

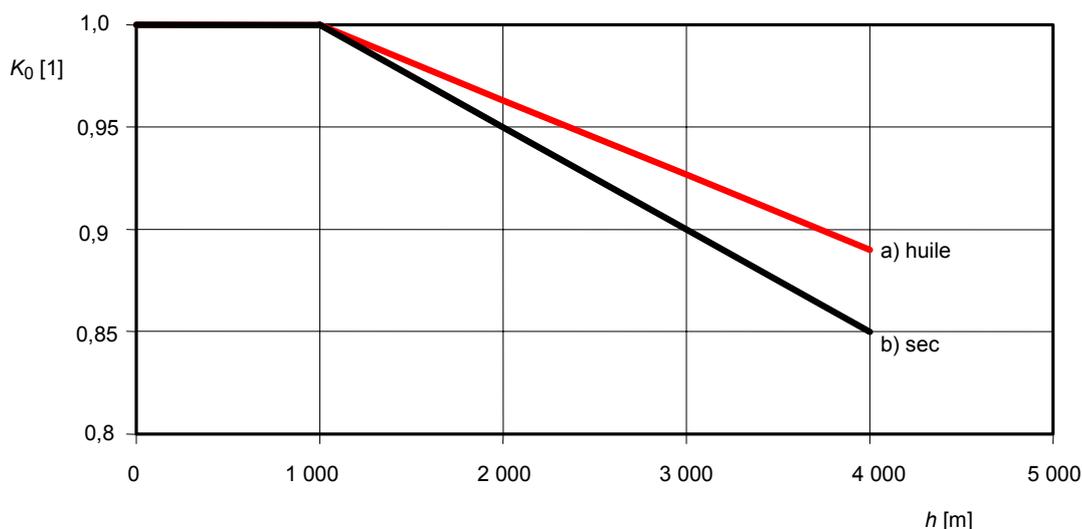
### 6.5 Limites d'échauffement

Sauf spécification contraire ci-après, l'échauffement  $\Delta T$  d'un transformateur condensateur de tension à la tension spécifiée, à la fréquence assignée, pour la charge de précision, ou la plus grande des charges de précision lorsque le transformateur en comporte plusieurs, pour un facteur de puissance compris entre 0,8 (circuit inductif) et 1, ne doit pas dépasser la valeur appropriée donnée au Tableau 3.

Si des températures de l'air ambiant, supérieures à celles indiquées en 5.1, ont été spécifiées, les limites d'échauffement  $\Delta T$  indiquées dans le Tableau 3 doivent être réduites d'une quantité égale à l'excédent de la température ambiante.

Si un transformateur condensateur de tension est prévu pour fonctionner à une altitude supérieure à 1 000 m et est essayé à une altitude inférieure à 1 000 m, les limites d'échauffement  $\Delta T$  indiquées dans le Tableau 3 doivent être réduites des quantités suivantes par tranche de 100 m de différence entre l'altitude du lieu d'installation et 1 000 m:

- a) éléments magnétiques immergés dans l'huile : 0,4 % ;
- b) éléments magnétiques du type sec : 0,5 % (voir Figure 2).



IEC 306/04

Le facteur de correction d'altitude pour l'élévation de température  $K_o = \frac{\Delta T_h}{\Delta T_{ho}}$  avec

$\Delta T_h$  l'échauffement aux altitudes  $h > 1\ 000$  m et

$\Delta T_{ho}$  limites d'échauffement de température  $\Delta T$  indiquées dans le Tableau 3, à des altitudes  $h_o \leq 1\ 000$  m.

**Figure 2 – Facteur de correction d'altitude pour l'élévation de température**

L'échauffement  $\Delta T$  des enroulements est déterminé par la classe d'isolation la plus basse de l'enroulement lui-même ou de la matière environnante dans lequel il est immergé. Les limites d'échauffement des différentes classes d'isolation sont indiquées dans le Tableau 3.

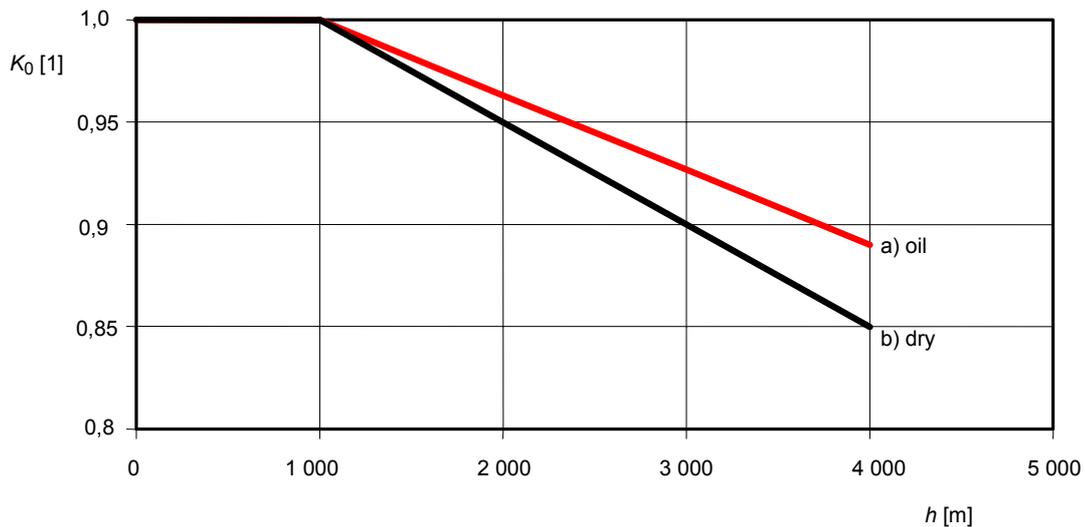
## 6.5 Limits of temperature rise

Unless otherwise specified, the temperature rise  $\Delta T$  of a capacitor voltage transformer at the specified voltage, at rated frequency and at rated burden or at the highest rated burden if there are several rated burdens, at any power factor between 0,8 lagging and unity, shall not exceed the appropriate value given in Table 3.

If ambient temperatures in excess of the values given in 5.1 are specified, the permissible temperature rise  $\Delta T$  in Table 3 shall be reduced by an amount equal to the excess ambient temperature.

If a capacitor voltage transformer is specified for service at an altitude in excess of 1 000 m and tested at an altitude below 1 000 m, the limits of temperature rise  $\Delta T$  given in Table 3 shall be reduced by the following amounts for each 100 m that the altitude at the operating site exceeds 1 000 m:

- a) oil-immersed magnetic units: 0,4 %;
- b) dry-type magnetic units: 0,5 % (see Figure 2).



IEC 306/04

The altitude correction factor for the temperature rise  $K_o = \frac{\Delta T_h}{\Delta T_{ho}}$  with

$\Delta T_h$  temperature rise at altitude  $h > 1\,000$  m and

$\Delta T_{ho}$  limits of temperature rise  $\Delta T$  specified in Table 3 at altitudes  $h_o \leq 1\,000$  m.

**Figure 2 – Altitude correction factor for the temperature rise**

The temperature rise  $\Delta T$  of the windings is referred to the lowest class of insulation either of the winding itself or of the surrounding medium in which it is embedded. The maximum temperature rises of the insulation classes are as given in Table 3.

**Tableau 3 – Limites d'échauffement des enroulements**

Classe d'isolation (conformément à la CEI 60085)	Limite d'échauffement maximale $\Delta T$ K
Toutes les classes, enroulements immergés dans l'huile Si l'élément magnétique n'est pas muni d'un conservateur d'huile, l'échauffement $\Delta T$ de l'huile mesuré à la partie supérieure de l'enveloppe ne doit pas dépasser 50 K.	60
Toutes les classes, enroulements immergés dans l'huile et hermétiquement scellés Si, dans l'élément magnétique, l'huile est surmontée d'un gaz inerte, ou est hermétiquement scellée, l'échauffement $\Delta T$ de l'huile mesuré à la partie supérieure de l'enveloppe ne doit pas dépasser 55 K.	65
Toutes les classes, enroulements noyés dans une masse isolante bitumeuse	50
Enroulements non immergés dans l'huile ni noyés dans une masse isolante bitumeuse, des classes suivantes:  Y A E B F H  L'échauffement $\Delta T$ , mesuré sur la surface externe du noyau et d'autres pièces métalliques en contact ou adjacentes à l'isolation, ne doit pas dépasser les valeurs appropriées.	45 60 75 85 110 135
NOTE Pour certains matières (par exemple les résines), il convient que le constructeur spécifie la classe d'isolation à laquelle elles appartiennent.	

## 7 Exigences relatives à la conception

### 7.1 Exigences relatives à l'isolement

Le choix du niveau d'isolement pour le transformateur condensateur de tension doit être fonction des niveaux standard d'isolement indiqués au Tableau 4. Les niveaux d'isolement assignés doivent être basés sur sa tension la plus élevée pour le matériel  $U_m$ .

Règles générales appliquées:

- La tension de tenue assignée au choc de manœuvre de polarité positive sous pluie sert de base pour déterminer la distance d'arc minimale (isolation externe) du transformateur condensateur de tension.
- La résistance de l'isolation externe est habituellement essayée sous pluie avec la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (gamme de tensions I) ou avec la tension de tenue au choc de manœuvre sous pluie de polarité positive (gamme de tensions II) (voir 9.5).
- La valeur de la tension de tenue assignée au choc de foudre est un facteur qui permet de déterminer la résistance du diélectrique des condensateurs et la résistance de l'isolation de l'élément électromagnétique.
- Dans la CEI 60071-1, pour chaque  $U_m$ , seules deux tensions de tenue standard suffisent pour définir le niveau normal d'isolement pour le matériel:
  - gamme de tensions I:  $72,5 \text{ kV} \leq U_m \leq 300 \text{ kV}$ : tension de tenue assignée au choc de foudre et tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle;
  - gamme de tensions II:  $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 765 \text{ kV}$ : tensions de tenue assignées au choc de manœuvre et au choc de foudre.

**Table 3 – Limits of temperature rise of windings**

Class of insulation (in accordance with IEC 60085)	Maximum temperature rise $\Delta T$ K
All classes, immersed in oil When the magnetic unit is not so fitted or arranged, the temperature rise $\Delta T$ of the oil at the top of the housing shall not exceed 50 K.	60
All classes, immersed in oil and hermetically sealed When the magnetic unit has an inert gas above the oil, or is hermetically sealed, the temperature rise $\Delta T$ of the oil at the top of the housing shall not exceed 55 K.	65
All classes, immersed in bituminous compound	50
Classes not immersed in oil or bituminous compound: Y A E B F H The temperature rise $\Delta T$ measured on the external surface of the core and other metallic parts which are in contact with, or adjacent to, insulation shall not exceed the appropriate values.	45 60 75 85 110 135
NOTE For some materials (e.g. resin) the manufacturer should specify the relevant insulation class.	

## 7 Design requirements

### 7.1 Insulation requirements

The choice of the insulation level for capacitor voltage transformer shall be made in accordance with the standard insulation levels in Table 4. The rated insulation levels shall be based on its highest voltage for equipment  $U_m$ .

Applied general rules:

- The rated positive wet switching impulse withstand voltage is the base for the determination of the minimum arcing distance (external insulation) of the capacitor voltage transformer.
- The strength of the external insulation is usually tested wet with the rated short duration power frequency withstand voltage (range I) or with the positive wet switching impulse withstand voltage (range II) (see 9.5).
- The value of the rated lightning impulse withstand voltage is one factor with which to determine the strength of the dielectric of the capacitors and the strength of the insulation of the electromagnetic unit.
- In IEC 60071-1, for each  $U_m$  only two standard withstand voltages are sufficient to define the standard insulation level for the equipment:
  - range I:  $72,5 \text{ kV} \leq U_m \leq 300 \text{ kV}$ : rated lightning impulse withstand voltage and rated short-duration power-frequency withstand voltage;
  - range II:  $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 765 \text{ kV}$ : rated switching and rated lightning impulse withstand voltages.

- En raison de l'isolation interne non autorégénératrice des transformateurs condensateurs de tension, pour la gamme de tensions II, trois tensions standards de tenue sont indiquées dans le Tableau 4. Pour la gamme de tensions II, l'essai de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle a été spécifié comme essai individuel avec une mesure des décharges partielles. La contrainte avec une tension alternative détermine le comportement à long terme de l'isolation interne non autorégénératrice du transformateur condensateur de tension.
- L'essai de tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (Tableau 4, colonne 4), avec mesure des décharges partielles (DP) dans la gamme de tensions II, est une indication de la contrainte sur l'isolation du transformateur condensateur de tension.
- Le niveau d'isolement assigné est basé sur la tension la plus élevée pour le matériel  $U_m$ , tandis que les exigences de précision et d'échauffement d'un transformateur de tension sont basées sur la tension primaire assignée  $U_{PR}$ .
- Le choix du niveau d'isolement doit être fait selon 6.2.1 et selon la CEI 60071-1.

**Tableau 4 – Niveaux standard d'isolement**

Gamme de Tensions	1	2	3	4
	Tension la plus élevée pour le matériel $U_m$ (valeur efficace)	Tension de tenue assignée au choc de manœuvre (valeur de crête)	Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (essai individuel) (valeur efficace)
	kV	kV	kV	kV
I	72,5		325	140
	100		450	185
	123		450	185
			550	230
	145		550	230
			650	275
	170		650	275
			750	325
	245		950	395
		1 050	460	
II	300	750	950	395
		850	1 050	460
	362	850	1 050	460
		950	1 175	510
	420	950	1 300	570
		1 050	1 425	630
	525	1 050	1 425	630
		1 175	1 550	680
	765	1 425	1 950	880
		1 550	2 100	975

NOTE 1 Dans le cas d'installations exposées, il est recommandé de choisir le niveau d'isolement le plus élevé.

NOTE 2 Du fait que les niveaux de tension d'essai pour  $U_m = 765$  kV n'ont pas encore été décidés de manière définitive, des changements dans les niveaux d'essai au choc de manœuvre et au choc de foudre peuvent s'avérer nécessaires.

- Due to the non-self-restoring internal insulation of capacitor voltage transformers, for range II three standard withstand voltages are specified in Table 4. The short duration power frequency withstand voltage test has been specified for range II as a routine test with partial discharge measurement. The stress with a.c. voltage determines the long term behaviour of the non-self-restoring internal insulation of the capacitor voltage transformer.
- The rated short-duration power frequency withstand voltage test (Table 4, column 4), with partial discharge (PD) measurement in range II is an indication for the stress on the insulation of the capacitor voltage transformer.
- The rated insulation level is based on the highest voltage for equipment  $U_m$ , whereas the thermal and accuracy requirements of a voltage transformer are based on the primary rated voltage  $U_{PR}$ .
- The choice of the insulation level shall be made in accordance with 6.2.1 and IEC 60071-1.

Table 4 – Standard insulation levels

Range	1	2	3	4
	Highest voltage for equipment $U_m$	Rated switching impulse withstand voltage	Rated lightning impulse withstand voltage	Rated short-duration power-frequency withstand voltage (routine test)
	(r.m.s.)	(peak)	(peak)	(r.m.s.)
	kV	kV	kV	kV
I	72,5		325	140
	100		450	185
	123		450	185
			550	230
	145		550	230
			650	275
	170		650	275
			750	325
	245		950	395
		1 050		460
II	300	750 850	950 1 050	395 460
	362	850 950	1 050 1 175	460 510
	420	950 1 050	1 300 1 425	570 630
	525	1 050 1 175	1 425 1 550	630 680
	765	1 425 1 550	1 950 2 100	880 975

NOTE 1 For exposed installations it is recommended to choose the highest insulation level.

NOTE 2 As the test voltage levels for  $U_m = 765$  kV have not as yet been finally settled, some interchange between switching and lightning impulse test levels may become necessary.

## **7.2 Autres exigences pour l'isolement**

### **7.2.1 Borne à basse tension du diviseur de tension capacitif**

Les diviseurs de tension capacitifs avec une borne à basse tension doivent être soumis pendant 1 min à une tension d'essai entre les bornes à basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension alternative de 4 kV (valeur efficace).

### **7.2.2 Borne à basse tension exposée aux intempéries**

Si la borne à basse tension est exposée aux intempéries, elle doit être soumise pendant 1 min à une tension alternative de 10 kV (valeur efficace) entre les bornes à basse tension et de terre.

- Pendant cet essai, l'élément magnétique n'est pas déconnecté.

NOTE Les tensions d'essai sont applicables aux transformateurs condensateurs de tension avec et sans accessoires pour courant porteur avec protection contre les surtensions.

- Si un éclateur de protection est incorporé entre la borne à basse tension et la terre, il convient de s'assurer qu'il ne peut fonctionner pendant les essais. Il convient que les accessoires pour courant porteur soient déconnectés pendant les essais.
- Si la tension d'essai est trop basse pour la coordination de l'isolement des accessoires pour courant porteur avec la borne à basse tension, une valeur plus élevée peut être convenue à la demande de l'acheteur.

### **7.2.3 Décharges partielles**

Le niveau de décharges partielles ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 5 pour la tension d'essai de décharges partielles spécifiée dans ce même tableau, après l'application d'une précontrainte conformément aux procédures de 10.2.3.2.

Les exigences relatives aux décharges partielles sont applicables au diviseur de tension capacitif dans son ensemble, ou à un condensateur unitaire qui fait partie d'un empilage, ou encore à un empilage de condensateurs qui fait partie du diviseur de tension capacitif.

La mesure de décharges partielles est effectuée lorsque l'élément électromagnétique est déconnecté. La faible contrainte électrique dans l'isolation de l'élément électromagnétique n'exige pas une mesure de décharges partielles.

## 7.2 Other insulation requirements

### 7.2.1 Low voltage terminal of the capacitor voltage divider

Capacitor voltage dividers with a low-voltage terminal shall be subjected for 1 min to a test voltage between the low-voltage and earth terminals. The test voltage shall be an a.c. voltage of 4 kV (r.m.s. value).

### 7.2.2 Low voltage terminal exposed to weather

If the low voltage terminal is exposed to the weather, it shall be subjected for 1 min to an a.c. voltage of 10 kV (r.m.s. value) between the low-voltage and earth terminals.

- During this test the magnetic unit is not disconnected.

NOTE The test voltages are applicable to capacitor voltage transformers with and without carrier-frequency accessories with overvoltage protection.

- If a protection gap between the low voltage terminal and earth is incorporated, it should be prevented from functioning during the tests. The carrier frequency accessories should be disconnected during the tests.
- If the test voltage is too low for the insulation co-ordination of the carrier-frequency accessories with the low voltage terminal, a higher value may be agreed upon the request of the purchaser.

### 7.2.3 Partial discharges

The partial discharge level shall not exceed the limits specified in Table 5 at the partial discharge test voltage specified in the same table, after a pre-stressing performed according to the procedures of 10.2.3.2.

Partial discharge requirements are applicable to the complete capacitor voltage divider, or to a capacitor unit which is a part of a stack or to a capacitor stack which is a part of the capacitor voltage divider.

The partial discharge measurement is performed with the electromagnetic unit disconnected. The low electrical stress of the insulation in the electromagnetic unit doesn't require a partial discharge measurement.

**Tableau 5 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles**

Type de mise à la terre du réseau	Tension d'essai de DP (valeur efficace)	Niveau admissible de DP (pC) Isolation immergée dans un liquide
Réseau à neutre mis à la terre	$U_m$	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5
Réseau à neutre isolé ou non effectivement mis à la terre (facteur de défaut à la terre > 1,4)	$1,2 U_m$	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5

NOTE 1 Si le système de neutre n'est pas défini, les valeurs indiquées pour les réseaux à neutre isolés ou non effectivement mis à la terre sont valables.

NOTE 2 Le niveau admissible de DP est également valable pour des fréquences différentes de la fréquence assignée.

NOTE 3 Si seules des parties du diviseur de tension capacitif sont essayées, la valeur de la tension d'essai sera égale à:

$$1,05 \times \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée du TCT}}$$

ou

$$1,05 \times \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du TCT}}$$

### 7.2.4 Essai de choc de foudre coupé

L'essai est destiné à vérifier les connexions internes du condensateur.

Si cela est spécifié en complément, le transformateur condensateur de tension complet doit aussi être capable de supporter une tension de choc de foudre coupée ayant une valeur crête de 115 % de la tension de choc de foudre assignée.

### 7.2.5 Capacité à la fréquence industrielle

La valeur de la capacité C d'une unité, d'un empilage ou d'un diviseur de tension capacitif ne doit pas différer de la capacité assignée de plus de -5 % à +10 %. Le rapport des capacités de deux unités quelconques faisant partie d'un empilage de condensateurs ne doit pas différer de plus de 5 % de l'inverse du rapport des tensions assignées des unités.

NOTE 1  $C = \frac{C_0}{n}$

où

n est le nombre d'éléments en série;

C<sub>0</sub> est la capacité d'un élément.

NOTE 2 Il convient que la capacité réelle soit mesurée, ou rapportée, à la température à laquelle la capacité assignée est définie.

### 7.2.6 Pertes du condensateur à la fréquence industrielle

Les exigences relatives aux pertes du condensateur, exprimées par tanδ, mesurées à 10 kV et 0,9 fois à 1,1 fois U<sub>PR</sub>, peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

NOTE 1 Le but est de contrôler l'uniformité de la fabrication. Les limites des variations admissibles peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

**Table 5 – Partial discharge test voltages and permissible levels**

Type of earthing of the system	PD test voltage (r.m.s.)	Permissible PD level (pC) Insulation immersed in liquid
Earthed neutral system	$U_m$	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5
Insulated or non-effectively earthed neutral system	$1,2 U_m$	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5

NOTE 1 If the neutral system is not defined, the values given for isolated or non-effectively earthed systems are valid.

NOTE 2 The permissible PD level is also valid for frequencies different from the system frequency.

NOTE 3 If only parts of the capacitor voltage divider are tested, the value of the test voltage will be equal to :

$$1,05 \times \text{test voltage of the CVT} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the CVT}}$$

or

$$1,05 \times \text{test voltage of the CVT} \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the CVT}}$$

#### 7.2.4 Chopped lightning impulse test

The test is intended to check the internal connections of the capacitor.

If additionally specified, the complete capacitor voltage transformer shall also be capable of withstanding a chopped lightning impulse voltage having a peak value of 115 % of the rated lightning impulse voltage.

#### 7.2.5 Capacitance at power frequency

The capacitance  $C$  of a unit, a stack and a capacitor voltage divider shall not differ from the rated capacitance by more than –5 % to +10 %. The ratio of the capacitances of any two units forming part of a capacitor stack shall not differ by more than 5 % from the reciprocal ratio of the rated voltages of the units.

NOTE 1  $C = \frac{C_0}{n}$

where

$n$  is the number of elements in series;

$C_0$  is the capacitance of one element.

NOTE 2 The actual capacitance should be measured, or referred to, at the temperature at which the rated capacitance is defined.

#### 7.2.6 Losses of the capacitor at power frequency

The requirements relating to capacitor losses, expressed as  $\tan\delta$  measured at 10 kV and 0,9 to 1,1 times the  $U_{PR}$  may be agreed upon between manufacturer and purchaser.

NOTE 1 The purpose is to check the uniformity of the production. Limits for the permissible variations may be the subject of an agreement between manufacturer and purchaser.

NOTE 2 La valeur de  $\tan\delta$  dépend de la conception de l'isolation et de la tension, de la température et de la fréquence de mesure.

NOTE 3 La valeur de  $\tan\delta$  de certains types de diélectriques est une fonction du temps d'excitation avant la mesure.

NOTE 4 Les pertes du condensateur sont une indication de la régularité du processus de séchage et d'imprégnation.

NOTE 5 Les valeurs typiques de  $\tan\delta$  se rapportant aux diélectriques imprégnés d'huile minérale ou synthétique, sont à 20 °C (293 K):

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| a) Papier:                                       | $\leq 5 \times 10^{-3}$ |
| b) Mixte: film-papier-film et papier-film-papier | $\leq 2 \times 10^{-3}$ |
| c) Film:   | $\leq 1 \times 10^{-3}$ |

## 7.2.7 Élément électromagnétique

### 7.2.7.1 Niveaux d'isolement

a) La tension de tenue assignée au choc de foudre de l'élément électromagnétique doit être égale à

$$\text{tension au choc du TCT} \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (valeur de crête)}$$

b) La tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de l'élément électromagnétique doit être égale à

$$U_{PR} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (valeur efficace)}$$

NOTE 1 Les essais a) peuvent être réalisés sur un transformateur condensateur de tension complet.

NOTE 2 Pour l'essai b) l'élément électromagnétique peut être déconnecté du diviseur capacitif.

NOTE 3 Le facteur 3,3 est fixe pour toutes les valeurs de  $U_m$  et couvre le plus mauvais cas. (Le facteur  $3,3 = \sqrt{3} \times \frac{140 \text{ kV}}{72,5 \text{ kV}} \approx \frac{\sqrt{3} \times 275 \text{ kV}}{145 \text{ kV}}$  est le facteur de corrélation entre la tension d'essai alternative et  $U_m$ .)

### 7.2.7.2 Exigences d'isolement entre sections

Dans le cas d'enroulements divisés en deux sections ou plus, l'isolement entre sections doit pouvoir supporter une tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

### 7.2.7.3 Exigences d'isolement pour les enroulements secondaires

L'isolement des enroulements doit pouvoir supporter une tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

## 7.2.8 Exigences pour l'isolement externe

Pour un isolement de type extérieur susceptible d'être pollué, la valeur assignée minimale de la ligne de fuite spécifique mesurée sur la surface d'isolation est indiquée en millimètres dans le Tableau 6.