

Examples of such stresses are:

- radiation, both ultraviolet and ionizing;
- stress-crazing or stress-cracking caused by exposure to solvents or active chemicals;
- the effect of migration of plasticizers;
- the effect of bacteria, moulds or fungi;
- mechanical creep.

The effect of these stresses is of less importance or they will apply less often but require consideration in particular cases.

3.3.3 Requirements

3.3.3.1 General

Solid insulation of basic, supplementary and reinforced insulation shall be capable of durably withstanding electrical and mechanical stresses as well as thermal and environmental influences which may occur during the anticipated life of the equipment.

NOTE 1 When considering electrical stresses to accessible surfaces of solid insulation, such surfaces are assumed to be covered by metal foil. Further details can be specified by Technical Committees.

In those instances where working voltages are non-sinusoidal with periodically recurring peaks, special consideration shall be given to possible occurrence of partial discharges. Similarly, where insulation layers may exist and where voids in moulded insulation may exist, consideration shall be given to possible occurrence of partial discharges with resultant degradation of solid insulation.

3.3.3.2 Withstand of voltage stresses

Technical Committees shall specify which voltage ratings are to be assigned to their equipment.

3.3.3.2.1 Transient overvoltages

Basic and supplementary insulation shall have

- an impulse withstand voltage requirement corresponding to the nominal of the mains voltage and the relevant overvoltage category according to table 1 (see 2.2.2.2), or
- an impulse withstand voltage of an internal circuit of an equipment which has been specified according to the transient overvoltages to be expected in the circuit (see 2.2.2.3).

Reinforced insulation shall have an impulse withstand voltage corresponding to the rated impulse voltage but one step higher in the preferred series of values in 2.1.1.2 than that specified for basic insulation. If, according to 2.2.2.3.2, the impulse withstand voltage required for basic insulation is other than a value taken from the preferred series, reinforced insulation shall be dimensioned to withstand 160 % of the value required for basic insulation.

For verification by testing see 4.1.2.2.

3.3.3.2.2 Surtensions temporaires

L'isolation solide principale et l'isolation supplémentaire doivent supporter les surtensions temporaires suivantes:

- surtensions temporaires de courte durée d'amplitude $U_n + 1\,200\text{ V}$, avec une durée inférieure ou égale à 5 s;
- surtensions temporaires de longue durée d'amplitude $U_n + 250\text{ V}$, avec une durée supérieure à 5 s;

où

U_n est la tension nominale phase neutre du réseau d'alimentation à la terre.

L'isolation renforcée doit résister à des valeurs égales au double des valeurs des surtensions temporaires spécifiées pour l'isolation principale.

Pour la vérification au moyen d'essais, voir 4.1.2.

NOTE 1 Ces valeurs sont issues de la CEI 60364-4-442, dans laquelle U_n est désignée U_0 .

NOTE 2 Les valeurs sont des valeurs efficaces.

3.3.3.2.3 Tensions de crête répétitive

Il est possible de supposer provisoirement que les tensions de crête répétitives maximales du réseau d'alimentation sont égales à $F_4 \times \sqrt{2} U_n$, c'est-à-dire à 1,1 fois la valeur de crête de U_n . En cas de présence de tensions de crête répétitive, la tension d'extinction de décharge doit être au moins égale à:

- $F_1 \times F_4 \times \sqrt{2} U_n$, c'est-à-dire $1,32 \sqrt{2} U_n$ pour l'isolation principale et pour l'isolation supplémentaire, et
- $F_1 \times F_3 \times F_4 \times \sqrt{2} U_n$, c'est-à-dire $1,65 \sqrt{2} U_n$ pour l'isolation renforcée.

NOTE $\sqrt{2} U_n$ est, dans les réseaux avec neutre à la terre, la valeur de crête de la tension phase-neutre fondamentale (non déformée) à la tension nominale du réseau d'alimentation secteur. L'application des facteurs de multiplication utilisés dans le paragraphe ci-dessus est décrite en D.4 de l'annexe D.

Pour explication des facteurs F , voir 4.1.2.4.

Dans les circuits internes, il est nécessaire d'évaluer les tensions de crête répétitive les plus élevées à la place de $F_4 \times \sqrt{2} U_n$ et l'isolation solide doit également satisfaire aux exigences correspondantes.

Pour ce qui concerne la vérification par essais, se reporter à 4.1.2.4.

3.3.3.2.4 Tension à haute fréquence

Pour les tensions ayant des fréquences supérieures à la fréquence industrielle, il est nécessaire de tenir compte de l'influence de la fréquence au sens de 3.3.2.1.1 et de 3.3.2.2.1. Dans le cadre de la présente norme, les fréquences supérieures à 1 kHz doivent être considérées comme des fréquences élevées.

Les Comités d'Etudes doivent spécifier si un essai conforme à 4.1.2.5 est nécessaire.

3.3.3.3 Tenue aux contraintes thermiques à court terme

L'isolation solide ne doit pas être affectée par des contraintes thermiques à court terme qui peuvent se produire en cours d'utilisation normale et, le cas échéant, en cours d'utilisation anormale. Les Comités d'Etudes peuvent spécifier des niveaux de sévérité.

NOTE Des niveaux de sévérité normalisés sont spécifiés dans la CEI 60068.

3.3.3.2.2 Temporary overvoltages

Basic and supplementary solid insulation shall withstand the following temporary overvoltages:

- short-term temporary overvoltages of $U_n + 1\,200$ V with durations up to 5 s;
- long-term temporary overvoltages of $U_n + 250$ V with durations longer than 5 s;

where

U_n is the nominal line-to-neutral voltage of the neutral-earthed supply system.

Reinforced insulation shall withstand twice the temporary overvoltages specified for basic insulation.

For verification by testing see 4.1.2.

NOTE 1 These values are from IEC 60364-4-442, where U_n is called U_0 .

NOTE 2 The values are r.m.s. values.

3.3.3.2.3 Recurring peak voltages

The maximum recurring peak voltages occurring on the low-voltage mains can be assumed provisionally to be $F_4 \times \sqrt{2} U_n$, i.e. 1,1 times the peak value at U_n . Where recurring peak voltages are present, the discharge extinction voltage shall be at least:

- $F_1 \times F_4 \times \sqrt{2} U_n$, i.e. $1,32 \sqrt{2} U_n$ for each basic and supplementary insulation, and
- $F_1 \times F_3 \times F_4 \times \sqrt{2} U_n$, i.e. $1,65 \sqrt{2} U_n$ for reinforced insulation.

NOTE $\sqrt{2} U_n$ is in neutral-earthed systems the peak value of the line-to neutral fundamental (undistorted) voltage at nominal voltage of mains. The application of the multiplying factors used in this subclause is described in D.4 of annex D.

For explanation of factors F , see 4.1.2.4.

In internal circuits, the highest recurring peak voltages have to be evaluated in place of $F_4 \times \sqrt{2} U_n$ and solid insulation shall meet the requirements correspondingly.

For verification by testing see 4.1.2.4.

3.3.3.2.4 High-frequency voltage

For voltages with frequencies above power frequency, the influence of frequency according to 3.3.2.1.1 and 3.3.2.2.1 shall be taken into account. Frequencies above 1 kHz shall be considered as high frequencies within the scope of this standard.

Technical Committees shall specify whether a test according to 4.1.2.5 is necessary.

3.3.3.3 Withstand of short-term heating stresses

Solid insulation shall not be impaired by short-term heating stresses which may occur in normal and, where appropriate, abnormal use. Technical Committees may specify severity levels.

NOTE Standard severity levels are specified in IEC 60068

3.3.3.4 Tenue aux contraintes mécaniques

L'isolation solide ne doit pas être affectée par une vibration ou un choc mécanique susceptible de se produire en cours d'utilisation. Les Comités d'Etudes peuvent spécifier des niveaux de sévérité.

NOTE Des niveaux de sévérité normalisés sont spécifiés dans la CEI 60068.

3.3.3.5 Tenue aux contraintes thermiques à long terme

La dégradation thermique d'une isolation solide ne doit pas affecter la coordination de l'isolement, pendant la durée de vie escomptée des matériels. Les Comités d'Etudes doivent spécifier si l'exécution d'un essai est nécessaire. (Se reporter également à la CEI 60085 et à la CEI 60216.)

3.3.3.6 Tenue aux effets de l'humidité

La coordination de l'isolement doit être maintenue sous les conditions d'humidité, conformément aux prescriptions relatives aux matériels. (Se reporter également à 4.1.2.1.)

3.3.3.7 Tenue aux autres contraintes

Les matériels peuvent être soumis à d'autres contraintes, comme celles indiquées, par exemple, en 3.3.2.3, qui peuvent influencer sur la coordination de l'isolement. Les Comités d'Etudes doivent définir ces contraintes et spécifier les méthodes d'essai.

SECTION 4: ESSAIS ET MESURES

4.1 Essais

Les procédures d'essai suivantes s'appliquent aux essais de type, de telle manière qu'une détérioration potentielle du spécimen d'essai puisse être tolérée. On suppose qu'il n'est pas prévu d'utiliser ultérieurement le spécimen d'essai.

NOTE 1 S'il est prévu ou nécessaire d'utiliser ensuite le spécimen d'essai, il est recommandé que le comité d'études y accorde une attention particulière. Dans de tels cas, il convient de combiner tout essai à haute tension avec une mesure de décharge partielle selon 4.1.2.4 et l'annexe C.

Les contraintes causées par les surtensions transitoires sont évaluées par l'essai de tension de tenue aux chocs, qui peut être remplacé par un essai en tension alternative ou continue. Les distances d'isolement dans l'air supérieures au cas A du tableau 2 peuvent être vérifiées par des mesures ou par un essai de tension. Si elles sont inférieures aux valeurs indiquées dans le cas A du tableau 2, elles doivent être vérifiées par un essai de tension. Dans tous les cas, la capacité de résistance aux surtensions transitoires de l'isolation solide doit être vérifiée par un essai de tension.

NOTE 2 Alors qu'il est possible de remplacer un essai de tension de tenue aux chocs par un essai en tension alternative ou continue, il n'est en principe pas possible de remplacer un essai en tension alternative par un essai en tension de tenue aux chocs. Les raisons essentielles sont la propagation différente des tensions de tenue aux chocs par rapport aux tensions à puissance industrielle, en particulier dans les circuits complexes et la nécessité d'effectuer des essais sur l'isolation solide avec des tensions de longue durée.

4.1.1 Essai pour la vérification des distances dans l'air

4.1.1.1 Généralités

Lorsqu'un matériel électrique est soumis à des essais électriques pour vérifier les distances d'isolement, l'essai doit être en accord avec les prescriptions de tension de tenue aux chocs spécifiées en 3.1. L'essai approprié pour la vérification des distances d'isolement est l'essai de tension de tenue aux chocs mais comme cela est indiqué en 3.1.2, un essai de tension de tenue aux chocs est uniquement exigé pour des distances d'isolement inférieures aux valeurs du cas A du tableau 2.

3.3.3.4 Withstand of mechanical stresses

Solid insulation shall not be impaired by mechanical vibration or shock which can be expected in use. Technical Committees may specify severity levels.

NOTE Standard severity levels are specified in IEC 60068.

3.3.3.5 Withstand of long-term heating stresses

Thermal degradation of solid insulation shall not impair insulation coordination during the anticipated life of the equipment. Technical Committees shall specify whether a test is necessary. (See also IEC 60085 and IEC 60216.)

3.3.3.6 Withstand of the effects of humidity

Insulation coordination shall be maintained under the humidity conditions as specified for the equipment. (See also 4.1.2.1.)

3.3.3.7 Withstand of other stresses

Equipment may be subjected to other stresses, for example as indicated in 3.3.2.3, which may adversely affect solid insulation. Technical Committees shall state such stresses and specify test methods.

SECTION 4: TESTS AND MEASUREMENTS

4.1 Tests

The following test procedures apply to type testing, so that a possible deterioration of the test specimen may be tolerated. It is assumed that further use of the test specimen is not intended.

NOTE 1 If further use of the test specimen is intended or required, particular consideration is necessary by the technical committee. In such cases any high-voltage test should be combined with a partial discharge measurement according to 4.1.2.4 and annex C.

The stresses caused by transient overvoltages are assessed by the impulse voltage test, which may be substituted by an a.c. voltage test or a d.c. voltage test. Clearances larger than case A of table 2 may be verified by measurement or by a voltage test. If they are smaller than the values according to the values of case A of table 2, they have to be verified by a voltage test. In any case, the ability of solid insulation to withstand transient overvoltages has to be verified by a voltage test.

NOTE 2 While it is possible to substitute an impulse voltage test by an a.c. voltage test or by a d.c. voltage test, it is in principle not possible to substitute an a.c. voltage test by an impulse voltage test. The main reasons for this are the different propagation of the impulse voltages compared to power frequency voltages, especially in complex circuits, and the requirement to test solid insulation with voltages of longer duration.

4.1.1 Test for verification of clearances

4.1.1.1 General

When electrical equipment is subjected to electric tests for verifying clearances, the test shall be in accordance with withstand voltage requirements specified in 3.1. The appropriate test for the verification of clearances is the impulse voltage test, but as stated in 3.1.2, an impulse voltage test is only required for clearances smaller than case A values of table 2.

Lorsqu'on vérifie les distances d'isolement à l'intérieur d'un matériel avec un essai de tension de tenue aux chocs, il est nécessaire de s'assurer que la tension de tenue aux chocs spécifiée apparaît pour la distance d'isolement.

NOTE 1 L'essai diélectrique des distances d'isolement dans l'air contraindra aussi l'isolation solide associée.

NOTE 2 La relation entre distances dans l'air et lignes de fuite est donnée en 3.2.1.5.

NOTE 3 Pour soumettre des matériels complets aux essais, voir 4.1.1.3.

4.1.1.2 Tensions d'essai

4.1.1.2.1 Essai diélectrique de tension de choc

Le but de cet essai est de vérifier que les distances d'isolement dans l'air supporteront les surtensions transitoires spécifiées. L'essai de tenue aux chocs est effectué avec une tension ayant une forme d'onde de 1,2/50 µs (voir figure 1 de la CEI 61180-1) avec les valeurs spécifiées au tableau 5. Il est prévu pour simuler des surtensions d'origine atmosphérique et il tient aussi compte des surtensions dues aux manœuvres de l'appareillage basse tension.

Compte tenu de la dispersion des résultats d'essai de tout essai de tension de tenue aux chocs, l'essai doit être effectué pour un minimum de trois chocs de chaque polarité, avec un intervalle d'au moins 1 s entre les impulsions.

NOTE Il convient que l'impédance de sortie du générateur de choc ne soit pas supérieure à 500 Ω. Lors de l'essai d'un matériel comprenant des composants en dérivation sur le circuit d'essai, il convient qu'une impédance de générateur de choc virtuelle nettement plus faible soit spécifiée (voir 9.2 de la CEI 61180-2). Dans de tels cas, il convient de tenir compte des effets de résonance potentiels qui peuvent augmenter la valeur de crête de la tension d'essai, lorsqu'on spécifie les valeurs de tension d'essai.

Les comités d'études peuvent spécifier d'autres essais diélectriques, conformément à 4.1.1.2.2.

Tableau 5 – Tensions d'essai pour vérifier les distances d'isolement dans l'air au niveau de la mer

Les valeurs de tension du tableau 5 s'appliquent uniquement pour la vérification des distances d'isolement dans l'air.

Tension assignée de tenue aux chocs \hat{U} kV	Tension d'essai de choc au niveau de la mer \hat{U} kV
0,33	0,35
0,5	0,55
0,8	0,91
1,5	1,75
2,5	2,95
4,0	4,8
6,0	7,3
8,0	9,8
12,0	14,8

NOTE 1 Les explications concernant les facteurs d'influence (pression de l'air, altitude, température, humidité) pour les contraintes diélectriques des distances d'isolement dans l'air sont données en 4.1.1.2.1.2.

NOTE 2 Lors de l'essai des distances d'isolement dans l'air, l'isolation solide associée sera soumise à la tension d'essai. Comme la tension d'essai de choc du tableau 5 est augmentée par rapport à la tension assignée de tenue aux chocs, l'isolation solide sera conçue en conséquence. Cela conduit à un accroissement de la capacité de tenue aux chocs de l'isolation.

When verifying clearances within equipment by an impulse voltage test, it is necessary to ensure that the specified impulse voltage appears at the clearance.

NOTE 1 The electric testing of clearances will also stress the associated solid insulation.

NOTE 2 The relationship between clearances and creepage distances is given in 3.2.1.5.

NOTE 3 For testing complete equipment, see 4.1.1.3.

4.1.1.2 Test voltages

4.1.1.2.1 Impulse voltage dielectric test

The purpose of this test is to verify that clearances will withstand specified transient overvoltages. The impulse withstand test is carried out with a voltage having a 1,2/50 μ s waveform (see figure 1 of IEC 61180-1) with the values specified in table 5. It is intended to simulate overvoltages of atmospheric origin and covers overvoltages due to switching of low-voltage equipment.

Due to the scatter of the test results of any impulse voltage test, the test shall be conducted for a minimum of three impulses of each polarity with an interval of at least 1 s between pulses.

NOTE The output impedance of the impulse generator should not be higher than 500 Ω . When carrying out tests on equipment incorporating components across the test circuit, a much lower virtual impulse generator impedance should be specified (see 9.2 in IEC 61180-2). In such cases, possible resonance effects, which can increase the peak value of the test voltage, should be taken into account when specifying test voltage values.

Technical committees may specify alternative dielectric tests according to 4.1.1.2.2.

Table 5 – Test voltages for verifying clearances at sea level

The voltage values of table 5 apply for the verification of clearances only.

Rated impulse voltage \bar{U} kV	Impulse test voltage at sea level \bar{U} kV
0,33	0,35
0,5	0,55
0,8	0,91
1,5	1,75
2,5	2,95
4,0	4,8
6,0	7,3
8,0	9,8
12,0	14,8

NOTE 1 Explanations concerning the influencing factors (air pressure, altitude, temperature, humidity) with respect to electric strength of clearances are given in 4.1.1.2.1.2.

NOTE 2 When testing clearances, associated solid insulation will be subjected to the test voltage. As the impulse test voltage of table 5 is increased with respect to the rated impulse voltage, solid insulation will have to be designed accordingly. This results in an increased impulse withstand capability of the solid insulation.

4.1.1.2.1.1 Choix de la tension d'essai de choc

Si un essai diélectrique pour la coordination de l'isolement du matériel relativement aux distances dans l'air est exigé (pour des distances dans l'air inférieures à celles du cas A comme spécifié au tableau 2), le matériel doit être essayé avec des tensions d'essai de choc correspondant à sa tension assignée de tenue aux chocs spécifiée conformément à 2.2.2. Les tensions d'essai de choc du tableau 5 sont applicables.

Les Comités d'Etudes peuvent spécifier des valeurs de température et d'humidité pour les conditions d'essai.

Il convient que les Comités d'Etudes étudient si des essais sur prélèvement ou des essais de série doivent être effectués en complément aux essais de type.

4.1.1.2.1.2 Explications relatives au tableau 5

a) Facteurs de correction pour essai de tenue au choc

Conformément à 1.1.1, les valeurs assignées des tensions de tenue aux chocs doivent être valables pour le matériel utilisé jusqu'à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer. A 2 000 m, la pression atmosphérique normale est de 80 kPa alors qu'au niveau de la mer, sa valeur est de 101,3 kPa. En conséquence le matériel essayé en des emplacements d'altitude inférieure à 2 000 m est soumis à des tensions d'essai de choc plus élevées. Le tableau 5 donne les valeurs de tension d'essai de choc au niveau de la mer.

La base de calcul des valeurs au niveau de la mer et les données pour déterminer les valeurs d'essai à d'autres emplacements est la suivante:

Les facteurs de correction pour l'altitude donnés au tableau A.2 de l'annexe A sont étudiés en rapport avec la courbe de la figure A.1 de l'annexe A. La relation est la suivante:

$$k_u = \left(\frac{1}{k_d} \right)^m$$

où

d est la distance d'isolement examinée en millimètres;

k_u est le facteur d'altitude pour la correction de tension;

k_d est le facteur d'altitude pour la correction de distance (voir tableau 8);

m est la pente du segment de droite approprié de la courbe 1 de la figure A.1 (échelles logarithmiques sur les deux axes de coordonnées) et a la valeur:

0,3262 pour $0,01 < d \leq 0,0625$ mm;

0,6361 pour $0,0625 < d \leq 1$ mm;

0,8539 pour $1 < d \leq 10$ mm;

0,9243 pour $10 < d \leq 100$ mm.

Il résulte de l'application des facteurs d'altitude pour la correction des distances que pour la courbe 1 de la figure A.1, les tensions seront changées avec quatre pas différents pour un seul pas de décalage de la distance. La formule mathématique pour cette opération est indiquée ci-dessus. Le tableau 5 inclut ce calcul comme décrit précédemment.

4.1.1.2.1.1 Selection of impulse test voltage

If an electric test for insulation coordination of equipment in respect to clearances is required (for clearances smaller than case A as specified in table 2), the equipment shall be tested with the impulse test voltage corresponding to the rated impulse voltage specified in accordance with 2.2.2. The impulse test voltages of table 5 apply.

For the test conditions, Technical Committees may specify temperature and humidity values.

Technical Committees should consider whether sampling tests or routine tests have to be carried out in addition to type tests.

4.1.1.2.1.2 Explanations to table 5

a) Correction factors for impulse voltage testing

According to 1.1.1, the rated impulse voltage is to be valid for equipment used up to 2 000 m above sea level. At 2 000 m, the normal barometric pressure is 80 kPa, while at sea level the value is 101,3 kPa. Therefore, the equipment tested at locations lower than 2 000 m is tested using higher impulse test voltages. Table 5 gives the impulse test voltage value for sea level.

The basis for the calculation of the sea level values and data for determining test values for other test locations is as follows:

The altitude correction factors given in table A.2 of annex A are considered in relation to the curve of figure A.1 of annex A. The relationship is as follows:

$$k_u = \left(\frac{1}{k_d} \right)^m$$

where

d is the clearance under consideration in millimetres;

k_u is the altitude factor for voltage correction;

k_d is the altitude factor for distance correction (see table 8);

m is the gradient of the relevant straight line in curve 1 in figure A.1 (logarithmic scales on the two co-ordinate axes) and has the value.

0,3262 for 0,01 < d ≤ 0,0625 mm;

0,6361 for 0,0625 < d ≤ 1 mm;

0,8539 for 1 < d ≤ 10 mm;

0,9243 for 10 < d ≤ 100 mm.

Applying altitude correction factors for distance correction results in curve 1 of figure A.1, the voltages will be changed with four different steps at only one shifting step for distance. The mathematical formula for this operation is shown above. Table 5 includes this calculation as described.

Tableau 8 – Facteurs de correction d'altitude

Altitude m	Facteur k_d pour la correction de distance
0	0,784
200	0,803
500	0,833
1 000	0,844
2 000	1

b) *Discussion générale des facteurs influençant la contrainte diélectrique des distances dans l'air*

Les facteurs d'influence sont:

- la pression de l'air;
- la température;
- l'humidité.

La relation entre ces facteurs pour les champs électriques homogènes est la suivante:

$$U_d = 24,41 dK + 6,73 \sqrt{dK}$$

$$K = \frac{p}{101,3} \times \frac{293}{\Delta T + 293}$$

où

U_d est la tension de claquage en kilovolts

d est la distance dans l'air en centimètres $\geq 0,01$ cm

K est la correction pour la pression de l'air et la température

ΔT est la différence en kelvins entre la température ambiante réelle et $T = 20$ °C

p est la pression réelle de l'air en kilopascals

Pour l'essai réalisé, les facteurs de température et d'humidité ont été considérés comme négligeables. Les variations de pression d'air ont été uniquement prises en compte pour des différences d'altitude, les changements en cours de journée ont été considérés comme négligeables. Pour des raisons pratiques, il a été considéré que ces facteurs pouvaient être négligés car les données de la figure A.1 représentent la valeur limite inférieure de claquage déterminée statistiquement.

Lorsque des conditions d'essai plus précises sont spécifiées, la pression atmosphérique et la température de l'emplacement d'essai peuvent être utilisées dans la formule ci-dessus.

4.1.1.2.2 Variantes aux essais diélectriques de tension de choc

Les comités d'études peuvent spécifier un essai en tension alternative ou continue, en variante, pour des matériels particuliers.

Alors que des essais avec des tensions alternatives et continues de même valeur crête que les tensions d'essai de choc spécifiées au tableau 5 de 4.1.1.2.1.1 vérifient la capacité de tenue des distances dans l'air, ils contraignent plus sévèrement l'isolation solide car la tension est appliquée pendant une durée plus importante. Ils peuvent surcharger et détériorer certaines isolations solides. Les Comités d'Etudes doivent en principe donc prendre ceci en considération s'ils spécifient des essais avec une tension alternative ou continue en variante à l'essai de tenue aux chocs décrit en 4.1.1.2.1.

Table 8 – Altitude correction factors

Altitude m	Factor k_d for distance correction
0	0,784
200	0,803
500	0,833
1 000	0,844
2 000	1

b) *General discussion of factors influencing the electric strength of clearances*

The influencing factors are:

- air pressure;
- temperature;
- humidity.

The relationship between these factors for homogeneous electrical fields is as follows:

$$U_d = 24,41 dK + 6,73 \sqrt{dK}$$

$$K = \frac{p}{101,3} \times \frac{293}{\Delta T + 293}$$

where

U_d is the breakdown voltage in kilovolts

d is the clearance in centimetres $\geq 0,01$ cm

K is the correction for air pressure and temperature

ΔT is the difference in kelvins between actual room temperature and $T = 20$ °C

p is the actual air pressure in kilopascals

For the purpose of testing, the factors of temperature and humidity have been considered negligible. Air pressure variations have been considered for altitude differences only, daily changes have been considered negligible. It is considered that these factors can for practical purposes be neglected because the data of figure A.1 represents the statistically determined low limit of the breakdown data.

When more precise testing conditions are required, the barometric pressure and the temperature of the test location may be used in the formula given above.

4.1.1.2.2 Alternatives to impulse voltage dielectric tests

Technical Committees may specify an a.c. or d.c. voltage test for particular equipment as an alternative method.

While tests with a.c. and d.c. voltages of the same peak value as the impulse test voltage specified in table 5 of 4.1.1.2.1.1 verify the withstand capability of clearances, they more highly stress solid insulation because the voltage is applied for longer duration. They can overload and damage certain solid insulations. Technical Committees should therefore consider this when specifying tests with a.c. or d.c. voltages as an alternative to the impulse voltage test given in 4.1.1.2.1.

4.1.1.2.2.1 Essai diélectrique avec une tension alternative

La forme d'onde de la tension sinusoïdale d'essai à fréquence industrielle doit être conforme aux prescriptions de 5.2.1.1 de la CEI 61180-1 et la valeur de crête doit être égale à la tension d'essai de choc du tableau 5 et appliquée pour trois périodes de la tension d'essai en courant alternatif.

4.1.1.2.2.2 Essai diélectrique avec une tension continue

La tension d'essai en courant continu doit être exempte d'ondulation conformément aux prescriptions de 4.2.1.1 de la CEI 61180-1 et égale à la tension d'essai de choc du tableau 5 et appliquée trois fois durant 10 ms de chaque polarité.

4.1.1.2.2.3 Durée d'essai

Les essais en courant alternatif et en courant continu peuvent dégrader l'isolation solide associée. Si des essais en courant alternatif ou en courant continu sont choisis, ils doivent être effectués pour un minimum de trois périodes dans le cas du courant alternatif ou trois fois durant 10 ms de chaque polarité dans le cas du courant continu. Une durée d'essai plus importante ne fournit pas d'information complémentaire relativement à la coordination de l'isolement des distances dans l'air.

4.1.1.2.3 Essai diélectrique $2 U_n + 1\,000$ V pendant 1 min

Cet essai est spécifié par certains Comités d'Etudes mais n'est pas approprié pour la vérification des distances dans l'air et en conséquence n'est pas traité dans ce contexte.

4.1.1.2.4 Essai dans un but autre que la coordination de l'isolement des distances dans l'air

Les Comités d'Etudes spécifiant des essais diélectriques à des fins autres que la vérification des distances dans l'air ne doivent en principe pas spécifier des tensions d'essai plus élevées que la tension d'essai exigée pour la coordination de l'isolement.

4.1.1.2.5 Essais individuels de série et sur prélèvement

Les essais individuels de série et sur prélèvement sont prévus afin d'assurer la qualité de la production et ne vérifient généralement pas la coordination de l'isolement. Il est de la responsabilité du Comité d'Etudes correspondant et en particulier du constructeur de spécifier ces essais. Ils doivent en principe être effectués avec les formes d'onde et les niveaux de tension, de sorte que les défauts soient détectés sans occasionner de dommage au matériel (isolation solide ou composants).

4.1.1.3 Exécution de l'essai diélectrique sur des matériels complets

Lorsqu'on réalise l'essai de tension de choc sur des matériels complets, l'affaiblissement ou l'amplification de la tension d'essai à l'intérieur du matériel doivent être pris en compte. Les dispositifs de protection contre les surtensions qui court-circuitent l'isolation principale ou l'isolation renforcée doivent être déconnectés avant les essais diélectriques.

4.1.1.3.1 Parties à essayer

La tension d'essai diélectrique doit être appliquée entre les parties du matériel qui sont séparées électriquement l'une de l'autre.

4.1.1.2.2.1 Dielectric test with a.c. voltage

The waveshape of the sinusoidal power frequency test voltage shall comply with the requirements in 5.2.1.1 of IEC 61180-1 and the peak value shall be equal to the impulse test voltage of table 5 and applied for three cycles of the a.c. test voltage.

4.1.1.2.2.2 Dielectric test with d.c. voltage

The d.c. test voltage shall be ripple-free according to the requirements in 4.2.1.1 of IEC 61180-1, equal to the impulse test voltage of table 5 and applied three times for 10 ms in each polarity.

4.1.1.2.2.3 Test duration

A.C. and d.c. tests can degrade the associated solid insulation. If a.c. or d.c. tests are chosen, they shall be conducted for a minimum of three cycles in the case of a.c., or three times with a duration of 10 ms in each polarity in the case of d.c. A longer test duration does not give additional information for insulation coordination of clearances.

4.1.1.2.3 Dielectric testing with $2 U_n + 1\,000$ V for 1 min

This test is specified by some Technical Committees but is not relevant for the verification of clearances and therefore it is not dealt with in this context.

4.1.1.2.4 Test for purposes other than insulation coordination

Technical Committees specifying electric tests for purposes other than verification of clearances should not, in principle, specify test voltages higher than those required for insulation coordination.

4.1.1.2.5 Sampling and routine tests

Sampling tests and routine tests are intended to ensure production quality and do not generally verify insulation coordination. It is the responsibility of the relevant Technical Committee, and in particular of the manufacturer, to specify these tests. They should be carried out with the waveforms and voltage levels such that faults are detected without causing damage to the equipment (solid insulation or components).

4.1.1.3 Performing dielectric tests on complete equipment

When performing the impulse voltage test on complete equipment, the attenuation or amplification of the test voltage within the equipment shall be taken into account. Surge protective devices (SPDs) that bridge basic or reinforced insulation shall be disconnected before dielectric testing.

4.1.1.3.1 Parts to be tested

The test voltage shall be applied between parts of the equipment which are electrically separate from each other.

Ces parties sont, par exemple:

- des parties actives;
- des circuits séparés;
- des circuits mis à la terre;
- des surfaces accessibles.

Les parties non conductrices des surfaces accessibles doivent être couvertes d'une feuille métallique.

NOTE Si un revêtement complet de grandes enveloppes avec une feuille métallique n'est pas réalisable, un revêtement partiel est suffisant s'il est appliqué aux parties qui procurent la protection contre les chocs électriques.

4.1.1.3.2 Préparation des circuits du matériel

Pour l'essai, chaque circuit du matériel doit être préparé comme suit:

- les bornes externes du circuit, s'il y en a, doivent être connectées ensemble;
- l'appareillage doit être en position fermée ou shunté;
- les bornes des composants bloquant la tension (tels que les diodes de redressement) doivent être connectées ensemble;
- les composants tels que les filtres contre les perturbations radioélectriques doivent être inclus dans l'essai au choc, mais il peut être nécessaire de les déconnecter pendant les essais en courant alternatif.

Les composants sensibles à la tension, à l'intérieur de chaque circuit du matériel, peuvent être shuntés en court-circuitant les bornes.

Les cartes de circuits imprimés enfichables préessayées et les modules préessayés comportant des connecteurs multipôles peuvent être retirés, déconnectés ou remplacés par des éléments factices, afin d'assurer que la tension d'essai se propage à l'intérieur du matériel pour les essais d'isolement avec l'ampleur nécessaire.

4.1.1.3.3 Valeurs de la tension d'essai

Les circuits raccordés au réseau d'alimentation basse tension sont essayés conformément à 4.1.1.2.

La tension d'essai entre deux circuits du matériel doit avoir la valeur correspondant au circuit possédant la tension assignée la plus élevée.

NOTE Dans la mesure où la coordination de l'isolement n'est pas compromise, un niveau d'isolement plus faible peut être spécifié entre certaines parties du matériel. Il convient que ces parties soient alors interconnectées pour les besoins de l'essai. Ces parties doivent en principe être ensuite essayées l'une par rapport à l'autre avec la tension d'essai la plus faible spécifiée.

4.1.1.3.4 Critères d'essai

Il ne doit pas y avoir décharge disruptive (amorçage, claquage ou perforation) pendant ces essais. Les décharges partielles dans les distances dans l'air qui ne provoquent pas de claquage ne sont pas retenues, à moins qu'il n'en soit spécifié autrement par le Comité d'Etudes.

NOTE Il est recommandé d'utiliser un oscilloscope pour observer la tension de choc afin de détecter une décharge disruptive.

Examples of such parts are:

- live parts;
- separate circuits;
- earthed circuits;
- accessible surfaces.

Non-conductive parts of accessible surfaces shall be covered with metal foil.

NOTE If a complete covering of large enclosures with metal foil is not practicable, a partial covering is sufficient if applied to those parts which provide protection against electric shock.

4.1.1.3.2 Preparation of equipment circuits

For the test, each circuit of the equipment shall be prepared as follows:

- external terminals of the circuit, if any, shall be connected together;
- switchgear and controlgear shall be in the closed position or bypassed;
- the terminals of voltage blocking components (such as rectifier diodes) shall be connected together;
- components such as RFI filters shall be included in the impulse test but it may be necessary to disconnect them during a.c. tests.

Voltage sensitive components within any circuit of the equipment may be bypassed by shorting the terminals.

Pre-tested plug-in printed circuit boards and pre-tested modules with multipoint connectors may be withdrawn, disconnected or replaced by dummy samples to ensure that the test voltage is propagated inside the equipment to the extent necessary for the insulation tests.

4.1.1.3.3 Test voltage values

Circuits connected to the low-voltage mains are tested according to 4.1.1.2.

The test voltage between two circuits of the equipment shall have the value corresponding to that circuit with the higher rated voltage.

NOTE As long as insulation coordination is not impaired, a lower insulation level may be specified between certain parts of the equipment. Such parts should then be interconnected for the purpose of the test. Subsequently, such parts should be tested with respect to each other with the lower test voltage specified.

4.1.1.3.4 Test criteria

There shall be no disruptive discharge (sparkover, flashover or puncture) during the test. Partial discharges in clearances which do not result in breakdown are disregarded, unless otherwise specified by the Technical Committees.

NOTE It is recommended that an oscilloscope be used to observe the impulse voltage in order to detect disruptive discharge.

4.1.2 Essais diélectriques relatifs à l'isolation solide

L'isolation solide susceptible d'être exposée à des contraintes mécaniques pendant le fonctionnement, le stockage, le transport ou l'installation doit être soumise à l'essai en ce qui concerne les vibrations et les chocs mécaniques avant d'effectuer les essais diélectriques. Les comités d'études peuvent spécifier des méthodes d'essai.

NOTE Les méthodes d'essai normalisées sont spécifiées dans la partie applicable de la CEI 60068.

Les essais concernant la coordination de l'isolement sont des essais de type. Ils ont pour objectifs:

- a) L'essai de tenue à la tension de choc, pour vérifier l'aptitude de l'isolation solide à supporter la tension assignée de tenue aux chocs (se reporter à 3.3.3.2.1).
- b) L'essai en tension alternative, pour vérifier l'aptitude de l'isolation solide à supporter la surtension temporaire de courte durée (se reporter à 3.3.3.2.2). Si la valeur de crête de la tension d'essai en courant alternatif est supérieure ou égale à la tension assignée de tenue aux chocs, l'essai de tension de choc est couvert par l'essai de tension en courant alternatif.

L'isolation solide a des caractéristiques de résistance différentes par rapport aux distances dans l'air si la durée de contrainte est augmentée. En général, la capacité de résistance diminuera de manière significative. C'est pourquoi il n'est pas permis de remplacer l'essai de tension en courant alternatif, qui est spécifié pour la vérification de la capacité de résistance de l'isolation solide, par un essai de tension de choc.

- c) L'essai de décharge partielle pour vérifier qu'aucune décharge partielle n'est maintenue dans l'isolation solide:
 - à la tension maximale de régime établi;
 - à la surtension temporaire de longue durée (se reporter à 3.3.3.2.2);
 - à la tension de crête répétitive (se reporter à 3.3.3.2.3).
- d) L'essai diélectrique à haute fréquence, pour vérifier l'absence de défaillance due à un échauffement au sens de 3.3.3.2.4.

Les comités d'études doivent spécifier quels essais de type sont à prescrire, selon les contraintes respectives susceptibles de se produire dans les matériels.

Les essais de décharge partielle pour l'isolation solide doivent être spécifiés si la valeur de crête des tensions indiquées en c) dépasse 700 V et si la contrainte moyenne de champ est supérieure à 1 kV/mm. La contrainte moyenne de champ est la tension de crête divisée par la distance entre deux parties de potentiel différent.

Les essais mentionnés ci-dessus peuvent également servir d'essais sur prélèvement ou d'essais individuels de série. Il appartient, toutefois, aux comités d'études de spécifier les essais qui doivent être exécutés en tant qu'essais sur prélèvement ou en tant qu'essais individuels de série, de sorte que la qualité de l'isolement soit assurée pendant le fonctionnement. Les essais et le conditionnement, si nécessaire, doivent être spécifiés avec des paramètres d'essais adéquats permettant la détection de défauts sans détérioration de l'isolation.

La procédure de 4.1.1.3 s'applique lorsque les essais sont exécutés sur des matériels complets.

4.1.2 Electric tests for solid insulation

Solid insulation that may be subjected to mechanical stresses during operation, storage, transportation or installation shall be tested with respect to vibration and mechanical shock before the dielectric testing. Technical Committees may specify test methods.

NOTE Standard test methods are specified in the relevant part of IEC 60068.

The tests for insulation coordination are type tests. They have the following objectives:

- a) The impulse voltage withstand test to verify the capability of the solid insulation to withstand the rated impulse voltage (see 3.3.3.2.1).
- b) The a.c. voltage test to verify the capability of the solid insulation to withstand the short-term temporary overvoltage (see 3.3.3.2.2). If the peak value of the a.c. test voltage is equal to or higher than the rated impulse voltage, the impulse voltage test is covered by the a.c. voltage test.

Solid insulation has a different withstand characteristic compared to clearances if the time of stress is being increased. In general the withstand capability will be decreased significantly. Therefore the a.c. voltage test, which is specified for the verification of the withstand capability of solid insulation, is not allowed to be replaced by an impulse voltage test.

- c) The partial discharge test to verify that no partial discharges are maintained in the solid insulation:
 - at the highest steady-state voltage;
 - at the long-term temporary overvoltage (see 3.3.3.2.2);
 - at the recurring peak voltage (see 3.3.3.2.3).
- d) The high-frequency voltage test to verify the absence of failure due to dielectric heating according to 3.3.3.2.4.

Technical committees shall specify which type tests are required for the respective stresses occurring in the equipment.

Partial discharge tests for solid insulation shall be specified if the peak value of the voltages listed under c) exceeds 700 V and if the average field strength is higher than 1 kV/mm. The average field strength is the peak voltage divided by the distance between two parts of different potential.

The above tests may also be suitable as sample or routine tests. It is, however, the responsibility of the technical committees to specify which tests shall be performed as sample and routine tests in order to ensure the quality of the insulation during production. The tests, and conditioning as appropriate, shall be specified with test parameters adequate to detect faults without causing damage to the insulation.

When performing tests on complete equipment, the procedure of 4.1.1.3 applies.

4.1.2.1 Conditionnement

Sauf spécification contraire, les essais doivent être effectués sur un nouveau spécimen d'essai. Le conditionnement du spécimen à température et humidité élevées est destiné à

- reproduire les conditions les plus sévères en fonctionnement normal,
- mettre en évidence les faiblesses éventuelles qui ne sont pas présentes dans les nouvelles conditions.

Tableau 6 – Sévérités pour le conditionnement de l'isolation solide

Essai	Température °C	Humidité relative %	Durée h	Nombre de cycles
a) Chaleur sèche	+55	—	48	1
b) Cycle de chaleur sèche	-10 à +55	—	Durée du cycle 24	3
c) Choc thermique (variations rapides de température)	-10 à +55	—	3)	
d) Chaleur humide	25 ¹⁾	93	96	1
	40 ²⁾	93	96	1

¹⁾ Cette température apparaît dans plusieurs normes, par exemple la CEI 60335-1, la CEI 60669-1 ou la CEI 60730-1.

²⁾ Température normalisée de l'essai de chaleur humide apparaissant dans la CEI 60068-2-3.

³⁾ La durée de la variation de température dépend de l'inertie thermique du spécimen soumis à l'essai, se reporter à la CEI 60068-2-14.

Les comités d'études doivent spécifier les méthodes de conditionnement appropriées parmi les méthodes recommandées suivantes:

- a) chaleur sèche (CEI 60068-2-2), afin de permettre au spécimen d'atteindre un état de stabilité thermique qui peut ne pas exister immédiatement après sa fabrication;
- b) cycle de chaleur sèche (CEI 60068-2-2), afin de provoquer la formation de soufflures qui peuvent apparaître durant le stockage, le transport et l'utilisation normale;
- c) choc thermique (CEI 60068-2-14), afin de provoquer dans le système d'isolation un décollement interlaminaire qui est susceptible de se produire durant le stockage, le transport et l'utilisation normale;
- d) chaleur humide (CEI 60068-2-3), afin de provoquer l'effet de l'absorption d'eau dans l'isolation solide et ses conséquences sur les propriétés diélectriques.

Pour ce qui concerne les essais de tension de choc, de tension alternative à fréquence industrielle et de tension à haute fréquence, les méthodes de conditionnement a) et d) sont les plus importantes. Pour ce qui concerne les essais de décharges partielles, les méthodes de conditionnement b) et c) sont les plus appropriées.

Si le conditionnement d'une isolation solide est prescrit, cette procédure doit être effectuée avant les essais de type. Les valeurs de température, d'humidité et de durée doivent être choisies parmi celles indiquées au tableau 6.

Il peut être approprié de soumettre des composants au conditionnement avant les essais diélectriques, par exemple des éléments électriques, sous-ensembles, matériaux isolants et matériaux. Un tel conditionnement n'est pas exigé dans la mesure où les composants ont fait l'objet d'essai de type conformément à ce paragraphe.

4.1.2.1 Conditioning

If not otherwise specified, the test shall be performed with a new test specimen. Conditioning of the specimen by temperature and humidity treatment is intended to

- represent the most onerous normal service conditions,
- expose possible weaknesses which are not present in the new condition.

Table 6 – Severities for conditioning of solid insulation

Test	Temperature °C	Relative humidity %	Time h	Number of cycles
a) Dry heat	+55	–	48	1
b) Dry heat cycle	–10 to +55	–	Cycle duration 24	3
c) Thermal shock (rapid change of temperature)	–10 to +55	–	3)	
d) Damp heat	25 ¹⁾ 40 ²⁾	93 93	96 96	1 1

¹⁾ This temperature appears in several standards, e.g. IEC 60335-1, IEC 60669-1 and IEC 60730-1.
²⁾ Standard temperature of damp heat test appears in IEC 60068-2-3.
³⁾ Duration of the temperature change depends on the thermal time constant of the test specimen, see IEC 60068-2-14.

Technical committees shall specify the appropriate conditioning method from the following recommended methods:

- a) dry heat (IEC 60068-2-2), in order to achieve a stable condition which may not exist immediately after manufacture;
- b) dry heat cycle (IEC 60068-2-2), in order to induce the creation of voids which could develop in storage, transportation and normal use;
- c) thermal shock (IEC 60068-2-14), in order to induce delamination within the insulation system which may develop in storage, transportation and normal use;
- d) damp heat (IEC 60068-2-3), in order to evaluate the effect of water absorption on the electric properties of the solid insulation.

For impulse voltage, a.c. power frequency voltage and high frequency voltage tests, the most significant conditioning methods are those in a) and d). For partial discharge testing, the conditioning methods b) and c) are most relevant.

If conditioning of solid insulation is required, it shall be performed prior to type testing. The values of temperature, humidity and time shall be selected from table 6.

It may be appropriate to subject components, for example electrical parts, sub-assemblies, insulating parts and materials, to conditioning before electric testing. When components have already been type tested according to this subclause, such conditioning is not required.

4.1.2.2 Essai de tension de choc

4.1.2.2.1 Méthode d'essai

Les méthodes d'essai de tension de choc de 4.1.1.2.1 s'appliquent aussi à l'isolation solide avec comme seule différence que les facteurs de correction d'altitude ne sont pas applicables. L'essai doit être effectué pour cinq chocs de chaque polarité, avec un intervalle d'au moins 1 s entre les impulsions de choc. La forme d'onde de chaque impulsion de choc doit être enregistrée (voir 4.1.2.2.2).

4.1.2.2.2 Critères d'acceptation

Aucune perforation ou claquage partiel de l'isolation ne doit se produire pendant l'essai, mais des décharges partielles sont admises. Un claquage partiel sera indiqué par un échelon dans la forme d'onde résultante et cet échelon apparaîtra prématurément dans les tensions de choc successives. Un claquage sur la première impulsion peut indiquer soit une défaillance complète du système d'isolation, soit le fonctionnement de dispositifs limiteurs de surtensions présents dans le matériel.

NOTE 1 Si le matériel comporte des dispositifs limiteurs de surtensions, des précautions doivent être prises pour examiner la forme d'onde afin de s'assurer que leur fonctionnement ne conduit pas à l'interpréter comme une défaillance de l'isolation. Les distorsions de la tension de chocs qui ne varient pas d'une impulsion à l'autre, peuvent être occasionnées par le fonctionnement de dispositifs limiteurs de surtension et n'indiquent pas un claquage (partiel) de l'isolation solide.

NOTE 2 Des décharges partielles au niveau des soufflures peuvent entraîner, lorsque l'on examine la forme d'onde, des discontinuités d'une durée extrêmement brève qui peuvent se répéter au cours d'une impulsion.

4.1.2.3 Essai diélectrique en tension alternative à fréquence industrielle

4.1.2.3.1 Méthode d'essai

Pour l'isolation principale et l'isolation supplémentaire, la tension d'essai a la même valeur que la surtension temporaire de courte durée. Pour l'isolation renforcée, la tension d'essai est le double de la valeur utilisée pour l'isolation principale.

La tension d'essai alternative doit être uniformément augmentée de 0 V à la valeur spécifiée en 3.3.3.2.2 dans un intervalle de temps maximal de 5 s et elle doit être maintenue à cette valeur pendant 5 s.

Dans certains cas, il est possible de remplacer la tension d'essai alternative par une tension d'essai continue d'une valeur égale à la valeur de crête de la tension alternative.

Le matériel d'essai est spécifié dans la CEI 61180-2. Il est recommandé que le courant de sortie de court-circuit du générateur ne soit pas inférieur à 200 mA. Le générateur ne doit pas se déclencher à un courant inférieur à 100 mA.

NOTE Pour les essais individuels de série, le courant de déclenchement peut être réglé à des niveaux inférieurs mais pas à moins de 5 mA.

4.1.2.3.2 Critères d'acceptation

Aucun claquage de l'isolation solide ne doit se produire.

4.1.2.4 Essai de décharge partielle

Les procédures d'essai de décharge partielle sont décrites à l'annexe C. Pendant l'exécution de l'essai, les facteurs de multiplication suivants sont utilisés:

F_1 – Facteur de sécurité de base pour les essais de DP et le dimensionnement des isolations principale et supplémentaire.

4.1.2.2 Impulse voltage test

4.1.2.2.1 Test method

The methods for impulse voltage testing of 4.1.1.2.1 apply also to solid insulation, except that the altitude correction factors are not applicable. The test shall be conducted for five impulses of each polarity with an interval of at least 1 s between impulses. The waveshape of each impulse shall be recorded (see 4.1.2.2.2).

4.1.2.2.2 Acceptance criteria

No puncture or partial breakdown of solid insulation shall occur during the test, but partial discharges are allowed. Partial breakdown will be indicated by a step in the resulting waveshape which will occur earlier in successive impulses. Breakdown on the first impulse may either indicate a complete failure of the insulation system or the operation of overvoltage limiting devices in the equipment.

NOTE 1 If overvoltage limiting devices are included in the equipment, care must be taken to examine the waveshape to ensure that their operation is not taken to indicate insulation failure. Distortions of the impulse voltage which do not change from impulse to impulse may be caused by operation of such overvoltage limiting device and do not indicate a (partial) breakdown of solid insulation.

NOTE 2 Partial discharges in voids can lead to partial notches of extremely short durations which may be repeated in the course of an impulse.

4.1.2.3 A.C. power frequency voltage test

4.1.2.3.1 Test method

For basic insulation and supplementary insulation, the test voltage has the same value as the short-term temporary overvoltage. For reinforced insulation, the test voltage is twice the value used for basic insulation.

The a.c. test voltage shall be raised uniformly from 0 V to the value specified in 3.3.3.2.2 within not more than 5 s and held at that value for 5 s.

In some cases the a.c. test voltage may be substituted by a d.c. test voltage of a value equal to the peak value of the a.c. voltage.

Test equipment is specified in IEC 61180-2. It is recommended that the short-circuit output current of the generator is not less than 200 mA. The generator shall not trip at a current of less than 100 mA.

NOTE For routine testing, the tripping current may be adjusted to lower levels but not less than 5 mA.

4.1.2.3.2 Acceptance criteria

No breakdown of solid insulation shall occur.

4.1.2.4 Partial discharge test

Partial discharge test methods are described in annex C. When performing the test, the following multiplying factors apply.

F_1 – Basic safety factor for PD testing and dimensioning basic and supplementary insulation.

La tension d'extinction de DP est susceptible d'être influencée par les conditions d'environnement, telles que la température. Ces influences sont prises en compte par un facteur de sécurité de base F_1 , égal à 1,2. Pour ce qui concerne l'isolation principale ou l'isolation supplémentaire, la tension d'extinction de DP est donc supérieure ou égale à $1,2 U_{rp}$.

F_2 – Facteur d'hystérésis de DP.

Un hystérésis se produit entre la tension de seuil de décharge partielle U_i et la tension d'extinction de décharge partielle U_e . L'expérience pratique montre que ce facteur F_2 n'est pas supérieur à 1,25. Pour l'isolation principale et supplémentaire, la valeur initiale de la tension d'essai est donc $F_1 \times F_2 \times U_{rp}$, c'est-à-dire $1,2 \times 1,25 U_{rp} = 1,5 U_{rp}$.

NOTE Ceci tient compte du fait que la DP pourrait être engendrée par des surtensions transitoires supérieures à U_i et maintenue, par exemple, par les valeurs de tension de crête répétitive supérieures à U_e . Une telle situation nécessiterait une combinaison entre les tensions de choc et les tensions alternatives durant l'essai; ceci n'étant pas réalisable, la situation est donc simulée par un essai avec une tension alternative, en prenant une tension d'essai initialement augmentée.

F_3 – Facteur de sécurité supplémentaire pour les essais de DP et le dimensionnement d'une isolation renforcée.

Pour ce qui concerne l'isolation renforcée, il est nécessaire de déterminer un facteur de risque plus rigoureux. Par conséquent, un facteur supplémentaire de sécurité $F_3 = 1,25$ est nécessaire. La valeur initiale de la tension d'essai est $F_1 \times F_2 \times F_3 \times U_{rp}$, c'est-à-dire $1,2 \times 1,25 \times 1,25 U_{rp} = 1,875 U_{rp}$.

F_4 – Facteur couvrant les écarts, à long terme, par rapport à la tension nominale du réseau d'alimentation.

Pour ce qui concerne les circuits reliés au réseau d'alimentation, ce facteur tient compte de l'écart maximum, à long terme, par rapport à la tension nominale. Par conséquent, la tension de crête, à la tension nominale U_n , doit être multipliée par $F_4 = 1,1$.

4.1.2.4.1 Généralités

L'essai est effectué pour vérifier qu'aucune décharge partielle n'est maintenue à la plus élevée des valeurs suivantes:

- la valeur de crête de la tension maximale de régime établi;
- la valeur de crête de la surtension temporaire à long terme (se reporter à 3.3.3.2.2);
- la tension de crête répétitive (se reporter à 3.3.3.2.3).

NOTE Dans des cas où, en complément, les valeurs réelles de tension de seuil et d'extinction de DP sont recherchées, la procédure de mesure est décrite en D.1 de l'annexe D.

L'essai de décharge partielle est généralement utilisé pour vérifier les composants, les petits ensembles et les petits matériels. Si des matériels complexes sont soumis aux essais, des précautions doivent être prises pour tenir compte d'un affaiblissement excessif des signaux de DP, lorsque ces derniers sont mesurés aux bornes du matériel.

La valeur minimale requise pour la tension d'extinction de décharge doit être supérieure d'un facteur F_1 à la plus élevée des valeurs mentionnées ci-dessus.

Selon le type de spécimen, les Comités d'Etudes doivent spécifier:

- le circuit d'essai (se reporter à C.1.1 de l'annexe C),
- l'équipement de mesurage (C.3 de l'annexe C et D.2 de l'annexe D),
- la fréquence de mesurage (C.3.1 de l'annexe C et D.3.3 de l'annexe D),
- le mode opératoire (4.1.2.4.2).

The PD extinction voltage may be influenced by environmental conditions, such as temperature. These influences are taken into account by a basic safety factor F_1 of 1,2. The PD extinction voltage for basic or supplementary insulation is therefore at least $1,2 U_{rp}$.

F_2 – PD hysteresis factor.

Hysteresis occurs between the PD inception voltage U_i and the PD extinction voltage U_e . Practical experience shows that F_2 is not greater than 1,25. For basic and supplementary insulation, the initial value of the test voltage is therefore $F_1 \times F_2 \times U_{rp}$, i.e. $1,2 \times 1,25 U_{rp} = 1,5 U_{rp}$.

NOTE This takes into account that PD might be initiated by transient overvoltages exceeding U_i and could be maintained, for example, by values of the recurring peak voltage exceeding U_e . This situation would require the combination of impulse and a.c. voltages for the test, which is impractical. Therefore, an a.c. test is performed with an initially increased voltage.

F_3 – Additional safety factor for PD testing and dimensioning reinforced insulation.

For reinforced insulation a more stringent risk assessment is required. Therefore, an additional safety factor $F_3 = 1,25$ is required. The initial value of the test voltage is $F_1 \times F_2 \times F_3 \times U_{rp}$, i.e. $1,2 \times 1,25 \times 1,25 U_{rp} = 1,875 U_{rp}$.

F_4 – Factor covering the deviation from the nominal voltage U_n of the low-voltage mains.

For circuits connected to the low-voltage mains, this factor takes into account the maximum deviation of the mains voltage from its nominal value. Therefore the crest voltage at nominal voltage U_n is to be multiplied by $F_4 = 1,1$.

4.1.2.4.1 General

The test is to verify that no partial discharges are maintained at the highest of the following values:

- the peak value of the maximum steady-state voltage;
- the peak value of the long-term temporary overvoltage (see 3.3.3.2.2);
- the recurring peak voltage (see 3.3.3.2.3).

NOTE For cases where, additionally, the actual values of PD inception and extinction voltage are of interest, the measuring procedure is described in D.1 of annex D.

When testing, the PD test is generally applied to components, small assemblies and small equipment. When testing complex equipment, care must be taken to allow for excessive attenuation of PD signals when measured at the equipment terminals.

The minimum required discharge extinction voltage shall be higher, by the factor F_1 , than the highest of the voltages listed above.

According to the kind of test specimen, Technical Committees shall specify

- the test circuit (C.1.1 of annex C);
- the measuring equipment (C.3 of annex C and D.2 of annex D);
- the measuring frequency (C.3.1 of annex C and D.3.3 of annex D);
- the test procedure (4.1.2.4.2).

4.1.2.4.2 Mode opératoire

La valeur de la tension d'essai U_t est 1,2 fois la tension d'extinction de décharge partielle requise U_e . Conformément à l'hystérésis de la décharge partielle (voir 4.1.2.4.1) une valeur initiale de 1,25 fois la tension d'essai doit être appliquée.

La tension doit être augmentée uniformément de 0 V à la valeur initiale de la tension d'essai $F_2 \times U_t$, c'est-à-dire $F_1 \times F_2 = 1,2 \times 1,25 = 1,5$ fois la tension la plus élevée parmi celles énumérées en 4.1.2.4.1. Cette valeur est ensuite maintenue constante pendant une durée spécifiée t_1 , ne dépassant pas 5 s. Si aucune décharge partielle n'est apparue, la tension d'essai est ensuite abaissée à zéro après t_1 . En présence d'une décharge partielle, la tension est abaissée à la tension d'essai U_t , qui est maintenue constante pendant une durée spécifiée t_2 , jusqu'à ce que la grandeur de la décharge partielle soit mesurée.

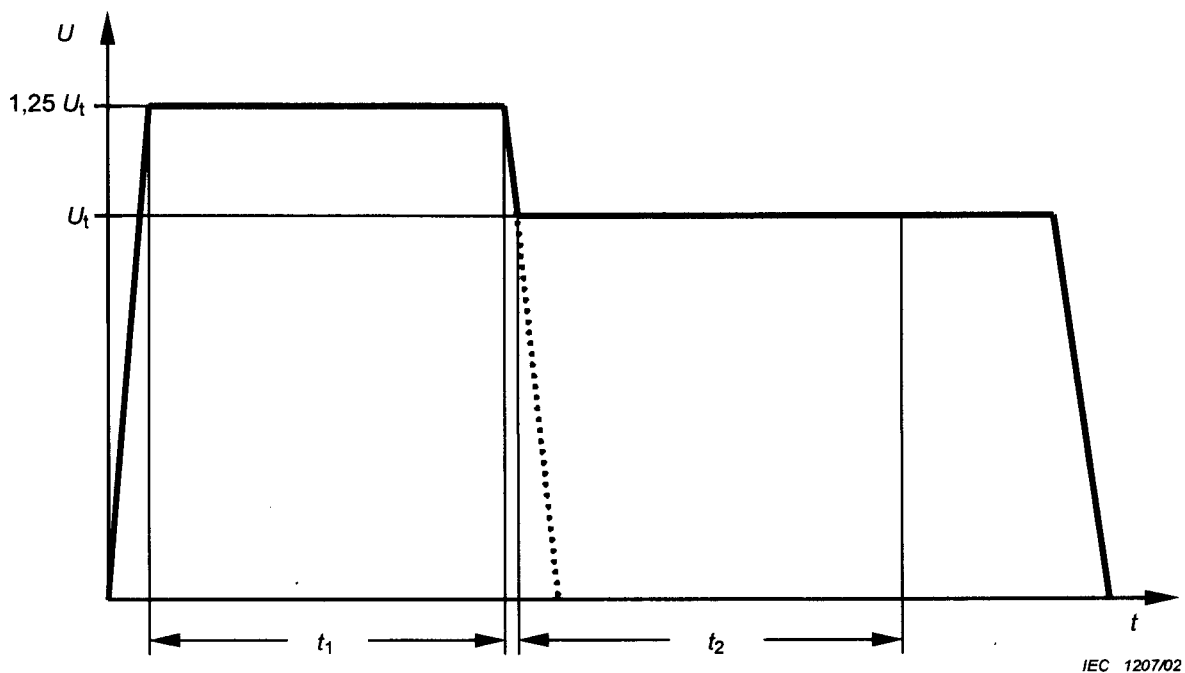


Figure 2 – Tensions d'essai

4.1.2.4.3 Critères d'acceptation

4.1.2.4.3.1 Grandeur de décharge spécifiée

Le but étant l'absence de décharges partielles permanentes en conditions de fonctionnement normal, la plus faible valeur doit être spécifiée comme étant la plus convenable au sens de D.3 de l'annexe D.

NOTE 1 A l'exception des décharges provoquées par des effluves dans l'air (par exemple des transformateurs non moulés), les valeurs au-dessus de 10 pC ne sont pas convenables.

NOTE 2 Les valeurs aussi faibles que 2 pC sont possibles avec les appareils généralement disponibles.

Le niveau de bruit ne doit pas être déduit de la valeur de lecture de l'appareil de mesure des décharges partielles.

4.1.2.4.2 Test procedure

The value of the test voltage U_t is 1,2 times the required partial discharge extinction voltage U_e . According to the partial discharge hysteresis (see 4.1.2.4.1) an initial value of 1,25 times the test voltage shall be applied.

The voltage shall be raised uniformly from 0 V up to the initial test voltage $F_2 \times U_t$, i.e. $F_1 \times F_2 = 1,2 \times 1,25 = 1,5$ times the highest of the voltages listed under 4.1.2.4.1. It is then kept constant for a specified time t_1 not exceeding 5 s. If no partial discharges have occurred, the test voltage is reduced to zero after t_1 . If a partial discharge has occurred, the voltage is decreased to the test voltage U_t , which is kept constant for a specified time t_2 until the partial discharge magnitude is measured.

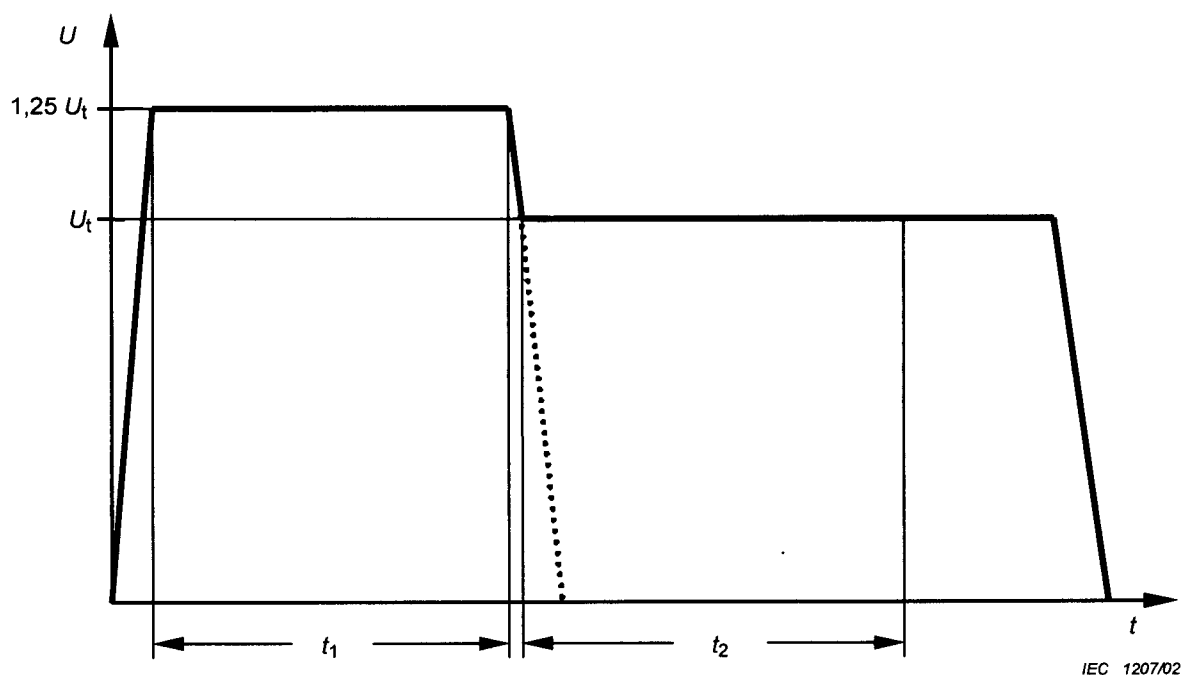


Figure 2 – Test voltages

4.1.2.4.3 Acceptance criteria

4.1.2.4.3.1 Specified discharge magnitude

As the objective is to have no continuous partial discharges under normal service conditions, the lowest practicable value following D.3 of annex D shall be specified.

NOTE 1 Except for discharges caused by corona discharges in air (e.g. in non-moulded transformers), values in excess of 10 pC are not suitable.

NOTE 2 Values as small as 2 pC are possible with currently available apparatus.

The noise level shall not be subtracted from the reading of the partial discharge meter.

4.1.2.4.3.2 Résultat d'essai

L'isolation solide est considérée comme conforme si

- aucun claquage ne s'est produit au niveau de l'isolation, et
- durant l'application de la tension d'essai des décharges partielles n'ont pas eu lieu, ou si après t_2 , la grandeur de décharge mesurée n'est pas supérieure à la grandeur de décharge spécifiée.

4.1.2.5 Essai de tension à haute fréquence

Pour les tensions à haute fréquence selon 3.3.3.2.4, des essais de tension alternative supplémentaires ou de substitution conformément à 4.1.2.3 ou des essais de décharges partielles conformément à 4.1.2.4 peuvent être nécessaires.

NOTE Les informations concernant les caractéristiques de résistance de l'isolation à haute fréquence et les méthodes d'essai sont données dans la CEI 60664-4.

4.1.2.6 Séquence d'essai

Lorsque plusieurs essais individuels sont prescrits par le Comité d'Etudes, ils doivent être effectués dans l'ordre suivant:

- a) Essai de tension de choc, conformément à 4.1.2.2.
- b) Essai de tension à fréquence industrielle, conformément à 4.1.2.3.
- c) Essai de décharge partielle, conformément à 4.1.2.4.

Cependant, il est permis de combiner l'essai de décharge partielle avec l'essai de tension alternative à fréquence industrielle.

NOTE Dans des cas spécifiques à certains matériels, il n'est pas exclu qu'un essai de tension alternative à fréquence industrielle, avec des tensions de crête égales aux tensions de choc, soit préféré à l'essai aux ondes de choc. Il est cependant à noter que cet essai est plus sévère pour les matériels, se reporter également en 4.1.1.

4.2 Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

La dimension X, spécifiée dans les exemples suivants, a une valeur minimale dépendant du degré de pollution, comme suit:

Degré de pollution	Valeur minimale de la dimension X
1	0,25 mm
2	1,0 mm
3	1,5 mm

Si la distance d'isolement associée est inférieure à 3 mm, la largeur X minimale peut être réduite au tiers de la valeur de cette distance d'isolement.

Les méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement sont indiquées dans les exemples 1 à 11. Ces exemples ne font pas de différence entre les intervalles et les rainures ou entre les types d'isolation.

Les suppositions suivantes ont été faites:

- tout puits est supposé être ponté par une liaison isolante de largeur X mm placée dans la position la plus défavorable (voir exemple 3);
- lorsque la distance entre les arêtes supérieures d'une rainure est supérieure ou égale à X mm, une ligne de fuite est mesurée le long des contours de la rainure (voir exemple 2);
- les lignes de fuite et les distances d'isolement mesurées entre les parties mobiles l'une par rapport à l'autre sont mesurées lorsque ces parties se trouvent dans leurs positions les plus défavorables.

4.1.2.4.3.2 Test result

The solid insulation complies if

- no insulation breakdown has occurred, and
- during the application of the test voltage, partial discharges have not occurred, or after t_2 the magnitude of the discharge is not higher than specified.

4.1.2.5 High frequency voltage test

For high frequency voltages according to 3.3.3.2.4, additional or alternative a.c. voltage tests according to 4.1.2.3 or partial discharge tests according to 4.1.2.4 may be necessary.

NOTE Information about the withstand characteristics of insulation at high frequency and methods of testing is given in IEC 60664-4.

4.1.2.6 Test sequence

When more than one individual test is required by the Technical Committee, they shall be performed in the following sequence:

- a) Impulse voltage test according to 4.1.2.2;
- b) AC power frequency voltage test according to 4.1.2.3;
- c) Partial discharge test according to 4.1.2.4.

However it is permissible to combine the partial discharge test with the a.c. power frequency voltage test.

NOTE In special cases, for certain equipment an a.c. power frequency voltage test with peak voltages equal to the impulse voltages may be preferred to the impulse test. Note, however, that this will be more onerous to the equipment, see also 4.1.1.

4.2 Measurement of creepage distances and clearances

The dimension X , specified in the following examples, has a minimum value depending on the pollution degree as follows:

Pollution degree	Dimension X minimum value
1	0,25 mm
2	1,0 mm
3	1,5 mm

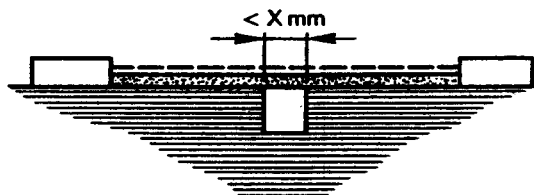
If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum dimension X may be reduced to one third of this clearance.

The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in the following examples 1 to 11. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see example 3);
- where the distance across a groove is equal to or larger than the specified width X , the creepage distance is measured along the contours of the groove (see example 2);
- creepage distances and clearances measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.

Exemple
1
Example



127/81

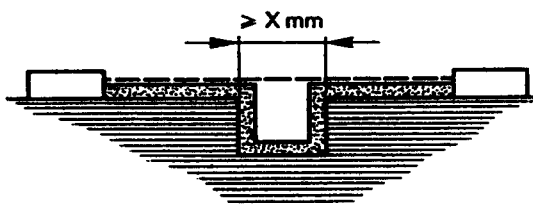
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X mm.

Condition: Path under consideration includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Règle: La ligne de fuite et la distance d'isolement sont mesurées en ligne droite au-dessus de la rainure, comme indiqué ci-dessus.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

Exemple
2
Example



128/81

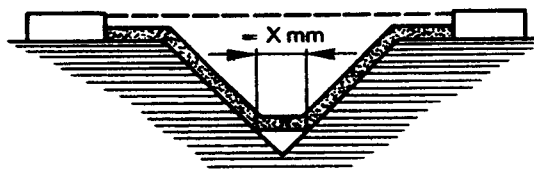
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles, de profondeur quelconque et de largeur égale ou supérieure à X mm.

Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth and equal to or more than X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove.

Exemple
3
Example



129/81

Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure en V dont la largeur est supérieure à X mm.

Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure, mais «court-circuite» le bas de la rainure par un tronçon de X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by X mm link.

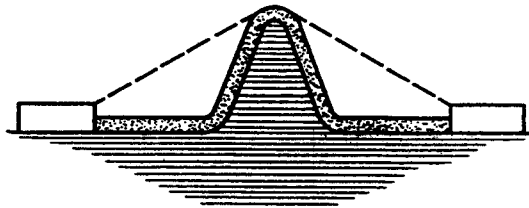


Distance d'isolement
Clearance



Ligne de fuite
Creepage distance

Exemple
4
Example



131/81

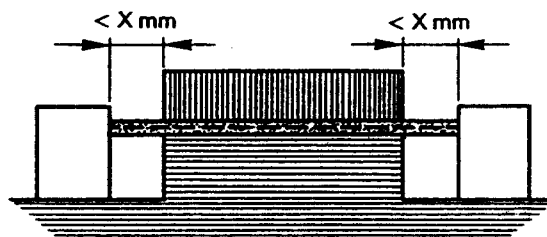
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une nervure.

Condition: Path under consideration includes a rib.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la nervure. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la nervure.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

Exemple
5
Example



132/81

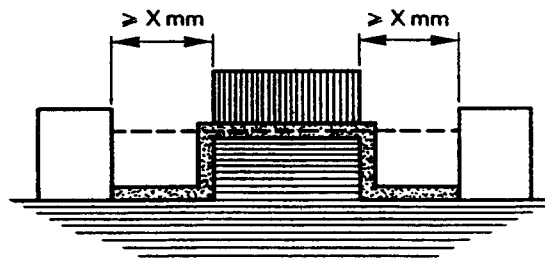
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur inférieure à X mm de chaque côté.

Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side.

Règle: Le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement est la distance en ligne droite indiquée ci-dessus.

Rule: Creepage and clearance path is the "line of sight" distance shown.

Exemple
6
Example



133/81

Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur égale ou supérieure à X mm de chaque côté.

Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil des rainures.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

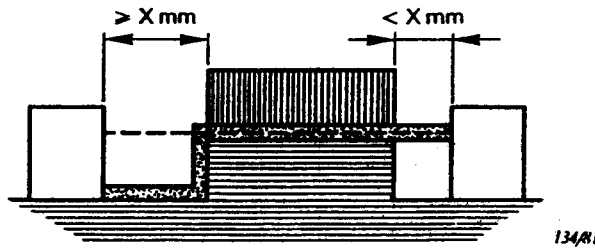


Distance d'isolement
Clearance



Ligne de fuite
Creepage distance

Exemple
7
Example



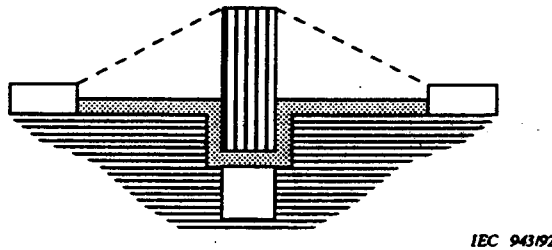
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec, d'un côté une rainure de largeur inférieure à X mm et, de l'autre côté, une rainure de largeur égale ou supérieure à X mm.

Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Règle: Les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont indiqués ci-dessus.

Rule: Clearance and creepage paths area as shown.

Exemple
8
Example



Condition: La ligne de fuite à travers le joint non collé est inférieure à la ligne de fuite par dessus la barrière.

Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

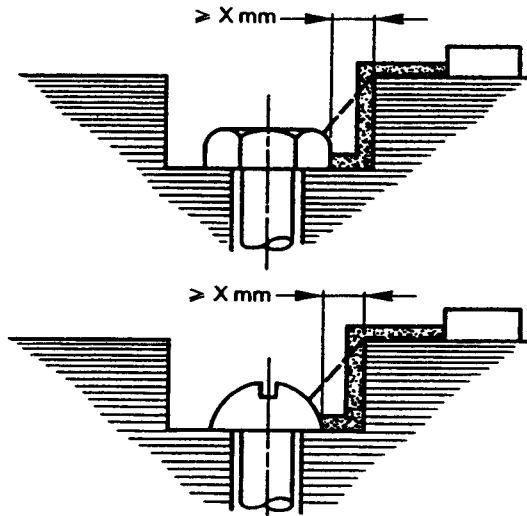
Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par dessus le sommet de la barrière.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

----- Distance d'isolement
Clearance

————— Ligne de fuite
Creepage distance

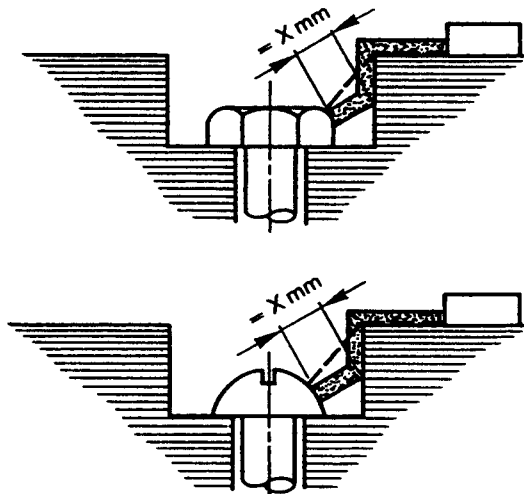
Exemple
9
Example



136/81

Distance suffisante entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte. Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Exemple
10
Example



137/81

Distance trop faible entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte. Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.
La mesure de la ligne de fuite s'effectue de la vis à la paroi quand la distance est égale à X mm. Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

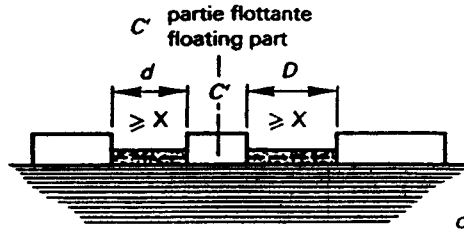


Distance d'isolement
Clearance



Ligne de fuite
Creepage distance

Exemple
11
Example



CEI-IEC 107192

Distance d'isolement = $d + D$
Ligne de fuite = $d + D$

Clearance is the distance = $d + D$
Creepage distance is also = $d + D$



Distance d'isolement
Clearance



Ligne de fuite
Creepage distance

- Page blanche -
- Blank page -

Annexe A
(informative)

**Données fondamentales des caractéristiques de tenue
des distances d'isolement**

**Tableau A.1 – Tensions de tenue en kilovolts pour une altitude de 2 000 m
au-dessus du niveau de la mer**

Distance d'isolement	Cas A Champ non homogène			Cas B Champ homogène	
	Courant alternatif (50/60 Hz)		Choc (1,2/50)	Courant alternatif (50/60 Hz)	Courant alternatif (50/60 Hz) et choc (1,2/50)
mm	<i>U</i> eff.	\hat{U}	\hat{U}	<i>U</i> eff.	\hat{U}
0,010	0,23	0,33	0,33	0,23	0,33
0,012	0,25	0,35	0,35	0,25	0,35
0,015	0,26	0,37	0,37	0,26	0,37
0,020	0,28	0,40	0,40	0,28	0,40
0,025	0,31	0,44	0,44	0,31	0,44
0,030	0,33	0,47	0,47	0,33	0,47
0,040	0,37	0,52	0,52	0,37	0,52
0,050	0,40	0,56	0,56	0,40	0,56
0,0625	0,42	0,60 +	0,60 +	0,42	0,60 +
0,080	0,46	0,65	0,70	0,50	0,70
0,10	0,50	0,70	0,81	0,57	0,81
0,12	0,52	0,74	0,91	0,64	0,91
0,15	0,57	0,80	1,04+	0,74	1,04
0,20	0,62	0,88	1,15	0,89	1,26
0,25	0,67	0,95	1,23	1,03	1,45
0,30	0,71	1,01	1,31	1,15	1,62
0,40	0,78	1,11	1,44	1,38	1,95
0,50	0,84	1,19	1,55	1,59	2,25
0,60	0,90	1,27	1,65	1,79	2,53
0,80	0,98	1,39	1,81	2,15	3,04
1,0	1,06	1,50+	1,95	2,47	3,50+
1,2	1,20	1,70	2,20	2,89	4,09
1,5	1,39	1,97	2,56	3,50	4,95
2,0	1,68	2,38	3,09	4,48	6,33
2,5	1,96	2,77	3,60	5,41	7,65
3,0	2,21	3,13	4,07	6,32	8,94
4,0	2,68	3,79	4,93	8,06	11,4
5,0	3,11	4,40	5,72	9,76	13,8
6,0	3,51	4,97	6,46	11,5	16,2
8,0	4,26	6,03	7,84	14,6	20,7
10,0	4,95	7,00+	9,10	17,7	25,0+
12,0	5,78	8,18	10,6	20,9	29,6
15,0	7,00	9,90	12,9	25,7	36,4
20,0	8,98	12,7	16,4	33,5	47,4
25,0	10,8	15,3	19,9	41,2	58,3
30,0	12,7	17,9	23,3	48,8	69,0
40,0	16,2	22,9	29,8	63,6	90,0
50,0	19,6	27,7	36,0	78,5	111,0
60,0	22,8	32,3	42,0	92,6	131,0
80,0	29,2	41,3	53,7	120,9	171,0
100,0	35,4	50,0+	65,0	148,5	210,0+

Pour simplifier, les valeurs mesurées statistiquement selon le tableau A.1 ci-dessus sont remplacées par une ligne droite entre les valeurs marquées «+» sur un diagramme log-log tenant compte des facteurs de correction de 0 m à 2 000 m d'altitude. Les valeurs intermédiaires sont tirées de ce diagramme (voir figure A.1) de sorte qu'elles comprennent les valeurs mesurées avec une faible marge de sécurité. Les valeurs de *U* eff. s'obtiennent en divisant les valeurs de \hat{U} par $\sqrt{2}$.

Annex A (informative)

Basic data on withstand characteristics of clearances

**Tableau A.1 – Withstand voltages in kilovolts for
an altitude of 2 000 m above sea level**

Clearance	Case A Inhomogeneous field			Case B Homogeneous field	
	A.C. (50/60 Hz)		Impulse (1,2/50)	A.C. (50/60 Hz)	A.C. (50/60 Hz) and impulse (1,2/50)
	<i>U</i> r.m.s.	\hat{U}	\hat{U}	<i>U</i> r.m.s.	\hat{U}
mm					
0,010	0,23	0,33	0,33	0,23	0,33
0,012	0,25	0,35	0,35	0,25	0,35
0,015	0,26	0,37	0,37	0,26	0,37
0,020	0,28	0,40	0,40	0,28	0,40
0,025	0,31	0,44	0,44	0,31	0,44
0,030	0,33	0,47	0,47	0,33	0,47
0,040	0,37	0,52	0,52	0,37	0,52
0,050	0,40	0,56	0,56	0,40	0,56
0,0625	0,42	0,60 +	0,60 +	0,42	0,60 +
0,080	0,46	0,65	0,70	0,50	0,70
0,10	0,50	0,70	0,81	0,57	0,81
0,12	0,52	0,74	0,91	0,64	0,91
0,15	0,57	0,80	1,04+	0,74	1,04
0,20	0,62	0,88	1,15	0,89	1,26
0,25	0,67	0,95	1,23	1,03	1,45
0,30	0,71	1,01	1,31	1,15	1,62
0,40	0,78	1,11	1,44	1,38	1,95
0,50	0,84	1,19	1,55	1,59	2,25
0,60	0,90	1,27	1,65	1,79	2,53
0,80	0,98	1,39	1,81	2,15	3,04
1,0	1,06	1,50+	1,95	2,47	3,50+
1,2	1,20	1,70	2,20	2,89	4,09
1,5	1,39	1,97	2,56	3,50	4,95
2,0	1,68	2,38	3,09	4,48	6,33
2,5	1,96	2,77	3,60	5,41	7,65
3,0	2,21	3,13	4,07	6,32	8,94
4,0	2,68	3,79	4,93	8,06	11,4
5,0	3,11	4,40	5,72	9,76	13,8
6,0	3,51	4,97	6,46	11,5	16,2
8,0	4,26	6,03	7,84	14,6	20,7
10,0	4,95	7,00+	9,10	17,7	25,0+
12,0	5,78	8,18	10,6	20,9	29,6
15,0	7,00	9,90	12,9	25,7	36,4
20,0	8,98	12,7	16,4	33,5	47,4
25,0	10,8	15,3	19,9	41,2	58,3
30,0	12,7	17,9	23,3	48,8	69,0
40,0	16,2	22,9	29,8	63,6	90,0
50,0	19,6	27,7	36,0	78,5	111,0
60,0	22,8	32,3	42,0	92,6	131,0
80,0	29,2	41,3	53,7	120,9	171,0
100,0	35,4	50,0+	65,0	148,5	210,0+

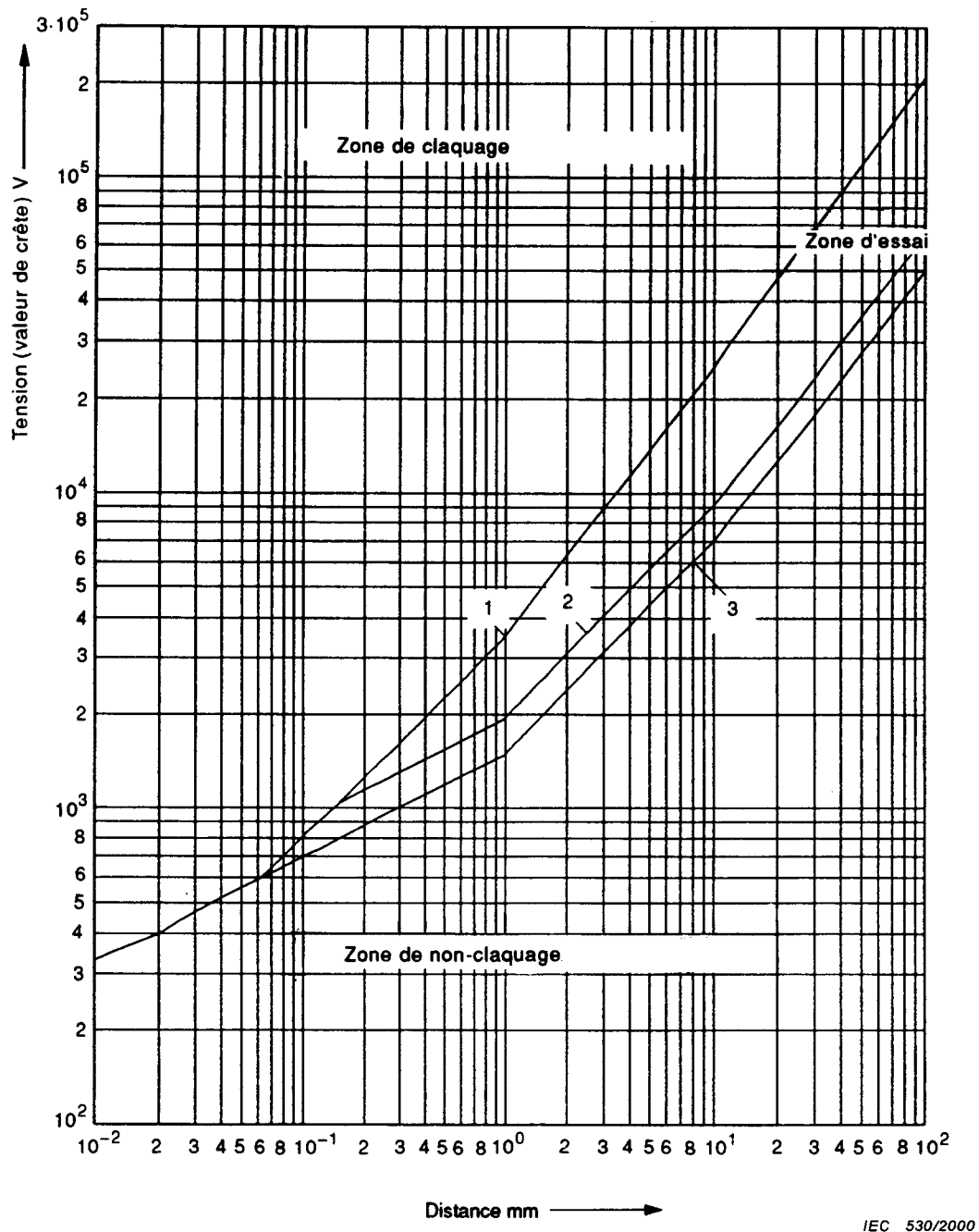
For simplification, the statistical measured values according to table A.1 above are replaced by straight lines between the values marked "+" in a double logarithmic diagram taking into account the correction factors from 0 m to 2 000 m altitude. The intermediate values are taken from that diagram (see figure A.1) so that they enclose the measured values with a small safety margin. The values of *U* r.m.s. are found by dividing the values of \hat{U} by $\sqrt{2}$.

Tableau A.2 – Facteurs de correction d'altitude

Altitude m	Pression atmosphérique normale kPa	Facteur multiplicatif pour les distances d'isolement
2 000	80,0	1,00
3 000	70,0	1,14
4 000	62,0	1,29
5 000	54,0	1,48
6 000	47,0	1,70
7 000	41,0	1,95
8 000	35,5	2,25
9 000	30,5	2,62
10 000	26,5	3,02
15 000	12,0	6,67
20 000	5,5	14,5

Table A.2 – Altitude correction factors

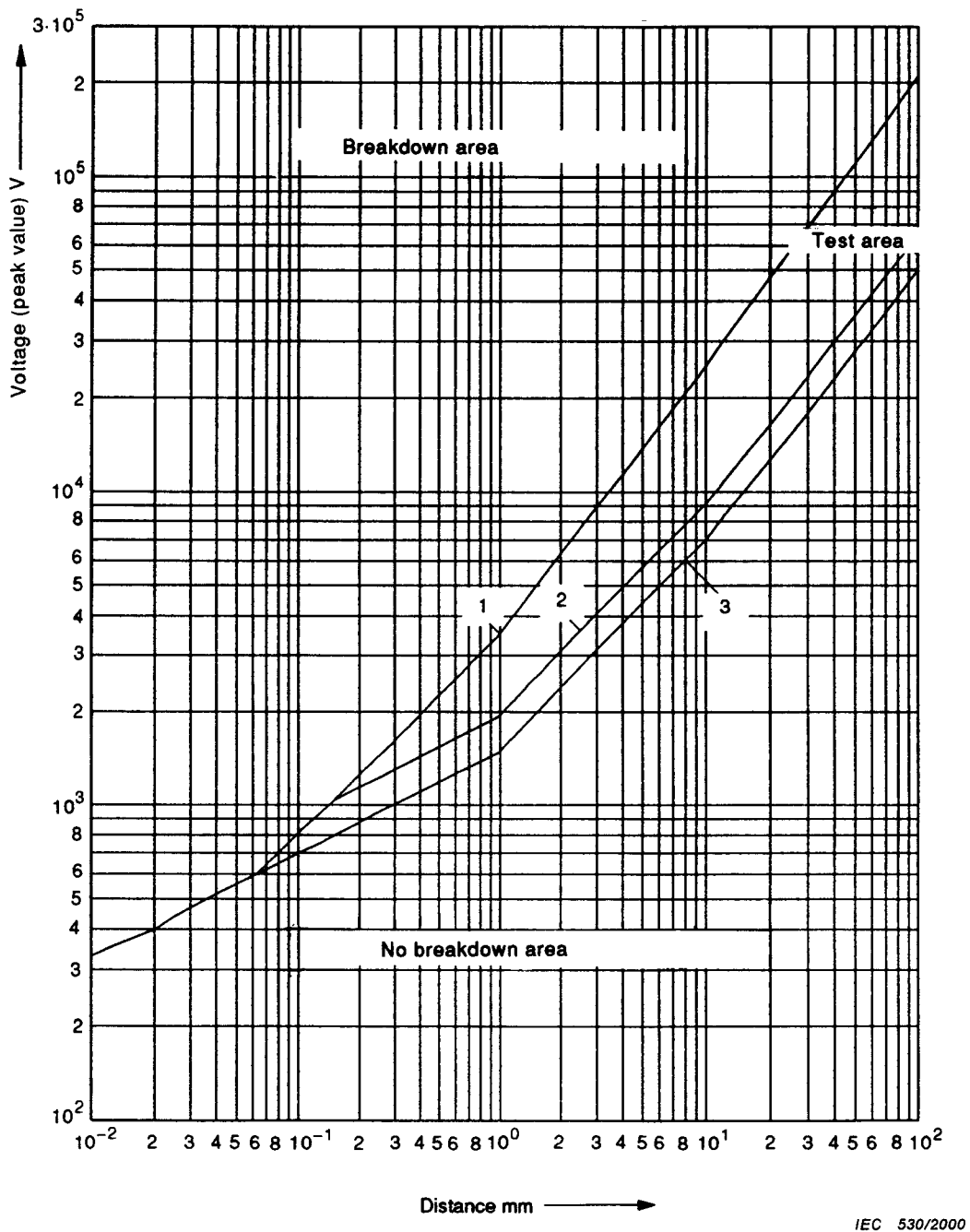
Altitude m	Normal barometric pressure kPa	Multiplication factor for clearances
2 000	80,0	1,00
3 000	70,0	1,14
4 000	62,0	1,29
5 000	54,0	1,48
6 000	47,0	1,70
7 000	41,0	1,95
8 000	35,5	2,25
9 000	30,5	2,62
10 000	26,5	3,02
15 000	12,0	6,67
20 000	5,5	14,5



IEC 530/2000

- 1 = Cas B; $\hat{U}_{1,2/50}$ et $\hat{U}_{50/60}$ Hz
- 2 = Cas A; $\hat{U}_{1,2/50}$
- 3 = Cas A; $\hat{U}_{50/60}$ Hz

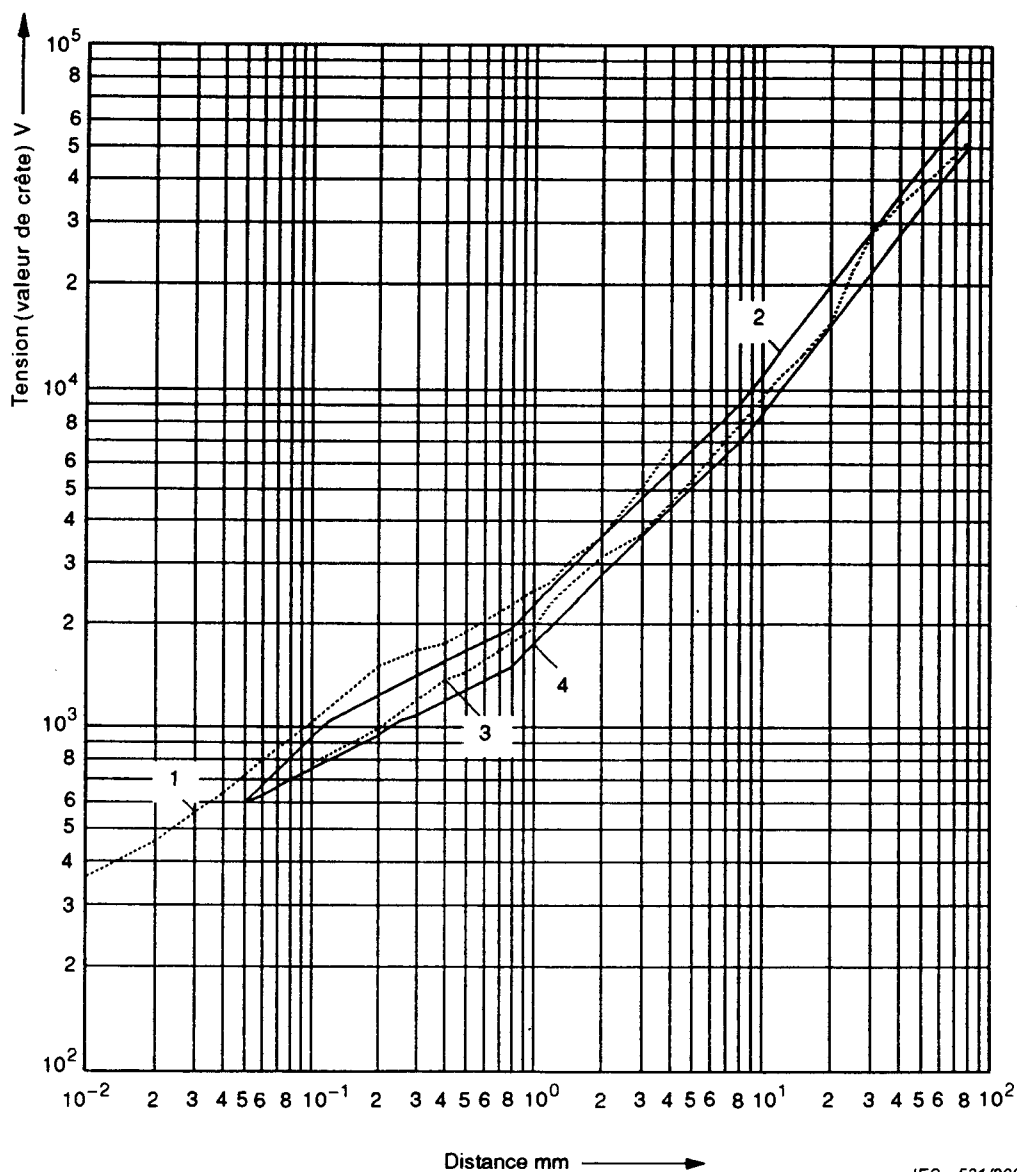
Figure A.1 – Tension de tenue à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer



IEC 530/2000

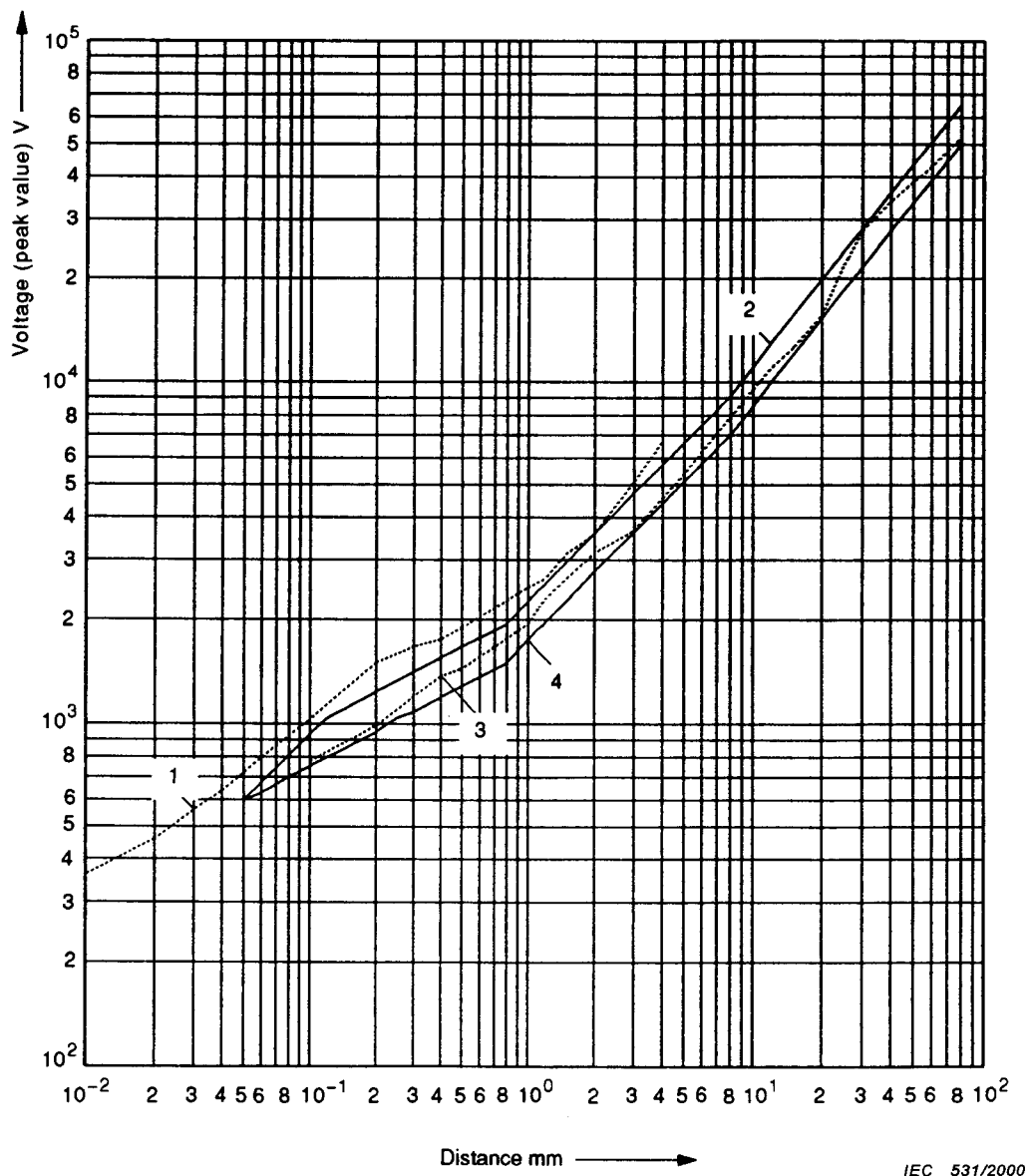
- 1 = Case B; $\hat{U}_{1,2/50}$ and $\hat{U}_{50/60}$ Hz
- 2 = Case A; $\hat{U}_{1,2/50}$
- 3 = Case A; $\hat{U}_{50/60}$ Hz

Figure A.1 – Withstand voltage at 2 000 m above sea level



- 1 = $\hat{U}_{1,2/50}$ d'après ETZ-B, 1976 P.300-302
- 2 = Limites inférieures pour $\hat{U}_{1,2/50}$
- 3 = $\hat{U}_{50 \text{ Hz}}$ d'après ETZ-A, 1969 P.251-255
- 4 = Limites inférieures pour $\hat{U}_{50 \text{ Hz}}$

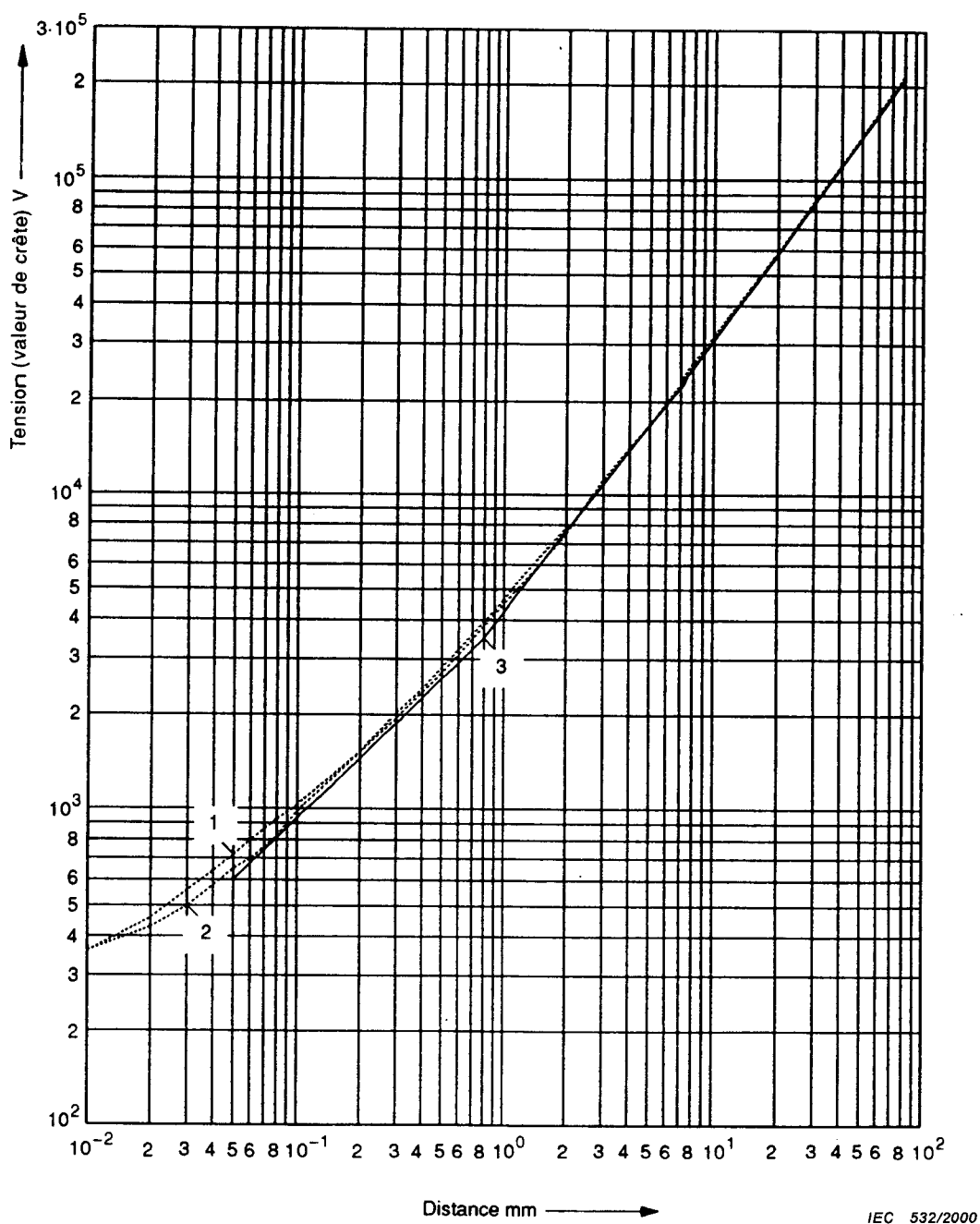
Figure A.2 – Valeurs expérimentales mesurées approximativement au niveau de la mer avec leurs limites inférieures pour les champs non homogènes



IEC 531/2000

- 1 = $\hat{U}_{1,2/50}$ according to ETZ-B, 1976 P.300-302
- 2 = Low limits for $\hat{U}_{1,2/50}$
- 3 = $\hat{U}_{50 \text{ Hz}}$ according to ETZ-A, 1969 P.251-255
- 4 = Low limits for $\hat{U}_{50 \text{ Hz}}$

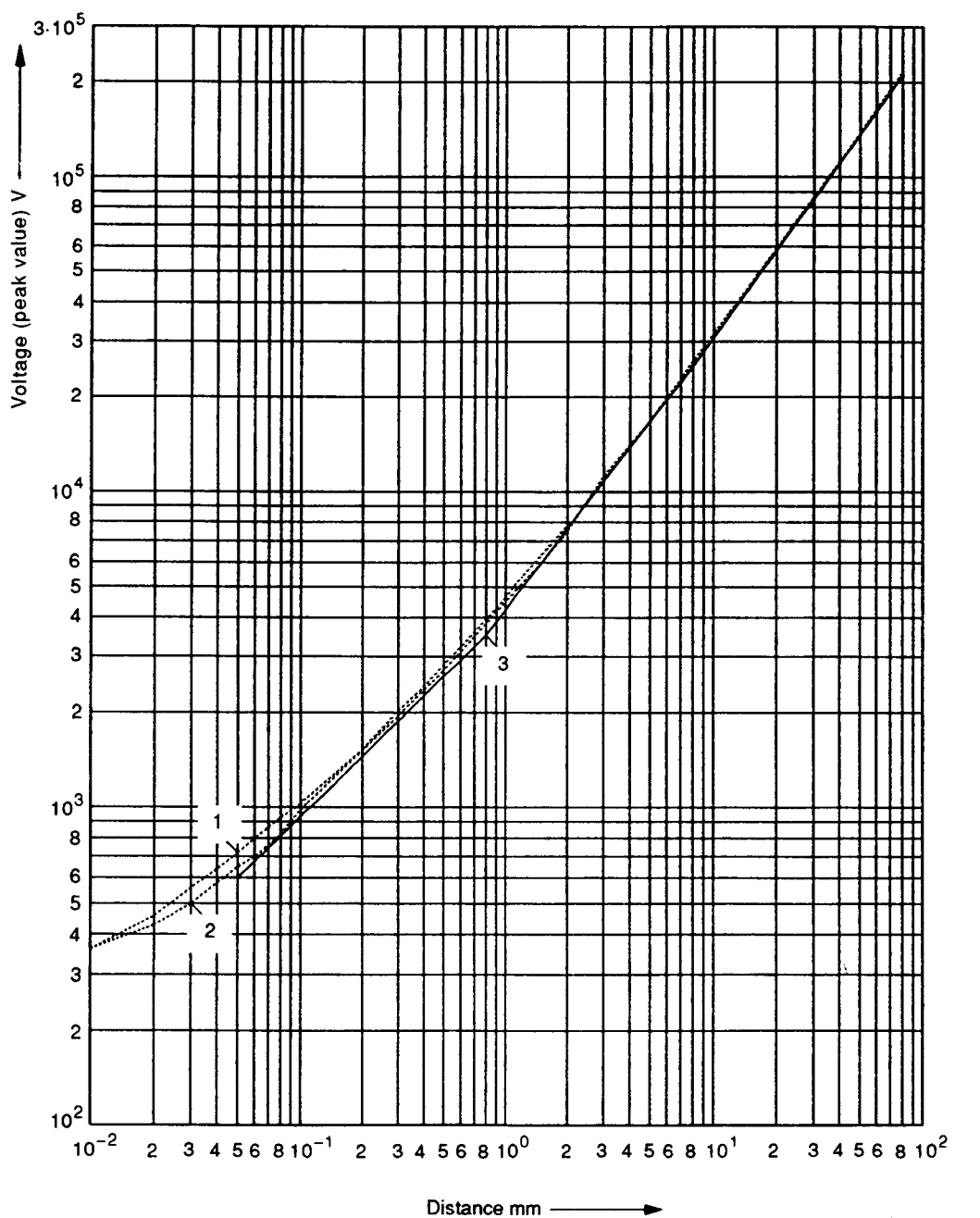
Figure A.2 – Experimental data measured at approximately sea level and their low limits for inhomogeneous field



IEC 532/2000

- 1 = $\hat{U}_{1,2/50}$ d'après ETZ-B, 1976 P.300-302
- 2 = \hat{U}_{50} Hz d'après Electra, 1974 P.61-82
- 3 = Limites inférieures pour $\hat{U}_{1,2/50}$ et \hat{U}_{50} Hz

Figure A.3 – Valeurs expérimentales mesurées approximativement au niveau de la mer avec leurs limites inférieures pour les champs homogènes



IEC 532/2000

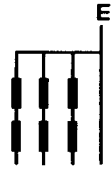



- 1 = $\hat{U}_{1,2/50}$ according to ETZ-B, 1976 P.300-302
- 2 = $\hat{U}_{50 \text{ Hz}}$ according to Electra, 1974 P.61-82
- 3 = Low limits for $\hat{U}_{1,2/50}$ and $\hat{U}_{50 \text{ Hz}}$

Figure A.3 – Experimental data measured at approximately sea level and their low limits for homogeneous field

Annexe B (informative)

Tensions nominales des réseaux d'alimentation

Tableau B.1 – Situation naturelle ou situation contrôlée équivalente

Tension phase-neutre déduite des tensions nominales c.a. ou c.c. 1) V	Tensions nominales utilisées actuellement dans le monde				Tension assignée de choc pour les matériels 1) V				
	Réseaux triphasés 4 fils avec neutre à la terre 	Réseaux triphasés 3 fils non raccordé à la terre 	Réseaux monophasés 2 fils courant alternatif ou courant continu 	Réseaux monophasés 3 fils courant alternatif ou courant continu 					Catégorie de surtension
	V	V	V	V	I	II	III	IV	
50			12,5 25 42	24 30 48	30-60	330	500	800	1 500
100	66/115	66	60			500	800	1 500	2 500
150	120/208* 127/220	115, 120, 127	110, 120		110-220 120-240	800	1 500	2 500	4 000
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 277/480	220, 230, 240 260, 277, 347 380, 400, 415 440, 480	220		220-440	1 500	2 500	4 000	6 000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	500, 577, 600	480		480-960	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000		660 690, 720 830, 1 000	1 000			4 000	6 000	8 000	12 000

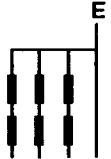



1) Ces colonnes sont tirées du tableau 1 dans lequel les valeurs de tension assignée de tenue aux chocs sont spécifiées.

* Utilisée aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada.

Annex B (informative)

Nominal voltages of supply systems for different modes of overvoltage control

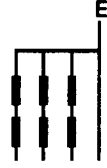
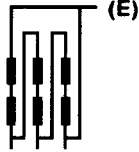


Table B.1 – Inherent control or equivalent protective control

Voltage line-to-neutral derived from nominal voltages a.c. or d.c. up to and including 1) V	Nominal voltages presently used in the world				Rated impulse voltage for equipment 1) V			
	Three-phase four-wire systems with earthed neutral 	Three-phase three-wire systems unearthed 	Single-phase two-wire systems a.c. or d.c. 	Single-phase three-wire systems a.c. or d.c. 				
	V	V	V	V	I	II	III	IV
50			12,5 24 25 30 42 48	30-60	330	500	800	1 500
100	66/115	66	60		500	800	1 500	2 500
150	120/208* 127/220	115, 120, 127	110, 120	110-220 120-240	800	1 500	2 500	4 000
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 477/480	220, 230, 240 260, 277, 347 380, 400, 415 440, 480	220	220-440	1 500	2 500	4 000	6 000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	500, 577, 600	480	480-960	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000		660 690, 720 830, 1 000	1 000		4 000	6 000	8 000	12 000

1) These columns are taken from table 1 in which the rated impulse voltage values are specified.

* Practice in the United States of America and in Canada.

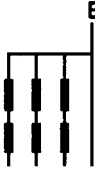
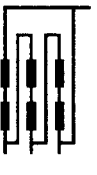


Tableau B.2 – Cas où une situation contrôlée est nécessaire et le contrôle est procuré par des parafoudres dont le rapport de la tension résiduelle à la tension assignée n'est pas inférieur à celui spécifié par la CEI 60099-1

Tension phase-neutre déduite des tensions nominales c.a. ou c.c. 1) V	Tensions nominales utilisées actuellement dans le monde				Tension assignée de choc pour les matériels 1) V			
	Réseaux triphasés 4 fils avec neutre à la terre 	Réseaux triphasés 3 fils raccordé ou non à la terre 	Réseaux mono-phasés 2 fils courant alternatif ou courant continu 	Réseaux mono-phasés 3 fils courant alternatif ou courant continu 				
	V	V	V	V	I	II	III	IV
50			12,5 24 25 30 42 48	30-60	330	500	800	1 500
100	66/115	66	60		500	800	1 500	2 500
150	120/208* 127/220	115, 120, 127	110, 120	110-220 120-240	800	1 500	2 500	4 000
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 477/480	220, 230, 240 260, 277	220	220-440	1 500	2 500	4 000	6 000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	347, 380, 400 415, 440, 480 500, 577, 600	480	480-960	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000		660 690, 720 830, 1 000	1 000		4 000	6 000	8 000	12 000

1) Ces colonnes sont tirées du tableau 1 dans lequel les valeurs de tension assignée de tenue aux chocs sont spécifiées.

* Utilisée aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada.

Table B.2 – Cases where protective control is necessary and control is provided by surge arresters having a ratio of clamping voltage to rated voltage not smaller than that specified by IEC 60099-1

Voltage line-to-neutral derived from nominal voltages a.c. or d.c. up to and including 1) V	Nominal voltages presently used in the world				Rated impulse voltage for equipment 1) V Overvoltage category			
	Three-phase four-wire systems with earthed neutral 	Three-phase three-wire systems earthed or unearthed 	Single-phase two-wire systems a.c. or d.c. 	Single-phase three-wire systems a.c. or d.c. 				
	V	V	V	V				
50			12,5 24 25 30 42 48	30-60	330	500	800	1 500
100	66/115	66	60		500	800	1 500	2 500
150	120/208* 127/220	115, 120, 127	110, 120	110-220 120-240	800	1 500	2 500	4 000
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 477/480	220, 230, 240 260, 277	220	220-440	1 500	2 500	4 000	6 000
600	347/600, 380/660 400/690, 417/720 480/830	347, 380, 400 415, 440, 480 500, 577, 600	480	480-960	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000		660 690, 720 830, 1 000	1 000		4 000	6 000	8 000	12 000

1) These columns are taken from table 1 in which the rated impulse voltage values are specified.

* Practice in the United States of America and in Canada.

Annexe C (informative)

Méthodes d'essai de décharge partielle

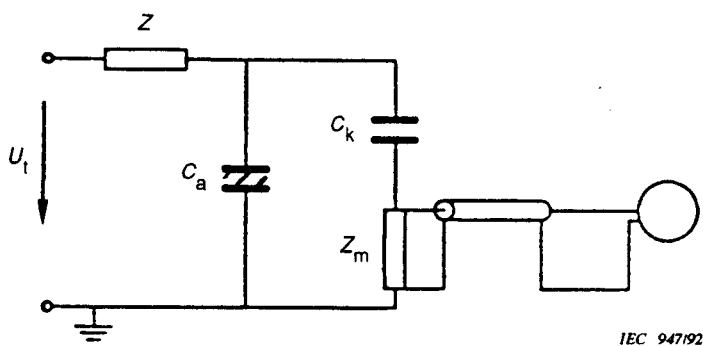
Cette annexe a le statut de rapport technique (Type 2) dans le sens d'une «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine de la coordination de l'isolement pour le matériel électrique car il y a une nécessité urgente de guide pour dire comment les normes de ce domaine devraient être utilisées lorsqu'il y a un besoin de vérifier que l'isolation solide est exempte de décharges partielles.

C.1 Circuits d'essai

On doit utiliser l'un des circuits d'essais suivants. On peut cependant utiliser d'autres circuits d'essai inclus dans la CEI 60270* à la condition qu'ils aient la même performance.

NOTE Pour l'explication de l'opération de base, voir D.2 de l'annexe D.

C.1.1 Circuit d'essai pour spécimen d'essai relié à la terre



- U_t = tension d'essai
- Z = filtre
- C_a = spécimen (peut être habituellement considéré comme une capacité)
- C_k = capacité de couplage
- Z_m = impédance de mesurage

Figure C.1 – Spécimen d'essai relié à la terre

C.1.2 Circuit d'essai pour spécimen non relié à la terre

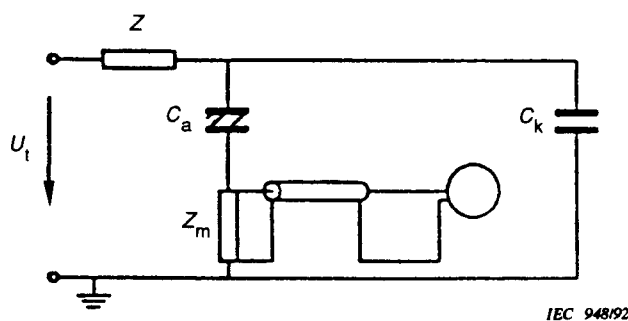


Figure C.2 – Spécimen d'essai non relié à la terre

* CEI 60270:1981, *Mesure des décharges partielles*

Annex C (informative)

Partial discharge test methods

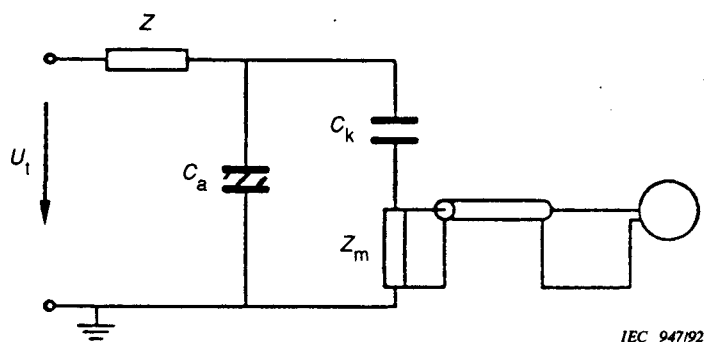
This annex has the status of a technical report (Type 2) in the meaning of a "prospective standard for provisional application" in the field for insulation coordination in electrical equipment because there is an urgent need for guidance on how standards in this field should be used where there is a need of verifying that solid insulation is free of partial discharges.

C.1 Test circuits

One of the following test circuits shall be used. However, other test circuits shown in IEC 60270* may be used as long as they perform in the same way.

NOTE For an explanation of the basic operation, see D.2 of annex D.

C.1.1 Test circuit for earthed test specimen



- U_t = test voltage
- Z = filter
- C_a = test specimen (usually it can be regarded as a capacitance)
- C_k = coupling capacitor
- Z_m = measuring impedance

Figure C.1 – Earthed test specimen

C.1.2 Test circuit for unearthed test specimen

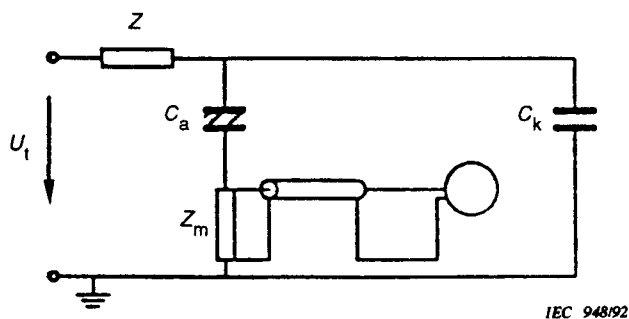


Figure C.2 – Unearthed test specimen

* IEC 60270:1981, *Partial discharge measurements*.

C.1.3 Critères de sélection

Les deux circuits sont fondamentalement équivalents. Cependant, les capacitances réparties du spécimen d'essai ont une influence différente sur la sensibilité. La capacitance par rapport à la terre de la borne de haute tension du spécimen réduit la sensibilité du circuit conformément à C.1.1 et augmente la sensibilité du circuit conformément à C.1.2. Par conséquent, il convient de choisir ce circuit.

C.1.4 Impédance de mesurage

L'impédance de mesurage doit assurer une chute de tension négligeable à la fréquence d'essai. L'impédance, pour la fréquence de mesurage, doit être sélectionnée de manière à assurer une sensibilité convenable, conformément à D.2 de l'annexe D.

Si des composants limiteurs de tension sont utilisés, ils ne doivent pas intervenir dans l'intervalle de mesurage.

C.1.5 Condensateur de couplage C_k

Ce condensateur doit impérativement avoir un type d'inductance faible, avec une fréquence de résonance au-dessus de $3 f_2$ (se reporter à C.3). Aucune décharge partielle n'est permise à la plus haute tension d'essai utilisée.

C.1.6 Filtre

L'utilisation d'un filtre n'est pas impérative. En cas d'utilisation d'un filtre, son impédance doit être élevée pour la fréquence de mesurage.

C.2 Paramètres d'essai

Les Comités d'Etudes doivent spécifier:

- la fréquence f_t de la tension d'essai (C.2.1),
- la grandeur de la décharge spécifiée (4.1.2.4.3.1),
- les conditions climatiques pour l'essai de DP (C.2.2).

NOTE Deux spécifications différentes pour l'essai de type et l'essai individuel de série peuvent s'avérer nécessaires.

C.2.1 Prescriptions relatives à la tension d'essai

Normalement, les tensions utilisées sont alternatives. Le taux d'harmoniques doit être inférieur à 5 %.

NOTE La faible distorsion de l'onde sinusoïdale permet l'utilisation de voltmètres normalisés ainsi que le calcul de la valeur de crête à partir de la valeur efficace lue. En cas de distorsion supérieure, il convient d'utiliser des voltmètres de crête.

Les essais sont normalement effectués à fréquence industrielle. Si d'autres fréquences sont présentes dans les matériels, les Comités d'Etudes doivent tenir compte de l'effet éventuel de ces fréquences sur la grandeur de décharge.

NOTE Il convient de ne pas effectuer les essais de DP avec une tension continue, en raison de la difficulté liée à la réalisation d'un environnement totalement exempt de bruit électrique. En outre, il convient de noter que la répartition de la tension est très différente selon qu'il s'agit d'un courant alternatif ou d'un courant continu.

C.2.2 Conditions climatiques

Il est recommandé de réaliser l'essai à la température et au taux d'humidité ambiante (23 °C, h.r. = 50 %, se reporter à 2.2.3 de la CEI 60068-1).

C.1.3 Selection criteria

Basically both circuits are equivalent. However the stray capacitances of the test specimen have a different influence upon sensitivity. The earth capacitance of the high-voltage terminal of the test specimen tends to reduce the sensitivity of the circuit: according to C.1.1 and tends to increase the sensitivity of the circuit according to C.1.2 which therefore should be preferred.

C.1.4 Measuring impedance

The measuring impedance shall provide a negligibly low voltage drop at test frequency. The impedance for the measuring frequency shall be selected in order to provide a reasonable sensitivity according to D.2 of annex D.

If voltage limiting components are used they shall not be effective within the measuring range.

C.1.5 Coupling capacitor C_k

This capacitor shall be of low inductance type with a resonant frequency in excess of $3 f_2$ (see C.3). It shall be free of partial discharges up to the highest test voltage used.

C.1.6 Filter

It is not mandatory. If used, its impedance shall be high for the measuring frequency.

C.2 Test parameters

Technical Committees shall specify:

- the frequency f_t of the test voltage (C.2.1);
- the specified discharge magnitude (4.1.2.4.3.1);
- the climatic conditions for the PD test (C.2.2).

NOTE It may be necessary to have different specifications for the type test and the routine test.

C.2.1 Requirements for the test voltage

Normally a.c. voltages are used. The total harmonic distortion shall be less than 5 %.

NOTE Low distortion of the sine wave allows the use of standard voltmeters and the calculation of the peak value from the r.m.s. reading. In the case of higher distortion, peak voltmeters are to be used.

Tests are normally made at power frequency. If other frequencies are present in the equipment, Technical Committees shall consider the possible effect of frequency on discharge magnitude.

NOTE PD testing with d.c. voltage is not recommended because of the difficulty of achieving an environment which is completely free of electrical noise. In addition it should be noted that the voltage distribution is greatly different for a.c. and d.c.

C.2.2 Climatic conditions

It is recommended to perform the test at room temperature and average humidity (23 °C, 50 % r.h., see 2.2.3 of IEC 60068-1).

C.3 Prescriptions relatives aux appareils de mesurage

C.3.1 Généralités

Il est permis d'utiliser des appareils de mesurage à bande étroite et des appareils de mesurage à large bande (se reporter à C.3.3). L'utilisation des voltmètres de mesurage d'interférence radioélectrique est soumise aux précautions spécifiées en C.3.2.

La limite inférieure de la fréquence de mesurage est déterminée par la fréquence de la tension d'essai f_t et par la caractéristique de fréquence de l'impédance de mesurage Z_m (se reporter à C.1.4). Il est recommandé que cette limite inférieure soit supérieure ou égale à $10 f_t$.

La limite supérieure de la fréquence de mesurage est déterminée par la forme des ondes d'impulsion de DP et par la réponse en fréquence du circuit d'essai. Il est recommandé que cette limite supérieure ne dépasse pas 2 MHz. Pour ce qui concerne les appareils de mesurage de DP à bande étroite, il convient de sélectionner la fréquence de mesurage par rapport aux sources de bruit à bande étroite (se reporter à D.3.3 de l'annexe D).

NOTE Il est recommandé d'utiliser des appareils de mesurage de DP à bande étroite.

C.3.2 Classification des appareils de mesurage de DP

Le courant qui traverse l'impédance de mesurage Z_m est intégré pour fournir une valeur de lecture proportionnelle à q_m (se reporter à la figure D.1, annexe D).

L'intégration peut être faite par l'impédance de mesurage. Dans ce cas, elle doit impérativement représenter une capacitance pour toutes les fréquences au-dessus de la limite inférieure de la fréquence de mesurage. La tension proportionnelle à la charge q_m à travers la capacité est amplifiée par un amplificateur d'impulsion. Il est également impératif d'assurer une décharge périodique.

Si l'impédance de mesurage est résistive pour toutes les fréquences au-dessus de la limite inférieure de la fréquence de mesurage, l'intégration doit être effectuée au niveau de l'amplificateur d'impulsion.

Les impulsions doivent être mesurées individuellement et l'impulsion d'amplitude maximale doit être évaluée. Afin de limiter les erreurs dues au recouvrement des impulsions, le temps de résolution des impulsions doit être inférieur à 100 μ s.

Les appareils de mesurage d'interférence radioélectrique sont des appareils de mesurage de tension de crête à bande étroite. Ils sont utilisés pour mesurer les interférences des signaux radioélectriques. Ces appareils comprennent un circuit filtrant spécial qui assure une dépendance entre la lecture et la fréquence de récurrence, selon l'effet subjectif du bruit sur l'oreille humaine.

Pour le mesurage de décharges partielles, les appareils de mesurage de niveau d'interférence ne peuvent être utilisés que si le circuit filtrant est coupé. Une impédance de mesurage adaptée est donc nécessaire.

C.3.3 Bande passante du circuit d'essai

Habituellement, l'appareil de mesurage de DP limite la bande passante du circuit d'essai. Les appareils de mesurage de DP sont classés suivant leur bande passante dans les appareils de mesurage à large bande et à bande étroite.

- a) Les fréquences de coupure inférieure et supérieure f_1 et f_2 sont celles où la réponse en fréquence a chuté de 3 dB par rapport à la valeur constante dans le cas d'un appareil de mesurage à large bande et de 6 dB par rapport à la valeur de crête dans le cas d'un appareil de mesurage à bande étroite.

C.3 Requirements for measuring instruments

C.3.1 General

Both wide-band and narrow-band charge measuring instruments may be used (see C.3.3). Radio interference voltmeters may only be used according to the precautions given in C.3.2.

The lower limit of the measuring frequency is determined by the frequency f_t of the test voltage and the frequency characteristic of the measuring impedance Z_m (see C.1.4). It should not be lower than $10 f_t$.

The upper limit of the measuring frequency is determined by the shape of the PD pulses and the frequency response of the test circuit. It should not be higher than 2 MHz. For narrow-band PD meters the measuring frequency should be selected with regard to narrow-band noise sources (see annex D, D.3.3).

NOTE Narrow-band PD meters are recommended.

C.3.2 Classification of PD meters

The current through the measuring impedance Z_m is integrated to provide a reading proportional to q_m (see figure D.1 of annex D).

The integration can be effected by the measuring impedance. In this case it shall represent a capacitance for all frequencies above the lower limit of the measuring frequency. The voltage across the capacitance, which is proportional to q_m , is amplified by a pulse amplifier. Periodic discharging shall also be provided.

If the measuring impedance is resistive for all frequencies above the lower limit of the measuring frequency, the integration shall be done within the pulse amplifier.

Single pulses shall be measured and the pulse with the maximum amplitude shall be evaluated. In order to limit errors due to pulse overlap, the pulse resolution time shall be less than 100 μ s.

Radio interference meters are narrow-band peak voltage meters. They are used to measure interference of radio signals. They incorporate a special filter circuit which creates dependency of the reading on the pulse repetition rate according to the subjective effect of noise to the human ear.

For measuring partial discharges, radio interference meters may only be used if the filter circuit is disconnected. Also a suitable measuring impedance is required.

C.3.3 Bandwidth of the test circuit

Usually the PD meter limits the bandwidth of the test circuit. PD meters are classified according to their bandwidth as wide-band or narrow-band.

- a) The lower and the upper cut-off frequencies f_1 and f_2 are those where the frequency response has dropped by 3 dB of the constant value in the case of a wide-band meter and by 6 dB from the peak value in the case of a narrow-band meter.

- b) Pour ce qui concerne les appareils mesureurs à bande étroite, la fréquence de mesure f_0 est identique à la crête de résonance dans la réponse en fréquence.
- c) La bande passante Δf est donnée par la relation:

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

Pour ce qui concerne les appareils de mesure à large bande, Δf est du même ordre de grandeur que f_2 . Pour ce qui concerne les appareils de mesure à bande étroite, Δf est très inférieure à f_0 .

C.4 Etalonnage

C.4.1 Etalonnage de la grandeur de décharge avant mesurage du niveau de bruit

L'étalonnage du circuit d'essai (figure C.3 ou C.4) doit être effectué à la grandeur de décharge spécifiée, en remplaçant le spécimen d'essai C_a par un condensateur C_x au niveau duquel aucune décharge partielle ne se produit. L'impédance du condensateur C_x doit être similaire à celle du spécimen C_a .

NOTE Tout condensateur à liquide de bonne qualité conviendra. Il est probable que les condensateurs de type sec se déchargent à la tension d'essai.

Les transformateurs doivent être ajustés selon la tension d'essai de DP spécifiée mais ne sont pas excités et le côté primaire du transformateur doit être court-circuité. La grandeur de décharge spécifiée doit être fournie aux bornes du condensateur par le générateur d'impulsions d'étalonnage. L'indication de la grandeur de décharge sur le détecteur de décharge doit être ajustée pour correspondre au signal d'étalonnage.

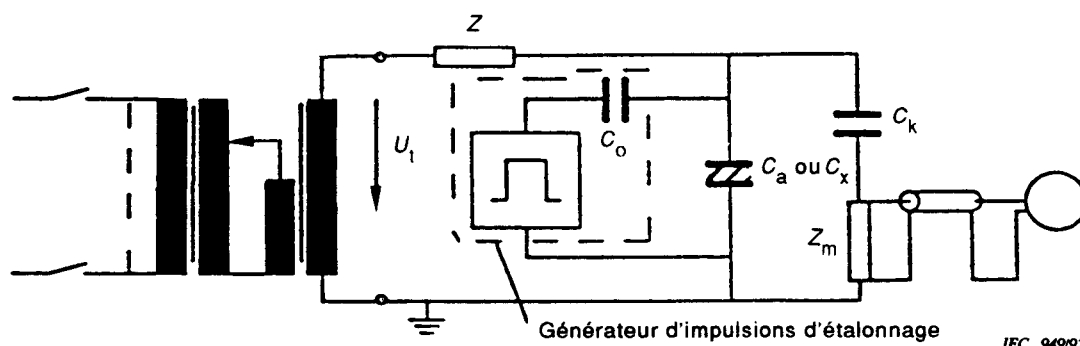


Figure C.3 – Etalonnage pour un spécimen relié à la terre

- b) For narrow-band meters the measuring frequency f_0 is identical with the resonance peak in the frequency response.
- c) The bandwidth Δf is:

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

For wide-band meters, Δf is in the same order of magnitude as f_2 . For narrow-band meters, Δf is much less than f_0 .

C.4 Calibration

C.4.1 Calibration of discharge magnitude before the noise level measurement

The calibration of the test circuit (figure C.3 or figure C.4) shall be carried out at the specified discharge magnitude replacing the test specimen C_a by a capacitor C_x which exhibits no partial discharge. The impedance of the capacitor C_x shall be similar to that of the test specimen C_a .

NOTE Any liquid impregnated capacitor of good quality is adequate. Dry type capacitors however are likely to discharge at the test voltage.

The transformers shall be adjusted according to the specified PD test voltage but not energized and their primary windings shall be short-circuited. The specified discharge magnitude shall be applied to the terminals of the capacitor by means of the calibration pulse generator. The indication of the discharge magnitude on the discharge detector shall be adjusted to correspond with the calibration signal.

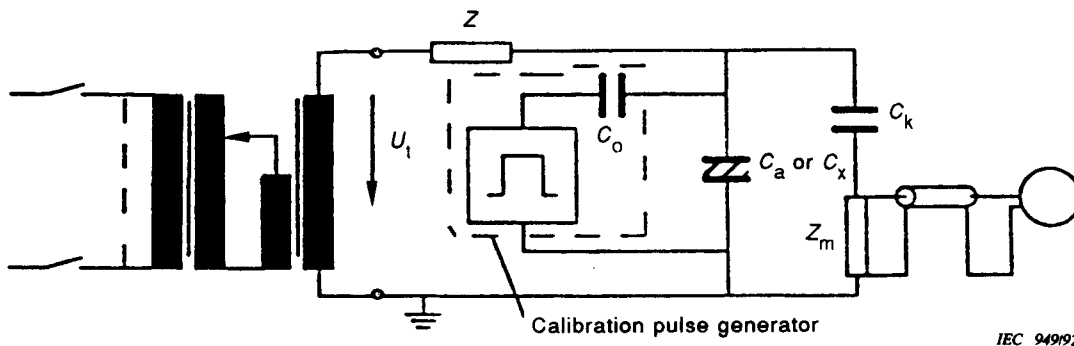


Figure C.3 – Calibration for earthed test specimen

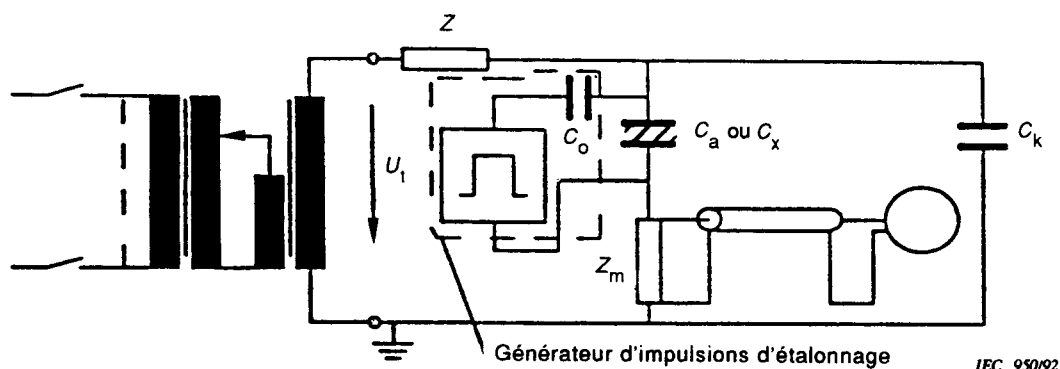


Figure C.4 – Etalonnage d'un spécimen non relié à la terre

C.4.2 Vérification du niveau de bruit

Avec l'arrangement utilisé en C.4.1, la tension d'essai de DP doit être augmentée jusqu'à la plus haute valeur de la tension d'essai. Le niveau de bruit maximal doit être inférieur à 50 % de la grandeur de décharge spécifiée. Sinon, des mesures conformes à D.3 de l'annexe D sont nécessaires.

C.4.3 Etalonnage pour l'essai de DP

Le spécimen étant en circuit, la procédure décrite en C.4.1 doit être répétée.

Des modifications dans le circuit d'essai ou dans le spécimen nécessitent un réétalonnage. S'il y a plusieurs spécimens similaires, un réétalonnage est susceptible d'être suffisant si:

- l'impédance du condensateur de couplage est inférieure à 1/10^{me} de celle du spécimen, ou
- l'impédance du spécimen ne diffère pas de plus de $\pm 10\%$ de la valeur pendant l'étalonnage.

NOTE Lors de la spécification des intervalles de temps pour le réétalonnage, les Comités d'Etudes doivent tenir compte du fait que si la sensibilité est insuffisante au niveau de l'appareil mesureur de DP, il est possible que d'éventuelles décharges nuisibles ne puissent pas être détectées.

C.4.4 Générateur d'impulsions d'étalonnage

Il se compose essentiellement d'une petite capacité C_0 qui a été chargée à U_0 .

Il convient d'avoir, pour les impulsions engendrées par le générateur d'impulsions, un temps de montée inférieur à $0,03 / f_2$. C_0 ne doit avoir aucune valeur supérieure à $0,1 C_k$. Il convient d'avoir un temps de queue d'impulsion supérieur à 100 μ s.

Pour vérifier les performances de l'appareil de mesure, celui-ci doit être étalonné dans toutes les étendues de mesure. L'impédance de mesure et les câbles de raccordement doivent être inclus dans la procédure.

Il convient de vérifier les caractéristiques suivantes:

- la précision et la stabilité du générateur d'impulsions d'étalonnage;
- la lecture pour les impulsions de différentes amplitudes, à une fréquence de récurrence de 100 Hz;
- le temps de résolution des impulsions en utilisant des impulsions d'amplitude constante et une fréquence de récurrence croissante;
- les fréquences de coupure supérieure et inférieure f_1 et f_2 .

Cette procédure doit être effectuée après chaque réparation de l'appareil de mesure de DP mais, dans tous les cas, au moins une fois par an.

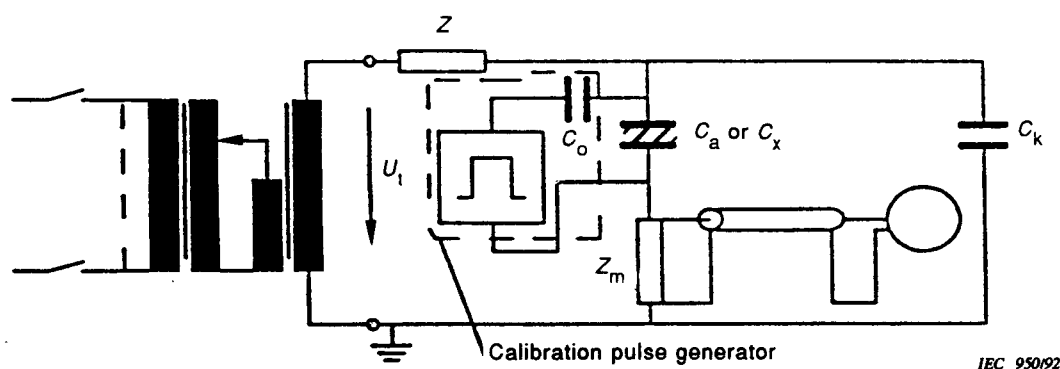


Figure C.4 – Calibration for unearthed test specimen

C.4.2 Verification of the noise level

With the arrangement used in C.4.1 the PD test voltage shall be raised up to the highest test voltage. The maximum noise level shall be less than 50 % of the specified discharge magnitude. Otherwise measures according to D.3 of annex D are required.

C.4.3 Calibration for the PD test

With the test specimen in circuit, the procedure of C.4.1 shall be repeated.

Changes in test circuit or test specimen require recalibration. In the case of many similar test specimens, occasional recalibration may be sufficient if:

- the impedance of the coupling capacitor is less than 1/10 of that of the test specimen, or
- the impedance of the test specimen does not deviate from the value during calibration by more than $\pm 10\%$.

NOTE When specifying time intervals for recalibration, Technical Committees shall consider that, in case of insufficient sensitivity at the PD meter, potentially harmful discharges cannot be detected.

C.4.4 Calibration pulse generator

Basically it consists of a small capacitance C_0 which has been charged to U_0 .

The current pulses caused by the pulse generator should have a rise time of less than $0,03 / f_2$. C_0 shall have no higher value than $0,1 C_k$. The tail time of the pulse should be greater than $100 \mu\text{s}$.

To verify the performance of the PD meter, it shall be calibrated in all measuring ranges. The measuring impedance and the connecting cables shall be included in the procedure.

The following characteristics should be checked:

- the precision and the stability of the calibration pulse generator;
- the reading for pulses of different amplitudes at a pulse repetition rate of 100 Hz;
- the pulse resolution time by using pulses of constant amplitude and increasing repetition rate;
- the lower and upper cut-off frequencies f_1 and f_2 .

This procedure shall follow each time repairs are carried out on the PD meter but it should in any case take place at least once a year.

Annexe D (informative)

Informations complémentaires sur les méthodes d'essai de décharges partielles

D.1 Mesurage de la tension de seuil de DP et de la tension d'extinction de DP

La tension d'essai est augmentée à partir d'une valeur inférieure à la tension de seuil de décharge partielle, jusqu'à ce que des décharges partielles se produisent (tension de seuil de décharge partielle U_i). Après une augmentation ultérieure de 10 %, la tension est abaissée jusqu'à ce que la décharge partielle soit inférieure à la grandeur de décharge spécifiée (tension d'extinction de décharge partielle U_e). De ce fait, il n'est pas permis de dépasser la tension d'essai diélectrique spécifiée pour le spécimen.

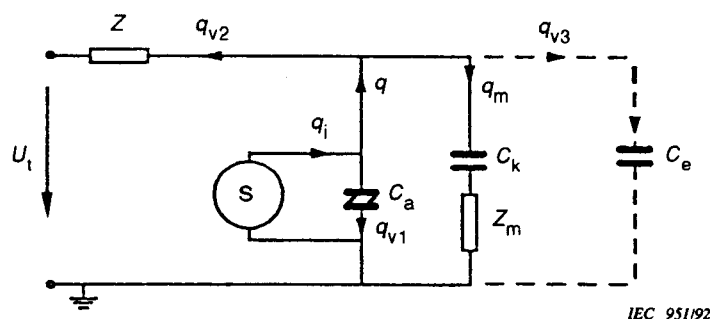
NOTE La tension d'extinction de décharge partielle peut être influencée par la durée de la contrainte de tension, avec des valeurs dépassant les tensions de seuil de décharge partielle. Pendant des mesurages successifs, les tensions U_i et U_e peuvent être influencées.

Cette procédure est adéquate pour des mesures d'investigation.

D.2 Description des circuits d'essai de décharge partielle

Chaque circuit se compose des dispositifs suivants:

- le spécimen d'essai C_a (dans certains cas spéciaux, il est possible que ce soit une impédance Z_a);
- le condensateur de couplage C_k ;
- le circuit de mesure, composé de l'impédance de mesure Z_m , le câble de raccordement et l'appareil de mesure de décharge partielle;
- facultativement, un filtre Z pour réduire la charge en cours de dérivation par la source de la tension d'essai.



U_t	= tension d'essai	q_i	= charge interne (non mesurable)
Z	= filtre	q	= charge apparente
S	= source de courant de décharge partielle	q_m	= charge mesurable
C_a	= capacitance du spécimen	q_{v1}	= perte de charge à travers le spécimen
C_k	= condensateur de couplage	q_{v2}	= perte de charge à travers la source de tension d'essai
Z_m	= impédance de mesure	q_{v3}	= perte de charge à travers la capacité répartie par rapport à la terre
C_e	= capacité répartie par rapport à la terre		

Figure D.1 – Circuits d'essai de décharge partielle

Annex D (informative)

Additional information on partial discharge test methods

D.1 Measurement of PD inception and extinction voltage

The test voltage is increased from a value below the partial discharge inception voltage until partial discharges occur (PD inception voltage U_i). After further increase of the test voltage by 10 %, the voltage is decreased until PD is smaller than the specified discharge magnitude (PD extinction voltage U_e). Thereby the insulation test voltage specified for the test specimen may not be exceeded.

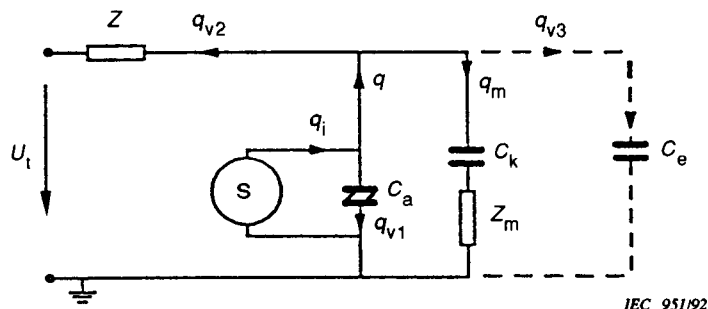
NOTE It may occur that the partial discharge extinction voltage is influenced by the time of the voltage stress with values exceeding the partial discharge inception voltage. During successive measurements, both U_i and U_e may be influenced.

This procedure is appropriate for investigation measurements.

D.2 Description of PD test circuits

Each circuit consists of the following devices:

- the test specimen C_a (in special cases it may also be an impedance Z_a);
- the coupling capacitor C_k ;
- the measuring circuit consisting of measuring impedance Z_m , the connecting cable and the PD meter;
- optionally a filter Z to reduce charge being bypassed by the test voltage source.



U_t	= test voltage	q_i	= internal charge (not measurable)
Z	= filter	q	= apparent charge
S	= PD current source	q_m	= measurable charge
C_a	= capacitance of the test specimen	q_{v1}	= charge loss across the test specimen
C_k	= coupling capacitor	q_{v2}	= charge loss across the test voltage source
Z_m	= measuring impedance	q_{v3}	= charge loss across the earth stray capacitance
C_e	= earth stray capacitance		

Figure D.1 – Partial discharge test circuits

Le mesurage direct de la charge apparente q nécessiterait un court-circuit aux bornes du spécimen pour la fréquence de mesurage. Il est possible d'approcher de cette situation pour:

- $C_k > (C_a + C_e)$;
- impédance élevée Z ;
- faible impédance de mesurage Z_m .

Autrement, d'importantes pertes de charges q_{v2} et q_{v3} sont susceptibles de se produire. Ces pertes de charges sont prises en compte par l'étalonnage, mais elles limitent la sensibilité. La situation est aggravée si le spécimen d'essai a une capacité élevée.

D.3 Précautions à prendre pour la réduction du bruit

D.3.1 Généralités

Les résultats des mesurages de DP peuvent être fortement influencés par le bruit. Un tel bruit peut être introduit par un couplage conducteur ou par une interférence électromagnétique. Dans les domaines des essais industriels sans écran électrique, il est nécessaire de prévoir des impulsions de charges individuelles de l'ordre de 100 pC dues à des bruits. Même dans des conditions favorables, des bruits au moins égaux à 20 pC peuvent se produire.

Un niveau de bruit aussi faible que 1 pC peut être réalisé, mais cela nécessitera une protection du circuit d'essai par un écran ainsi que des mesures précises concernant la mise à la terre et le filtrage à l'arrivée de l'alimentation.

D.3.2 Sources de bruit

On distingue principalement deux types de bruit différents.

D.3.2.1 Sources dans le circuit d'essai en état de repos

Ces sources sont, par exemple, provoquées par la commutation de circuits adjacents. En cas de couplage conducteur, elles ne se produisent que si une liaison au secteur a lieu. En cas de couplage électromagnétique, ces sources se produisent également si le réseau d'alimentation est coupé (y compris la mise à la terre de protection).

D.3.2.2 Sources dans le circuit d'essai en état de travail

Habituellement, le bruit augmente avec la tension d'essai et il est provoqué par des décharges partielles à l'extérieur du spécimen d'essai. Les décharges partielles sont susceptibles de se produire dans le transformateur d'essai, dans les cordons de raccordement haute tension, dans les traversées et aux points de mauvais contact. Les harmoniques de la tension d'essai sont également susceptibles de contribuer au niveau de bruit.

D.3.3 Mesures à prendre pour la réduction du bruit

Il est possible de réduire le bruit provoqué par un couplage conducteur en utilisant des filtres anti-parasites dans l'alimentation centrale du circuit d'essai. Aucune boucle de mise à la terre ne devrait se produire.

Il est possible d'éliminer le brouillage électromagnétique provoqué, par exemple, par les signaux radioélectriques en faisant simplement varier la fréquence de mesurage f_0 pour les appareils de mesurage de DP à bande étroite. Pour ce qui est des appareils de mesurage à large bande, les filtres coupe-bande peuvent s'avérer nécessaires, car seul un écran électrique est en mesure de supprimer les signaux à large bande. Un écran entièrement blindé, avec une haute conductivité électrique, constitue le moyen le plus efficace.

The direct measurement of the apparent charge q would require a short circuit at the terminals of the test specimen for the measuring frequency. This condition can be approximated by:

- $C_k > (C_a + C_e)$;
- high impedance Z ;
- low measuring impedance Z_m .

Otherwise significant charge losses q_{v2} and q_{v3} may occur. These charge losses are taken into account by the calibration but they will limit the sensitivity. The situation is aggravated if the test specimen has a high capacitance.

D.3 Precautions for reduction of noise

D.3.1 General

The results of PD measurements may be greatly influenced by noise. Such noise may be introduced by conductive coupling or by electromagnetic interference. In unscreened industrial test sites, single charge pulses as high as 100 pC may occur due to noise. Even under favourable conditions, not less than 20 pC may be expected.

A noise level as low as 1 pC may be achieved, but this will require screening of the test circuit, careful earthing measures and filtering of the low-voltage mains input.

D.3.2 Sources of noise

Basically there are two different kinds of noise sources.

D.3.2.1 Sources in the non-energized test circuit

These are caused for instance by switching in adjacent circuits. In case of conductive coupling they only occur if connection to the low-voltage mains supply is provided. In case of electromagnetic coupling they also occur if the mains supply is switched off (including the protective conductor).

D.3.2.2 Sources in the energized test circuit

Usually, noise increases with the test voltage and is caused by partial discharges outside the test specimen. PD may occur in the test transformer, the high-voltage connecting leads, bushings and points of poor contact. Harmonics of the test voltage may also contribute to the noise level.

D.3.3 Measures for reduction of noise

Noise caused by conductive coupling can be reduced by use of line filters in the central feeding of the test circuit. No earth loops should be present.

Electromagnetic interference, for instance by radio signals, can be excluded in a simple manner by variation of the measuring frequency f_0 for narrow-band PD meters. For wide-band PD meters, band-stop-filters may be required, wide-band signals can only be suppressed by screening. The highest efficiency is provided by a fully enclosed screen with high electrical conductivity.

D.4 Application des facteurs de multiplication aux tensions d'essai

Les valeurs des facteurs de multiplication définis en 4.1.2.4 et utilisés en 3.3.3.2.3 et en 4.1.2.4 sont calculées comme suit:

D.4.1 Exemple 1

Circuit connecté au réseau d'alimentation

D.4.1.1 Tension de crête répétitive maximale U_{rp}

$$U_{rp} = \sqrt{2} U_n \times F_4 = 1,1 \sqrt{2} U_n$$

D.4.1.2 Tension d'extinction de décharge partielle U_e (isolation principale)

$$U_e = \sqrt{2} U_n \times F_4 \times F_1$$

$$U_e = \sqrt{2} U_n \times 1,1 \times 1,2 = 1,32 \sqrt{2} U_n$$

D.4.1.3 Valeur initiale de la tension d'essai de DP U_1 (isolation principale)

$$U_1 = \sqrt{2} U_n \times F_4 \times F_1 \times F_2$$

$$U_1 = \sqrt{2} U_n \times 1,32 \times 1,25 = 1,65 \sqrt{2} U_n$$

D.4.2 Exemple 2

Circuit interne avec tension de crête répétitive maximale U_{rp}

D.4.2.1 Tension d'extinction de décharge partielle U_e (isolation principale)

$$U_e = U_{rp} \times F_1 = U_{rp} \times 1,2$$

D.4.2.2 Valeur initiale de la tension d'essai de DP U_1 (isolation principale)

$$U_1 = U_{rp} \times F_1 \times F_2 = U_{rp} \times 1,5$$

D.4 Application of multiplying factors for test voltages

The values of the multiplying factors defined in 4.1.2.4 and used in 3.3.3.2.3 and 4.1.2.4 are calculated as follows:

D.4.1 Example 1

Circuit connected to the low-voltage mains

D.4.1.1 Maximum recurring peak voltage U_{rp}

$$U_{rp} = \sqrt{2} U_n \times F_4 = 1,1 \sqrt{2} U_n$$

D.4.1.2 PD extinction voltage U_e (basic insulation)

$$U_e = \sqrt{2} U_n \times F_4 \times F_1$$

$$U_e = \sqrt{2} U_n \times 1,1 \times 1,2 = 1,32 \sqrt{2} U_n$$

D.4.1.3 Initial value of the PD test voltage U_1 (basic insulation)

$$U_1 = \sqrt{2} U_n \times F_4 \times F_1 \times F_2$$

$$U_1 = \sqrt{2} U_n \times 1,32 \times 1,25 = 1,65 \sqrt{2} U_n$$

D.4.2 Example 2

Internal circuit with maximum recurring peak voltage U_{rp} .

D.4.2.1 PD extinction voltage U_e (basic insulation)

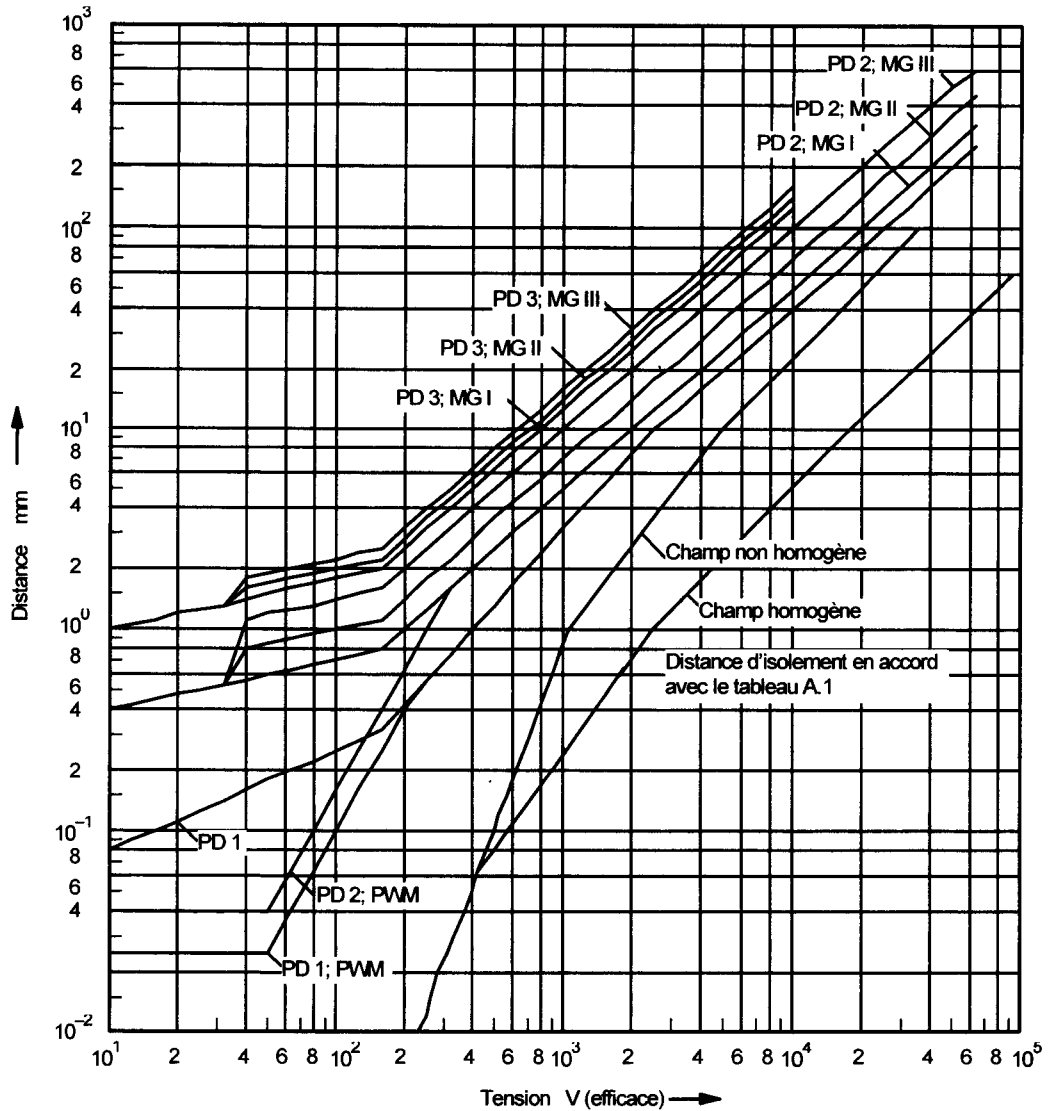
$$U_e = U_{rp} \times F_1 = U_{rp} \times 1,2$$

D.4.2.2 Initial value of the PD test voltage (basic insulation)

$$U_1 = U_{rp} \times F_1 \times F_2 = U_{rp} \times 1,5$$

Annexe E (informative)

Comparaison entre les lignes de fuite spécifiées au tableau 4 et les distances d'isolement du tableau A.1



IEC 1208/02

PD = degré de pollution

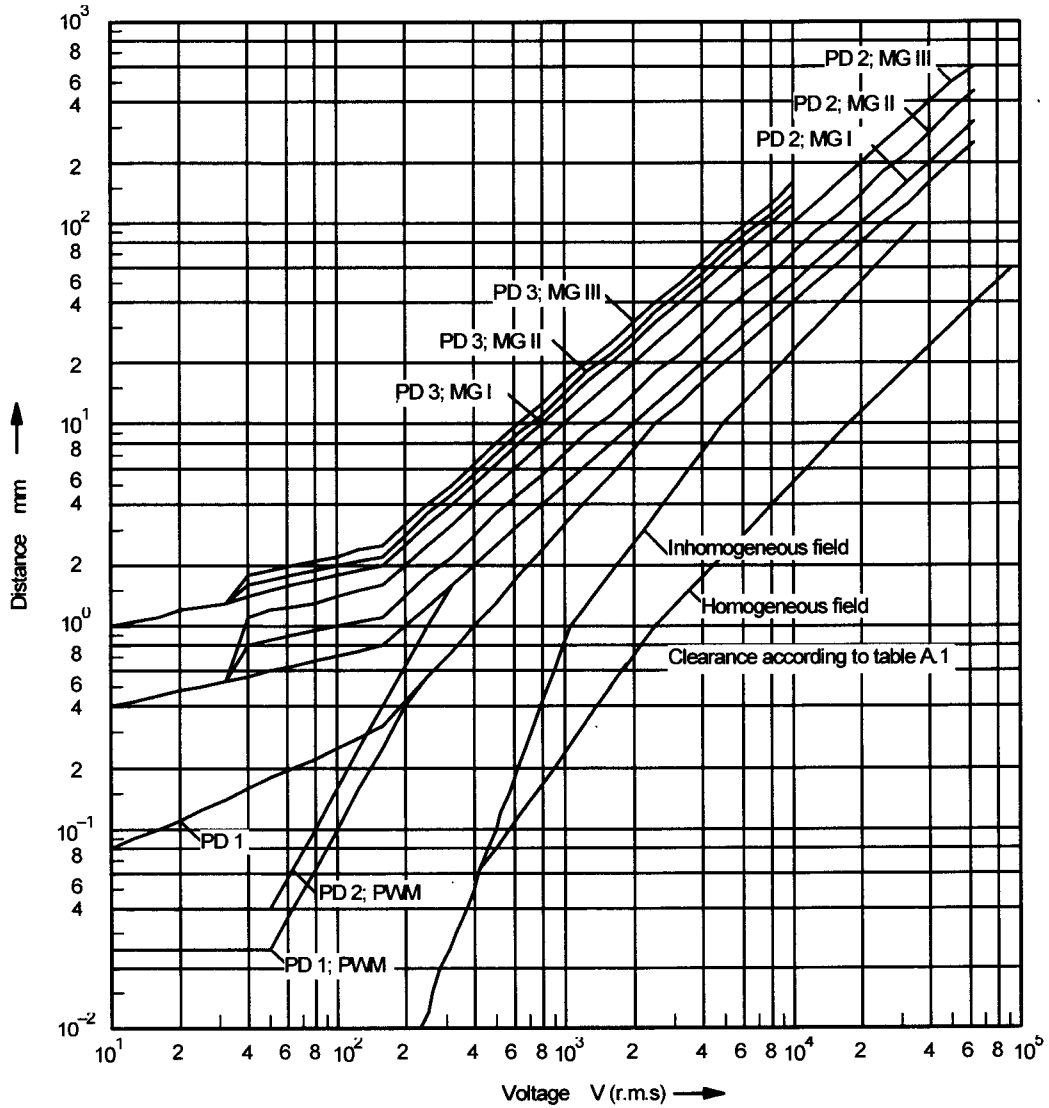
MG = groupe de matériau

PWM = matériaux pour circuits imprimés

Figure E.1 – Comparaison entre les lignes de fuite spécifiées au tableau 4 et
les distances d'isolement du tableau A.1

Annex E
(informative)

**Comparison of creepage distances specified in table 4
and clearances in table A.1**



IEC 1208/02

PD = pollution degree

MG = material group

PWM = printed wiring material

**Figure E.1 - Comparison of creepage distances specified in table 4
and clearances in table A.1**



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembe
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: IEC/CSC at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE
SUISSE**

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembe
1211 GENEVA 20
Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

Q3 I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

Q4 This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

Q5 This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents
- tables, charts, graphs, figures.....
- other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

1211 GENÈVE 20

Suisse



Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:
(ex. 60601-1-1)
.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres

- (1) inacceptable,
 - (2) au-dessous de la moyenne,
 - (3) moyen,
 - (4) au-dessus de la moyenne,
 - (5) exceptionnel,
 - (6) sans objet
- publication en temps opportun
qualité de la rédaction.....
contenu technique
disposition logique du contenu
tableaux, diagrammes, graphiques, figures
autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....



ISBN 2-8318-6400-3



9 782831 864006

ICS 29.080; 29.080.30

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND