_1 = 2,75$ m $h_2 =$ (see table G.3.)
30	3,1	2,9
35	4,0	2,8
40	4,1	2,1
45	3,3	1,6
50	2,8	1,5
60	1,0	2,0
70	–0,4	1,5
80	–1,0	0,9
90	–1,0	0,7
100	–1,2	0,1
120	–0,4	–0,2
125	–0,2	–0,2
140	–0,1	0,2
150	–0,9	0,4
160	–1,5	0,5
175	–1,8	–0,2
180	–1,0	–0,4
Notes 1) The values for the resonant dipoles were calculated using the method of moments and the numerical electromagnetic code (NEC) or the MININEC computer system. G. J. Burke and A. J. Poggio, <i>Numerical Electromagnetic Code – Method of Moments</i>, Lawrence Livermore Laboratory, California, January, 1981. J. W. Rockway, J. C. Logan, D. W. S. Tam, S. T. Li, <i>The MININEC System: Microcomputer Analysis of Wire Antennas</i>, Artech House, Boston, 1988. Berry, J.; Pate, B.; Knight: "Variations in Mutual Coupling Correction Factors for Resonant Dipoles Used In Site Attenuation Measurements", Proc IEEE Sym on EMC, Washington, DC, 1990. 2) Theoretical free-space antenna factors for ideal resonant dipoles with a 0,5 dB balun loss (for each antenna) are assumed. 3) These correction factors do not completely describe antenna factors measured above a ground plane, e.g. at heights of 3 or 4 m, since these antenna factors differ from free-space antenna factors at the lower frequencies. However, within the error bounds described in table M, the values are adequate to indicate site anomalies. 4) The user is cautioned that some half-wavelength dipoles or antennas with unusual baluns may exhibit different characteristics than the antenna in G.5. 5) Mutual coupling correction factors for 10 m and 30 m are under consideration. As an interim procedure, site adequacy can be assessed by considering these correction factors to be equal to zero.		

Ajouter, après l'annexe P, la nouvelle annexe Q suivante:

Annexe Q (normative)

Paramètres des antennes à large bande

Q.1 Introduction

Comme on utilise de nouvelles antennes améliorées, associées à des récepteurs à balayage ou à des analyseurs de spectre, pour effectuer des mesures de rayonnement et d'immunité dans des bandes de fréquences larges, il est très utile de donner les paramètres spécifiques qui peuvent être utilisés pour comparer les caractéristiques et les utilisations de ces antennes à large bande. Plusieurs publications du CISPR spécifient des antennes particulières à utiliser pour effectuer les mesures. Au-dessus de 80 MHz on mentionne principalement les doublets demi-onde accordés. Généralement d'autres types d'antennes, normalement à large bande, peuvent être utilisés à condition que les résultats soient équivalents à ceux obtenus avec l'antenne spécifiée. La liste des paramètres appropriés aide à la comparaison entre ces antennes à large bande et les antennes spécifiées ou d'autres antennes à large bande. On doit spécifier ces paramètres dans toute contribution du CISPR recommandant l'utilisation d'une nouvelle antenne. Les fabricants d'antennes peuvent également utiliser cette information comme guide pour spécifier les aspects les plus utiles des antennes à large bande utilisées pour les mesures de perturbation. Il n'est cependant pas dans les intentions du CISPR de montrer une préférence pour un type particulier d'antenne à large bande par rapport aux doublets accordés.

Q.2 Paramètres des antennes à large bande

Les antennes à large bande utilisées pour les mesures du CISPR sont les antennes polarisées linéairement et sont destinées à être utilisées dans une bande de fréquences large, malgré la limitation de la gamme d'accord ou le fait que des éléments peuvent être ajoutés ou retirés. L'impédance de telles antennes comporte habituellement une partie réelle et une partie imaginaire. Les autres paramètres qui peuvent être spécifiés sont donnés ci-dessous.

Q.2.1 Type d'antenne

Les paramètres suivants décrivent les caractéristiques physiques qu'il convient de fournir pour des antennes à large bande. A noter que certains paramètres peuvent ne pas s'appliquer à toutes les antennes.

Q.2.1.1 Style d'antenne de longueur ou diamètre fixe ou variable

Si l'antenne a une longueur variable, spécifier le nombre de sections que l'on peut ajouter ou retirer afin de modifier la longueur fixe de base.

NOTE – Les antennes entièrement accordables ne sont pas considérées comme des antennes à large bande et, par conséquent, ne sont pas spécifiées ici. Le diamètre des antennes cadres n'est généralement pas variable.

Q.2.1.2 Rapport largeur-profondeur ou diamètre du cadre

Donner les dimensions en mètres. Par exemple, pour une antenne log-périodique, il convient de donner la longueur de la partie centrale dans l'axe de mesure et la largeur du plus grand élément.

Add, after annex P, the following new annex Q:

Annex Q (normative)

Parameters of broadband antennas

Q.1 Introduction

As new and improved antennas are used in making both radiated emission and immunity measurements over wide frequency ranges using scanning receivers or spectrum analysers, it is very helpful to provide specific parameters that can be used in comparing the attributes and usefulness of such broadband antennas. Various CISPR publications specify particular antennas to be used in making measurements. Tuned half-wave resonant dipoles are most notably mentioned above 80 MHz. Generally, other types of antennas, normally broadband in nature, can be used provided the results are equivalent to those obtained with the specified antenna. The comparison of these broadband antennas to the specified antennas or to other broadband antennas will be aided by listing appropriate parameters. These parameters shall be specified as part of any CISPR contribution recommending new antenna usage. Antenna manufacturers shall also use this information as guidance in specifying the most useful aspects of broadband antennas used in making interference measurements. It is not the intent of CISPR, however, to show a preference for any particular broadband antenna over that for tuned dipoles.

Q.2 Broadband antenna parameters

Broadband antennas used for CISPR measurements are those antennas that are linearly polarized and are intended for use over a wide frequency range. This does not prevent the use of antennas with limited length adjustment nor the addition of antenna element sections. The impedance of such antennas are typically comprised of both real and imaginary impedances. Other parameters that can be specified are contained below.

Q.2.1 Antenna type

The following parameters describe the physical parameters of broadband antennas that should be provided. Note that some parameters may not apply to each antenna.

Q.2.1.1 Antenna style of fixed or variable length or diameter

If the antenna has a variable length, specify the number of sections that are added or subtracted to change the basic fixed length.

NOTE – Fully tunable antennas are not considered to be broadband and hence would not be specified herein. The diameter of loop antennas are generally not variable.

Q.2.1.2 Depth to width ratio or loop diameter

Provide dimension in metres. For a log periodic array, for example, the length of the boom along the measurement axis and the width of the largest element would be provided.

Q.2.1.3 Antenne active ou passive

Une antenne à large bande est considérée comme une antenne active si elle comporte des amplificateurs, des préamplificateurs, et d'autres dispositifs actifs non linéaires qui amplifient le signal et/ou corrigent la réponse en fréquence.

Q.2.1.4 Disposition de montage

Donner toute exigence spéciale de montage en plus de celles qui peuvent être remplies à l'aide d'un trépied typique ou d'un positionneur d'antenne.

Q.2.1.5 Type de connecteur

Spécifier le type: BNC, N, SMA, etc., selon le cas.

Q.2.1.6 Type de symétriseur

Spécifier si le symétriseur est discret, distribué, accordable, etc.

Q.2.2 Spécification de l'antenne

Q.2.2.1 Gamme de fréquences

Spécifier la gamme de fréquences, en mégahertz ou en kilohertz, dans laquelle l'antenne fonctionne avec les caractéristiques données. Spécifier également la décroissance, si elle existe, des caractéristiques, à chaque extrémité de la gamme (en décibels par octave).

Q.2.2.2 Gain et facteur d'antenne

Q.2.2.2.1 Gain

Spécifier le gain typique ou le gain réel, en décibels par rapport à l'antenne isotrope (dBi).

Q.2.2.2.2 Facteur d'antenne

Spécifier le facteur d'antenne typique ou réel en décibels par mètre.

Il convient de mesurer le gain et le facteur d'antenne en utilisant la procédure d'étalonnage donnée en Q.2.3.1.

Q.2.2.3 Directivité et diagramme pour une polarisation linéaire

Spécifier le diagramme d'antenne et la directivité en degrés, par un tracé en coordonnées polaires dans les deux plans E et H. Pour les antennes moins directives, spécifier le rapport avant/arrière en décibels. Indiquer si l'antenne est omnidirectionnelle.

Q.2.2.4 Rapport d'ondes stationnaires et impédance

Indiquer le rapport d'ondes stationnaires maximal et l'impédance nominale en ohms.

Q.2.2.5 Caractéristiques des antennes actives

Pour les antennes avec amplificateur, spécifier les niveaux des produits d'intermodulation, le niveau d'immunité aux champs électrique et magnétique extérieurs et toute vérification appropriée permettant de déterminer une surcharge ou un fonctionnement anormal.

Q.2.1.3 Active or passive antenna

A broadband antenna is considered an active antenna if it contains amplifiers, preamplifiers, and other non-linear active devices which amplify the signal and or shape the frequency response.

Q.2.1.4 Mounting arrangement

Provide any special mounting requirements beyond those which can be accommodated by a typical tripod or antenna positioner.

Q.2.1.5 Connector type

Specify BNC, N, SMA, etc. as appropriate.

Q.2.1.6 Balun type

Specify if balun is discrete, distributed, tunable, etc.

Q.2.2 Specification of the antenna**Q.2.2.1 Frequency range**

Specify the frequency range in megahertz or kilohertz where the antenna operates within its characteristics. If there is a defined fall-off characteristic in decibels per octave at either end of the range, so specify.

Q.2.2.2 Gain and antenna factor**Q.2.2.2.1 Gain**

Specify typical or actual gain in decibels relative to an isotropic radiator (dBi).

Q.2.2.2.2 Antenna factor

Specify typical or actual antenna factor in decibels per metre.

Both gain and antenna factor should be measured using the calibration procedure in Q.2.3.1.

Q.2.2.3 Directivity and pattern for linearity polarization

Specify antenna pattern and directivity in degrees with a polar plot in both the E and H planes. For less directional antennas, specify the front-to-back ratio in decibels. If omnidirectional, so state.

Q.2.2.4 VSWR and impedance

Indicate the maximum VSWR and nominal input impedance in ohms.

Q.2.2.5 Active antenna performance

For antennas with active amplified gain, specify the intermodulation product levels, its electric and magnetic field strength immunity level from outside disturbances, and any appropriate check to determine overload or improper operation.

Q.2.2.6 Puissance maximale

Pour l'utilisation en mesure d'immunité spécifier la puissance maximale permanente et transitoire en watts.

Q.2.2.7 Autres conditions

Spécifier les gammes de température et d'humidité dans lesquelles l'antenne doit fonctionner ainsi que toutes les précautions nécessaires pour une utilisation en espace non protégé exposé aux conditions climatiques extérieures.

Q.2.3 Etalonnage de l'antenne

Q.2.3.1 Méthode d'étalonnage pour la mesure des émissions

Indiquer la méthode utilisée pour l'étalonnage, c'est-à-dire:

- a) par le calcul (indiquer la formule utilisée);
- b) par la mesure (indiquer la méthode ou la norme utilisée ou la traçabilité dans un laboratoire national d'étalonnage et si les antennes sont étalonnées individuellement).

NOTE – Pour les mesures d'immunité, l'étalonnage du champ est généralement effectué en utilisant une antenne auxiliaire étalonnée, située à la place de l'appareil à mesurer. Par conséquent, il n'est pas nécessaire d'étalonner l'antenne d'émission.

Q.2.3.2 Intervalle de fréquence

Indiquer les fréquences, en mégahertz ou en kilohertz, utilisées au cours de la procédure d'étalonnage; indiquer si une procédure par balayage en fréquence est utilisée.

Q.2.3.3 Précision de l'étalonnage

Spécifier la précision nominale de l'étalonnage en $\pm$ décibels. Indiquer la valeur de la précision dans le cas le plus défavorable et la partie de la bande de fréquences correspondante.

Q.2.3.4 Corrélation avec les antennes préférentielles ou les antennes spécifiées

Si l'antenne est destinée à être substituée à une antenne préférentielle ou à une antenne spécifiée citée dans une publication du CISPR, indiquer tous les facteurs de corrélation, en décibels, permettant de ramener les résultats obtenus avec l'antenne large bande à ceux obtenus avec l'antenne préférentielle ou avec l'antenne spécifiée. Indiquer également tout facteur de conversion utilisé pour permettre une conversion à partir de la valeur du champ magnétique ou réciproquement, ou pour toute autre conversion d'unité de mesure autre que celle du champ rayonné.

Q.2.3.5 Unités

Spécifier l'étalonnage dans les unités nécessaires pour effectuer des mesures de champ magnétique ou de champ électrique en émission.

Q.2.4 Informations pour les utilisateurs de l'antenne

Q.2.4.1 Utilisation de l'antenne

Fournir des directives pour l'utilisation de l'antenne. S'assurer que toutes les précautions ou les limitations spécifiques sont mentionnées afin de réduire les risques d'une mauvaise utilisation.

Q.2.2.6 Power handling

For immunity use specified maximum and transient power handling capability in watts.

Q.2.2.7 Other conditions

Specify the temperature and humidity range in which the antenna must operate and any precautions if used in an unprotected area exposed to the weather.

Q.2.3 Antenna calibration**Q.2.3.1 Method of calibration for emission measurements**

Identify the method used for calibration, i.e.:

- a) calculated (indicate formula used);
- b) measured (specify the method or standard used or the traceability to national calibration laboratory, and whether antennas are calibrated individually).

NOTE – For immunity measurements, field strength calibrations are generally made using a secondary calibrated antenna located at the place of the appliance being subjected to the radiation. Hence, no calibrations are required on the transmit antenna.

Q.2.3.2 Frequency interval

Indicate the frequencies in megahertz or kilohertz used during the calibration process; if a swept frequency procedure is used, so state.

Q.2.3.3 Accuracy of calibration

Specify the nominal accuracy of the calibration in $\pm$ decibels. Indicate the worst case accuracy and the portion of the frequency band where that occurs.

Q.2.3.4 Correlation with preferred or specified antennas

If the antenna is to be substituted for a preferred or specified antenna cited in a CISPR publication, indicate all correlation factors in decibels to equate the broadband antenna results to those of the preferred or specified antenna. Also indicate any conversion factor used to convert from the magnetic field intensity or vice versa or for any other conversion to a measurement unit other than a field strength quantity.

Q.2.3.5 Units

Specify calibration in units that are necessary to make magnetic or electric field strength emission measurements.

Q.2.4 Antenna user information**Q.2.4.1 Antenna use**

Provide a description of the use of the antenna. Ensure that any special precautions or limitations are cited to reduce the chance of misuse.

Q.2.4.2 Limitations physiques

Indiquer s'il existe des limitations physiques pour l'utilisation de l'antenne, telles que les suivantes:

- a) hauteur minimale au-dessus du plan de sol;
- b) polarisation préférentielle par rapport au plan de sol;
- c) utilisation spéciale, c'est-à-dire utilisation en antenne de réception ou en antenne d'émission uniquement. Normalement l'antenne est limitée par la puissance maximale admissible du symétriseur pour les antennes passives ou les caractéristiques non bidirectionnelles des antennes actives;
- d) simple vérification ohmique pour déterminer l'intégrité de la continuité électrique de l'antenne;
- e) distance minimale entre l'appareil à mesurer et l'élément de l'antenne le plus proche.

Q.2.4.2 Physical limitations

Indicate if there are any physical limitations in using the antenna such as the following:

- a) minimum height above the ground plane;
- b) preferred polarization with respect to the ground plane;
- c) special use, i.e. use as a receive antenna or a transmit antenna only. Normally, this is limited to the power handling capability of the balun for passive antennas or the non-bidirectional characteristics for active antennas;
- d) simple ohmic check to determine continuity integrity of antenna;
- e) minimum separation of the closest antenna element to the appliance being measured.

Ajouter, après l'annexe Q, la nouvelle annexe R suivante:

Annexe R (normative)

Système d'antennes cadres pour la mesure des courants induits par des champs magnétiques dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz

R.1 Introduction

La présente annexe contient des renseignements et données relatifs au système d'antennes cadres pour mesurer le courant induit dans ce système par le champ magnétique émis par un seul appareil en essai placé en son centre, dans la gamme de fréquences comprise entre 9 kHz et 30 MHz. Les paragraphes 15.7 du CISPR 16-1 et 2.6.5 du CISPR 16-2 traitent de ce système d'antennes cadres.

Cette annexe décrit la construction du système et la méthode à suivre pour valider les antennes qui le constituent. On donne des facteurs de conversion permettant d'établir la relation entre les données relatives au courant induit par le champ magnétique et les données du champ magnétique que l'on aurait obtenu si l'on avait effectué les mesures sur le même appareil en essai en utilisant une seule antenne cadre, placée à une distance déterminée de cet appareil. Cette dernière méthode est décrite dans la section 2 du CISPR 16-1.

R.2 Construction du système d'antennes cadres

Le système (voir figure R.1) est constitué de trois antennes de grand diamètre occupant des plans mutuellement perpendiculaires, décrits à l'article R.3, montés sur un support non métallique.

Le câble coaxial de 50 Ω qui relie la sonde de courant de l'une de ces antennes au commutateur coaxial d'une part, et ce commutateur à l'appareil de mesure d'autre part, doit présenter une impédance de transfert inférieure à 10 m Ω /m à 100 kHz, et à 1 m Ω /m à 10 MHz. Un câble coaxial à double tresse RG 223/U, par exemple, répond à cette exigence.

Tous les connecteurs doivent présenter une impédance de transfert comparable à celle du câble coaxial. Cette condition est remplie si l'on utilise, par exemple, des connecteurs type BNC de bonne qualité à bague de verrouillage (voir CEI 60169-8*).

Tous les câbles doivent être munis d'absorbeurs en ferrite (F à la figure R.1) constituant une résistance série en mode commun $R_S > 100 \Omega$ à 10 MHz. Cette condition est remplie si le tore de ferrite est constitué, par exemple, de douze bagues type 3E1 de Ferroxcube (dimensions minimales en mm: 29/19/7,5).

R.3 Construction de l'antenne cadre de grand diamètre

Chacune des antennes du système est constituée d'un câble coaxial dont l'impédance de transfert est égale à celle spécifiée en R.2. De plus, la résistance de l'âme de l'antenne doit être suffisamment faible (voir note 1). Ces deux conditions sont remplies si l'on utilise, par exemple, un câble coaxial à double tresse RG 223/U.

* CEI 60169-8: 1978, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 8: Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec diamètre intérieur du condenseur extérieur de 6,5 mm (0,256 in) à verrouillage à baïonnette – Impédance caractéristique 50 ohms (type BNC).*

Add, after annex Q, the following new annex R:

Annex R (normative)

Loop antenna system for magnetic field induced current measurements in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz

R.1 Introduction

This annex sets forth information and data concerning the loop antenna system (LAS) to measure the current induced in the LAS by the magnetic field emitted by a single EUT, positioned in the centre of the LAS, in the frequency range of 9 kHz to 30 MHz. Subclauses 15.7 of CISPR 16-1 and 2.6.5 of CISPR 16-2 refer to this LAS.

A description of the LAS is given, as well as the method of validation of the antennas of the LAS. Conversion factors are given to relate magnetic field induced current data to magnetic field data which would have been obtained when the same EUT was measured using a single-loop magnetic field antenna positioned at a specified distance from that EUT. The latter measuring method is given in section 2 of CISPR 16-1.

R.2 Construction of the loop antenna system (LAS)

The LAS, figure R.1, consists of three mutually perpendicular large-loop antennas (LLAs), described in clause R.3. The entire LAS is supported by a non-metallic base.

A 50 Ω coaxial cable between the current probe of an LLA and the coaxial switch, and between this switch and the measuring equipment, shall have a surface transfer impedance smaller than 10 m Ω /m at 100 kHz and 1 m Ω /m at 10 MHz. This requirement is met when using, for example, double-braided shield RG 223/U coaxial cable.

All connectors shall have a surface transfer impedance comparable with that of the coaxial cable. This requirement is met, for example, when using good quality BNC collet-lock type connectors (see IEC 60169-8*).

All cables shall be equipped with ferrite absorbers, F in figure R.1, providing a common-mode series resistance of $R_s > 100 \Omega$ at 10 MHz. This requirement is met when constructing the ferrite toroid from, for example, 12 rings of type 3E1 from Ferroxcube (minimum size in millimetres: 29 O.D. x 19 I.D. x 7,5 Ht).

R.3 Construction of a large-loop antenna (LLA)

A large-loop antenna (LLA) of the LAS is constructed from coaxial cable of which the surface transfer impedance has been specified in clause R.2. In addition, the resistance of the inner conductor of the LLA shall be sufficiently low (see note 1). Both requirements are met, for example, when using double-braided shield RG 223/U coaxial cable.

* IEC 60169-8: 1978, *Radio-frequency connectors – Part 8: RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6,5 mm (0,256 in) with bayonet lock – Characteristic impedance 50 ohms (Type BNC)*.

Dans l'exemple illustré à la figure R.2, pour maintenir la forme circulaire de l'antenne et pour protéger les fentes, le câble est introduit dans un tube non métallique à paroi fine, de diamètre intérieur d'environ 25 mm. On peut également employer d'autres constructions non métalliques remplissant les mêmes fonctions.

Le diamètre D normalisé de l'antenne est fixé à 2 m. Si nécessaire, notamment dans le cas d'un appareil de grandes dimensions, on peut augmenter la valeur de D . Toutefois, dans la gamme de fréquences jusqu'à 30 MHz, le diamètre maximal admissible est $D = 4$ m. Au-delà de cette valeur, les résonances de la réponse de l'antenne cadre à l'extrémité haute fréquence de la gamme de mesure ne sont plus reproductibles.

Il convient de noter que l'augmentation du diamètre D s'accompagne d'une augmentation proportionnelle de la sensibilité de l'antenne au bruit ambiant, et d'une réduction de la sensibilité aux signaux utiles proportionnelle à D^2 .

Une antenne cadre comporte deux fentes diamétralement opposées, équidistantes de la sonde de courant de celle-ci (voir figure R.2). La largeur de ces fentes, ménagées dans le conducteur extérieur du câble d'antenne coaxial (figure R.3), doit être inférieure à 7 mm. La fente est shuntée par deux paires parallèles de résistances de 100 Ω montées en série. Le centre de chacun de ces shunts est relié à l'âme du câble coaxial.

De part et d'autre de la fente, le conducteur extérieur du câble coaxial peut être soudé à une plaquette de circuit imprimé comportant deux rectangles de cuivre, séparés d'au moins 5 mm, assurant la rigidité de la fente (voir figure R.4).

La sonde de courant placée autour de l'âme du câble d'antenne coaxial doit avoir une sensibilité de 1 V/A dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz. L'affaiblissement d'insertion de la sonde de courant doit être suffisamment faible (voir note 1).

Le conducteur extérieur de ce câble doit être soudé au boîtier métallique qui renferme la sonde de courant (voir figure R.5). Les dimensions maximales de ce boîtier sont les suivantes: largeur 80 mm, longueur 120 mm, hauteur 80 mm.

NOTE 1 – Pour que la courbe de réponse de l'antenne soit plate à l'extrémité inférieure de la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz, il convient que l'affaiblissement d'insertion R_c de la sonde de courant soit très inférieur à $2 \pi f L_c$ à $f = 9$ kHz, où L_c représente l'inductance de la sonde de courant. De plus, $(R_c + R_i) \ll X_i = 2 \pi f L$ à 9 kHz, où R_i est la résistance de l'âme du câble de l'antenne cadre et L l'inductance de l'antenne cadre. Cette inductance est d'environ 1,5 μ H/m de circonférence, on obtient donc pour l'antenne cadre normalisée $X_i \approx 0,5 \Omega$ à $f = 9$ kHz.

NOTE 2 – Pour éviter les couplages capacitifs indésirables entre l'appareil en essai et le système d'antennes cadres, la distance entre cet appareil et l'une ou l'autre des antennes doit être d'au moins 0,10 fois le diamètre de l'antenne. Il faut prêter une attention particulière à la disposition des câbles de l'appareil en essai. Il convient que les câbles cheminent ensemble et sortent du volume de la boucle dans le même octant de la cellule, et à une distance supérieure à 0,4 m de chacune des antennes cadres (voir figure R.6).

R.4 Validation d'une antenne cadre de grand diamètre

La validation d'une antenne cadre de grand diamètre du système s'effectue par mesure du courant induit dans cette antenne par un dipôle symétrique/dissymétrique (voir article R.5), relié à un générateur RF de 50 Ω . Le champ magnétique émis par ce dipôle permet de vérifier la sensibilité de l'antenne au champ magnétique. Le champ électrique émis par ce même dipôle permet de vérifier si la sensibilité de l'antenne au champ électrique est suffisamment faible.

Le courant induit doit être mesuré en fonction de la fréquence dans la gamme de 9 kHz à 30 MHz pour les huit positions du dipôle, illustrées à la figure R.7. Pendant cette mesure, le dipôle se trouve dans le plan de l'antenne en essai.

To keep the loop in its circular shape and to protect the slit construction, as in the example of figure R.2, the cable is inserted in a thin walled non-metallic tube with inner diameter of approximately 25 mm. Other non-metallic constructions serving the same purposes may be used.

The loop diameter has been standardized to be $D = 2$ m. If necessary, e.g. the case of large EUT, D may be increased. However, in the frequency range up to 30 MHz the maximum allowable diameter is 4 m. Further increase of the diameter would result in non-reproducible resonances of the LAS response at the high-frequency end of the measuring range.

It should be noted that by increasing the diameter, its sensitivity to ambient noise increases proportionally to the diameter, and its sensitivity to wanted signals is inversely proportional with the diameter squared.

An LLA contains two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe of the LLA (see figure R.2). Such a slit, made in the outer conductor of the coaxial antenna cable as shown in figure R.3, shall have a width of less than 7 mm. The slit is bridged by two parallel sets of 100 Ω resistors in series. The centre of each series circuit is connected to the inner conductor of the coaxial antenna cable.

At each side of the slit the outer conductor of the coaxial antenna cable may be bonded to a strap of printed circuit board material with two copper rectangles, separated by at least 5 mm, in order to obtain a rigid slit construction (see figure R.4).

The current probe around the inner conductor of the coaxial antenna-cable shall have a sensitivity of 1 V/A over the frequency range of 9 kHz to 30 MHz. The insertion loss of the current probe shall be sufficiently low (see note 1).

The outer conductor of that cable shall be bonded to the metal box containing the current probe (see figure R.5). The maximum dimensions of this box are the following: width 80 mm, length 120 mm and height 80 mm.

NOTE 1 – To obtain a flat frequency response of the LLA at the lower end of the frequency range of 9 kHz to 30 MHz, the insertion loss R_c of the current probe should be much smaller than $2 \pi f L_c$ at $f = 9$ kHz, where L_c represents the inductance of the current probe. In addition, $(R_c + R_i) \ll X_i = 2 \pi f L$ at 9 kHz, where R_i is the resistance of the inner conductor of the loop and L is the loop inductance. This inductance is about 1,5 μ H/m of circumference. Hence for the standardized LLA, $X_i \approx 0,5 \Omega$ at $f = 9$ kHz.

NOTE 2 – To avoid unwanted capacitive coupling between the EUT and the LAS, the distance between the EUT and components of the LLA shall be at least 0,10 times the loop diameter. Particular attention must be paid to the leads of an EUT. Cables should be routed together and leave the loop volume in the same octant of the cell, no closer than 0,4 m to any of the LAS loops (see figure R.6).

R.4 Validation of a large-loop antenna (LLA)

The validation and calibration of a large-loop antenna (LLA) of the loop antenna system is carried out by measuring the current induced in the LLA by the balun-dipole connected to a 50 Ω RF generator, described in clause R.5. The magnetic field emitted by that dipole allows verification of the magnetic field sensitivity of the LLA. The electric field emitted by the balun-dipole shows that the electric field sensitivity of the LLA is sufficiently low.

The induced current shall be measured as a function of frequency in the range of 9 kHz to 30 MHz at the 8 positions of the balun-dipole in figure R.7. During this measurement the balun dipole is in the plane of the LLA under test.

Pour chacune des huit positions, le rapport (exprimé en $\text{dB}(\Omega) = 20 \lg (R_1/R_2)$) de la tension en circuit ouvert du générateur RF au courant mesuré ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 2 \text{ dB}$ du facteur de validation indiqué à la figure R.8.

Le facteur de validation indiqué à la figure R.8 s'applique à une antenne circulaire de diamètre normalisé $D = 2 \text{ m}$. Si ce diamètre est différent, le facteur de validation peut être calculé d'après les figures R.8 et R.11 (article R.6).

R.5 Construction du dipôle symétrique/dissymétrique

Le dipôle symétrique/dissymétrique (figure R.9), est conçu pour émettre en même temps un champ magnétique que doit mesurer l'antenne, et un champ électrique qu'elle doit rejeter.

Le dipôle est constitué d'un câble coaxial RG 223/U. Sa largeur W est de 150 cm et sa hauteur H de 10 cm (distance mesurée de centre à centre du câble), comme illustré à la figure R.9.

Une fente ménagée dans le conducteur extérieur du câble coaxial divise le dipôle en deux moitiés. L'une d'elles, la moitié de droite sur la figure R.9, est court-circuitée à proximité de la fente ainsi qu'à proximité du connecteur. On entend par là que le conducteur extérieur et l'âme sont soudés l'un à l'autre. Cette moitié est reliée à la masse de référence du connecteur de type BNC. L'âme du câble coaxial qui forme la moitié de gauche du dipôle illustré à la figure R.9 est reliée à la broche centrale du connecteur, et son conducteur extérieur à la masse de référence de ce connecteur.

Un petit boîtier métallique assure le blindage des connexions au voisinage du connecteur du dipôle. Le conducteur extérieur des deux moitiés du câble coaxial est soudé à ce boîtier, de même que la masse de référence du connecteur BNC.

Pour la rigidité de l'ensemble, le dipôle est monté sur un support non métallique.

R.6 Facteurs de conversion

Le présent article traite du facteur qui permet de convertir le courant I induit dans une antenne de grand diamètre par l'appareil en essai en un champ magnétique de valeur H , à une distance spécifiée de l'appareil (voir figure R.10). Il traite en outre du facteur qui permet de convertir le courant mesuré dans une antenne cadre de diamètre non normalisé, en un courant comparable à celui qui aurait pu être mesuré à l'aide d'une antenne cadre de diamètre normalisé $D = 2 \text{ m}$ (voir figure R.11).

Le facteur de conversion indiqué à la figure R.10 s'applique à une source de champ magnétique placée au centre de l'antenne, et dont le moment dipolaire est perpendiculaire au plan de cette antenne. Il convient de noter que, pour les antennes cadres spécifiées en 15.2, l'antenne est toujours placée dans un plan vertical, et que l'appareil en essai peut pivoter uniquement sur son axe vertical. Dans ce cas, donc, seuls peuvent être mesurés les moments dipolaires horizontaux, autrement dit les moments parallèles au plan du sol. Par conséquent, dans le cas d'un moment dipolaire vertical, le facteur de conversion ne peut être utilisé pour comparer les résultats produits par les deux méthodes de mesure. Ce facteur peut toutefois être utilisé lorsque, si l'on applique la méthode de mesure du champ magnétique, l'antenne est placée sur un plan horizontal, ou lorsque, avec cette méthode, on incline l'appareil en essai sur 90° , de sorte que le moment dipolaire vertical correspondant devient horizontal.

Si la position réelle d'une source de perturbations à l'intérieur d'un appareil en essai se trouve à moins de 0,5 m du centre du système d'antennes normalisées, les résultats de mesure s'écarteront de moins de 3 dB de ceux obtenus lorsque cette source est centrée.

In each of the eight positions, the ratio [expressed in $\text{dB}(\Omega) = 20 \log (R_1/R_2)$] of the open circuit voltage of the RF generator and the measured current shall not deviate more than ± 2 dB from the validation factor given in figure R.8.

The validation factor given in figure R.8 is valid for a circular LLA with a standardized diameter $D = 2$ m. If the diameter of a circular LLA differs from $D = 2$ m, the validation factor for the non-standardized LLA can be derived from the data given in figures R.8 and R.11 (clause R.6).

R.5 Construction of the balun-dipole

The balun-dipole, figure R.9, has been designed to emit simultaneously a magnetic field, which should be measured by the LLA, and an electric field, which should be rejected by the LLA.

The balun-dipole is constructed from RG 223/U coaxial cable. It has a width $W = 150$ cm and a height $H = 10$ cm (cable centre to cable centre distances), as depicted in figure R.9.

A slit in the outer conductor of the coaxial cable divides the dipole in two halves. One half of this dipole, the right-hand half in figure R.9, is short-circuited near the slit as well as near the connector. Short-circuited means that the inner and outer conductors of the coaxial cable are electrically bonded together. This half is connected to the reference-ground of the BNC connector. The inner conductor of the coaxial cable, forming the left-hand half of the dipole in figure R.9, is connected to the centre-pin of the BNC connector and its outer conductor to the reference ground of that BNC connector.

A small metal box is used to screen the connections near the dipole connector. The outer conductor of the two halves of the coaxial dipole cable are bonded to this box, as is the reference ground of the BNC connector.

To obtain a rigid construction the dipole is supported by a non-conductive base.

R.6 Conversion factors

This clause deals with the factor which converts the current (I) induced in the LLA by the EUT into a magnetic field strength H at a specified distance from the EUT (see figure R.10). It also deals with the factor which converts the current measured in an LLA with a non-standardized diameter to a current which would have been measured using an LLA with the standardized diameter of $D = 2$ m (see figure R.11).

The conversion factor in figure R.10 applies to a source of magnetic field positioned in the centre of the LLA with its dipole moment perpendicular to the plane of that LLA. It should be noted that with the loop antennas specified in 15.2, the loop antenna is always positioned in a vertical plane and the EUT is only rotated around its vertical axis. Hence, in that case only the horizontal dipole moments, i.e. the dipole moments parallel to the ground plane, are measured. Consequently, in the case of a vertical dipole moment the conversion factor cannot be used to compare results of both measuring methods. However, the factor can be used when in the magnetic field measuring method the loop antenna would be positioned in a horizontal plane, or when in that method the EUT would be tilted through 90° , so that the relevant vertical dipole moment is changed into a horizontal one.

If the actual position of a disturbance source inside an EUT is at a distance less than 0,5 m from the centre of the standardized LAS, the measuring results differ by less than 3 dB from those with that source in the centre.

La relation entre l'intensité du champ magnétique H en $[\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})]$, mesurée à une distance d , et le courant I en $[\text{dB}(\mu\text{A})]$ mesuré à l'aide du système d'antennes cadres, s'écrit:

$$H[\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] = I[\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{dA} (\text{dBm}^{-1})$$

où C_{dA} est le facteur de conversion courant-champ pour une distance d déterminée, lorsque H est exprimée en $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ (voir aussi la note qui suit l'équation suivante. En général, le facteur de conversion dépend de la fréquence: la figure R.10 présente C_{dA} pour les distances normalisées de 3 m et 10 m. En ce qui concerne la distance normalisée $d = 30$ m, le facteur de conversion est à l'étude.

Le rapport S_D , en décibels, du courant mesuré dans une antenne de diamètre D en mètres au courant théoriquement mesuré à l'aide d'une antenne de diamètre normalisé $D = 2$ m est donné à la figure R.11 pour plusieurs valeurs de D . Si l'on utilise ce rapport, l'équation précédente peut également s'écrire:

$$H[\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] = I[\text{dB}(\mu\text{A})] - S_D (\text{dB}) + C_{dA} (\text{dBm}^{-1})$$

NOTE – Pour le calcul des perturbations, le CISPR a décidé d'exprimer l'intensité du champ magnétique H en $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ plutôt qu'en $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$. De ce fait, la relation entre H exprimée en $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})$ et H exprimée en $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ s'écrit alors sous la forme:

$$H(\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})) = H(\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})) + 51,5 (\text{dB}\Omega)$$

Pour plus de facilité, le facteur C_{dV} de conversion de $I[\text{dB}(\mu\text{A})]$ en $H[\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})]$ est également donné par la figure R.10.

Les exemples suivants expliquent l'utilisation des trois équations ci-dessus et des figures R.10 et R.11.

- a) Fréquence de mesure $f = 100$ kHz, $D = 2$ m, $I = X$ $\text{dB}(\mu\text{A})$.

Si l'on applique la première équation et la figure R.10, on obtient:

$$\text{à } d = 3 \text{ m: } H[\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m})] = X[\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{3A} (\text{dBm}^{-1}) = (X - 19,5) \text{ dB}(\mu\text{A}/\text{m})$$

$$\text{à } d = 3 \text{ m: } H[\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})] = X[\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{3V} [\text{dB}(\Omega/\text{m})] = [X + (51,5 - 19,5)] \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$$

- b) Fréquence de mesure $f = 100$ kHz, $D = 4$ m, $I = X$ $\text{dB}(\mu\text{A})$.

Si l'on utilise la figure R.11, on constate que le même appareil en essai aurait induit un courant:

$$I[\text{dB}(\mu\text{A})] = X - S_3 (\text{dB}) = (X + 13) \text{ dB}(\mu\text{A})$$

dans l'antenne de diamètre normalisé $D = 2$ m

- c) Validation d'une antenne cadre pour $D = 3$ m.

On obtient alors le facteur de conversion en ajoutant S_3 , donné par la figure R.11, au facteur de validation donné à la figure R.8, à chaque fréquence. Ainsi, si la fréquence de mesure est de 100 kHz, le facteur de validation de l'antenne dont $D = 3$ m est égal à $(86 - 7) = 79 \text{ dB}(\Omega)$.

R.7 Document de référence

A Large-Loop Antenna for Magnetic Field Measurements, J.R. Bergervoet et H. van Veen, Proceedings of the 8th International Zürich Symposium on EMC, pp. 29-34 March 1989, ETH Zentrum - IKT, 8092 Zürich, Suisse.

The relation between the magnetic field strength H in dB(μA/m) measured at a distance d and the current I in dB(μA) is:

$$H [\text{dB}(\mu\text{A/m})] = I [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{dA} (\text{dBm}^{-1})$$

where C_{dA} is the current-to-field conversion factor for a certain distance d when expressing H in dB(μA/m) see also the note after the following equation.

In general, the conversion factor is frequency-dependent; figure R.10 presents C_{dA} for standardized distances of 3 m and 10 m. For the standardized distance $d = 30$ m the conversion factor is under consideration.

The ratio S_D in decibels, of the current measured in a LLA with a diameter D , in metres, and the current which would have been measured with an LLA having the standardized diameter $D = 2$ m, are given in figure R.11 for several values of D . Using this ratio, the equation given above can be written as:

$$H [\text{dB}(\mu\text{A/m})] = I [\text{dB}(\mu\text{A})] - S_D(\text{dB}) + C_{dA} (\text{dBm}^{-1})$$

NOTE – For disturbance calculations, CISPR uses the magnetic field strength H in dB(μA/m) instead of dB(μV/m). In this context, the relation between H expressed in dB(μA/m) and H expressed in dB(μV/m) is given by:

$$H [\text{dB}(\mu\text{V/m})] = H [\text{dB}(\mu\text{A/m})] + 51,5 [\text{dB}(\Omega)]$$

For convenience the conversion factor C_{dV} converting I [dB(μA)] into H [dB(μV/m)] is also given in figure R.10.

The following examples explain the use of the three equations above and of figures R.10 and R.11.

- a) Given: measuring frequency $F = 100$ kHz, loop diameter $D = 2$ m, current in loop $I = X$ dB(μA)

Then using the first equation and figure R.10, it follows that:

$$\text{at } d = 3 \text{ m: } H [\text{dB}(\mu\text{A/m})] = X [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{3A} (\text{dBm}^{-1}) = (X - 19,5) \text{ dB}(\mu\text{A/m})$$

$$\text{at } d = 3 \text{ m: } H [\text{dB}(\mu\text{V/m})] = X [\text{dB}(\mu\text{A})] + C_{3V} [\text{dB}(\Omega/\text{m})] = [X + (51,5 - 19,5)] \text{ dB}(\mu\text{V/m})$$

- b) Given: measuring frequency $f = 100$ kHz, loop diameter $d = 4$ m, current in loop $I = X$ dB(μA)

Then using figure R.11 it follows that the same EUT would have induced a current:

$$I [\text{dB}(\mu\text{A})] = X - S_3 (\text{dB}) = (X + 13) \text{ dB}(\mu\text{A})$$

in the LLA with the standard diameter $D = 2$ m.

- c) Given: validate an LLA with diameter $D = 3$ m:

Then the validation factor is found by adding at each frequency S_3 , as given in figure R.11, to the validation factor, as given in figure R.8. Hence, if the measuring frequency is 100 kHz, the validation factor for the LLA with $D = 3$ m equals $(86 - 7) = 79$ dB(Ω)

R.7 Reference document

A Large-Loop Antenna for Magnetic Field Measurements, J. R Bergervoet and H. Van Veen, Proceedings of the 8th International Zürich Symposium on EMC, pp 29-34, March 1989, ETH Zentrum - IKT, 8092 Zürich, Switzerland.

Ajouter, après l'annexe R, la nouvelle annexe S suivante:

Annexe S (normative)

Exemple de réseau fictif asymétrique (réseau en T)

S.1 Description

La figure S.1 donne un exemple de réseau fictif asymétrique, un réseau en T dont les bornes a_1 et b_1 permettent la connexion à une paire de conducteurs au niveau de l'accès d'un appareil en essai et dont la borne RG permet la connexion au plan de sol de référence et, si cela est applicable, au conducteur de protection ou à tout autre connecteur de terre de l'appareil en essai.

Le signal symétrique qui peut être nécessaire pour permettre à l'appareil en essai de fonctionner correctement est connecté aux bornes a_2 et b_2 . La double inductance L_1 permet de mesurer séparément la composante asymétrique de la perturbation. Les deux enroulements sont disposés de telle manière que les courants symétriques sont bloqués par une impédance élevée, alors que l'impédance (pour les courants asymétriques allant vers R_E) doit être faible.

L'impédance de terminaison du réseau de 150Ω pour une tension perturbatrice asymétrique est déterminée par les deux résistances R_T (200Ω), en parallèle pour le courant asymétrique et en série avec la résistance R_E (50Ω). La résistance R_E est en général l'impédance d'entrée d'un récepteur de mesure. Dans ce cas, la lecture sur l'appareil de mesure est de 10 dB inférieure à la valeur asymétrique réelle à la borne de l'appareil en essai. Le condensateur C_T bloque les courants continus et permet ainsi la présence des tensions d'alimentation continues sur les fils du réseau sans endommager les résistances ou influencer les propriétés de L_1 par saturation.

Normalement un réseau en T est inséré entre l'appareil en essai et ses appareils associés.

Lorsqu'on utilise le réseau pour la mesure aux bornes de signaux, il faut que la réjection symétrique (en mode différentiel) soit suffisante pour éviter des résultats erronés lors des mesures de la tension perturbatrice asymétrique à la même fréquence que le signal symétrique utile. Pour un réseau linéaire passif, tel qu'un réseau en T, la réjection de mode commun est égale à la réjection de mode différentiel. Ce principe est utilisé pour vérifier la réjection de mode commun.

S.2 Mesure des paramètres

Afin de satisfaire aux dispositions de 20.1, on utilise la procédure décrite ci-dessous pour la mesure des paramètres.

a) Impédance de terminaison

Cette impédance entre les bornes a_1 et b_1 , connectées ensemble, et la borne RG doit être vérifiée avec les bornes a_2 et b_2 alternativement ouvertes et court-circuitées à la borne de masse RG, le réseau de raccordement étant retiré (voir figure S.2).

Add, after annex R, the following new annex S:

Annex S (normative)

Example of an asymmetrical artificial network (T-network)

S.1 Description

Figure S.1 gives as an example of an artificial asymmetrical network, a T-network having terminals a_1 and b_1 for connection to a conductor pair in a signal port of an EUT and RG for connection to the reference ground plane and, if applicable, to the safety earth or other ground connector of the EUT.

The symmetrical signal which may be needed to have the EUT operating correctly is connected to the terminals a_2 and b_2 . The double choke L_1 allows separate measurement of the asymmetric component of the disturbance. The two windings are so arranged that the symmetrical currents are blocked by a high impedance whereas the impedance (for asymmetrical currents passing to R_E) shall be negligible.

The termination impedance of the network for the asymmetric disturbance voltage of $150\ \Omega$ is determined by the two resistors R_T ($200\ \Omega$), in parallel for the asymmetrical current, in series with the resistance R_E ($50\ \Omega$). The resistor R_E is usually the input impedance of a measuring receiver. In this case the meter reading is 10 dB lower than the actual asymmetrical value at the terminal of the EUT. The capacitor C_T is blocking d.c. currents thus allowing for d.c. supply voltages on the network leads without damaging the resistors and without influencing the properties of L_1 by saturation.

Normally a T-network is inserted between an EUT and its associated equipment.

When using the network for measurement on signal terminals, the symmetric (differential mode) rejection must be sufficient to avoid erroneous results when measuring an asymmetric interference voltage at the same frequency as the wanted symmetric signal. For a linear and passive network like a T-network, the common mode rejection is equal to the differential mode rejection. This principle is used to verify the common mode rejection.

S.2 Measurement of parameters

To fulfill the requirements of 20.1, the procedure for the measurement of parameters described below is used.

a) Termination impedance

This impedance between the terminals a_1 and b_1 connected together, and terminal RG shall be checked with terminals a_2 and b_2 being alternatively open and short-circuited to the earth terminal RG, with the termination network removed (see figure S.2).

b) Réjection de mode différentiel

Cette réjection doit être mesurée comme indiqué à la figure S.3. Le générateur RF, G, d'impédance interne de 50Ω et de tension de source U_L , applique un signal entre le point milieu du primaire du transformateur L_1 et la masse de référence. En conséquence, un signal de mode commun est appliqué aux bornes a_1 b_1 du réseau en T, les bornes a_2 b_2 étant fermées par l'impédance prescrite $Z_2 = 150 \Omega$.

Le voltmètre, d'impédance d'entrée 50Ω , mesure, via le transformateur, le signal en mode différentiel dans la boucle qui contient le réseau en T et Z_2 . Un signal en mode différentiel peut résulter dans cette boucle d'une conversion entre les modes commun et différentiel (déséquilibre) du réseau en T.

La réjection de mode commun (r.m.c.) et, par conséquent, la réjection du mode différentiel (r.m.d.) est maintenant définie comme:

$$\text{r.m.c.} = \text{r.m.d.} = 20 \lg [U_L / U_T] \quad (\text{dB})$$

La qualité (par exemple la symétrie) du transformateur (voir figure S.2) est vérifiée en mettant à la masse les points a_1 et b_1 du transformateur (le réseau en T est déconnecté). La tension de sortie U_T doit être au moins de 10 dB inférieure à la réjection de mode différentiel spécifiée en 20.1 (par exemple la réjection doit être de $70 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 80 \text{ dB}$) par rapport au signal d'entrée U_L . Le signal de sortie U_T doit être $U_T = U_L - 70 \text{ dB} - 10 \text{ dB}$.

c) Atténuation de découplage

Le découplage doit être mesuré comme indiqué à la figure S.3.

d) Perte d'insertion

La perte d'insertion doit être mesurée comme indiqué à la figure S.4.

e) Impédance symétrique de charge

A définir.

f) Largeur de bande de transmission

A définir.

S.3 Réseaux en T disponibles

Les réseaux en T actuellement disponibles servent à mesurer les câbles téléphoniques à deux fils et les signaux de modem jusqu'à 10 kilobits/seconde. La limitation est due à la réjection de mode différentiel qui est la suivante:

95 dB à 10 kHz

70 dB à 1 MHz

60 dB à 10 MHz

50 dB à 30 MHz

Ces réseaux offrent une impédance de charge asymétrique d'environ 150Ω .

b) Differential mode rejection

This rejection shall be measured as per figure S.3. The RF generator G, having an internal impedance of $50\ \Omega$ and a source voltage U_L , applies a signal between the centre-tap of the primary windings of the transformer L_1 and the reference ground. As a result, a common mode signal is applied to the terminals $a_1\ b_1$ of the T-network, while its terminals $a_2\ b_2$ are terminated by the prescribed impedance $Z_2 = 150\ \Omega$.

The voltmeter, having an input impedance of $50\ \Omega$, measures via the transformer the differential mode signal in the loop containing the T-network and Z_2 . A differential mode signal may result in this loop from the common mode/differential mode conversion (the unbalance) of the T-network.

The common mode rejection (c.m.r.) and consequently the differential mode rejection (d.m.r.) is now defined as

$$\text{c.m.r.} = \text{d.m.r.} = 20 \log_{10} [U_L/U_T] \quad (\text{dB})$$

The quality (i.e., the balance) of the transformer shown in figure S.2 is verified by grounding the primary of the transformer at terminals a_1 and b_1 (the T-network is disconnected). The output voltage U_T shall be at least 10 dB lower than the differential mode rejection specified in 20.1 (i.e. the rejection shall be $70 + 10 = 80\ \text{dB}$) with reference to the input signal (U_L). The output signal (U_T) shall be $U_T = U_L - 70\ \text{dB} - 10\ \text{dB}$.

c) Decoupling attenuation

The decoupling shall be measured as per figure S.3.

d) Insertion loss

The insertion loss shall be measured as per figure S.4.

e) Symmetrical load impedance

To be defined.

f) Transmission bandwidth

To be defined.

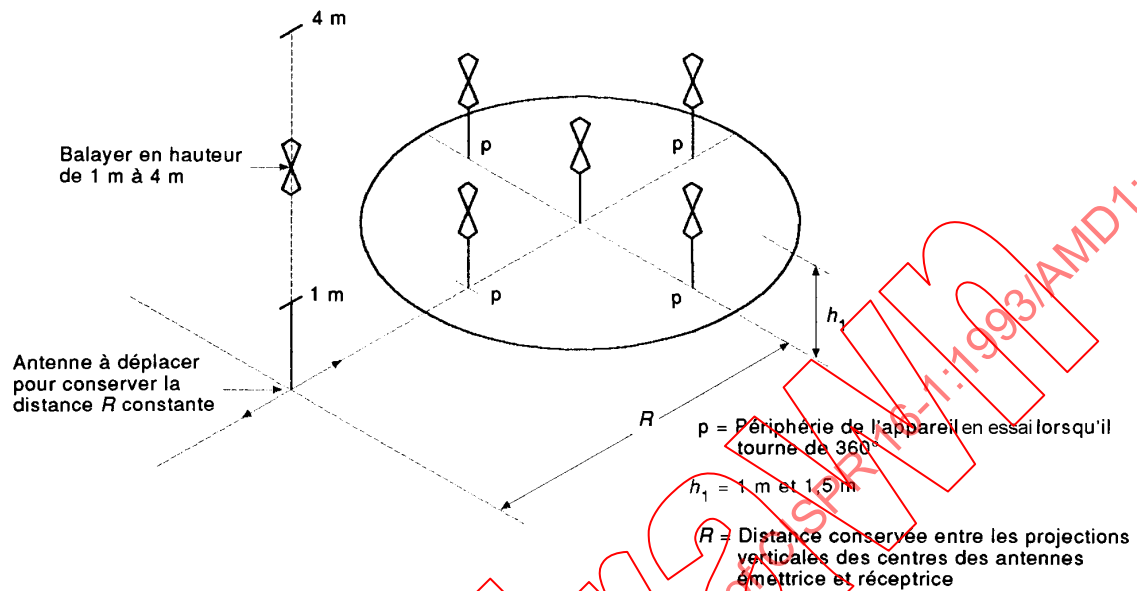
S.3 Available T-networks

The presently available T-networks are usable for the measurement of two-wire telephone wires and modem signals of up to 10 kilobits/second. The limitation is the differential mode rejection which is as follows:

95 dB at 10 kHz
70 dB at 1 MHz
60 dB at 10 MHz
50 dB at 30 MHz

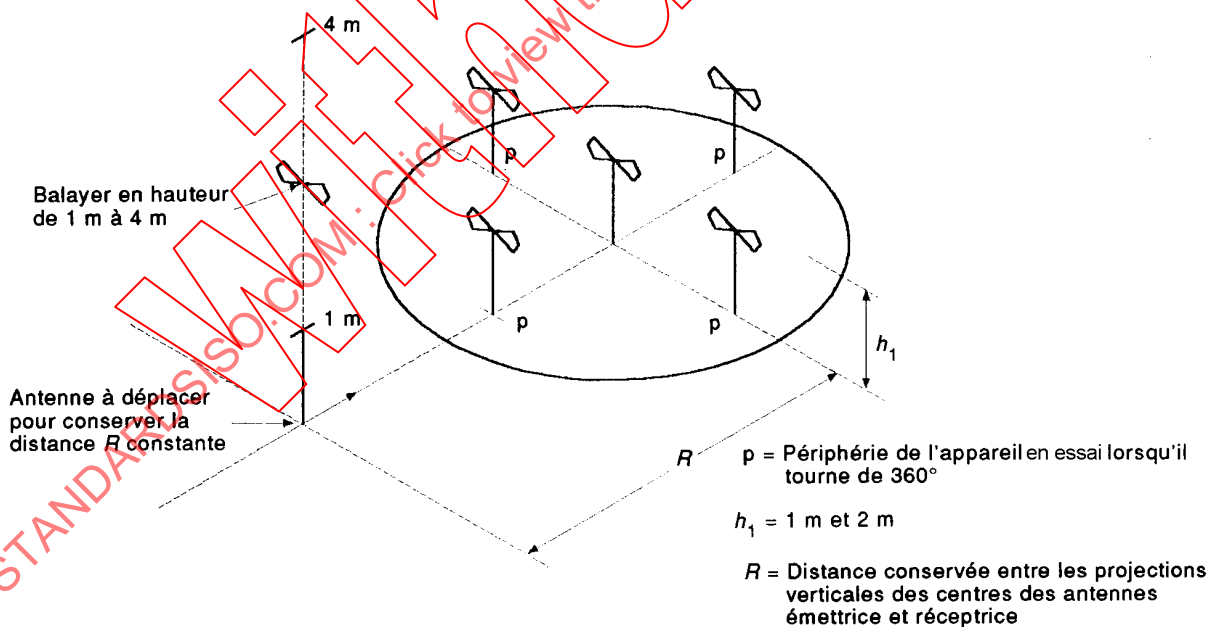
These networks provide an asymmetric load impedance of approximately $150\ \Omega$.

Ajouter, après la figure 50, les nouvelles figures suivantes:



CEI 1 302/93

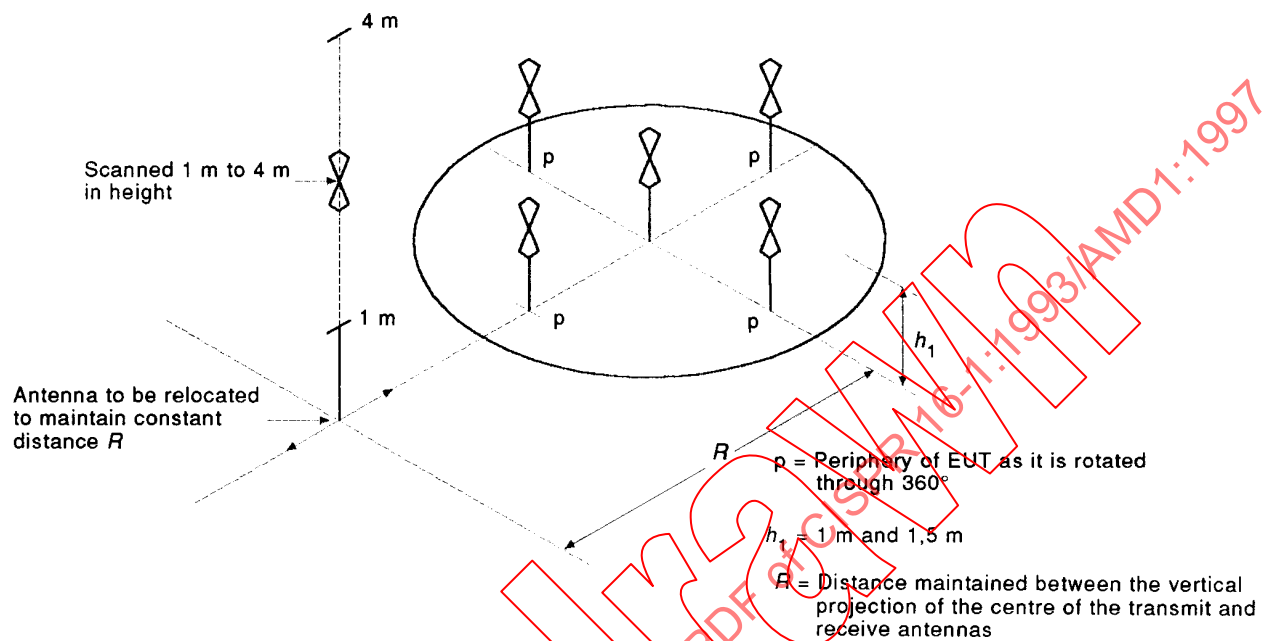
Figure 51a – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements – Mesures d'ANE en polarisation verticale



CEI 1 303/93

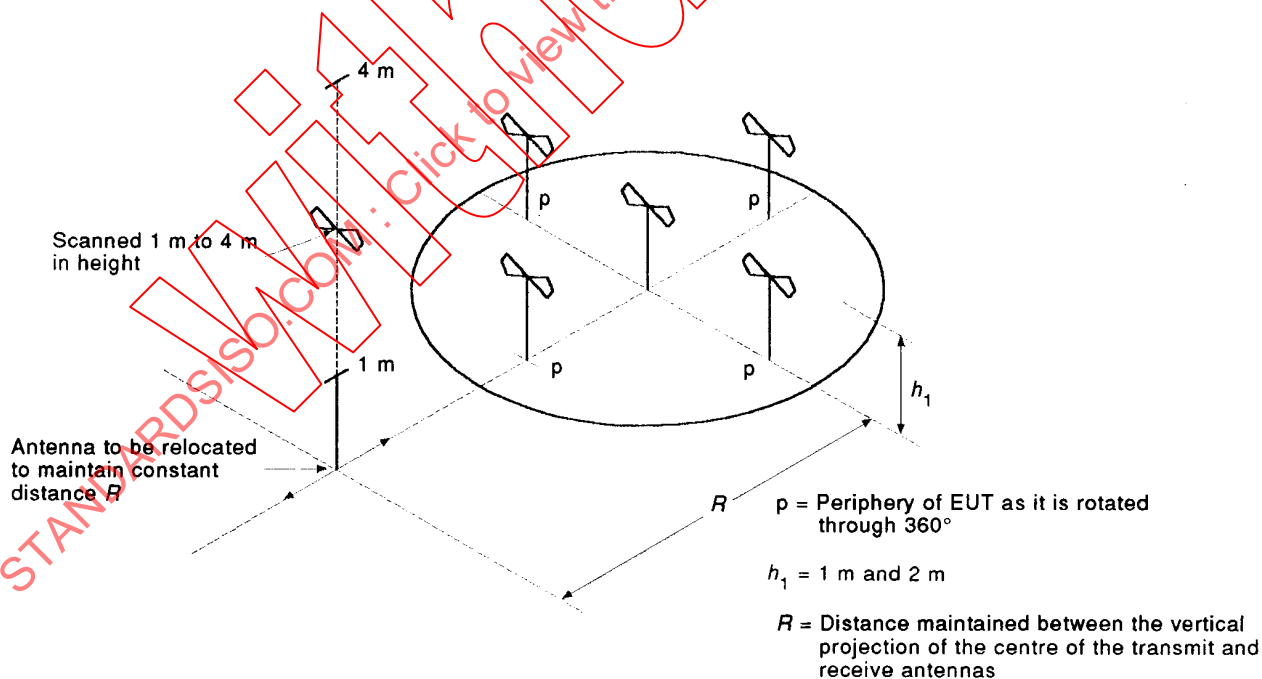
Figure 51b – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements – Mesures d'ANE en polarisation horizontale

Add, after figure 50, the following new figures:



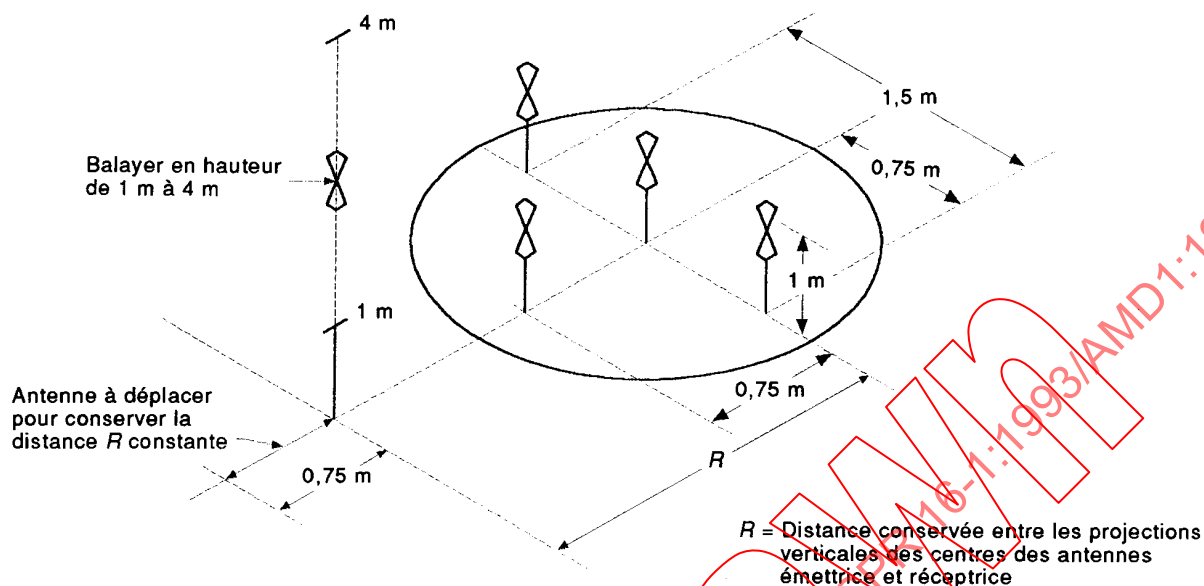
IEC 1302/93

Figure 51a – Typical antenna positions for alternative test site – Vertical polarization NSA measurements



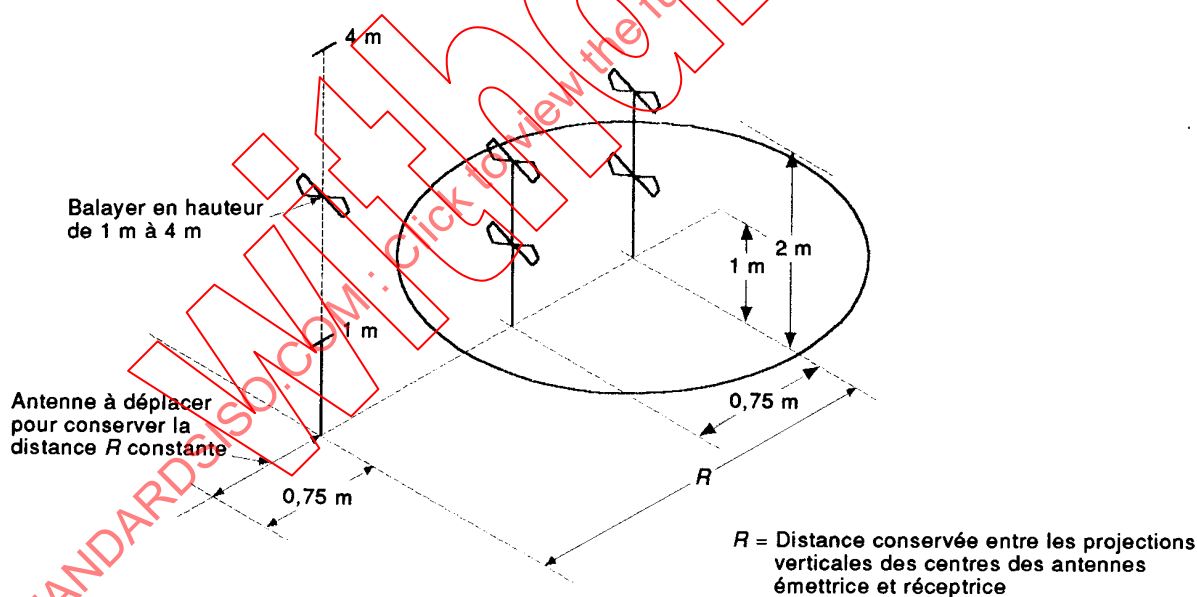
IEC 1303/93

Figure 51b – Typical antenna positions for alternative test site – Horizontal polarization NSA measurements



CEI 1 304/93

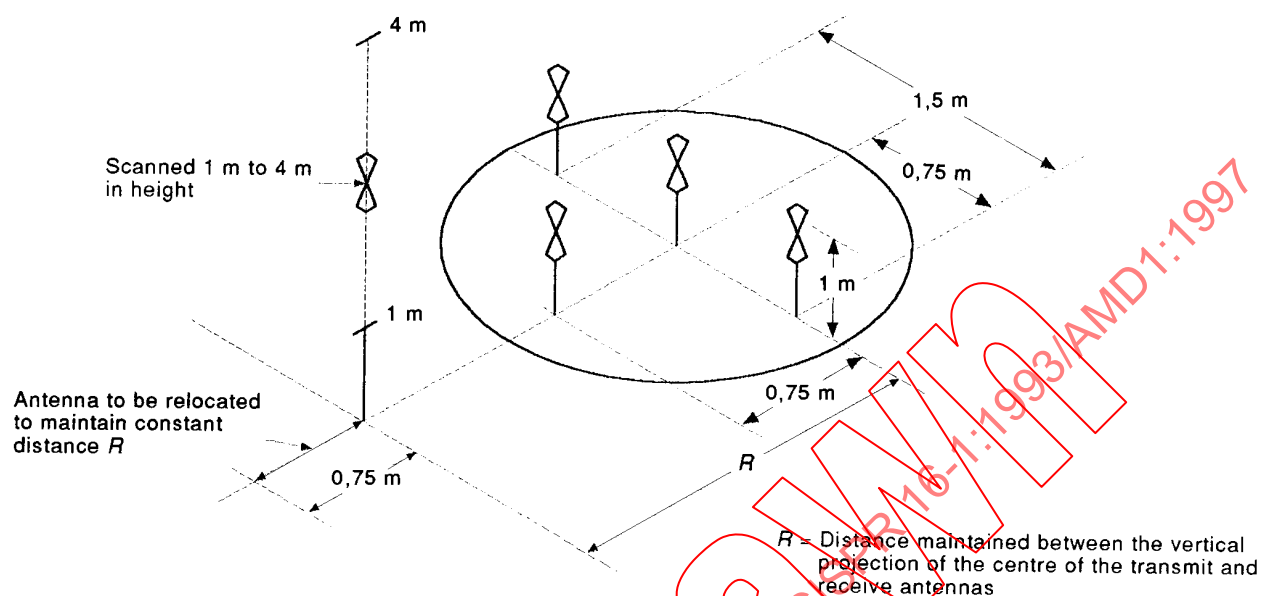
Figure 51c – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements –
Mesure d'ANE en polarisation verticale pour un appareil de volume inférieur à 1 m de profondeur, 1,5 m de large, 1,5 m de haut et dont la périphérie est à plus de 1 m du matériau le plus proche susceptible de provoquer des réflexions



CEI 1 305/93

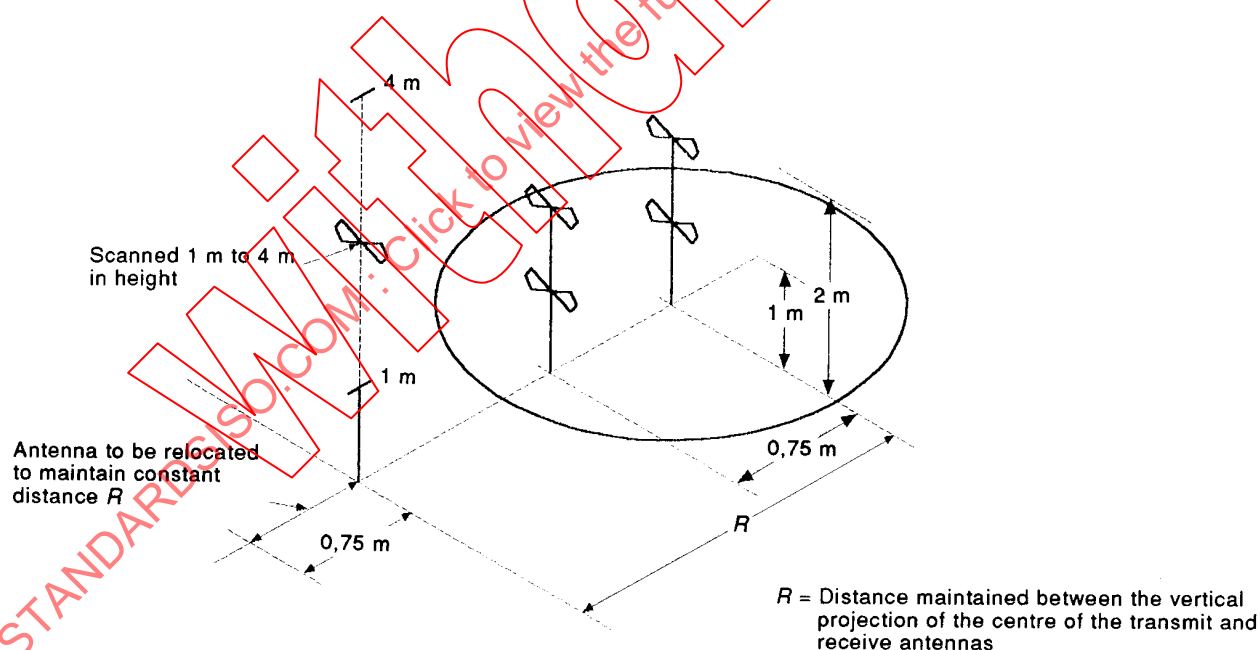
Figure 51d – Positions typiques d'antenne pour d'autres emplacements –
Mesure d'ANE en polarisation horizontale pour un appareil de volume inférieur à 1 m de profondeur, 1,5 m de large, 1,5 m de haut et dont la périphérie est à plus de 1 m du matériau le plus proche susceptible de provoquer des réflexions

Figure 51 – Positions typiques pour d'autres emplacements



IEC 1304/93

Figure 51c – Typical antenna positions for alternative test site – Vertical polarization NSA measurements for an EUT that does not exceed a volume of 1 m depth, 1,5 m width, 1,5 m height, with the periphery greater than 1 m from the closest material that may cause undesirable reflections



IEC 1305/93

Figure 51d – Typical antenna positions for alternative test site – Horizontal polarization NSA measurements for an EUT that does not exceed a volume of 1 m depth, 1,5 m width and 1,5 m height, with the periphery greater than 1 m from the closest material that may cause undesirable reflections

Figure 51 – Typical antenna positions for alternative test sites

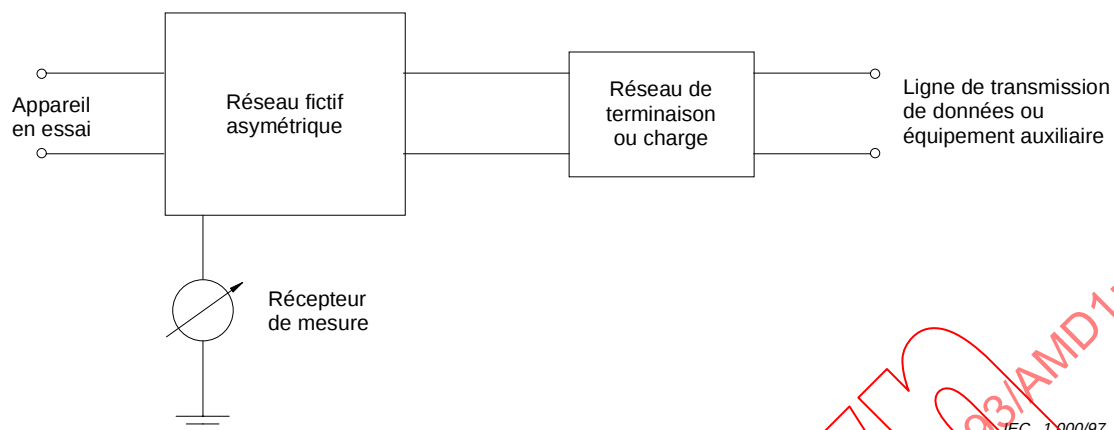


Figure 52 – Circuit de principe d'un réseau fictif asymétrique et de ses connexions

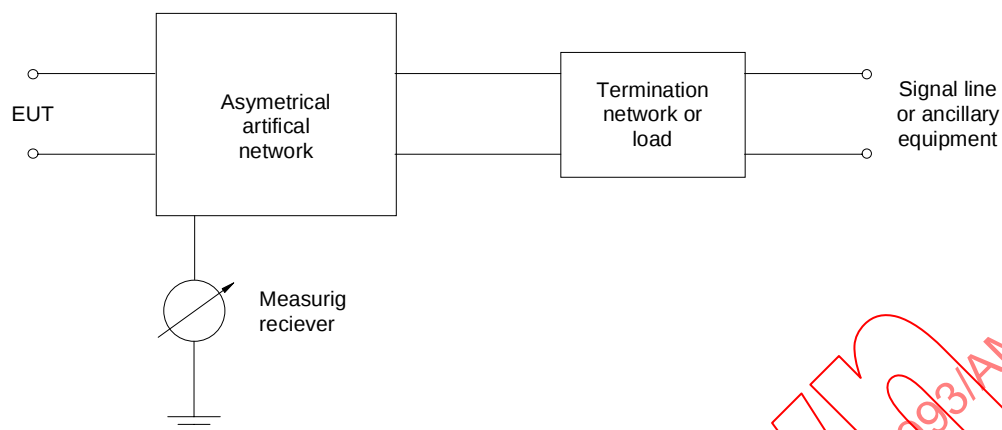


Figure 52 – Principle circuit of asymmetrical artificial network and its connections

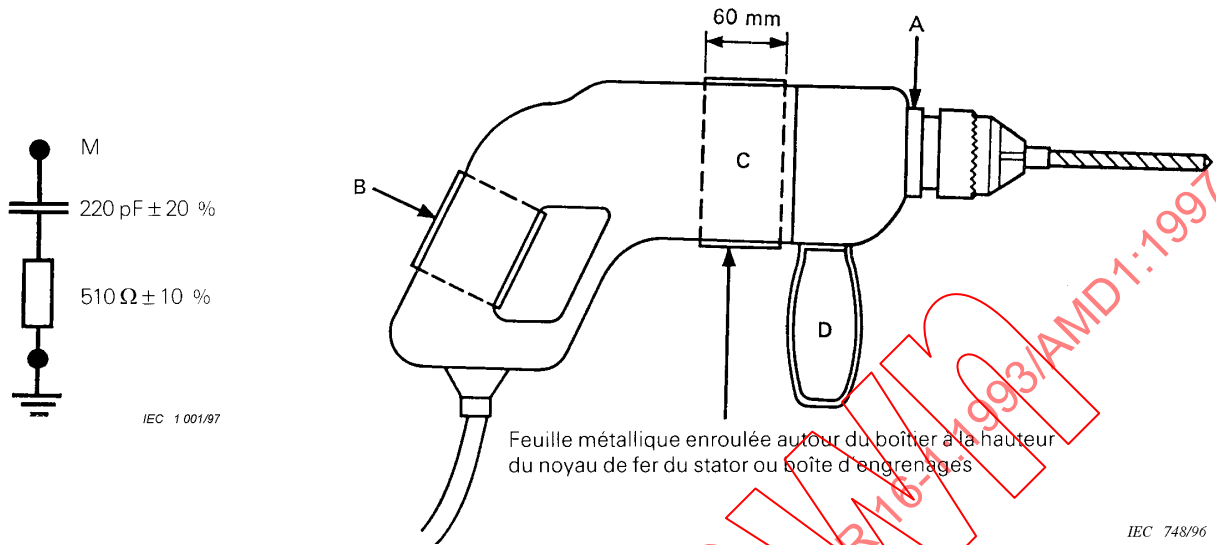


Figure 53a – Élément RC

Figure 53b – Outil électrique portatif

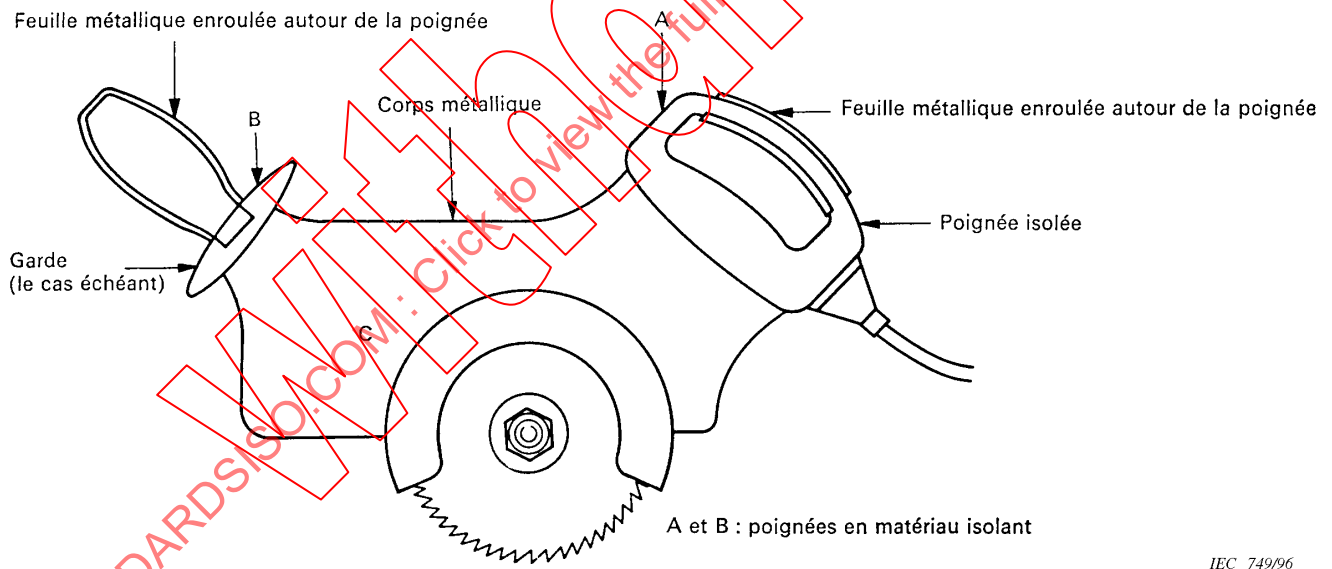


Figure 53c – Scie électrique portative

Figure 53 – Utilisation de la main artificielle

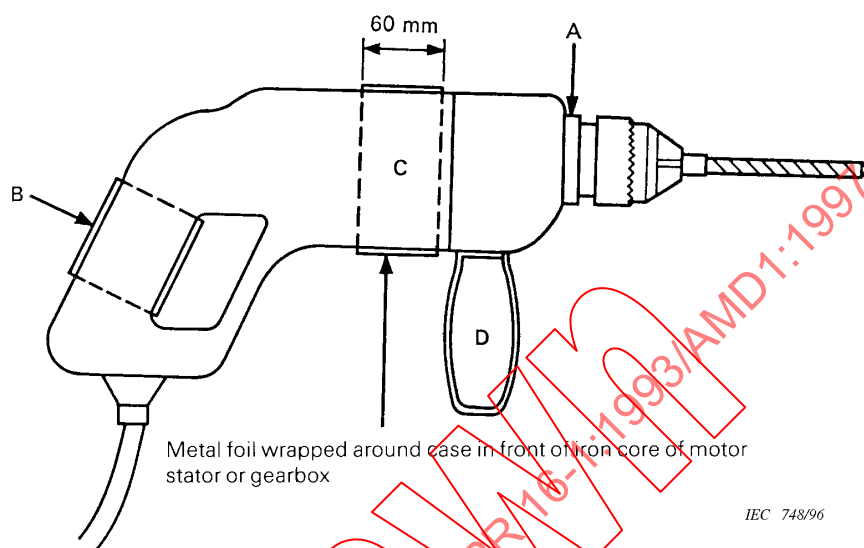
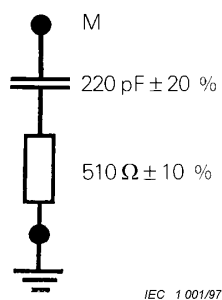


Figure 53a – RC element

Figure 53b – Portable electric drill

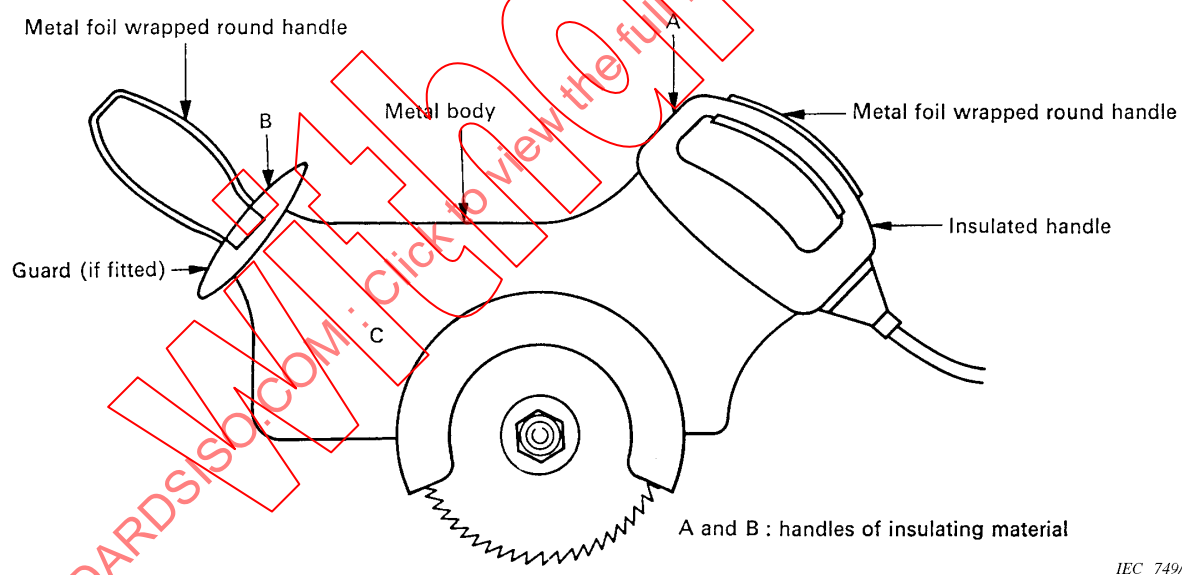


Figure 53c – Portable electric saw

Figure 53 – Application of the artificial hand

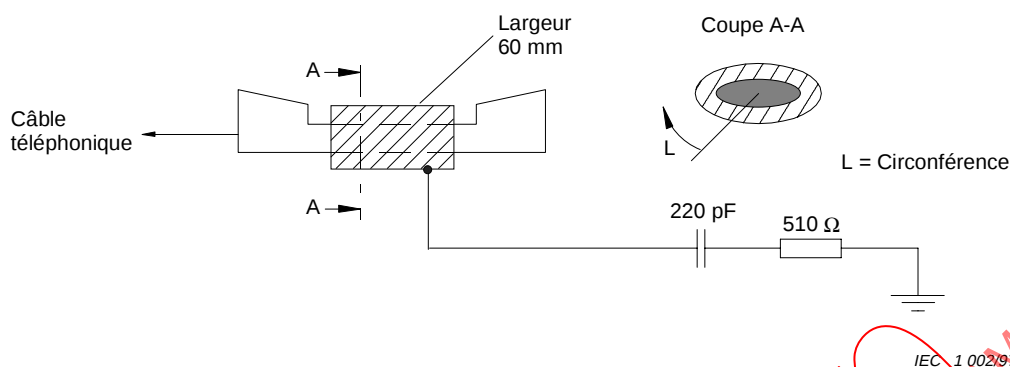


Figure 54a – Application d'une main fictive à un combiné téléphonique

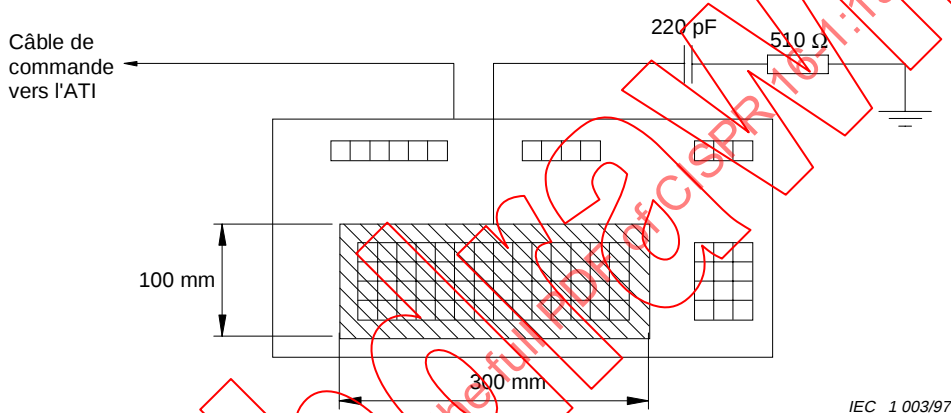


Figure 54b – Application d'une main fictive à un clavier type

La main fictive comporte une feuille métallique ayant les dimensions suivantes:

a) 60 mm de large et supérieur en longueur à L	pour les parties de l'appareil tenues à la main lors du fonctionnement, ou à un maximum de 4
b) 300 mm × 100 mm	pour des claviers; ici, la feuille métallique doit avoir des dimensions telles qu'elle couvre le nombre total de touches, ou qu'elle couvre partiellement le clavier, lorsque les dimensions du clavier sont supérieures à la taille maximale de la feuille.

Figure 54 – Exemples d'application d'une main fictive vers l'ATI

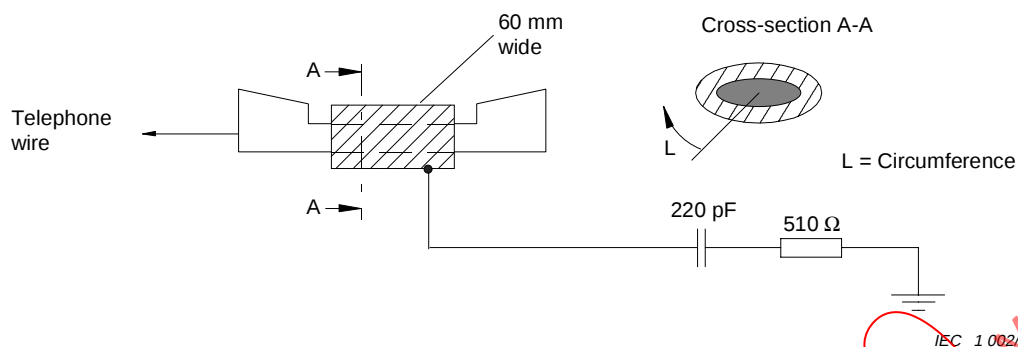


Figure 54a – Application of artificial hand to telephone handset

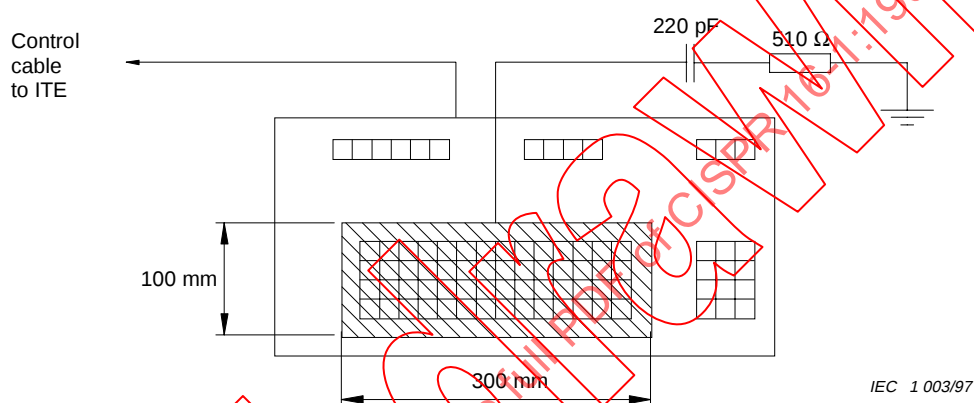
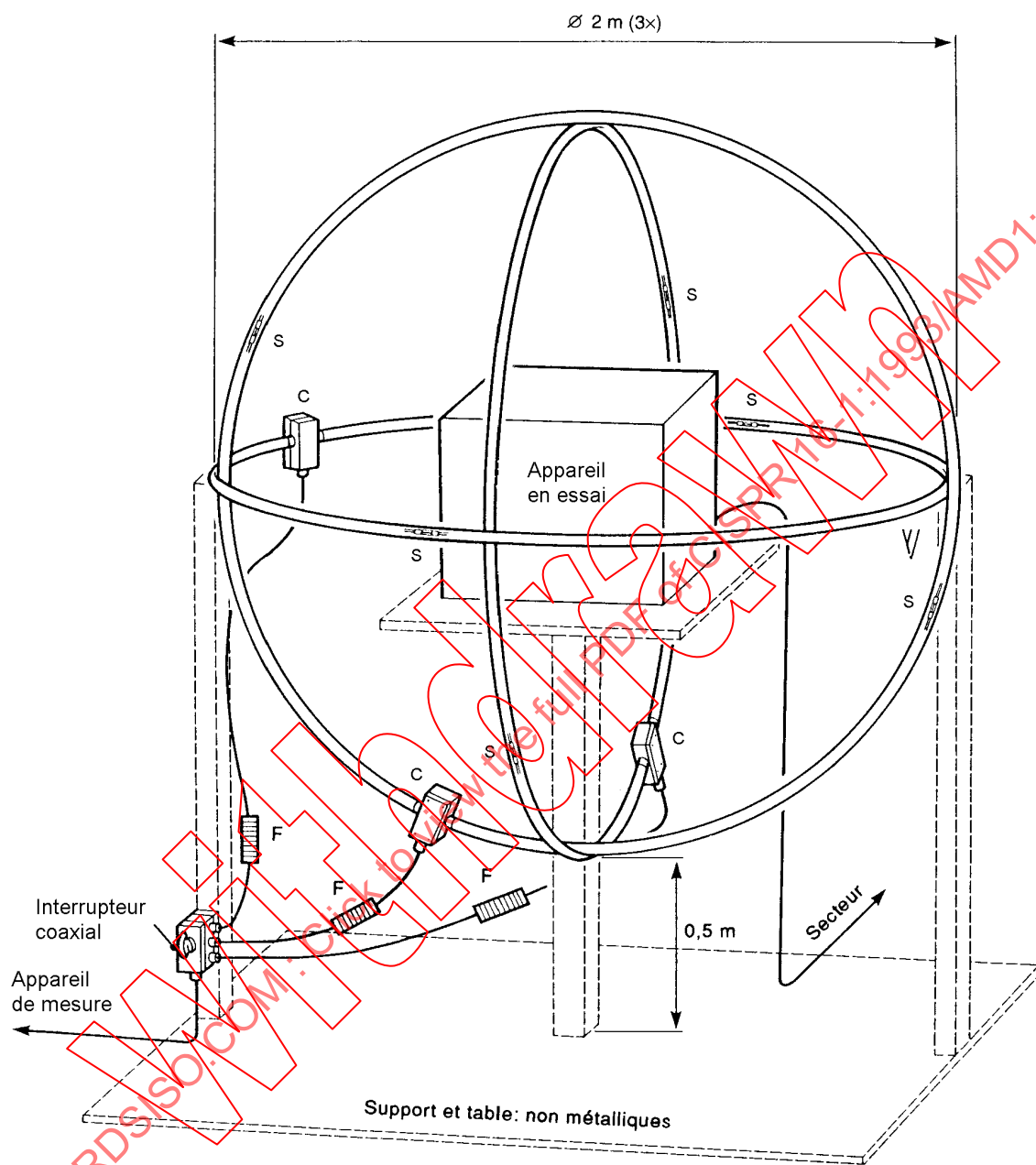


Figure 54b – Application of artificial hand to typical keyboard

The artificial hand incorporates a metal foil, with the following dimensions:

a) 60 mm wide and greater than L in length	for parts of the equipment that are hand-held during operation, or at a maximum of 4
b) 300 mm × 100 mm	for keyboards, whereby the metal foil is to be sized in order to cover the total number of keys, or to partially cover the keyboard, when the keyboard dimensions are greater than the maximum foil size.

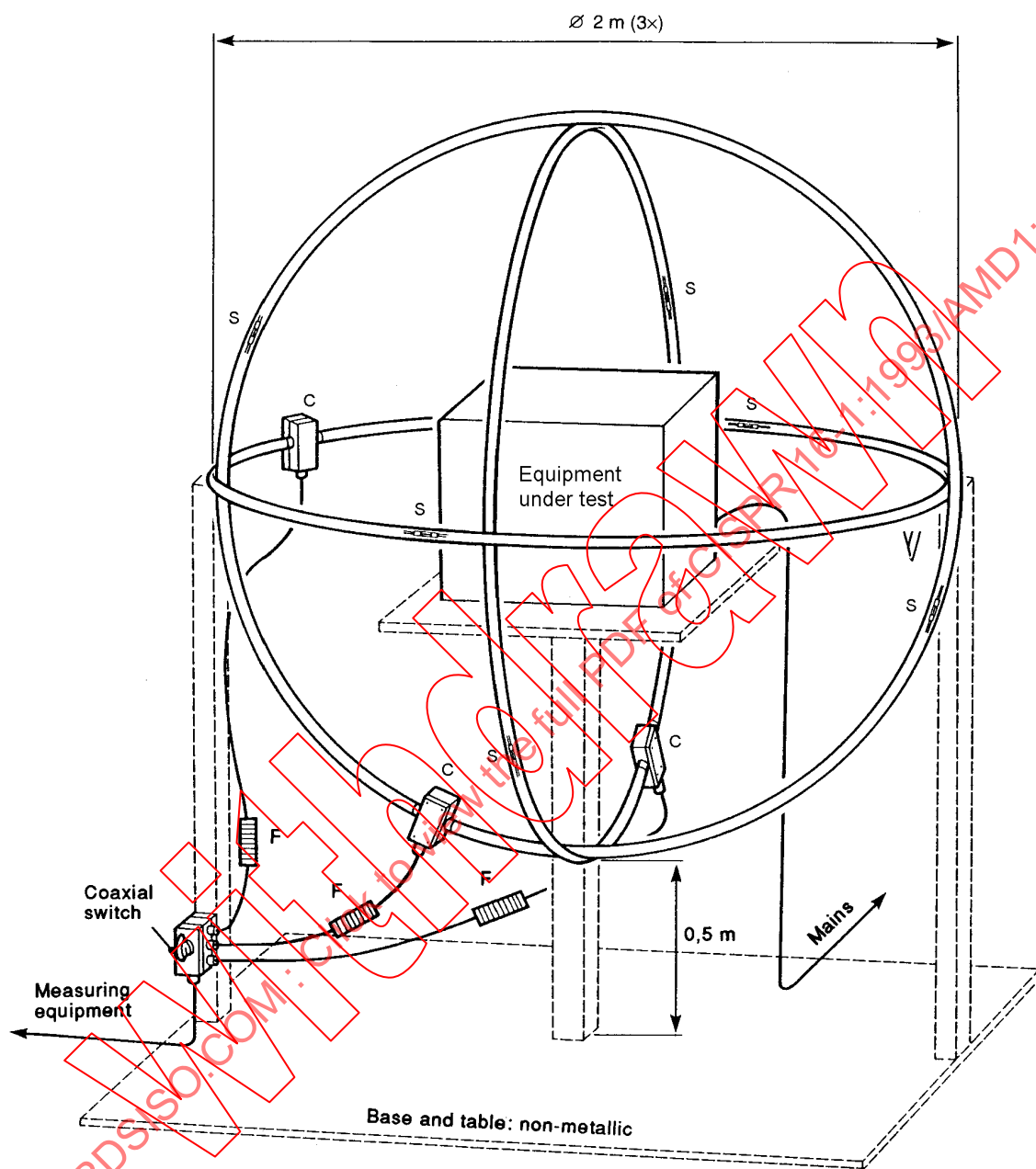
Figure 54 – Examples of application of artificial hand to ITE



IEC 1 004/97

S = fente de l'antenne
C = sonde de courant
F = absorbeur en ferrite

Figure R.1 – Le système d'antennes cadres, constitué de trois antennes de grand diamètre, occupant des plans mutuellement perpendiculaires



IEC 1 004/97

S = antenna slit
 C = current probe
 F = ferrite absorber

Figure R.1 – The loop-antenna system, consisting of three mutually perpendicular large-loop antennas

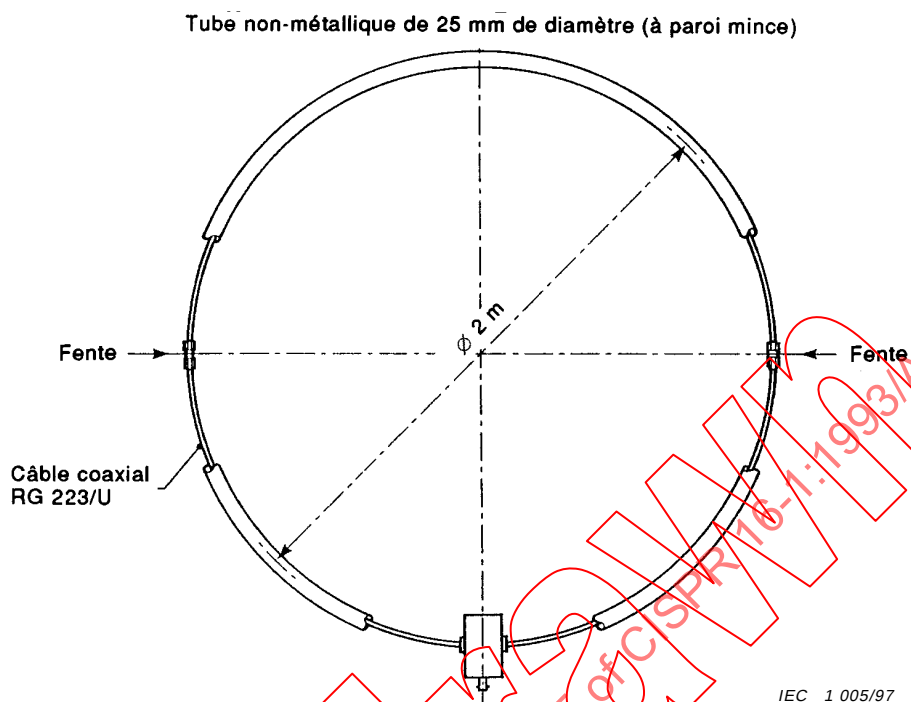


Figure R.2 – Une antenne de grand diamètre, comportant deux fentes diamétralement opposées, placées à égale distance de la sonde de courant C

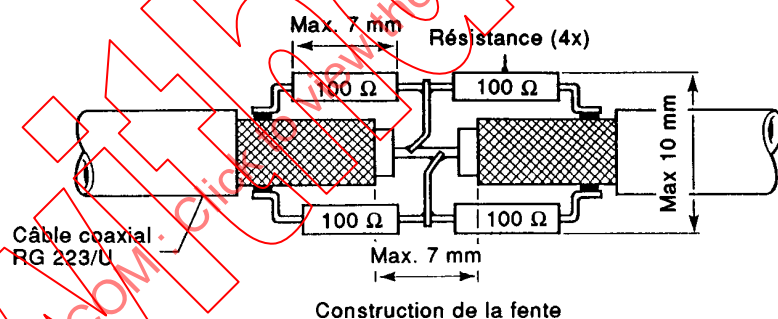


Figure R.3 – Construction de la fente d'une antenne

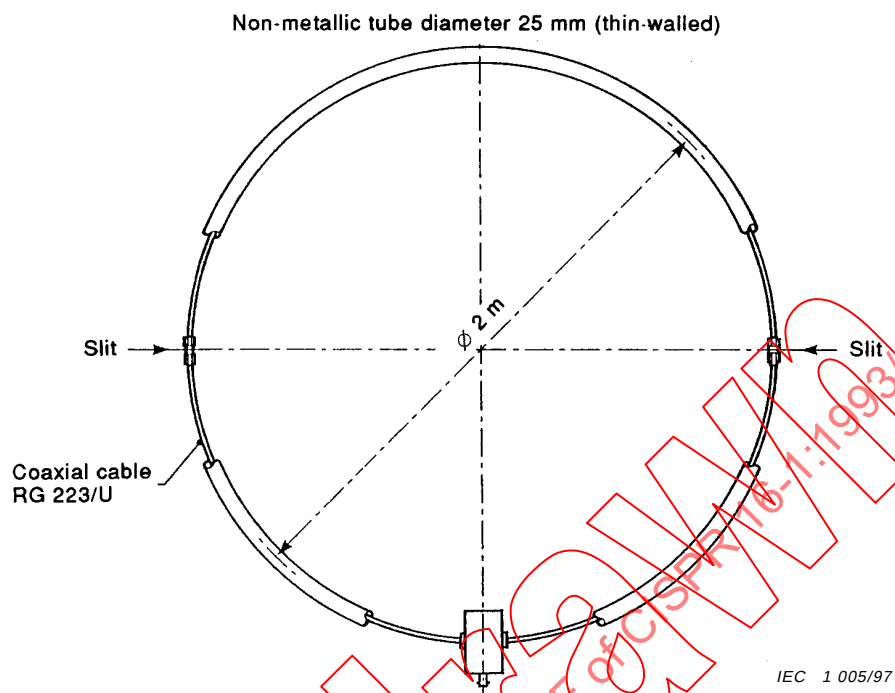


Figure R.2 – A large-loop antenna containing two opposite slits, positioned symmetrically with respect to the current probe C

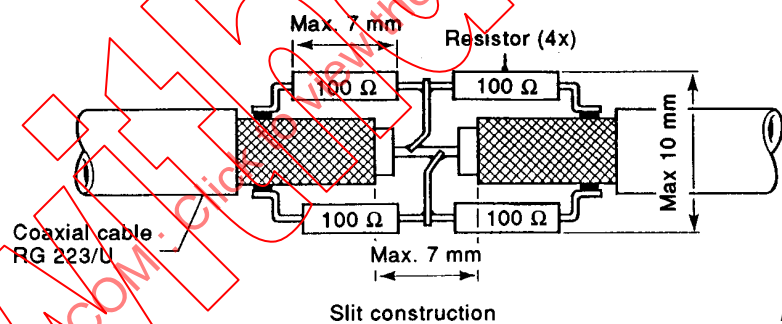
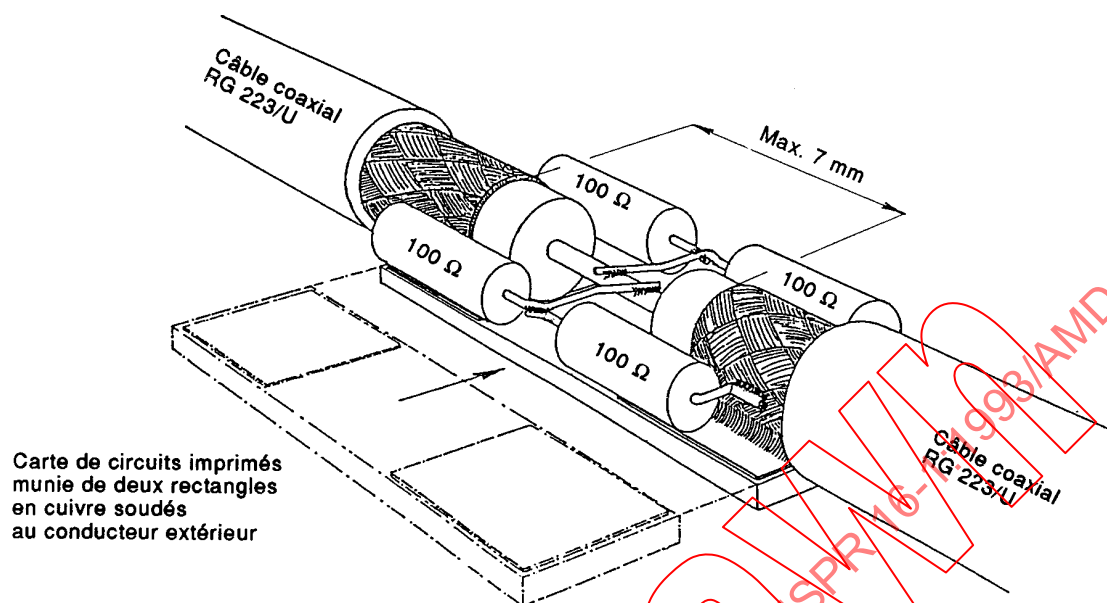
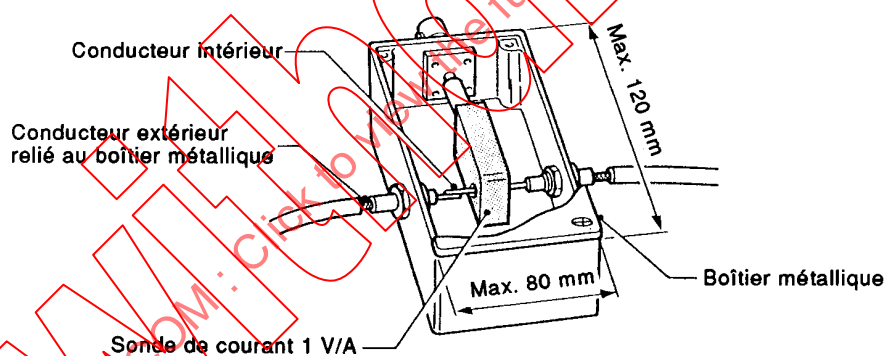


Figure R.3 – Construction of the antenna slit



IEC 1 007/97

Figure R.4 – Exemple de construction de fente dont la rigidité est assurée par une plaquette de circuit imprimé



IEC 1 008/97

Figure R.5 – Construction du boîtier métallique renfermant la sonde de courant