

COMMISSION
ÉLECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CISPR
18-2

1986

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1993-04

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

Amendement 1

**Caractéristiques des lignes et des équipements
à haute tension relatives aux perturbations
radioélectriques**

Partie 2:

Méthodes de mesure et procédure d'établissement
des limites

Amendment 1

**Radio interference characteristics of overhead
power lines and high-voltage equipment**

Part 2:

Methods of measurement and procedure for
determining limits

© CEI 1993 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **S**

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le sous-comité C du CISPR: Perturbations relatives aux lignes et aux équipements à haute tension et aux systèmes de traction électrique.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

DIS	Rapports de vote
CISPR/C(BC)35 CISPR/C(BC)38	CISPR/C(BC)39 CISPR/C(BC)41

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

NOTE – Cet amendement introduit deux nouveaux articles dans la publication CISPR 18-2. Ils concernent les procédures d'établissement des limites des niveaux perturbateurs dus aux lignes à haute tension continue (article 3) et les critères d'établissement des limites des perturbations radioélectriques produites par les chaînes d'isolateurs (article 4).

L'article 2 de la publication 18-2 en général, et le 2.7 en particulier, fournissent des méthodes pour l'établissement des limites des niveaux perturbateurs dus aux lignes aériennes. Les indications données à l'article 2 doivent être considérées comme principalement relatives aux lignes en courant alternatif tandis que celles données à l'article 3 de cet amendement se réfèrent aux lignes en courant continu.

En outre, l'article 2.7 de la 18-2 donne quelques renseignements d'ordre général sur les critères d'établissement des limites des perturbations radioélectriques produites par les chaînes d'isolateurs. Cette matière est plus spécifiquement traitée à l'article 4 de cet amendement.

Pour les raisons ci-dessus, on peut trouver des répétitions dans les nouveaux articles 3 et 4. Ces répétitions permettent toutefois de lire plus facilement cet amendement qui a été préparé comme un document lisible par lui-même.

Page 2

SOMMAIRE

Insérer les articles suivants après le 2.7:

3 Méthodes d'établissement des limites des niveaux perturbateurs dues aux lignes à haute tension continue

- 3.1 Signification des limites CISPR pour les lignes et les équipements à haute tension
- 3.2 Considération d'ordre technique pour l'établissement de limites pour les lignes
 - 3.2.1 Approche fondamentale
 - 3.2.2 Domaine d'application
 - 3.2.3 Niveaux minimaux de signal radiodiffusé à protéger
 - 3.2.4 Rapport signal sur bruit requis
 - 3.2.5 Conversion des valeurs mesurées

FOREWORD

This amendment has been prepared by CISPR sub-committee C: Interference from overhead power lines, high-voltage equipment and electric traction systems.

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

DIS	Reports on Voting
CISPR/C(CO)35 CISPR/C(CO)38	CISPR/C(CO)39 CISPR/C(CO)41

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

NOTE – The present amendment introduces two new clauses into publication CISPR 18-2. They regard the methods for derivation of limits for the radio noise due to HVDC lines (clause 3) and procedures for determining limits of radio noise produced by insulator sets (clause 4).

Clause 2 of CISPR 18-2 in general, and more specifically subclause 2.3, present methods for derivation of limits for radio noise produced by overhead power lines. The indications given under clause 2 are to be considered mainly relevant to a.c. lines while the new clause 3 of the present amendment is specifically relevant to HVDC lines.

Besides, subclause 2.7 of 18-2 gives some generic indications about the procedures for determining limits of radio noise produced by insulator sets. This matter is more specifically addressed in the new clause 4 of the present amendment.

For the above reasons some repetitions may be found in the new clauses 3 and 4. These repetitions allow an easier reading of the amendment which is written as a self-standing document.

Page 3

CONTENTS

Insert the following clauses after 2.7:

3 Methods for derivation of limits for the radio noise due to HVDC lines

3.1 Significance of CISPR limits for power lines and high-voltage equipment

3.2 Technical considerations for derivation of limits for lines

3.2.1 Basic approach

3.2.2 Scope

3.2.3 Minimum broadcast signal levels to be protected

3.2.4 Required signal-to-noise ratio

3.2.5 Conversion of measured values

3.3 Méthodes de détermination de la conformité aux limites

3.3.1 Enregistrement de longue durée

3.3.2 Méthode d'échantillonnage

3.3.3 Méthodes par relevé

3.3.4 Autres critères pour définir le niveau de bruit acceptable

3.4 Exemples d'établissement des valeurs limites

3.4.1 Réception en radiodiffusion

3.4.2 Réception en télévision, 47 MHz à 230 MHz

3.5 Remarques additionnelles

4 Procédures d'établissement des limites des perturbations radioélectriques produites par les chaînes d'isolateurs

4.1 Considération générales

4.2 Types d'isolateurs

4.3 Influence des conditions superficielles des isolateurs

4.3.1 Isolateurs propres

4.3.2 Isolateurs légèrement pollués

4.3.3 Isolateurs pollués

4.4 Critères pour l'établissement des limites de perturbation radioélectrique pour les isolateurs

4.4.1 Critères pour isolateurs destinés aux zones de type A

4.4.2 Critères pour isolateurs destinés aux zones de type B

4.4.3 Isolateurs à installer dans des zones de type C

4.5 Recommandations

3.3 Methods of determining compliance with limits

3.3.1 Long-term recording

3.3.2 Sampling method

3.3.3 Survey methods

3.3.4 Alternative criteria for acceptable noise level

3.4 Examples for derivation of limits

3.4.1 Radio reception

3.4.2 Television reception, 47 MHz to 230 MHz

3.5 Additional remarks

4 Procedures for determining limits of radio noise produced by insulator sets

4.1 General considerations

4.2 Insulator types

4.3 Influence of insulator surface conditions

4.3.1 Clean insulators

4.3.2 Slightly polluted insulators

4.3.3 Polluted insulators

4.4 Criteria for setting up radio noise limits for insulators

4.4.1 Criterion for insulators to be installed in type A areas

4.4.2 Criterion for insulators to be installed in type B areas

4.4.3 Insulators to be installed in type C areas

4.5 Recommendations

Ajouter les articles suivants:

3 Méthodes d'établissement des limites des niveaux perturbateurs dues aux lignes à haute tension continue

Le CISPR étudie depuis de nombreuses années la question des limites du niveau perturbateur des lignes électriques et des équipements à haute tension, dans l'intention de protéger la réception des émissions de radio et de télévision. Le degré de gêne causé par le bruit perturbateur est déterminé par le rapport signal sur bruit au point de réception. Pour une gêne subjective comparable, ce rapport signal sur bruit dépend de la nature de la source perturbatrice. Pour un rapport signal sur bruit souhaité, le niveau acceptable des perturbations dépend de nombreux facteurs tels que: le niveau minimal du signal à protéger, la distance minimale séparant la ligne électrique de l'emplacement du récepteur, l'influence des conditions météorologiques, etc. D'autres difficultés se présentent pour spécifier les conditions dans lesquelles la conformité aux limites est vérifiée. Par exemple, les avis se partagent pour savoir si les mesures doivent être effectuées par beau ou mauvais temps ou encore dans les deux cas à la fois. Presque tous les facteurs d'importance majeure sont soumis à des variations statistiques et l'on s'est rendu compte que ces problèmes ne peuvent être pleinement résolus par des délibérations menées au niveau international. Néanmoins, certains pays ont établi des normes obligatoires pour les limites perturbatrices engendrées par les lignes à haute tension.

Les pays qui font partie du CISPR se sont mis d'accord pour que cet organisme établisse des directives pour une méthode simple et efficace de définition de limites au niveau national qui tiendrait compte des conditions particulières que les autorités de réglementation pourraient désirer adopter. En outre, il a été convenu que cette méthode destinée à établir les limites devrait être illustrée par des exemples fondés sur des niveaux de signal raisonnables, des installations réceptrices appropriées ainsi que sur des lignes de conception pratique et économique. La méthode doit permettre dans tous les cas l'estimation des effets causés par les lignes électriques sur la réception dans toute condition particulière.

Comme il est nécessaire de faire un certain nombre d'hypothèses arbitraires sur des paramètres aléatoires qui peuvent s'écarter des conditions réelles, et que des facteurs économiques sont aussi à considérer, les limites recommandées ne sauraient, par conséquent, assurer une protection à 100 % de la totalité des populations, fait habituellement accepté en normalisation.

3.1 Signification des limites CISPR pour les lignes et les équipements à haute tension

La Recommandation 46/1 du CISPR «Signification des valeurs limites spécifiées par le CISPR», ainsi que la section neuf de la CISPR 16 établissent les bases statistiques destinées à l'analyse des valeurs recueillies au cours d'essais effectués pour déterminer la conformité des appareils fabriqués en série aux valeurs limites CISPR.

Dans le cas des perturbations engendrées par les lignes et les équipements à haute tension, ce critère n'est pas directement applicable. Il est cependant possible de le relier à la distribution statistique du bruit en fonction de la variation des conditions atmosphériques. Pour les lignes et les équipements, la limite CISPR s'interprète comme un niveau perturbateur qui n'est pas dépassé pendant 80 % du temps. Cependant, comme il est indiqué en 1.4, l'application de la règle 80 %/80 % du CISPR nécessite d'un nombre plus élevé de mesures qu'il n'est spécifié dans la Recommandation 46/1. Il faut aussi

Add the following clauses:

3 Methods for derivation of limits for the radio noise due to HVDC lines

The CISPR has for many years considered the question of limits of radio noise from overhead power lines and high-voltage equipment in order to safeguard radio and television broadcast reception. The degree of annoyance caused by radio noise is determined by the signal-to-noise ratio at the receiving installation. For similar subjective annoyance, the signal-to-noise ratio depends on the nature of the noise source. Based on a required signal-to-noise ratio, many factors affect the acceptable level of noise, such as minimum signal level to be protected, minimum distance between power line and receiving location, effects of weather, etc. Further difficulties exist in specifying the conditions for verifying compliance with limits. For example, views are divided on whether measurements should be carried out in fair-weather, foul weather, or both. Practically every major factor is subject to statistical variation. It is recognized that international discussions cannot fully resolve these problems. Some countries have, however, laid down mandatory standards on limits of interference from power lines.

There is general agreement by countries participating in CISPR that guidance should be given by it on a simple and effective method for deriving limits on a national basis, taking into account particular conditions the regulatory authority may wish to adopt. Furthermore, it is agreed that the method of deriving limits should be illustrated by examples based on reasonable signal levels, adequate receiver installations and on practical and economical power line designs. The method should enable assessment of the effects of power lines on reception under any particular conditions.

Since a number of arbitrary assumptions about random parameters must be made, which may differ from actual conditions, and since economic factors must also be considered, recommended limits cannot assure 100 % protection to 100 % of the listeners or viewers. This fact is generally accepted in standardization.

3.1 Significance of CISPR limits for power lines and high-voltage equipment

CISPR Recommendation 46/1 "Significance of CISPR Limits" and Section Nine of CISPR 16, specify the statistical basis for analysing test data to determine compliance with a CISPR limit for mass-produced appliances.

In the case of noise from power lines and high-voltage equipment, this criterion is not directly applicable. It is, however, possible to relate it to the statistical distribution of noise due to the variation of atmospheric conditions. For power lines and equipment, the CISPR limit may be interpreted as the noise level not exceeded for 80 % of the time. However, as it is discussed in 1.4, this application of the CISPR 80%/80 % rule involves a larger number of measurements than is specified in Recommendation 46/1. It must also be realized that an 80 % level for conductor corona noise for d.c. lines will always be a

considérer qu'un niveau perturbateur à 80 % engendré par l'effet de couronne des conducteurs des lignes à courant continu sera toujours un niveau correspondant à du beau temps sous tous les climats, alors que pour les lignes à courant alternatif, le niveau à 80 % sous des climats tempérés sera généralement un niveau par mauvais temps, tandis que pour les climats secs, il sera en général un niveau par beau temps.

La figure 12, qui montre les distributions cumulées annuelles «tous temps» typiques pour les amplitudes des niveaux perturbateurs à 0,5 MHz des lignes à courant continu et à courant alternatif sous des climats tempérés, illustre bien cette différence entre les bruits engendrés par l'effet de couronne de ces deux types de lignes. Les organismes de réglementation tiendront compte de ces faits au moment de décider de l'adoption du niveau à 80 %.

D'autres critères, tels que les niveaux perturbateurs moyens par beau temps ou éventuellement les niveaux maximaux par beau temps pourraient également servir de base pour l'établissement des valeurs limites pour les lignes haute tension à courant continu. Normalement, le bruit par mauvais temps est inférieur (8.2 de la CISPR 18-1); par conséquent, le niveau perturbateur (50%) par beau temps est supérieur au niveau perturbateur par mauvais temps, mais la différence est très faible. Le niveau par beau temps devrait toujours servir de base pour l'établissement des valeurs limites concernant les lignes en haute tension à courant continu.

3.2 *Considérations d'ordre technique pour l'établissement de limites pour les lignes*

3.2.1 *Approche fondamentale*

La règle de base est d'obtenir un rapport signal sur bruit adéquat au point de réception de façon à recevoir de manière satisfaisante les signaux radiodiffusés. Pour ce qui est d'établir des règlements, c'est aux autorités de réglementation qu'incombe la responsabilité de définir les niveaux minimaux des signaux à protéger ainsi que le rapport signal sur bruit qui donnent une réception satisfaisante. Cette publication présente les informations les plus récentes sur les rapports signal sur bruit acceptables et donne des indications sur les niveaux minimaux à protéger. On y montre également comment on peut définir une «distance protégée» en combinant le niveau du signal protégé, le rapport signal sur bruit souhaité et le niveau de bruit à la distance de référence, c'est-à-dire à 20 m du plus proche conducteur positif de la ligne. Cette distance protégée est la valeur minimale de la distance à la ligne qu'il faut respecter pour protéger le signal radiodiffusé pendant une certaine proportion du temps. Si, par exemple, on choisit le niveau 80 % comme base de perturbations, la distance protégée est la valeur minimale de la distance à la ligne pour laquelle le niveau protégé minimal peut être reçu pendant 80 % du temps avec un rapport signal sur bruit acceptable. Si on utilise le niveau moyen par beau temps pour établir les limites, alors la distance protégée sera la valeur minimale de la distance à la ligne pour laquelle le niveau protégé minimal peut être reçu, par beau temps, pendant 50 % du temps avec un rapport signal sur bruit acceptable.

Il est bon de savoir que, pour la plupart des lieux, le niveau du signal est plus élevé que la valeur minimale et que l'on peut parfois bénéficier des propriétés directionnelles de certains modèles d'antennes de réception pour améliorer le rapport signal sur bruit. Il existe d'autre part des cas pour lesquels la distance entre la ligne électrique ou les équipements à haute tension, et le lieu de réception est inférieure à la distance protégée. En moyenne, ces deux situations s'équilibrent généralement, de sorte que la réception reste convenable même à des distances inférieures à la distance protégée. Pour les auditeurs ainsi situés, mais qui sont perturbés, il est possible de faire appel à des moyens de correction comme des antennes éloignées ou le raccordement à un réseau de distribution par câbles.

fair-weather level for all climates, whereas for a.c. lines, the 80 % level in moderate climates will usually be a foul-weather level, and for dry climates, it will usually be a fair-weather level.

Figure 12, which shows typical annual all-weather radio noise at 0,5 MHz cumulative amplitude distributions for an a.c. line and a bipolar d.c. line in moderate climates, illustrates this difference between corona noise from a.c. and d.c. lines. Regulatory authorities should keep these facts in mind when deciding an adoption of the 80 % level.

Other criteria, such as average fair-weather noise levels or possibly maximum fair-weather noise levels, could also be the basis for establishing limits for high-voltage direct current (HVDC) lines. Foul-weather noise is normally lower (8.2 of CISPR 18-1); therefore, the fair-weather noise level (50 %) is higher than the foul-weather noise level, but the difference is moderate. The fair-weather noise level should always be the basis for establishing limits for HVDC lines.

3.2 *Technical considerations for derivation of limits for lines*

3.2.1 *Basic approach*

The basic requirement is to obtain an adequate signal-to-noise ratio at the receiving installation for satisfactory reception of broadcast signals. When establishing regulations, it will be the responsibility of the regulatory authority to determine the minimum signal strengths to be protected and the signal-to-noise ratio that will give satisfactory reception. This publication presents the latest information on acceptable signal-to-noise ratios and gives some information on minimum signal levels to be protected. It also shows how the protected signal level and the required signal-to-noise ratio can be combined with the noise level at a reference distance of 20 m from the nearest positive conductor of the power line to develop a "protected distance". This protected distance represents the minimum distance from the line required to protect the minimum broadcast signal for a certain percentage of the time. For example, if the 80 % level is chosen as the basis for the radio noise, then this protected distance will be the minimum distance from the line at which the minimum protected signal can be received 80 % of the time with an acceptable signal-to-noise ratio. If the average fair-weather noise level is the basis for establishing limits, then this protected distance will be the minimum distance from the line at which the minimum protected signal level can be received for 50 % of the time during fair-weather with an acceptable signal-to-noise ratio.

It should be appreciated that at most locations the signal level will be higher than the minimum, and that advantage can sometimes be taken of the directional properties of certain types of receiving aerial to improve the signal-to-noise ratio. On the other hand, there will be cases where the distance between the power line, or high-voltage equipment, and the receiving location will be less than the protected distance. On a statistical basis, these factors will often tend to balance each other in such a way as to provide adequate reception even in cases falling within the protected distance. For those so placed who suffer interference, correction techniques may be employed, such as remote aerials or connection to cable systems.

3.2.2 *Domaine d'application*

Il faut observer qu'on considère ici seulement les interférences radioélectriques des lignes et postes en très haute tension continue produites par des discharges couronne sur les surfaces des conducteurs et des équipements haute tension. Les perturbations radioélectriques produites par les séquences d'enclenchement et de déclenchement des valves d'un poste de conversion ne sont pas prises en compte. Les systèmes de puissance et les domaines de fréquences considérés dans cette publication sont indiqués dans les deux paragraphes suivants.

3.2.2.1 *Systèmes de puissance considérés*

Les valeurs limites de perturbation dont traite cet article s'appliquent aux ouvrages électriques considérés de manière globale et non pas aux éléments individuels comme les transformateurs, les isolateurs, etc. La méthode de mesure du niveau perturbateur d'un élément est traitée en 1.3 de la CISPR 18-2 et le rapport entre ce niveau et celui engendré à 20 m de distance du conducteur le plus voisin d'une ligne est discuté en 6.2 de la CISPR 18-1. L'article 3 s'applique à toutes les lignes à courant continu de tension de 1 kV à ± 750 kV.

Les valeurs limites de perturbation se fondent sur des lois d'atténuation latérale applicables à des lignes électriques types ainsi que sur les méthodes et sur les appareils de mesure CISPR. Pour l'instant, il n'est pas possible de fournir de données bien établies pour les postes. Cependant, par simplicité, on peut utiliser les mêmes lois que pour les lignes, la distance de référence étant prise à 20 m de l'enceinte périphérique du poste. Il convient de noter que l'on ne considère que les perturbations permanentes engendrées par les postes. On ne tient pas compte des perturbations transitoires comme celles qui sont produites par la coupure des circuits de puissance.

3.2.2.2 *Domaine de fréquences*

Le domaine de fréquences concerné s'étend de 0,15 MHz à 300 MHz; il couvre spécifiquement les bandes de radiodiffusion à modulation d'amplitude de 0,15 MHz à 1,7 MHz ainsi que les bandes VHF allouées à la télévision et à la radiodiffusion à modulation de fréquence entre 47 MHz et 230 MHz. L'objectif est d'assurer la protection de niveaux «raisonnables» des signaux émis par ces services. Comme les lignes à haute tension ne produisent normalement que des perturbations négligeables à la réception des signaux au-delà de 300 MHz et que l'on ne dispose que de renseignements limités sur les niveaux de bruit à ces fréquences, les bandes de fréquences supérieures à 300 MHz sont exclues pour l'instant de cette publication.

La définition du qualificatif «raisonnable» est sujette à variation en fonction du type de service et de la région du monde considérée. L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) considère trois régions (1, 2 et 3). Les régions 1 et 3 sont de plus divisées en trois zones (A, B et C) d'après les conditions climatiques. La figure 10 montre ces régions et zones. Dans chaque région et zone, il y a des niveaux de puissance de transmission spécifiés, des niveaux minimaux de signal protégé, des rapports de protection requis, du même canal et du canal adjacent, etc.

En particulier, les bandes de radiodiffusion à ondes kilométriques de 0,15 MHz à 0,28 MHz et hectométriques de 0,5 MHz à 1,7 MHz font l'objet de règlements de l'UIT. Toutefois, dans l'application pratique, les niveaux minimaux de signal à protéger ainsi que les rapports de protection diffèrent souvent des avis les plus récents de l'UIT.

3.2.2 Scope

It must be noted that only radio interference from HVDC overhead power lines and converter stations is here considered, which is produced by corona discharges on the surface of conductors and high-voltage equipment. Radio interference produced by turn-on and turn-off sequences in the valves of a converter station is not taken into account. The power systems and the frequency ranges considered by this publication are indicated in the following two subclauses.

3.2.2.1 Power systems considered

The radio noise limits discussed in this subclause apply to the power system as a whole and not to its individual components such as transformers, insulators, etc. The method of measurement of the noise level of a component is discussed in 1.3 of CISPR 18-2, and the relation of this level to that which it would produce in service at a distance of 20 m from the nearest positive conductor of a power line is discussed in 6.2 of CISPR 18-1. Clause 3 applies to all HVDC lines operating at voltages from 1 kV to ± 750 kV.

The noise limits are based on lateral attenuation laws applicable to typical power lines and on the appropriate CISPR measuring methods and instruments. No well-established data are presently available for converter stations. For simplicity, however, the same laws may be used as for lines, the reference distance being taken as 20 m from the perimeter fence of the converter station. It should be noted that only persistent noise from converter stations is considered. Transient noise, such as that due to interruption of a power circuit, is not included.

3.2.2.2 Frequency range

The frequency range is from 0,15 MHz to 300 MHz, covering specifically the a.m. broadcast bands between 0,15 MHz and 1,7 MHz and the v.h.f. television and f.m. radio bands between 47 MHz and 230 MHz. The intent is to provide protection to "reasonable" signal levels of these services. Since power lines normally produce negligible interference to broadcast reception above 300 MHz, and since there is only limited information on noise levels at these frequencies, the bands above 300 MHz are not included at this time.

The definition of "reasonable" will vary with the type of service and part of the world. The International Telecommunications Union (ITU) considers three regions (1, 2 and 3). Regions 1 and 3 are further divided into three zones (A, B and C) based on climatic conditions. Figure 10 shows these regions and zones. Within each region and zone, there are specific transmitter power levels, minimum protected signal levels, required co-channel and adjacent channel protection ratios, etc.

In particular, the low and medium frequency broadcast bands 0,15 MHz to 0,28 MHz and 0,5 MHz to 1,7 MHz are regulated by the ITU. However, existing practices regarding minimum signal levels to be protected and also regarding protection ratios often differ from the latest recommendations of the ITU. In North America the 0,5 MHz to 1,7 MHz band is

En Amérique du Nord, la bande 0,5 MHz à 1,7 MHz est soumise aux règlements du North American Regional Broadcasting Agreement (NARBA [Accord régional nord-américain de radiodiffusion]). Il faut remarquer à ce propos que les différences résultent parfois de divergences entre les principes appliqués à la radiodiffusion. En Europe, par exemple, il est habituel de couvrir un pays entier au moyen de quelques émetteurs omnidirectionnels à grande puissance. Par contre, en Amérique du Nord, il existe une multitude de stations émettrices individuelles souvent équipées d'antennes très directives pour focaliser le signal sur une ville ou une région particulière. La puissance de l'émission est habituellement limitée à 50 kW et les niveaux de protection du signal reçu sont généralement inférieurs à ceux qui sont spécifiés en Europe.

NOTE - Les limites supérieures et inférieures des diverses bandes de fréquences, utilisées en radiodiffusion et données ici, sont des valeurs approximatives. Les valeurs exactes varient d'une région à l'autre et sont soumises à des révisions périodiques. (Voir [62]* pour plus de détails.)

3.2.3 Niveaux minimaux de signal radiodiffusé à protéger

Il appartient à chaque nation de fixer le niveau minimal de signal qui doit être protégé du bruit des lignes électriques et les conditions atmosphériques correspondantes. Pour les fréquences d'ondes kilométriques et hectométriques, l'UIT [63] a recommandé des valeurs minimales de champs nécessaires pour couvrir le bruit naturel (atmosphérique, cosmique, etc.). En vue de la planification de la radiodiffusion, l'UIT a également recommandé, uniquement à titre d'information, des valeurs de champ nominal utilisables. L'annexe C donne les valeurs recommandées tant pour le champ minimal que pour le champ nominal utilisable.

Comme les niveaux du bruit naturel varient dans le temps et avec les situations géographiques, des niveaux de signal inférieurs aux valeurs données peuvent être reçus de manière plus ou moins satisfaisante, sans que ce fait soit imputable au bruit dû aux lignes ou à d'autres activités industrielles.

Les niveaux minimaux de signal recommandés par le Comité Consultatif International des Radiocommunications (CCIR) pour les bandes VHF de la région 1 sont les suivants:

Bande de fréquences	Niveau minimal de signal
TV (bande I) 47 MHz à 68 MHz	48 dB (1 μ V/m)
FM (bande II) 87 MHz à 108 MHz	48 dB (1 μ V/m) (mono) 54 dB (1 μ V/m) (stéréo)
TV (bande III) 174 MHz à 230 MHz	55 dB (1 μ V/m)

Pour l'Amérique du Nord, les niveaux des signaux en bordure de la «zone desservie» d'une station de radiodiffusion sont définis par le NARBA et d'autres règlements [64 à 66]. Ces niveaux sont donnés dans l'annexe D.

Il est généralement admis que la radiodiffusion monoaurale à modulation de fréquence est automatiquement protégée lorsque les critères de protection de la TV en bandes I et III ont été fixés. Les règles de protection de la radiodiffusion stéréophonique à modulation de fréquence sont à l'étude. Pareillement, les bandes intermédiaires comme celles des ondes

* Les chiffres entre crochets se rapportent à «Bibliographie et références» des CISPR 18-1 (1982) et 18-2 (1986).

regulated by the North American Regional Broadcasting Agreement (NARBA). It should be noted here that some of the differences result from differences in broadcasting philosophies. In Europe, for example, it is usual to have a few omnidirectional transmitters of high power to cover an entire country. In North America, on the other hand, there is a multitude of individual stations, often with highly-directional aerial arrays aiming a signal at a particular city or region of the country. Transmitter power is usually limited to 50 kW and protected received signal levels are generally lower than those specified in Europe.

NOTE - The upper and lower limits of the various frequency bands, used for broadcasting and given here, are approximate values. Exact values vary from one region to another and are subject to periodic revisions. (See [62]* for more details.)

3.2.3 Minimum broadcast signal levels to be protected

Individual national authorities should determine the minimum signal levels to be protected from power-line noise related to appropriate weather conditions. For the low-frequency and medium-frequency bands, the ITU [63] has recommended minimum field strengths necessary to overcome natural noise (atmospheric noise, cosmic noise, etc.). For broadcast planning purposes, the ITU has also recommended, for information only, nominal usable field strengths. Appendix C gives recommended values for both the minimum and the nominal usable field strength.

Since natural noise levels vary with time and geographical location, signal levels below these values can sometimes be received satisfactorily and at other times unsatisfactorily, irrespective of power line or other man-made noise.

The minimum levels recommended by the International Radio Consultative Committee (CCIR) for the v.h.f. bands for Region 1 are as follows:

Frequency band	Minimum signal strength
Television band I, 47 MHz to 68 MHz	48 dB (1 μ V/m)
F.M. radio band II, 87 MHz to 108 MHz	48 dB (1 μ V/m) (for mono) 54 dB (1 μ V/m) (for stereo)
Television band III, 174 MHz to 230 MHz	55 dB (1 μ V/m)

In North America, signal levels at the edge of the service area of a broadcasting station are specified by NARBA and other standards [64 to 66]. These levels are given in Appendix D.

It is generally accepted that when criteria for the protection of TV in bands I and III have been fixed, f.m. monaural radio is automatically protected. The protection requirements for f.m. stereo radio are under consideration. Similarly, the intermediate bands, such as short wave, will automatically be protected by the medium-wave broadcast band

* The figures in square brackets refer to "Bibliography and references" of CISPR 18-1 (1982) and CISPR 18-2 (1986).

courtes, sont automatiquement protégées par les dispositions prises pour la protection de la bande de radiodiffusion en ondes moyennes. Cependant, certains services de télécommunications peuvent, dans certains cas, nécessiter des niveaux de protection différents dont les autorités nationales doivent tenir compte lors de l'étude des valeurs limites.

Il faut garder présent à l'esprit que tous ces niveaux minimaux de signal concernent la protection contre les perturbations dues à d'autres signaux radio ou au bruit naturel. Les perturbations dues aux lignes n'ont pas été prises en compte.

Etant donné l'adoption de valeurs largement différentes comme niveaux de signal utilisables dans les diverses zones mondiales, de jour ou de nuit, l'expression «niveau de signal raisonnable» doit être déterminée en fonction des facteurs correspondant aux différents niveaux. Si des niveaux inférieurs sont adoptés, il devient inévitable de faire la comparaison entre les perturbations dues aux lignes électriques et les perturbations issues d'autres sources et d'augmenter la distance protégée entre la ligne et le récepteur et/ou de diminuer le rapport signal sur bruit acceptable.

3.2.4 *Rapport signal sur bruit requis*

3.2.4.1 *Radiodiffusion*

Aucune recommandation exacte concernant les rapports signal sur bruit acceptables n'a encore été fixée pour les perturbations dues aux lignes électriques. Pour les besoins de la planification, l'UIT recommande un rapport signal désiré à signal brouilleur de 30 dB. Les niveaux NARBA sont établis sur la base d'un rapport de 26 dB.

Pour des rapports similaires, il semble que le bruit dû aux lignes donne lieu à des perturbations un peu moins gênantes que celles qui sont dues aux interférences entre canaux.

De même que pour les lignes à courant alternatif, la bibliographie [19, 20, 55, 68 et 69] présente les résultats d'investigation sur les rapports signaux sur bruit exigés pour une réception satisfaisante en présence de lignes de transport d'énergie en courant continu. Cependant, les études concernant les lignes à courant continu sont bien moins nombreuses que celles concernant les lignes à courant alternatif, et les essais de rapports signal sur bruit en courant continu ne sont pas aussi compatibles entre eux que le sont les essais des rapports signal sur bruit en courant alternatif. Certaines de ces études ont montré que dans le cas des lignes à courant continu, les rapports signal sur bruit pourraient être jusqu'à 9 dB inférieurs à ceux des lignes à courant alternatif, alors que d'autres études ont montré que des différences entre les lignes à courant continu et alternatif. En attendant que ces divergences puissent être résolues par des études à venir, il est conseillé aux organismes nationaux de réglementation d'utiliser les données des rapports signal sur bruit en courant alternatif pour l'établissement des limites pour les lignes à courant continu.

3.2.4.2 *Télévision*

Les rapports signal sur bruit requis pour les récepteurs de télévision sont moins définis que ceux qui s'appliquent à la radiodiffusion. Pour les normes européennes de télévision, la valeur de 40 dB semble acceptable de manière générale (la bande passante du mesureur CISPR étant de 120 kHz). Toutefois, des essais effectués au Royaume-Uni avec une image noir et blanc à modulation positive font ressortir qu'il est possible de réduire cette valeur d'environ 5 dB. Dans le cas des normes nord-américaines de télévision, plusieurs essais de portée limitée ont permis de suggérer 40 dB pour la télévision en noir et blanc [58]. Des essais sont en cours avec la télévision couleur. Il est nécessaire de poursuivre l'étude de toutes ces questions.

protection. However, in certain cases, there may be telecommunication services requiring different protections. These should be taken into account by national authorities when limits are being considered.

It should be borne in mind that all of these minimum signal levels are related to protection against interference from other radio signals or from natural noise. Interference from power line noise has not been considered.

With the widely differing values adopted for usable signal levels for different zones of the world, daytime and night time, the term "reasonable signal level" has to be established with regard to the factors relevant to the different levels. It is inevitable that if low levels are adopted, radio noise from power lines should be viewed in comparison with other sources of interference, and the protected distance between the power line and receiver should be increased and/or the acceptable signal-to-noise ratio reduced.

3.2.4 *Required signal-to-noise ratio*

3.2.4.1 *Radio broadcasting*

No exact recommendations regarding the acceptable signal-to-noise ratios have yet been devised for noise from power lines. For planning purposes, the ITU recommends a wanted-to-interfering signal ratio of 30 dB. NARBA levels are based on a ratio of 26 dB.

For similar ratios, power-line noise may represent somewhat less objectionable interference than does co-channel interference.

As for a.c. lines, the technical literature [19, 20, 55, 68 and 69] contains results of investigations of required signal-to-noise ratios for satisfactory reception in the presence of d.c. power-line noise. However, the number of investigations is much less for d.c. lines than for a.c. lines, and the d.c. signal-to-noise ratio tests are not as consistent with each other as are the a.c. signal-to-noise ratio tests. Some of the investigations have shown that in the case of d.c. lines the measured signal-to-noise ratios could be as much as 9 dB lower than for a.c. lines to give the same subjective impression, whereas other investigations have seen little difference between a.c. and d.c. lines. Until these discrepancies can be resolved by further research, it is recommended that a.c. signal-to-noise ratio data be used by National Regulatory Authorities in developing limits for d.c. lines.

3.2.4.2 *Television broadcasting*

The required signal-to-noise ratios for television reception are less definite than those for radio. For the European television standards, 40 dB appears to be generally acceptable (the bandwidth of the CISPR meter being 120 kHz). However, tests carried out in the United Kingdom with a positive modulated black and white picture showed that this value could be reduced by up to about 5 dB. For the North American television standards, several limited tests have suggested 40 dB for black and white television [58]. Tests on colour television are currently being carried out. Further consideration of all these issues is required.

Les fréquences de récurrence des impulsions de bruit causées par l'effet couronne et par des décharges peuvent différer considérablement, ce qui peut avoir une grande influence sur le degré de perturbation produit sur l'image télévisée. Bien qu'on ne dispose pas de beaucoup de renseignements à cet égard, cela pourrait entrer en ligne de compte lors de l'établissement des rapports signal sur bruit acceptables pour la réception de la télévision.

3.2.5 Conversion des valeurs mesurées

3.2.5.1 Lois d'atténuation

Pour les distances au plus proche conducteur de la ligne comprises entre 20 m et 100 m, le taux d'atténuation latérale varie suivant les bandes de fréquences et dépend aussi de la configuration de la ligne. Les valeurs approximatives suivantes devraient donner de bons résultats:

- 0,15 MHz à 0,4 MHz, le niveau perturbateur décroît en $D^{-1,8}$
- 0,4 MHz à 1,7 MHz, le niveau perturbateur décroît en $D^{-1,65}$
- 30 MHz à 100 MHz, le niveau perturbateur décroît en $D^{-1,2}$
- 100 MHz à 300 MHz, le niveau perturbateur décroît en $D^{-1,0}$

On peut penser que le facteur 1,65 est à peu près applicable entre 1,7 MHz et 30 MHz. Pour la bande de 30 MHz à 300 MHz, les valeurs indiquées se fondent sur un petit nombre de mesures, mais il ne faut pas oublier que le mécanisme et la loi d'atténuation dépendent du type de la source perturbatrice, par exemple effet couronne ou bruit engendré par décharges sur les accessoires.

Les niveaux perturbateurs pris à 20 m du conducteur le plus rapproché de la ligne peuvent donc être convertis pour la distance protégée à l'aide des formules suivantes:

$$0,15 \text{ MHz à } 0,4 \text{ MHz} \quad E_p = E_o - 36 \lg \frac{D_p}{20}$$

$$0,4 \text{ MHz à } 1,7 \text{ MHz} \quad E_p = E_o - 33 \lg \frac{D_p}{20}$$

où

E_p est le niveau perturbateur à la distance protégée, en dB (1µV/m);

E_o est le niveau perturbateur à 20 m, en dB (1µV/m);

D_p est la distance protégée (m).

NOTE - De nombreuses mesures pratiquées dans la bande des fréquences moyennes ont montré qu'en moyenne, le niveau perturbateur décroît en $D^{-1,65}$ près de la ligne (voir 4.2 de la CISPR 18-1). Aux distances plus grandes, cependant, certaines mesures ont fait apparaître qu'il décroît en D^{-1} . Si la distance dépasse environ 100 m, on peut donner une valeur plus précise du niveau perturbateur E_p grâce à l'expression:

0,4 MHz à 1,7 MHz

$$E_p = E_o - 23 - 20 \lg \frac{D_p}{100} \quad D_p > 100 \text{ m}$$

Il existe une certaine incertitude quant à la valeur de la distance latérale au-delà de laquelle cette expression s'applique. Dans la plupart des cas, cependant, le niveau de bruit aux distances supérieures à 100 m sera assez faible pour ne pas affecter la réception en radiodiffusion.

The repetition rates of noise pulses due to corona and to gap-type discharges may differ considerably. This may have a large influence on the degree of interference produced on a television picture. Although there is not much data available, this should be considered when establishing acceptable signal-to-noise ratios for television reception.

3.2.5 Conversion of measured values

3.2.5.1 Attenuation laws

The rate of lateral attenuation of radio noise, for distances between about 20 m and 100 m from the nearest positive conductor of a line, varies in different frequency ranges and also depends on the configuration of the line. The following approximate values should provide satisfactory results:

- 0,15 MHz to 0,4 MHz, noise level decreases as $D^{-1,8}$
- 0,4 MHz to 1,7 MHz, noise level decreases as $D^{-1,65}$
- 30 MHz to 100 MHz, noise level decreases as $D^{-1,2}$
- 100 MHz to 300 MHz, noise level decreases as $D^{-1,0}$

Presumably the factor 1,65 is somewhat valid between 1,7 MHz and 30 MHz. The information for the 30 MHz to 300 MHz band is based on a few measurements, but it must be appreciated that the mechanism and also the attenuation law are dependent on the type of noise source, for example conductor corona or gap-type discharges at fittings.

The noise levels referred to 20 m from the nearest conductor of a line may, therefore, be corrected to the protected distance, using the following correction formulae:

$$0,15 \text{ MHz to } 0,4 \text{ MHz} \quad E_p = E_o - 36 \lg \frac{D_p}{20}$$

$$0,4 \text{ MHz to } 1,7 \text{ MHz} \quad E_p = E_o - 33 \lg \frac{D_p}{20}$$

where

E_p is the radio noise level at protected distance, dB (1µV/m);

E_o is the radio noise level at 20 m, dB (1µV/m);

D_p is the protected distance (m).

NOTE Numerous measurements in the medium frequency band have demonstrated that, on average, the noise level decreases as $D^{-1,65}$ close to the line (see 4.2 of CISPR 18-1). For greater distances, however, some measurements have shown that it decreases as D^{-1} . For any distance greater than about 100 m, a more accurate value for the noise level E_p may be given by:

0,4 MHz to 1,7 MHz

$$E_p = E_o - 23 - 20 \lg \frac{D_p}{100} \quad D_p > 100 \text{ m}$$

There is a degree of uncertainty as to the lateral distance beyond which this formula applies. In most cases, however, at distances beyond 100 m the noise level will be so low that broadcast reception will not be affected.

3.2.5.2 Distance de mesure

Chaque fois qu'il est possible, les mesures doivent être faites à 20 m du pôle positif. Quand ce n'est pas possible, on peut utiliser les formules indiquées précédemment pour convertir les valeurs mesurées à une autre distance de la ligne en valeurs rapportées à la distance normale CISPR de 20 m. A titre de contrôle, on doit également faire des mesures à d'autres distances que 20 m. Dans tous ces cas, il est hautement préférable de mesurer la pente de l'atténuation latérale plutôt que d'avoir recours aux formules de conversion (voir aussi 1.2.3).

3.3 Méthodes de détermination de la conformité aux limites

On peut estimer le champ approximatif perturbateur d'une ligne dû à l'effet couronne des conducteurs, à l'aide de la suivante formule empirique (voir 8.2 de la CISPR 18-1) par beau temps à 0,5 MHz.

$$E = 38 + 1,6 (g_{\max} - 24) + 46 \lg r + 5 \lg n + 33 \lg \frac{20}{D}$$

en dB (1µV/m)

où

E est le champ perturbateur;

$g_{\max}$ est le gradient superficiel maximal de la ligne, en kilovolts par centimètre;

r est le rayon du conducteur ou sous-conducteur, en centimètres;

n est le nombre de sous-conducteurs;

D est la distance entre l'antenne et le plus proche conducteur, en mètres.

A des fréquences différentes de 0,5 MHz, surtout si l'on doit protéger un signal radio-diffusé spécifique, le niveau perturbateur estimé devrait être corrigé d'après la formule ci-après (voir aussi 4.2.1 et la figure B12 de la CISPR 18-1):

$$\Delta E \text{ (dB)} = 5 [1 - 2 (\lg 10 f)^2]$$

où ΔE (dB) est la variation du niveau perturbateur de la fréquence de référence de 0,5 MHz et f la fréquence exprimée en mégahertz dans la gamme de 0,15 MHz à 4 MHz. Cette correction est dérivée fondamentalement des lignes en courant alternatif et sera applicable aux lignes en courant continu jusqu'à ce que des expériences ultérieures soient acquises.

Il faut noter, en outre, que la formule pour estimer le niveau perturbateur donnée ci-dessus est représentative de la valeur 50 % en beau temps. Pour obtenir le niveau 80 % tous temps, 3 dB à 4 dB devraient être ajoutés à la formule.

Il est important de faire une estimation exacte des niveaux de bruit car il n'est pas possible de faire économiquement des corrections à la conception ou à la réalisation de la ligne, une fois celle-ci installée. La ligne étant en service, il existe plusieurs procédures de mesure à partir desquelles les estimations peuvent être vérifiées. Le choix de la méthode à employer dépendra du temps disponible pour les mesures et du degré de précision exigé.

3.2.5.2 Distance of measurement

Whenever possible, measurements should be made at a distance of 20 m from the positive pole. When this is not possible, the above formulae may be used to convert measured values taken at other distances to the standard CISPR distance of 20 m. Measurements should also be taken at distances other than 20 m for verification purposes. In all cases, measured profiles of lateral attenuation are greatly preferable to the use of correction formulae (see also 1.2.3).

3.3 Methods of determining compliance with limits

The approximate radio noise field due to conductor corona may be predicted for a power line by use of the following empirical formula (see 8.2 of CISPR 18-1) in fair-weather and at 0,5 MHz.

$$E = 38 + 1,6 (g_{\max} - 24) + 46 \lg r + 5 \lg n + 33 \lg \frac{20}{D}$$

in dB (1 µV/m)

where

- E is the radio noise field;
- $g_{\max}$ is the maximum surface gradient of the line, in kilovolts per centimetre;
- r is the radius of conductor or subconductor, in centimetres;
- n is the number of subconductors;
- D is the distance between aerial and nearest conductor, in metres.

At frequencies different from 0,5 MHz, especially if a signal at a specified broadcast frequency is to be protected, the calculated radio noise level should be corrected according to the following formula (see also 4.2.1 and figure B12 of CISPR 18-1):

$$\Delta E \text{ (dB)} = 5 [1 - 2 (\lg 10 f)^2]$$

where ΔE (dB) is the variation of the radio noise level from the reference frequency of 0,5 MHz and f is the frequency expressed in megahertz over the range 0,15 MHz to 4 MHz. This correction is basically derived from a.c. lines and is applicable to d.c. lines until further experience is achieved.

It should be noted that the prediction formula for the radio noise level given above represents the 50 % fair-weather value. In order to achieve the 80 % all-weather value, another 3 dB to 4 dB should be added to the formula.

Reliable prediction of noise levels is important, as no corrections of line design or construction can economically be made after the line has been built. Once the line is in service, there are several alternative measurement procedures by which this predicted level may be verified. The choice of method will depend on the time available for the measurements and on the degree of accuracy required.

3.3.1 *Enregistrement de longue durée*

C'est la méthode la plus précise pour évaluer le niveau perturbateur produit par une ligne électrique. Elle exige toutefois du temps pour obtenir les résultats. Un poste d'enregistrement des perturbations est installé près de la ligne étudiée et des mesures sont faites en permanence pendant au moins une année. L'adéquation du lieu d'enregistrement doit être vérifiée au moyen de mesures réparties en divers points de la ligne. Les résultats sont portés sur une courbe de probabilité du type représenté à la figure 3 de la CISPR 18-1. Le niveau cherché est lu sur la courbe au point correspondant au pourcentage de temps choisi pour spécifier la perturbation.

3.3.2 *Méthode d'échantillonnage*

Il s'agit d'une méthode pratique et précise qui répond à l'esprit de la Recommandation 46/1 du CISPR. On effectue au moins 15, mais 20 ou plus de préférence, groupes de mesures de niveaux perturbateurs en divers endroits de la ligne et pour diverses conditions météorologiques. Le choix des conditions météorologiques doit répondre plus ou moins à leur répartition dans le temps dans la région intéressant la ligne électrique. Les mesures relevées sont ensuite analysées selon les indications de 2.3.1, pour obtenir le niveau perturbateur qui ne sera pas dépassé pendant 50 %, 80 % ou 95 % du temps avec un niveau de confiance de 80 %, selon le critère retenu (voir 2.3.1). La méthode d'échantillonnage est décrite en détail en 1.4 pour le cas où le critère retenu est le niveau à 80 %.

3.3.3 *Méthodes par relevé*

Si le temps disponible ou toute autre raison ne permettent pas de faire appel aux méthodes précitées, on peut envisager l'alternative consistant à faire des mesures par beau temps. Cette manière de procéder peut être appropriée quand l'effet couronne des conducteurs est la source perturbatrice principale et quand l'on dispose des courbes de distribution du bruit radioélectrique pour le type particulier de ligne considéré et pour l'ensemble des conditions météorologiques d'une année. Ces courbes peuvent, par exemple être obtenues à partir de mesures précises effectuées antérieurement sur la même ligne ou une ligne équivalente dans des conditions climatiques semblables. On doit de préférence disposer de trois courbes de distribution, une pour le beau temps, une autre pour la pluie forte et une troisième pour toute l'année. Le 4.2.3 de la CISPR 18-1 traite de la distribution statistique.

Les mesures de beau temps doivent être effectuées en différents endroits de la ligne et à des moments différents. Le niveau «beau temps» à 50 % est déduit des résultats et utilisé comme référence pour l'ensemble de courbes précitées, à partir duquel on peut estimer le niveau «tous temps» à 80 %. Le succès de cette méthode dépend de la fiabilité des courbes de distribution. En général, la valeur du niveau 80 % «tous temps» est de 3 dB plus élevée que le niveau 50 % «beau temps».

3.3.4 *Critère alternatif pour définir le niveau de bruit acceptable*

Comme il a été mentionné en 2.2 on peut utiliser d'autres critères pour définir le niveau de bruit acceptable. Si, par exemple, on choisit d'utiliser le «niveau moyen par beau temps», il faut effectuer les mesures dans des conditions typiques de beau temps. Il convient de faire au moins trois mesures en trois endroits différents de la ligne. Si l'on dispose de temps, on doit recommencer un autre jour. On admettra que la moyenne de tous ces résultats de mesure représente le niveau perturbateur moyen de la ligne par beau temps.

3.3.1 Long-term recording

This is the most precise method for evaluating the noise level produced by a power line but it takes a long time to obtain the results. A noise-recording station is set up close to the power line under investigation and continuous measurements are made for at least one year. The suitability of the recording site must be checked by means of measurements at various points along the line. The results are plotted on a probability graph of the type shown in figure 3 of CISPR 18-1. At the percentage of time that has been selected for specifying the noise, the level is read from the graph.

3.3.2 Sampling method

This is a practical and accurate method that follows the spirit of CISPR Recommendation 46/1. At least 15 or preferably 20 or more individual sets of measurements of noise level are carried out at various locations along the line and under various weather conditions. The selection of different weather conditions should be more or less in proportion to the percentage of time each weather condition exists in the area of the power line. These measurements are then analysed to give the noise level that will not be exceeded for 50 %, 80 % or 95 % of the time, with an 80 % confidence, according to the chosen criterion (see 2.3.1). The sampling method is fully described in 1-4 in the case where the chosen criterion is the 80 % level.

3.3.3 Survey methods

If time or any other reason does not allow either of the above methods to be used, the alternative of making measurements in fair-weather may be considered. This can be adequate when conductor corona is the main noise source and when the radio noise distribution curves for the particular type of line for the all-year-round weather conditions are available. These curves could, for instance, have been obtained from previous accurate measurements on the actual or on the same type of line under similar climatic conditions. Preferably three distribution curves should be available: under fair-weather conditions, under heavy rain, and under all-year-round weather conditions. Statistical distributions are discussed in 4.2.3 of CISPR 18-1.

Fair-weather measurements have to be made at various locations along the line and at different times. From the results, the 50 % fair-weather level is deduced and used as a reference in the set of curves mentioned above. From the curves the all-weather 80 % value can then be assessed. The success of this method is dependent on the reliability of the distribution curves. In general the 80 % all-weather value is about 3 dB higher than the 50 % fair-weather value.

3.3.4 Alternative criteria for acceptable noise level

One of the alternative criteria for acceptable noise levels, as discussed in 2.2, may be used. If, for example, the average fair-weather noise level is chosen, then a series of measurements should be carried out during typical fair-weather conditions. At least three measurements should be carried out at three different locations along the line. If time permits, this should be repeated on another day. The average of all the measurement values will be considered to represent the average fair-weather noise level of the line.

3.4 Exemples d'établissement des valeurs limites

3.4.1 Réception en radiodiffusion

On donne ici des exemples de calculs de limites établies d'après les hypothèses exposées dans les paragraphes précédents. Il est possible de faire des hypothèses différentes sur le niveau de signal, le rapport signal sur bruit et la distance à la ligne, pour calculer les limites. Inversement, il est possible de calculer la distance minimale acceptable pour recevoir de façon satisfaisante un signal de niveau donné en présence d'un niveau perturbateur donné.

Il faut garder présent à l'esprit que les valeurs indiquées pour les lois d'atténuation latéral sont des valeurs moyennes qui dépendent de facteurs relatifs à la conception de la ligne et aux conditions locales. Elles peuvent varier avec la distance d'éloignement de la ligne et ne doivent pas être utilisées beaucoup plus loin qu'il n'est admis dans ce paragraphe.

3.4.1.1 Principe

La définition des limites des perturbations radio fait intervenir quatre paramètres (voir figure 11):

- le niveau minimal du signal à protéger;
- la valeur minimale du rapport signal sur bruit;
- le niveau de bruit de référence à 20 m du conducteur le plus proche, dans les conditions atmosphériques spécifiées;
- la «distance protégée», c'est-à-dire la valeur minimale de la distance à la ligne pour laquelle le signal peut être reçu de manière satisfaisante.

L'un quelconque de ces paramètres peut être déduit de la donnée des trois autres, ainsi que les deux exemples suivants l'illustrent.

3.4.1.2 Exemple 1

Si l'on connaît la valeur du niveau de bruit à 20 m du conducteur le plus proche, le niveau du signal protégé et le rapport signal sur bruit requis, on peut calculer la distance protégée D_p (en mètres) correspondant à une réception radio satisfaisante en ondes kilométriques et hectométriques, grâce à la formule suivante qui est donnée dans l'annexe F de la CISPR 18-2.

$$D_p = 10^{\left(\frac{E_o - E_p}{K} + 1,3\right)}$$

où

E_o est le niveau du bruit à 20 m du conducteur le plus proche, en dB (1µV/m);

$E_p = S_p - R_p$ est le niveau acceptable de bruit à la distance D_p , en dB (1µV/m);

R_p est le rapport signal sur bruit requis, en décibels;

S_p est le niveau du signal protégé, en dB (1µV/m).

E_p dépend de E_o et de D_p en accord avec la formule d'atténuation donnée en 3.2.5.1: $E_p = E_o - K \lg (D_p/20)$ où $K = 36$ et 33 pour les ondes kilométriques et pour celles hectométriques respectivement.

3.4 Examples for derivation of limits

3.4.1 Radio reception

Examples of the calculation of limits are given below based on the assumptions discussed in the preceding subclauses. Limits could also be calculated for different assumptions in respect of signal level, signal-to-noise ratio and distance from a power line. Conversely, for a given level of noise, the minimum acceptable distance for satisfactory reception of a given signal strength, could be calculated.

It should be borne in mind that the lateral attenuation laws quoted are average values. They depend on factors relating to both line design and local conditions. They may change with distance and should not be used for distances materially beyond those assumed in this subclause.

3.4.1.1 Principle

There are four parameters involved in the specification of radio noise limits (see figure 11):

- the minimum signal level to be protected;
- the minimum acceptable signal-to-noise ratio;
- the reference noise level, 20 m from the nearest conductor, during prescribed weather conditions;
- the "protected distance", that is, the minimum distance from the line at which the signal can be satisfactorily received.

If any three of these parameters are specified, the fourth can be determined. Two examples will demonstrate this.

3.4.1.2 Example 1

If the value of the noise level at 20 m from the nearest conductor, the protected signal level and the required signal-to-noise ratio are all known, the protected distance D_p (in meters) from the power line for satisfactory radio reception in the low and medium frequency bands may be calculated from the following formula, given in Appendix F of CISPR 18-2.

$$D_p = 10 \left(\frac{E_o - E_p}{K} + 1,3 \right)$$

where

E_o is the noise level at 20 m from the nearest conductor, in dB(1µV/m);

$E_p = S_p - R_p$ is the acceptable noise level at D_p , in dB(1µV/m) ;

R_p is the required signal-to-noise ratio, in decibels;

S_p is the protected signal level, in dB(1µV/m).

E_p depends on E_o and D_p according to the attenuation formula given in 3.2.5.1:
 $E_p = E_o - K \lg (D_p/20)$ where $K = 36$ and 33 for l.f. and for m.f. bands respectively.

En ondes hectométriques, la formule pour la distance protégée D_p est exacte jusqu'à une distance d'environ 100 m.

Supposons, par exemple, que l'on veuille calculer, pour une ligne donnée, la distance à partir de laquelle un signal de 72 dB (1µV/m) de fréquence 1 MHz peut être reçu avec un rapport signal sur bruit de 35 dB. Le bruit de la ligne, mesuré par la méthode CISPR normale, est de 50 dB (1µV/m). Le calcul se déroule de la manière suivante:

Niveau du signal protégé à la fréquence de 1 MHz	$S_p = 72 \text{ dB (1µV/m)}$
Rapport signal sur bruit requis	$R_p = 35 \text{ dB}$
Niveau de bruit admissible à la distance protégée de la ligne	$N_p = S_p - R_p = 37 \text{ dB (1µV/m)}$
Niveau de bruit mesuré à 20 m du conducteur le plus proche et à 0,5 MHz	50 dB (1µV/m)
Niveau de bruit à 1 MHz (La correction de 6 dB est lue sur la figure B12 de la CISPR 18-1)	$E_o = 50 - 6 = 44 \text{ dB (1µV/m)}$
Distance protégée	$D_p = 10^{\left(\frac{44 + 35 - 72}{33} + 1,3\right)}$

Donc: $D_p = 32 \text{ m}$ par rapport au conducteur le plus proche.

3.4.1.3 Exemple 2

Dans ce deuxième exemple, il faut protéger un signal radiodiffusé à 1 MHz, de niveau 65 dB (1µV/m), avec un rapport signal sur bruit de 30 dB, pour toutes les distances à la ligne supérieures à 100 m.

On calcule le niveau de bruit de référence admissible à 20 m de la façon suivante:

Niveau du signal protégé à la fréquence de 1 MHz	65 dB (1 µV/m)
Niveau de bruit admissible à la distance protégée de la ligne	$65 - 30 = 35 \text{ dB (1 µV/m)}$
Atténuation de 20 m à 100 m	$33 \lg \frac{100}{20} = 23 \text{ dB}$
Niveau de bruit de référence admissible à 20 m à la fréquence de 1 MHz	$35 + 23 = 58 \text{ dB (1 µV/m)}$
Donc: niveau de bruit de référence admissible à la fréquence CISPR (0,5 MHz) (La correction de 6 dB est lue sur la figure B12 de la CISPR 18-1.)	$58 + 6 = 64 \text{ dB (1 µV/m)}$

3.4.2 Réception en télévision, 47 MHz à 230 MHz

La question demeure à l'étude car on ne dispose pas actuellement de renseignements suffisants pour présenter des exemples significatifs.

In the m.f. band, the formula for the protected distance D_p is accurate for distances up to about 100 m.

As an example, the distance from a given power line at which a signal of 72 dB (1µV/m) at 1 MHz may be received with a signal-to-noise ratio of 35 dB is required. The line noise measured by the standard CISPR method is found to be 50 dB (1µV/m). The following calculation is made:

Protected signal level at 1 MHz	$S_p = 72 \text{ dB (1µV/m)}$
Required signal-to-noise ratio	$R_p = 35 \text{ dB}$
Acceptable noise level at protected distance from line	$N_p = S_p - R_p = 37 \text{ dB (1µV/m)}$
Measured noise level at 20 m from nearest conductor at 0,5 MHz	50 dB (1µV/m)
Noise level at 1 MHz (The 6 dB correction comes from figure B12 of CISPR 18-1)	$E_o = 50 - 6 = 44 \text{ dB (1µV/m)}$
Protected distance	$D_p = 10^{\left(\frac{44 + 35 - 72}{33} + 1,3 \right)}$

Therefore: $D_p = 32 \text{ m}$ from nearest conductor.

3.4.1.3 Example 2

In this second example a broadcast signal at 1 MHz, 65 dB (1µV/m), is to be protected with a signal-to-noise ratio of 30 dB at distances greater than 100 m from the power line.

The acceptable reference noise level at 20 m is calculated as follows:

Protected signal level at 1 MHz	65 dB (1 µV/m)
Acceptable noise level at protected distance from line	$65 - 30 = 35 \text{ dB (1 µV/m)}$
Attenuation from 20 m to 100 m	$33 \lg \frac{100}{20} = 23 \text{ dB}$
Acceptable reference noise level at 20 m from nearest conductor, at 1 MHz	$35 + 23 = 58 \text{ dB (1 µV/m)}$
Therefore: acceptable reference noise level at CISPR reference frequency (0,5 MHz) (The 6 dB correction comes from Figure B12 of CISPR Publication 18-1.)	$58 + 6 = 64 \text{ dB (1 µV/m)}$

3.4.2 Television reception, 47 MHz to 230 MHz

This is under consideration. Insufficient information is presently available to permit presentation of meaningful examples.

3.5 Remarques additionnelles

Jusqu'à présent, la plupart des essais sur le terrain ont été effectués dans les bandes à ondes kilométriques et hectométriques. En conséquence, il convient de tenir toute donnée concernant la bande des VHF comme préliminaire et de ne pas en tirer des conclusions majeures. La question demeure à l'étude dans son ensemble.

Si les limites se fondent sur les niveaux de bruit mesurés puis évalués statistiquement selon les indications de 1.4, ils représentent aussi des valeurs statistiques qui ne sont pas dépassées pendant 80 % du temps. Pour le bruit d'origine couronne, il convient de remarquer que ces valeurs sont de 3 dB plus élevées que les niveaux moyens observés par beau temps. Il faut tenir compte de ce fait pour comparer ces valeurs avec les normes que divers pays ont spécifiées comme conditions types de beau temps.

Comme dans le cas d'autres sources de perturbation éventuelles pour lesquelles le CISPR a établi des limites, les exemples présentés ici se fondent sur des prescriptions de protection de la réception intéressant la grande majorité des auditeurs ou des téléspectateurs, dans des conditions prévalant la plus grande partie du temps et pour la majorité des lieux de réception. Ces valeurs ne sauraient tenir compte des quelques cas exceptionnels où interviennent un certain nombre de facteurs défavorables.

L'expérience a montré que des niveaux de bruit acceptables dans ce paragraphe peuvent être observés avec des lignes de conception et de construction appropriées et convenablement entretenues. On trouve certainement des niveaux considérablement plus faibles sur de nombreuses lignes en exploitation pour lesquelles des prescriptions autres que la protection radioélectrique ont conduit à des réalisations faisant appel à des conducteurs de section plus forte (par exemple à courant élevé). On estime que la méthode d'établissement des valeurs limites préconisée dans ce paragraphe représente une bonne pratique technique et qu'elle peut servir de base pour établir de telles limites.

4 Procédure d'établissement des limites des perturbations radioélectriques produites par les chaînes d'isolateurs

4.1 Considérations générales

La publication CISPR 18-2 (1986) présente les procédures générales d'établissement des limites de perturbations radioélectriques produites par les lignes à haute tension et les postes. Dans l'article 2.7, les considérations techniques sont données, en référence avec les bandes de radiodiffusion en basse et moyenne fréquence, pour la coordination des perturbations radioélectriques produites par les chaînes d'isolateurs avec celles produites par les conducteurs.

Le principe général pour cette coordination est de concevoir les chaînes d'isolateurs de manière à ce que leur contribution en fait de perturbation au niveau total de la ligne ou du poste soit négligeable quelles que soient les conditions superficielles des isolateurs. Dans ce cas, une différence de 10 dB entre le courant perturbateur produit par le conducteur d'une phase d'une portée de ligne et celui d'une chaîne d'isolateurs est considérée comme étant appropriée. En outre, en accord avec ce principe, il convient que le courant perturbateur injecté dans les lignes en sortie par les isolateurs d'un poste, n'augmente pas le niveau perturbateur inhérent de ces lignes. Pour limiter cette augmentation à une valeur maximale de 3 dB, le courant perturbateur produit par chaque chaîne du poste ne devrait pas dépasser la valeur $I_0 = I_n / \sqrt{N}$ où I est le courant perturbateur du conducteur de ligne du côté du poste, n le nombre des lignes en sortie, N le nombre de chaînes d'isolateurs dans le poste.

3.5 Additional remarks

Most field tests to date have been carried out in the low and medium frequency bands. Therefore, any data presented on the v.h.f. band should be considered as provisional and major conclusions should not be based on it. This whole subject is still under consideration.

If limits are based on noise levels measured and statistically evaluated in accordance with 1.4, they also represent statistical values not exceeded for 80 % of the time. For conductor corona noise it should be noted that these values are about 3 dB higher than average fair-weather levels. This factor should be taken into account when these values are compared with standards for typical fair-weather conditions laid down in various countries.

As in the case of other sources of possible interference for which CISPR limits exist, examples of limits presented here are based on the requirements for the protection of reception for the large majority of listeners or viewers under conditions prevailing at the majority of sites during most of the time. Such values cannot cater for the few exceptional cases where a number of unfavourable factors coincide.

Practice has shown that acceptable noise levels in this subclause can be met with well-maintained power lines of adequate design and construction. Indeed, considerably lower levels are found on many operational lines where requirements other than radio noise lead to designs with larger conductor sizes (for example high current-carrying capacity). It is considered that the methods of deriving limits indicated in this subclause represent good engineering practice and could serve as the basis for establishing such limits.

4 Procedures for determining limits of radio noise produced by insulator sets

4.1 General considerations

CISPR publication 18-2 (1986) gives general procedures for setting up limits of the radio noise produced by overhead lines and substations. In clause 2.7 technical considerations are given, with reference to low and medium frequency broadcast bands, for the coordination of the radio noise produced by the insulator sets with that produced by the conductors.

The general principle for this coordination is to design the insulator sets in such a way that their noise contribution to the overall noise of the line or of the substation is negligible for any surface condition of the insulators. In this respect, a difference of 10 dB between the radio noise current produced by one span of one phase conductor and that of one insulator assembly is considered as being adequate. In addition, following this principle, the noise current injected into the outgoing lines by the insulator assemblies of a substation, should not increase the intrinsic noise of these lines. To limit any increase to a maximum value of 3 dB, the radio noise current produced by each insulator assembly within the substation should not exceed the value $I_0 = I / n / \sqrt{N}$, where I is the line conductor noise current at the substation side, n the number of outgoing lines and N the number of insulator sets in the substation.

Le principe décrit ci-dessus est justifié économiquement lorsque les niveaux perturbateurs produits par les conducteurs de ligne sont proches du niveau maximal admissible (c'est-à-dire gradients supérieurs à 12 kVrms/cm à 14 kVrms/cm). Pour des niveaux perturbateurs de conducteurs inférieurs, ce principe peut s'avérer ne pas être économique, et il peut être accepté que la perturbation radioélectrique due à une chaîne soit supérieure à celle produite par les conducteurs. Dans ce cas, la limite du courant perturbateur de chaque chaîne d'isolateurs est directement obtenue du niveau total admissible de la ligne.

Selon la CISPR 18-2 et la CEI 437, la vérification du niveau perturbateur des chaînes d'isolateur est actuellement faite en référence seulement à une condition standard et reproductible des isolateurs (propres et secs).

Etant donné que l'influence des conditions ambiantes et climatiques n'est pas la même pour les conducteurs et les isolateurs, les limites du niveau perturbateur établies en considérant seulement la condition d'état propre et sec ne pourrait pas garantir des valeurs acceptables pour les autres conditions.

Cet article entend donner, sur la base des résultats d'essais systématiques des perturbations radioélectriques dans différents pays, sur différents types d'isolateurs, un guide pour prendre en considération l'effet des conditions superficielles de l'isolateur dans la sélection des limites du niveau perturbateur des chaînes d'isolateurs. Les limites et les méthodes d'essai indiquées s'appliquent aux isolateurs qui doivent être installés dans des zones où ils resteront propres ou faiblement pollués. Pour les isolateurs dans des conditions polluées, avec humidité élevée et contournements des bandes sèches, on donne seulement des indications sur des mesures possibles pour réduire le niveau perturbateur.

4.2 Types d'isolateurs

Les critères présentés dans cette publication sont principalement applicables aux isolateurs capot et tige, pour lesquels une information plus complète sur l'influence des conditions superficielles sur le comportement radioélectrique des isolateurs est disponible. Pour les isolateurs à long fût, on ne trouve dans la documentation existante que peu d'informations. De toute manière on peut dire que pour ce type d'isolateurs, le problème des perturbations radioélectriques est généralement peu important dans des conditions de propreté et de faible pollution; en cas de pollution importante, les conclusions qui peuvent être tirées pour les isolateurs capot et tige peuvent généralement être également faites pour les isolateurs à long fût.

En outre, pour ce qui concerne les isolateurs capot et tige, pour des raisons pratiques, la majorité des données disponibles se réfère aux éléments de chaîne d'isolateurs. Toutefois, pour ce qui est des conditions d'état sec, les différences entre les niveaux de tension perturbatrice des isolateurs pollués et propres obtenues sur des éléments de chaîne sont également directement applicables aux chaînes d'isolateurs, en considérant que la distribution de potentiel le long de la chaîne est déterminée par les capacités de la chaîne elle-même et pourtant n'est pas influencée par la pollution sèche. Dans des conditions d'humidité, à la fois pour les isolateurs propres et pollués, les différences de niveaux de tension perturbatrice en comparaison avec les conditions sèches sont généralement inférieures pour les chaînes que pour les éléments de chaîne, en considérant la meilleure distribution du potentiel dans des conditions humides: les conclusions relatives aux différences citées pour les éléments de chaîne sont par conséquent conservatives lorsqu'elles s'appliquent aux chaînes d'isolateurs.

The above principle is economically justified when the noise level produced by the conductors is close to the maximum admissible level (e.g. gradients greater than 12 kVrms/cm to 14 kVrms/cm). For lower conductor noise this principle could be uneconomic and it could be acceptable that the radio noise produced by the insulator sets prevails in respect to the noise produced by the conductors. In this case the limit for the radio noise current of each insulator assembly is directly obtained from the maximum admissible overall level of the line.

According to CISPR 18-2 and IEC 437, the verification of the radio noise level of the insulator assembly is at present made with reference to only a standard and reproducible condition of the insulators (clean and dry).

Since the influence of ambient and weather conditions is not the same for conductors and insulators, radio noise limits for insulators established considering only the clean and dry condition may not guarantee acceptable values for other conditions.

This clause intends to give, on the basis of the results of systematic radio noise tests in different countries on various types of insulators, guidance to take into account the effect of the insulator surface conditions in the selection of the radio noise limits of insulator sets. The limits and test procedures suggested are applicable to the cases of insulators to be installed in areas where they will remain clean or slightly polluted. For insulators in polluted conditions, with high humidity and formation of sparks across dry bands, only some indications about possible remedies are indicated.

4.2 *Insulator types*

The criteria given in this publication are mainly applicable to cap-and-pin type insulators, for which more complete information on the influence of surface conditions on the radio noise performance of insulators is available. For long-rod insulators only a little data can be found in the literature. However, it can be assumed that for this type of insulator the radio noise problem is generally of little concern in clean and slightly polluted conditions; for heavy pollution the conclusions that will be drawn for cap-and-pin insulators can be generally applied to long rod insulators.

In addition, regarding cap-and-pin insulators, for practical reasons the majority of the available data refers to single insulator units. However, as regards dry conditions, the difference between the radio noise voltage levels of polluted and clean insulators obtained on single units is directly applicable also to insulator sets, since the voltage distribution along the string is being determined by the string capacitances and therefore are not affected by dry pollution. In wet conditions, both for clean and polluted insulators, the differences of radio noise voltage levels in comparison with the dry conditions are generally lower for the strings than for the insulator units considering the better voltage distribution in wet conditions: conclusions on the above differences for insulator units are therefore on the safe side when applied to the insulator sets.

4.3 Influence des conditions superficielles des isolateurs

L'analyse du comportement des isolateurs par rapport aux conditions superficielles est faite selon la classification suivante:

- *isolateurs propres*: c'est une condition idéale dans laquelle les isolateurs restent parfaitement propres, dans un état voisin de la situation de l'essai de laboratoire actuel, en accord avec la CISPR 18-2 et la CEI 437;
- *isolateurs légèrement pollués*: aucune bande sèche importante n'est présente dans des conditions humides; c'est la situation la plus habituelle dans des zones relativement propres après une certaine période de service;
- *isolateurs pollués*: des bandes sèches sont présentes dans des conditions humides; c'est la situation de fonctionnement dans les régions polluées à différents degrés de pollution.

L'analyse des données confirme qu'il est très difficile de tirer des conclusions générales sur l'effet des conditions superficielles, étant donné la grande dispersion des résultats, surtout dans des conditions d'isolateurs légèrement pollués, et étant donné le différent comportement des différents types d'isolateurs.

Malgré ces restrictions, il est possible de donner quelques indications qualitatives et des évaluations moyennes quantitatives du comportement des isolateurs.

Les considérations générales suivantes s'appliquent également aux isolateurs capot et tige en verre ou en porcelaine.

4.3.1 Isolateurs propres

Le niveau perturbateur des isolateurs diminue en correspondance d'une augmentation de l'humidité relative de l'air pour tous les types d'isolateurs. La figure 13 propose un exemple de comportement typique pour des éléments de chaîne d'isolateurs capot et tige; pour des chaînes d'isolateurs l'influence est plus prononcée, du fait de l'effet favorable de l'humidité qui rend plus linéaire la distribution du potentiel le long de la chaîne. De toute manière, la diminution du niveau perturbateur avec une augmentation de l'humidité est beaucoup plus élevée pour les isolateurs que pour les conducteurs, pour lesquels cette réduction est négligeable.

En présence de condensation sans gouttes d'eau, due à la présence de brouillard ou de rosée, le comportement perturbateur d'un isolateur propre est semblable à celui du même isolateur à un très haut degré d'humidité (90 % – 95 %).

Le niveau perturbateur des isolateurs augmente en présence de gouttes d'eau sur la surface de l'isolateur (présence d'eau due à la pluie, à un épais brouillard ou à une importante rosée, à la neige ou à la glace). Toutefois cette augmentation est généralement inférieure à celle que l'on remarque sur les conducteurs (10 dB – 12 dB par rapport aux 18 dB – 22 dB).

Le spectre de fréquence de la perturbation radioélectrique des isolateurs propres est semblable à celui des conducteurs.

4.3 Influence of insulator surface conditions

The analysis of the radio noise behaviour of the insulators in respect of the surface conditions is made with reference to the following classification:

- *clean insulators*: it is an ideal condition in which the insulators remain completely clean, close to the situation of the present laboratory test according to CISPR 18-2 and IEC 437;
- *slightly polluted insulators*: no important dry-bands are present in wet conditions; it is the most common situation in relatively clean areas after a certain period of service;
- *polluted insulators*: dry bands are present in wet conditions; it is the situation in service in polluted areas of various pollution severities.

The analysis of the data confirms that it is very difficult to give general conclusions on the effects of surface conditions, due to the great dispersion of the results, especially when the insulators are slightly polluted, and due to the different behaviour of the different types of insulators.

Even with these limitations, it is possible to give some qualitative trends and average quantitative estimations.

The following general considerations apply both to glass and to porcelain cap and pin insulators.

4.3.1 Clean insulators

The radio noise level of insulators decreases with the increase of the relative air humidity for all types of insulators. Figure 13 gives an example of typical trends for individual cap-and-pin insulator units; for insulator strings the influence is more pronounced, considering the favourable effect of the humidity, which linearizes the voltage distribution along the string. In any case, the reduction of the radio noise level with an increase of the humidity is much higher for the insulators than for the conductors, for which this reduction is negligible.

In the presence of condensation without water drops, due to light fog or dew, the radio noise behaviour of a clean insulator is similar to that of the same insulator at very high humidity (90 % – 95 %).

The radio noise level of insulators increases in the presence of water drops on the insulator surface (due to rain, thick fog or dew, snow, ice). However, this increase is generally lower than in the case of conductors (10 dB – 12 dB compared to 18 dB – 22 dB).

The radio noise frequency spectrum of clean insulators is similar to that of the conductor.

4.3.2 *Isolateurs légèrement pollués*

Dans des conditions légèrement polluées, la majorité des isolateurs montre un comportement perturbateur, en fonction de l'humidité relative de l'air, très semblable à celui des mêmes isolateurs propres. Néanmoins, certains types d'isolateurs avec des caractéristiques particulières, comme des isolateurs à haute résistance mécanique ou spécifiquement conçus pour un très faible niveau perturbateur en conditions propres et sèches, peuvent présenter des comportements différents. En ce qui concerne en particulier les isolateurs avec très faible niveau perturbateur en conditions propres, il a été expérimenté pour quelques-uns d'entre eux, une augmentation importante du niveau perturbateur au dessus d'une humidité relative de l'air de 50 % – 60 %, comme montré dans l'exemple de la figure 13.

En présence de condensation sans gouttes d'eau sur la surface, du fait d'un léger brouillard ou de la rosée, le niveau perturbateur d'un isolateur légèrement pollué est semblable à celui du même isolateur à un très haut degré d'humidité (90 % – 95 %).

En présence de gouttes d'eau (dues à la présence de pluie, de brouillard épais ou de rosée, de neige ou de glace) le niveau perturbateur d'un isolateur légèrement pollué n'est pas très différent de celui d'un isolateur propre.

Comme dans le cas d'isolateurs propres, le spectre de fréquence du bruit radioélectrique d'isolateurs légèrement pollués est semblable à celui du conducteur.

4.3.3 *Isolateurs pollués*

Pour un taux d'humidité relative de l'air inférieur à 60 % – 75 %, le niveau perturbateur radioélectrique des isolateurs pollués est semblable à celui des isolateurs propres et légèrement pollués.

Pour des taux d'humidité supérieurs, ou dans le cas de condensation (brouillard léger ou rosée), le phénomène de pré-contournement à travers les bandes sèches produit de très hauts niveaux d'interférence; ces niveaux ne sont pas en rapport avec ceux rencontrés dans des conditions de propreté ou de pollution légère; ils peuvent seulement être contrôlés par une réduction draconienne de la contrainte de tension (augmentation de manière non réaliste de la longueur de la chaîne d'isolateurs ou de la ligne de fuite par rapport à celui imposé par les exigences d'isolation). D'autres remèdes spéciaux, correspondant à une réduction des impulsions du courant de fuite, consistent dans l'utilisation d'isolateurs spéciaux (isolateurs composites, isolateurs avec email semiconducteurs), le graissage ou le lavage des isolateurs.

En présence de gouttes d'eau sur les isolateurs (pluie, brouillard épais et rosée) la situation critique se présente au départ, lorsque l'isolateur est encore très pollué: ici le phénomène prédominant est le pré-contournement à travers les bandes sèches. Après un certain laps de temps, selon l'intensité de la pluie, du brouillard, ou de la rosée, et selon la forme de l'isolateur, le niveau perturbateur s'oriente vers celui des isolateurs légèrement pollués ou propres en présence de gouttes d'eau.

Le spectre de fréquence des isolateurs humides et pollués avec pré-contournements sur les bandes sèches s'étend à des fréquences plus élevées (jusqu'à quelques dizaines de mégahertz) que dans les autres cas: les réceptions en modulation de fréquence et la télévision peuvent être perturbées.

4.3.2 *Slightly polluted insulators*

Under slightly polluted conditions, the majority of insulator types show a radio noise behaviour, as a function of the relative air humidity, similar to that of the same insulators in clean conditions. However, some types of insulators with particular characteristics, such as high mechanical performances or especially designed for very low radio noise in clean and dry conditions, may present a different behaviour. As regards in particular the insulators with very low radio noise levels in clean conditions, a great increase of the radio noise level at relative air humidity greater than 50 % – 60 % was found for some of them, as shown by figure 13.

In the presence of condensation without water drops on the insulators, due to light fog or dew, the radio noise behaviour of a slightly polluted insulator is similar to that of the same insulator at very high humidities (90 % – 95 %).

In the presence of water drops (due to rain, thick fog or dew, snow, ice) the radio noise behaviour of a slightly polluted insulator does not appreciably differ from that of a clean insulator.

As in the case of clean insulators, the radio noise frequency spectrum of slightly polluted insulators is similar to that of the conductor.

4.3.3 *Polluted insulators*

For relative air humidity lower than 60 % – 75 %, the radio noise behaviour of polluted insulators is similar to that of clean and slightly polluted insulators.

For higher humidities or in case of condensation (light fog or dew), the predischage phenomenon across dry bands produces very high noise levels; these levels are not related to those found in clean or slightly polluted conditions; they can only be controlled by drastically reducing the voltage stress (increase in an unrealistic manner of the insulator string length or of the leakage path in respect of that imposed by insulation requirements). Other special remedies, corresponding to limiting the pulses of the leakage current, are the use of special insulators (composite insulators, semiconducting-glazed insulators), greasing or washing of insulators.

In the presence of water drops on the insulators (rain, thick fog and dew) the critical situation is at the beginning, when the insulator is still heavily polluted: here the predominant phenomenon is predischage across the dry bands. After a certain time, depending on the intensity of the rain, fog, or dew and on the shape of the insulator, the radio noise behaviour tends to that of slightly polluted and clean insulators in presence of water drops.

The frequency spectrum of wet polluted insulators with predischages across the dry bands extends to higher frequencies (up to few tens of megahertz) than in the other cases: medium frequency and television reception can be disturbed.

4.4 Critères pour l'établissement des limites de perturbation radioélectrique pour les isolateurs

Sur la base des considérations énoncées dans les articles précédents, les critères d'établissement des limites et des modalités d'essai des isolateurs doivent être établis vis-à-vis des différentes zones dans lesquelles les isolateurs doivent être installés. Ces zones sont les suivantes:

Zones de type A: zones dans lesquelles les isolateurs restent propres: elles sont généralement caractérisées par l'absence de phénomènes polluants et par des actions fréquentes de lavage naturel des isolateurs par la pluie ou par des condensations fortes et fréquentes;

Zones de type B: zones dans lesquelles les isolateurs deviennent légèrement pollués: elle sont caractérisées généralement par des phénomènes polluants de faible intensité et par des actions de lavage naturel des isolateurs par la pluie ou par des condensations qui limitent l'accumulation de polluant sur la surface de façon que les pré-contournements à travers les bandes sèches s'avèrent rares;

Zones de type C: zones dans lesquelles les isolateurs deviennent pollués de façon que la formation de pré-contournement à travers les bandes sèches soit fréquente.

4.4.1 Critères pour isolateurs destinés aux zones de type A

Pour ces zones, l'essai actuel de niveau perturbateur avec isolateurs secs et propres est suffisant. Les critères de coordination et la marge M de 10 dB indiqués à l'article 4.1 garantissent un comportement perturbateur acceptable des chaînes d'isolateurs quelles que soient les conditions atmosphériques. Si l'on considère la grande influence de l'humidité relative, l'essai devrait être réalisé dans un intervalle limité des taux d'humidité (50 % – 70 % par exemple).

4.4.2 Critères pour isolateurs destinés aux zones de type B

Pour ces zones l'essai actuel sur isolateurs propres et secs, associé aux critères de coordination et aux marges indiqués en 4.1 n'est pas suffisant pour garantir dans tous les cas un comportement perturbateur acceptable des chaînes d'isolateurs quelles que soient les conditions atmosphériques: en effet, comme indiqué en 4.3, dans le cas d'un très haut taux d'humidité ou de condensation, une importante augmentation du niveau perturbateur pourrait être trouvée pour des types particulières d'isolateurs.

Pour prendre en considération ce fait, on recommande de maintenir l'essai sur isolateurs propres et secs qui a déjà été défini (voir la CISPR 18-2 et la CEI 437), qui est simple et bien reproductible, mais d'adopter une marge plus grande que dans le cas d'isolateurs à installer dans des zones de type A.

Cette procédure pourrait être trop conservatrice pour la plupart des isolateurs. Le choix de la marge de sécurité additionnelle la plus appropriée devrait être fait sur une base statistique en prenant en considération les rapports du comportement perturbateur du conducteur et de l'isolateur dans les différentes conditions superficielles et ambiantes et la fréquence à laquelle se présente chaque condition pour la ligne considérée. Comme guide, si l'on considère les types d'isolateurs les plus communs, et en référence à un climat tempéré moyen, une marge de sécurité additionnelle M de 8 dB (18 dB au total) pourrait être suffisante pour les lignes à haute tension et les postes.

4.4 Criteria for setting up radio noise limits for insulators

On the basis of the considerations of the previous clauses the criteria for setting up limits and testing the insulators shall be established with reference to the different areas in which the insulators are to be installed. These areas are:

Type A areas: areas where the insulators remain clean: they are generally characterized by the absence of contaminating phenomena and frequent natural insulator washing due to rain or high and frequent dew condensation;

Type B areas: areas where the insulators become slightly polluted: they are generally characterized by low-intensity contaminating phenomena and by cleaning agents such as rain or heavy dew condensation that limit the contaminant accumulation on the insulator surface so that the formation of partial discharges across dry bands appears very seldom;

Type C areas: areas in which the insulators become polluted so that the formation of partial discharges across dry bands is frequent.

4.4.1 Criterion for insulators to be installed in type A areas

For these areas the present radio noise test on clean and dry insulators is sufficient. The coordination criteria and the margin M of 10 dB indicated in clause 4.1 guarantee an acceptable radio noise performance of the insulator sets in any atmospheric conditions. Considering the great influence of the relative humidity, the test should be performed in a limited range of humidity (e.g. 50 % - 70 %).

4.4.2 Criterion for insulators to be installed in type B areas

For these areas the present test on clean and dry insulators, associated with the coordination criteria and margins indicated in 4.1, is not sufficient to guarantee in all cases an acceptable radio noise performance of the insulator sets in any atmospheric conditions: in fact, as reported in 4.3, in the case of very high humidity or condensation, a great increase of the radio noise level may be found for a few particular types of insulators.

To take account of this fact, it is recommended to maintain the test on clean and dry insulators which has been defined (see CISPR 18-2 and IEC 437), easy to perform and well reproducible, but to adopt a greater safety margin than in the case of insulators to be installed in type A areas.

This procedure could be too conservative for many insulators. For this reason, the choice of the most appropriate additional safety margin should be made on a statistical basis taking into account the reciprocal radio noise behaviour of conductor and insulator in the various surface and ambient conditions and the frequency of occurrence of each condition for the line under consideration. As a guidance, considering the most common types of insulators and with reference to an average moderate climate, an additional safety margin M of 8 dB (18 dB in total) should be adequate for high-voltage lines and substations.