

Union internationale des télécommunications

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**K.44**

(05/2017)

SÉRIE K: PROTECTION CONTRE LES  
PERTURBATIONS

---

**Tests d'immunité des équipements de  
télécommunication exposés aux surtensions et  
aux surintensités – Recommandation  
fondamentale**

Recommandation UIT-T K.44

UIT-T



## Recommandation UIT-T K.44

### Tests d'immunité des équipements de télécommunication exposés aux surtensions et aux surintensités – Recommandation fondamentale

#### Résumé

La Recommandation UIT-T K.44 s'emploie à établir des méthodes de test et des critères fondamentaux en ce qui concerne l'immunité des équipements de télécommunication aux surtensions et aux surintensités.

Les surtensions ou surintensités dont il est question dans la présente Recommandation sont notamment les chocs électriques dus à la foudre frappant les lignes ou tombant à proximité, l'induction de courte durée de tensions alternatives dues aux lignes de transport d'énergie ou ferroviaires électriques proches, l'élévation de potentiel de terre due à des défauts affectant les ouvrages électriques et les contacts directs entre lignes de télécommunication et lignes d'alimentation électrique.

Les modifications par rapport à la version de 2008 de cette Recommandation sont principalement les suivantes:

- mise à jour des références;
- modification du critère A;
- révision des schémas de test pour en améliorer la clarté;
- ajout de schémas de test pour les ports externes de type câble coaxial;
- ajout de schémas de test multiconducteur pour les câbles internes non blindés;
- ajout de tolérances pour la génération de formes d'onde;
- ajout de ports avec coordination de l'isolement pour la protection contre les surtensions.

#### Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T K.44	2000-02-25	5	<a href="http://11.1002/1000/4907">11.1002/1000/4907</a>
2.0	ITU-T K.44	2003-07-29	5	<a href="http://11.1002/1000/6496">11.1002/1000/6496</a>
3.0	ITU-T K.44	2008-04-13	5	<a href="http://11.1002/1000/9403">11.1002/1000/9403</a>
4.0	ITU-T K.44	2011-11-13	5	<a href="http://11.1002/1000/11422">11.1002/1000/11422</a>
5.0	ITU-T K.44	2012-05-29	5	<a href="http://11.1002/1000/11629">11.1002/1000/11629</a>
5.1	ITU-T K.44 (2012) Cor. 1	2013-03-16	5	<a href="http://11.1002/1000/11902">11.1002/1000/11902</a>
5.2	ITU-T K.44 (2012) Amd. 1	2015-04-22	5	<a href="http://11.1002/1000/12406">11.1002/1000/12406</a>
5.3	ITU-T K.44 (2012) Amd. 2	2015-12-14	5	<a href="http://11.1002/1000/12679">11.1002/1000/12679</a>
6.0	ITU-T K.44	2016-06-29	5	<a href="http://11.1002/1000/12869">11.1002/1000/12869</a>
7.0	ITU-T K.44	2017-05-24	5	<a href="http://11.1002/1000/13128">11.1002/1000/13128</a>

#### Mots clés

1,2/50-8/20, 10/700, alimentation sur Ethernet (PoE), chocs électriques, circuit de test d'immunité, contact avec des lignes électriques, équipements de télécommunication, Ethernet, fondamentale, induction par les lignes électriques, port externe, port interne, prescriptions spéciales d'immunité, renforcée, surintensité, surtension, téléalimentation, transversal.

\* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <http://handle.itu.int/> dans votre navigateur Web, suivi de l'identifiant unique, par exemple <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

## NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2018

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
1	Domaine d'application ..... 1
2	Références normatives ..... 1
3	Définitions, abréviations et symboles ..... 3
3.1	Définitions ..... 3
3.2	Abréviations et acronymes ..... 7
3.3	Symboles ..... 9
4	Conditions de surtensions et surintensités ..... 9
5	Prescriptions d'immunité ..... 9
5.1	Prescription d'immunité fondamentale ..... 10
5.2	Prescription d'immunité renforcée ..... 10
5.3	Prescription spéciales d'immunité ..... 10
6	Limites de l'équipement ..... 11
7	Conditions de test ..... 11
7.1	Ports d'interface ..... 11
7.2	Types de test ..... 12
7.3	Conditions de test ..... 13
7.4	Présentation des tests ..... 15
8	Coordination des dispositifs de protection ..... 15
8.1	Généralités ..... 15
8.2	Foudre ..... 16
8.3	Induction par les lignes électriques, élévation du potentiel de terre et contact avec des lignes électriques ..... 17
8.4	Dispositif de protection spécial de test ..... 17
8.5	Choix du dispositif de protection primaire agréée ..... 17
9	Critères d'acceptation ..... 18
10	Tests ..... 18
10.1	Port externe de type paire symétrique ..... 24
10.2	Port externe de type câble coaxial ..... 25
10.3	Ports externes de type alimentation électrique dédiée d.c. et a.c. .... 26
10.4	Port externe de type alimentation secteur ..... 28
10.5	Ports internes ..... 28
Annexe A –	Présentation des tests ..... 29
A.1	Introduction ..... 29
A.2	Equipement ..... 29
A.3	Générateurs de test ..... 36
A.4	Générateur de forme d'onde ..... 39
A.5	Alimentation, couplage, découplage et terminaisons ..... 40
A.6	Schémas de test pour différents types de ports ..... 55

	<b>Page</b>
Appendice I – Explications illustrant les conditions de test .....	80
I.1    Réalisation des tests.....	80
I.2    Gamme de niveaux de test de choc de foudre et d'induction par les lignes électriques.....	107
I.3    Relation entre la présente Recommandation et les autres Recommandations de produit ou de famille de produits.....	107
Appendice II – Indications complémentaires à l'attention des constructeurs et des exploitants.....	110
II.1    Introduction .....	110
II.2    Coordination de la protection primaire.....	110
II.3    Tension au niveau du répartiteur principal appliquée à l'entrée de l'équipement.....	115
II.4    Test en courant sur les ports alimentation secteur.....	123
II.5    Elévation du potentiel de terre et du neutre.....	124
II.6    Prescriptions spéciales d'immunité.....	128
II.7    Combustion vive dans un équipement conforme à la Recommandation UIT-T K.21.....	133
II.8    Ethernet.....	133
Bibliographie.....	140

## Recommandation UIT-T K.44

### Tests d'immunité des équipements de télécommunication exposés aux surtensions et aux surintensités – Recommandation fondamentale

#### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation fondamentale décrit les tests relatifs à tous les équipements de télécommunication en matière d'immunité aux surtensions et aux surintensités, à l'intention des opérateurs de réseau et des constructeurs.

La présente Recommandation s'applique à tous les équipements de télécommunication raccordés à des conducteurs métalliques externes ou internes aux bâtiments. Elle doit être consultée parallèlement avec les Recommandations [UIT-T K.11] et [UIT-T K.39] consacrées aux aspects économiques et techniques généraux de la protection.

La présente Recommandation ne spécifie ni des niveaux de tests, ni des critères d'acceptation particuliers propres à des équipements spécifiques.

Les niveaux et les procédures de tests appropriés figurent dans les Recommandations de produit ou de famille de produits spécifiques.

La présente Recommandation doit donc être utilisée conjointement avec la Recommandation de produit ou de famille de produits qui traite des exigences en matière d'immunité concernant l'équipement à tester.

Si une Recommandation de produit ou de famille de produits ou un paragraphe de cette Recommandation diffère de la présente Recommandation fondamentale, les dispositions de la Recommandation de produit ou de famille de produits s'appliquent. Les mises à jour des Recommandations de produit doivent être coordonnées avec la présente Recommandation et s'y référer.

La présente Recommandation suppose que les configurations de mise à la terre et d'équipotentialité sont conformes à la Recommandation appropriée au type d'installation considéré.

Les tests sont des tests de type, et bien qu'ils soient applicables à un système complet, il est admis qu'ils peuvent être appliqués à des équipements particuliers dans le cadre du processus de mise au point et de conception. L'exécution des tests exige la prise en compte de toutes les conditions en présence, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'unité soumise au test, susceptibles d'affecter les résultats.

La présente Recommandation ne traite pas des tests de décharge électrostatique (ESD) et il convient à cet égard de suivre les indications de la publication [CEI 61000-4-2].

#### 2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

[UIT-T K.11] Recommandation UIT-T K.11 (2009), *Principes de la protection contre les surtensions et les surintensités*.

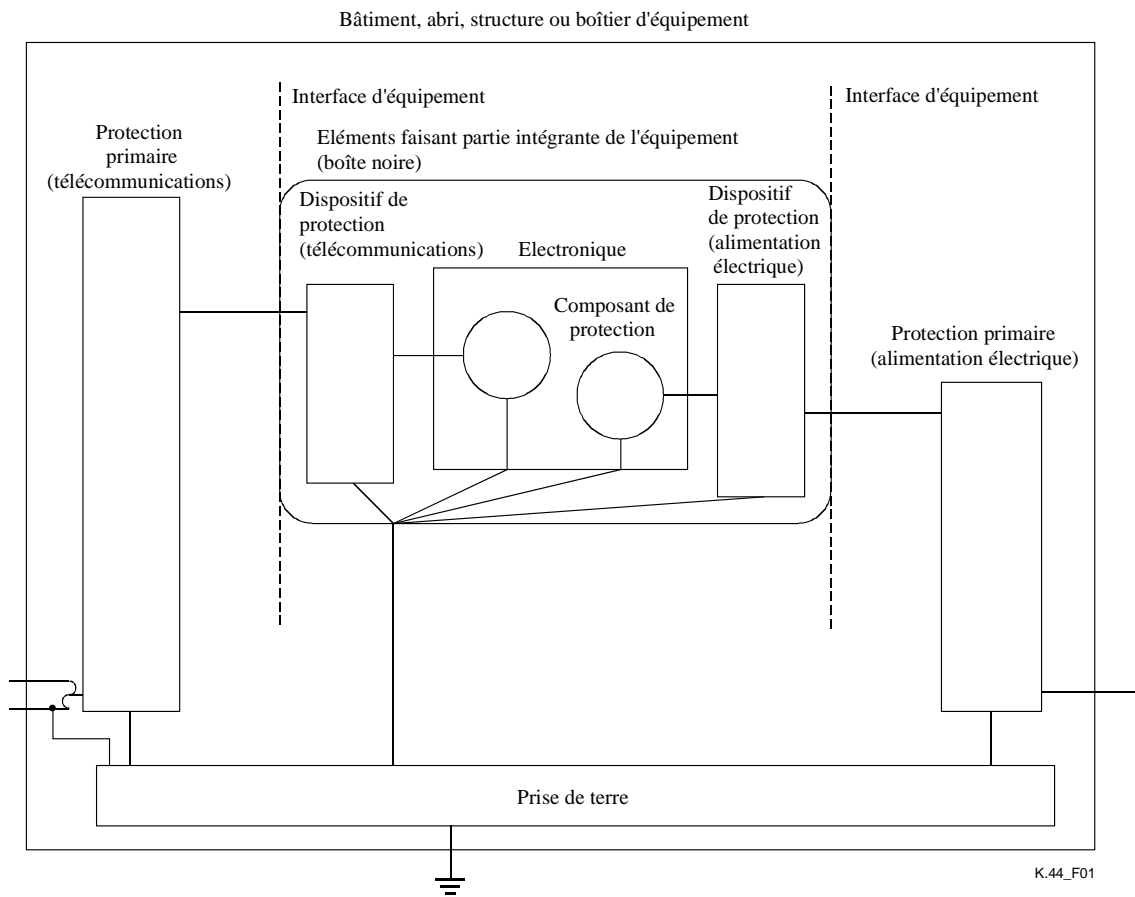
- [UIT-T K.12] Recommandation UIT-T K.12 (2010), *Caractéristiques des parafoudres à gaz destinés à la protection des installations de télécommunication.*
- [UIT-T K.20] Recommandation UIT-T K.20 (2016), *Immunité des équipements de télécommunication des centres de télécommunication aux surtensions et aux surintensités.*
- [UIT-T K.21] Recommandation UIT-T K.21 (2016), *Immunité des équipements de télécommunication installés dans les locaux d'abonné aux surtensions et aux surintensités.*
- [UIT-T K.27] Recommandation UIT-T K.27 (2015), *Configurations équipotentielles et mise à la terre dans les bâtiments de télécommunication.*
- [UIT-T K.28] Recommandation UIT-T K.28 (2012), *Paramètres des dispositifs à thyristor de protection des installations de télécommunication contre les surtensions.*
- [UIT-T K.39] Recommandation UIT-T K.39 (1996), *Evaluation des risques d'endommagement des installations de télécommunication par la foudre.*
- [UIT-T K.45] Recommandation UIT-T K.45 (2016), *Immunité des équipements de télécommunication installés dans les réseaux d'accès et de jonction aux surtensions et aux surintensités.*
- [CEI 60050-701] CEI 60050-701 (1988), *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 701: Télécommunication, voies et réseaux.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/433?OpenDocument](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/433?OpenDocument)>
- [CEI 60060-1] CEI 60060-1 (2010), *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/000475>>
- [CEI 60065] CEI 60065 (2001), *Appareils audio, vidéo et appareils électroniques analogues – Exigences de sécurité.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/28321?OpenDocument](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/28321?OpenDocument)>
- [CEI 60664-2-1] CEI 60664-2-1 (2011), *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 2-1: Guide d'application – Explication de l'application de la série CEI 60664, exemples de dimensionnement et d'essais diélectriques.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/44787?OpenDocument](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/44787?OpenDocument)>
- [CEI 61000-4-2] CEI 61000-4-2 (2008), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/026891>>
- [CEI 61000-4-5] CEI 61000-4-5 (2005), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/035289>>
- [CEI 61643-12] CEI 61643-12 (2008), *Parafoudres basse tension – Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension – Principes de choix et d'application.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/028546>>
- [CEI 62475] CEI 62475 (2010), *Techniques des essais à haute intensité – Définitions et exigences relatives aux courants d'essai et systèmes de mesure.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/44542](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/44542)>



### 3 Définitions, abréviations et symboles

#### 3.1 Définitions

Il convient de se référer à la Figure 3-1 pour mieux comprendre les différentes définitions utilisées dans la présente Recommandation. Cette figure représente les éléments associés à la protection des équipements que peut comporter une installation. Tous ces éléments ne sont pas censés être utilisés dans une installation.



NOTE – La disposition indiquée des blocs du système et des conducteurs d'équipotentialité à l'intérieur du bâtiment, de l'abri, de la structure et du boîtier de l'équipement vise à faciliter leur identification et ne correspond pas à une disposition optimale du point de vue de la protection.

**Figure 3-1 – Exemple de disposition des éléments de protection**

La présente Recommandations utilise les termes suivants, définis ici ou ailleurs:

**3.1.1 réseau d'accès (AN, *access network*):** partie du réseau général de télécommunication située entre un centre de télécommunication et le bâtiment ou les locaux client.

**3.1.2 protection primaire agréée:** type particulier de dispositif contre les surtensions utilisé afin de protéger un équipement. Une protection primaire agréée peut consister en un dispositif spécifique de protection contre les surtensions ou en un ensemble de dispositifs de ce type conformes à une Recommandation, une norme ou une spécification particulière. La protection primaire agréée est souvent spécifiée par l'opérateur du réseau, mais elle peut être le fruit d'une discussion entre cet opérateur et le constructeur de l'équipement. La protection primaire agréée peut être inexistante s'il a été convenu qu'il était inutile de doter l'équipement d'éléments de protection extérieurs.

**3.1.3 CLASSE II (équipement)** [CEI 60065]: équipements dans lesquels la protection contre les chocs électriques ne repose pas seulement sur l'isolation de base, mais fait appel à des précautions de sécurité supplémentaires, telles que l'isolation double ou l'isolation renforcée, sans conditions relatives à la mise à la terre de protection ou aux conditions d'installation.

**3.1.4 élément de couplage:** composant de faible impédance en cas de surtension utilisé pour raccorder le générateur de surtensions au port soumis au test ou pour mettre à la terre un port non soumis au test.

**3.1.5 équipement des locaux client (CPE, *customer premises equipment*):** équipement destiné à être directement raccordé aux terminaisons d'un réseau public de télécommunication dans les locaux client.

**3.1.6 élément de découplage:** composant d'impédance appropriée destiné à abaisser l'amplitude de la surtension dans une terminaison ou dans un équipement auxiliaire.

**3.1.7 alimentation dédiée (dpf, *dedicated power feed*):** alimentation électrique fournie par un câble de télécommunication dédié qui sort de l'enceinte du bâtiment et qui est utilisé exclusivement pour fournir l'alimentation électrique. Voir le paragraphe 3.1.23.

**3.1.8 point de terminaison de câble externe:** point au niveau duquel le câble externe se termine et est connecté au câblage du bâtiment.

NOTE – Il s'agit aussi du point où seront installés les dispositifs SPD, le cas échéant.

**3.1.9 dispositif de protection de type "foldback":** limiteur de tension de type écrêteur utilisant un transistor pour former une caractéristique ré-entrante ou de type "foldback".

**3.1.10 éléments de protection à fort courant d'écoulement:** dispositif de protection contre les surtensions conçu pour conduire/écouler la plus grande partie de l'énergie à l'extérieur du circuit qu'il protège, lorsqu'il est activé par une surtension. Les éléments de protection à fort courant d'écoulement sont utilisés la plupart du temps comme éléments de protection primaire, mais dans certains cas ils peuvent être intégrés dans l'équipement, en tant que protection inhérente.

**3.1.11 protection inhérente:** protection conférée à un équipement par ses caractéristiques intrinsèques, par une conception spécifique ou par des éléments de protection appropriés.

**3.1.12 ports d'interface:**

**3.1.12.1 port externe:** toute interface de l'équipement pouvant être l'objet de surtensions en courant alternatif ou de surtensions dues à la foudre par l'intermédiaire d'un câble extérieur.

NOTE – Le paragraphe A.2.1 fournit des indications concernant la classification des ports.

**3.1.12.1.1 port de type câble coaxial:** port connecté à un câble coaxial.

**3.1.12.1.2 port de type alimentation dédiée:** port connecté à un câble d'alimentation dédiée.

**3.1.12.1.3 port de type alimentation secteur:** port connecté à un câble fournissant l'alimentation secteur.

**3.1.12.1.4 port de type paire symétrique:** port connecté à un câble à conducteurs métalliques en paires symétriques (voir [b-UIT-T K.46]). Ce câble peut être blindé ou non. Le port peut être connecté à une ou plusieurs paires.

**3.1.12.2 port interne:** toute interface de l'équipement ne pouvant être l'objet que de chocs électriques transitoires induits de courte durée, causés par des phénomènes d'induction dans le câblage du bâtiment.

NOTE – Le paragraphe A.2.1 fournit des indications concernant la classification des ports.

**3.1.12.2.1 port de type interface d'alimentation d.c.:** port connecté à un câble, par exemple un câble blindé, fournissant une alimentation électrique en courant continu, par exemple –48 V.

- 3.1.12.2.2 port de type câble blindé:** port connecté à un câble blindé, par exemple un câble coaxial.
- 3.1.12.2.3 port de type câble non blindé:** port connecté à un câble non blindé. Le port peut être connecté à une ou plusieurs paires.
- 3.1.12.2.4 ports multiples:** terme utilisé pour décrire un équipement doté de plus d'un type de port, par exemple, un port de type alimentation secteur et un port externe de type paire symétrique.
- 3.1.12.3 port intra-système:** port utilisé pour interconnecter les modules d'équipement d'un même système au sein d'un bâtiment d'un centre de télécommunication. Le câblage d'interconnexion est géré par le fabricant de l'équipement.
- 3.1.13 transformateur d'isolement** [CEI 60065]: transformateur équipé d'une isolation de protection séparant l'enroulement d'entrée de l'enroulement de sortie.
- 3.1.14 isolation** [CEI 60664-2-1]: partie d'un produit électrotechnique séparant les parties conductrices soumises à des potentiels différents.
- 3.1.15 coordination de l'isolement** [CEI 60664-2-1]: Corrélation mutuelle des caractéristiques de l'isolement d'un équipement électrique, compte tenu des contraintes prévues du microenvironnement ainsi que des autres contraintes influentes.
- 3.1.16 réseau d'alimentation IT:** Un réseau d'alimentation IT est isolé de la terre, avec l'exception qu'un point peut être relié à la terre à travers une impédance ou un limiteur de tension. Les parties de l'équipement devant être mises à la terre sont reliées aux bornes de terre dans les locaux client.
- 3.1.17 dispositif de protection multiservice contre les surtensions** [CEI 61643-12]: dispositif de protection contre les surtensions assurant la protection d'au moins deux services, par exemple des services d'alimentation, de télécommunication ou de signalisation, sous la forme d'un seul boîtier, fournissant une liaison de référence aux services en conditions de surtension.
- 3.1.18 protection primaire:** moyens mis en oeuvre pour empêcher la plus grande partie de l'énergie de se propager au-delà d'un certain emplacement (de préférence le point d'entrée du bâtiment).
- 3.1.19 dispositif de protection primaire:** dispositif de protection contre les surtensions utilisé dans le cadre de la protection primaire d'une installation à l'endroit (de préférence le point d'entrée du bâtiment) où il dévie la plus grande partie de la surintensité et empêche la plus grande partie de la contrainte liée à la surtension de se propager plus loin dans l'installation. Ce dispositif doit être accessible, amovible et raccordé à une liaison équipotentielle.
- 3.1.20 thermistance à coefficient de température positif (PTC, *positive temperature coefficient thermistor*):** thermistance dont la partie utile de la caractéristique présente une augmentation de la résistance avec la température. Les thermistances PTC dont il est question dans la présente Recommandation présentent généralement une très forte augmentation de la résistance sur un petit intervalle de température.
- 3.1.21 coordination de la protection:** tâche consistant à veiller à ce que tous les éléments de protection, à l'intérieur comme à l'extérieur de l'équipement, réagissent de manière à limiter l'énergie, la tension ou l'intensité à des niveaux tels qu'il n'en résulte aucune détérioration des éléments de protection ou de l'équipement.
- 3.1.22 tension assignée d'isolement** [CEI 60664-2-1]: valeur quadratique moyenne de la tension de tenue assignée par le fabricant à l'équipement ou à une partie de celui-ci, définissant la résistance spécifiée (sur le long terme) de son isolation.
- 3.1.23 tension assignée de choc (isolation)** [CEI 60664-2-1]: valeur de la tension de tenue aux chocs assignée par le fabricant à l'équipement ou à une partie de celui-ci, définissant la résistance spécifiée de son isolation face aux surtensions transitoires.

**3.1.24 téléalimentation:** alimentation assurée par les paires symétriques de signaux ou les conducteurs internes des câbles coaxiaux, servant simultanément à la transmission de signaux. Les téléalimentations répondant aux exigences des circuits TNV ne sont pas considérées comme des téléalimentations. Ces exigences sont fournies dans [b-CEI 60950-1] et le concept d'alimentation dédiée est défini au § 3.1.7.

**3.1.25 immunité:** capacité d'un équipement ou d'installations de télécommunication à résister – généralement sans dégradation – aux effets de surtension et de surintensités, dans une certaine mesure spécifiée et conformément à un critère spécifié.

NOTE – On considère que l'*immunité* répond aux besoins de la totalité du réseau de télécommunication, c'est-à-dire à tout type de réseau, public et privé, ainsi qu'à tout équipement installé sur ce réseau ou connecté à ce dernier. Les exigences en matière d'immunité sont fondées sur les phénomènes électromagnétiques suivants: foudre, induction par les lignes électriques, élévation du potentiel de terre et contact avec des lignes électriques basse tension.

**3.1.26 dispositif de protection spécial de test:** composant ou circuit servant à remplacer la protection primaire agréée dans le but de vérifier la coordination. Ses caractéristiques limitantes assurent que les niveaux de tension et de courant à l'entrée de l'équipement seront plus élevés pendant le test qu'en service et fournissent un certain niveau de garantie quant à l'efficacité de la protection de l'équipement par l'adjonction d'une protection primaire.

**3.1.27 élément de protection contre les surtensions (SPC, *surge protective component*)** [UIT-T K.11]: partie constitutive d'un dispositif de protection contre les surtensions ne pouvant être fractionnée matériellement sans perdre sa fonction protectrice.

NOTE 1 – Il s'agit d'une modification de la définition du point 151-11-21 (composant) du Vocabulaire électrotechnique international [b-CEI 60050-151].

NOTE 2 – La fonction protectrice est non linéaire, les limitations en amplitude commenceront effectivement lorsque l'amplitude tend à excéder la valeur seuil prédéterminée du composant.

**3.1.28 dispositif de protection contre les surtensions (SPD, *surge protective device*):** dispositif qui limite la tension d'un port ou de ports donnés, due à une surtension, lorsqu'elle excède un niveau prédéterminé:

- 1) Des fonctions secondaires peuvent être incorporées, comme une limitation d'intensité pour limiter une intensité terminale.
- 2) Normalement, le circuit de protection est doté au moins d'un élément de protection non linéaire contre les surtensions.
- 3) Un SPD est une combinaison de circuit de protection et d'un support de protection.

**3.1.29 télécommunication:** toute transmission, émission ou réception de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de renseignements de toute nature, par fil, radioélectricité, optique ou autres systèmes électromagnétiques.

**3.1.30 centre de télécommunication:** installation de télécommunication dont les configurations de mise à la terre et d'équipotentialité sont conformes à la Recommandation [UIT-T K.27].

**3.1.31 réseau de télécommunication:** support de transmission destiné à assurer la communication entre des équipements pouvant être situés dans des bâtiments différents.

NOTE 1 – Le terme réseau de télécommunication est défini par rapport à sa fonction et non à ses caractéristiques électriques.

NOTE 2 – Un réseau de télécommunication peut être:

- de propriété publique ou privée;
- l'objet de surtensions transitoires provoquées par des décharges atmosphériques et des défaillances des systèmes de distribution d'énergie;
- l'objet de tensions port-terre constantes (mode commun) induites par des lignes électriques ou des lignes de traction électrique avoisinantes.

NOTE 3 – Parmi les réseaux de télécommunication, on trouve:

- les réseaux téléphoniques publics commutés (RTPC);
- les réseaux de prochaine génération (NGN);
- les réseaux publics de données;
- les réseaux privés dont l'interface électrique a les mêmes caractéristiques que celle des réseaux ci-dessus.

**3.1.32 composant de terminaison:** composant servant à simuler le raccordement d'un équipement auxiliaire à un port soumis ou non soumis au test.

**3.1.33 thermistance:** résistance en semi-conducteur thermosensible dont la fonction principale est de présenter un important changement de résistance lorsque sa température interne varie.

**3.1.34 tension en mode transversal (différentiel):** tension à un emplacement donné entre deux conducteurs, ou paires de conducteurs, d'un groupe.

**3.1.35 réseau de transmission (TNW, *trunk network*):** partie du réseau de télécommunication située entre deux centres de télécommunication et qui assure la communication entre ces centres.

**3.1.36 réseau d'alimentation TT:** Un réseau d'alimentation TT a un point directement relié à la terre, les parties du matériel devront être mises à la terre en étant reliées, dans les locaux de l'utilisateur, à des prises de terre électriquement indépendantes des prises de terre du système de distribution de l'alimentation.

**3.1.37 générateur d'ondes combinées 1,2/50-8/20 (CWG, *combination wave generator*):** générateur délivrant une onde de forme 1,2/50 pour la tension en circuit ouvert et 8/20 pour le courant de court-circuit.

## 3.2 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivantes:

a.c.	courant alternatif ( <i>alternating current</i> )
AE	équipement auxiliaire ( <i>auxiliary equipment</i> )
AN	réseau d'accès ( <i>access network</i> )
ANE	équipement du réseau d'accès ( <i>access network equipment</i> )
AUX	auxiliaire
BN	réseau équipotentiel ( <i>bonding network</i> )
CBN	réseau équipotentiel commun ( <i>common bonding network</i> )
CL	commutateur local
CPE	équipement des locaux client ( <i>customer premises equipment</i> )
d.c.	courant continu ( <i>direct current</i> )
DMT	tonalités multiples discrètes ( <i>discrete multitone</i> )
dpf	alimentation électrique dédiée ( <i>dedicated power feed</i> )
ECL	limiteur électronique de courant ( <i>electronic current limiter</i> )
ECTP	point de terminaison de câble externe ( <i>external cable termination point</i> )
EPR	élévation du potentiel de terre ( <i>earth potential rise</i> )
ESD	décharge électrostatique ( <i>electrostatic discharge</i> )
EUT	équipement sous test ( <i>equipment under test</i> )
GDT	parafoudre à gaz ( <i>gas discharge tube</i> )

HV	haute tension ( <i>high voltage</i> ) (lignes électriques dont la tension en courant alternatif est supérieure à 36 kV et inférieure à 200 kV)
IBN	réseau équipotentiel isolé ( <i>isolated bonding network</i> )
LI	interface de ligne ( <i>line interface</i> )
LT	terminaison de ligne ( <i>line termination</i> )
LV	basse tension ( <i>low voltage</i> ) (lignes électriques dont la tension en courant alternatif est inférieure à 1 kV)
MDF	répartiteur principal ( <i>main distribution frame</i> )
MET	borne principale de mise à la terre ( <i>main earthing terminal</i> )
MOV	varistance à oxyde métallique ( <i>metal oxide varistor</i> )
MSPD	dispositif de protection multiservice contre les surtensions ( <i>multiservice surge protective device</i> )
MV	moyenne tension ( <i>medium voltage</i> ) (lignes électriques dont la tension en courant alternatif est supérieure à 1 kV et inférieure à 35 kV)
n.a.	non applicable
NGN	réseau de prochaine génération ( <i>next generation network</i> )
NT	terminaison de réseau ( <i>network termination</i> )
PD	dispositif alimenté ( <i>powered device</i> )
PoE	alimentation sur Ethernet ( <i>power over Ethernet</i> )
POTS	service téléphonique ordinaire ( <i>plain old telephone system</i> )
PS	alimentation électrique ( <i>power supply</i> )
PSE	équipement d'alimentation ( <i>power sourcing equipment</i> )
RMS	valeur quadratique moyenne ( <i>root mean square</i> )
RNIS	réseau numérique à intégration de services
ROEP	élévation du potentiel de terre ( <i>rise of earth potential</i> )
RSE	équipement de commutation distant ( <i>remote switching equipment</i> )
RTPC	réseau téléphonique public commuté
SHDSL	ligne d'abonné numérique à haut débit à une paire ( <i>single-pair high-speed digital subscriber line</i> )
SOHO	professions libérales et télétravailleurs ( <i>small office, home office</i> )
SPC	élément de protection contre les surtensions ( <i>surge protective component</i> )
SPD	dispositif de protection contre les surtensions ( <i>surge protective device</i> )
SLIC	circuit intégré de ligne d'abonné ( <i>subscriber line integrated circuit</i> )
SSA	parafoudre à semi-conducteurs ( <i>solid state arrester</i> )
SSOP	dispositif de protection contre les surintensités à semi-conducteurs ( <i>solid state overcurrent protector</i> )
STP	dispositif de protection spécial de test ( <i>special test protector</i> )
STP <sub>E</sub>	paire torsadée blindée Ethernet ( <i>shielded twisted pair Ethernet</i> )
SW	Commutateur ( <i>switch</i> )

TCE	équipement de centre de télécommunication ( <i>telecommunication centre equipment</i> )
TDD	duplex à répartition dans le temps ( <i>time division duplex</i> )
TN-C	type de système de distribution électrique
TNV	tension du réseau de télécommunication ( <i>telecommunication network voltage</i> )
TNW	réseau de transmission ( <i>trunk network</i> )
USB	bus série universel ( <i>universal serial bus</i> )
UTP <sub>E</sub>	paire torsadée non blindée Ethernet ( <i>unshielded twisted pair Ethernet</i> )
VDSL	ligne d'abonné numérique à très haut débit ( <i>very high speed digital subscriber line</i> )
WLAN	réseau local hertzien ( <i>wireless local area network</i> )
XDSL	tout type de système de ligne d'abonné numérique ( <i>any type of digital subscriber line</i> )

### 3.3 Symboles

La présente Recommandation utilise les symboles suivants:

$U_c$	tension continue de charge du générateur de surtension
$U_{c(max)}$	tension continue maximale de charge du générateur de surtension
$U_{a.c.(max)}$	tension alternative maximale (en circuit ouvert) pour les tests de tension a.c.

## 4 Conditions de surtensions et surintensités

La présente Recommandation traite des surtensions et des surintensités suivantes:

- surtensions et surintensités dues à des coups de foudre frappant directement les lignes ou tombant à proximité de celles-ci;
- courants de forte intensité dans les câblages ou composants communs lorsque des surtensions ou des surintensités se produisent simultanément sur un certain nombre de lignes;
- courants de forte intensité circulant dans l'équipement qui intègre des éléments de protection à fort courant d'écoulement, supprimant ainsi le besoin de protection primaire;
- induction de courte durée de tensions alternatives dues à des lignes de transport d'énergie ou ferroviaires électriques passant à proximité, généralement lorsqu'un défaut se produit sur les lignes ou les installations électriques en question;
- élévation du potentiel de terre suite à une défaillance du réseau électrique;
- contacts directs entre lignes de télécommunication et lignes électriques;
- surtensions transitoires sur les lignes électriques;
- différences de potentiel qui peuvent survenir entre un réseau d'alimentation TT ou IT et le réseau de télécommunication.

## 5 Prescriptions d'immunité

Les lignes de télécommunication, les lignes d'alimentation (dédiée) à distance et les lignes d'alimentation secteur sont affectées dans la pratique par la foudre et par les ouvrages électriques. La Recommandation [UIT-T K.11] décrit les différents degrés d'exposition et les mesures de protection correspondantes. En matière d'immunité des équipements de télécommunication connectés à des conducteurs métalliques, les prescriptions peuvent varier en fonction de l'environnement considéré, par exemple, suivant les différents réseaux d'alimentation décrits dans la Recommandation [b-UIT-T K.66]. En particulier, les réseaux d'alimentation TT et IT, qui ne sont pas connectés à la borne principale de mise à la terre (MET) du bâtiment, donnent lieu à des surtensions plus importantes

par rapport à la borne MET. Il incombe aux administrations ou aux opérateurs de réseaux de choisir les prescriptions d'immunité appropriées dans les Recommandations de produit ou de famille de produits. Pour éviter la conception de nombreux types d'équipements, seules les prescriptions fondamentales et renforcées sont spécifiées dans les Recommandations de produit à l'heure actuelle.

Les Recommandations de produit ne fournissent pas de prescriptions spéciales d'immunité. Il est toutefois reconnu que peuvent exister des conditions particulières dans lesquelles même les prescriptions renforcées d'immunité ne sont pas suffisantes.

Dans certains pays, les réseaux d'alimentation de certaines régions peuvent être différents ou il peut être impossible de mettre en place une protection primaire. La Recommandation [b-UIT-T K.98] montre que les dispositifs de protection multiservice contre les surtensions (MSPD) constituent un moyen efficace de protéger les équipements, en particulier ceux qui sont situés au même emplacement. Afin de protéger les équipements reliés à de longs câbles internes, il peut être souhaitable d'assurer la protection des ports internes au moyen de dispositifs MSPD. Ces derniers se prêtent aisément à cette application. Il convient de garder cette information à l'esprit lors du choix des prescriptions. Il est préférable d'utiliser les prescriptions les plus exigeantes pour tous les équipements.

### **5.1 Prescription d'immunité fondamentale**

L'équipement doit pouvoir être utilisé dans des conditions d'exposition limitée et la protection inhérente de l'équipement permet de répondre à cette prescription. L'équipement doit en outre pouvoir être utilisé dans des conditions d'exposition supérieure et la protection inhérente de l'équipement, complétée par une protection primaire agréée, permet de répondre à cette prescription. En ce qui concerne les ports qui dépendent de la coordination de l'isolement, il est possible de substituer à la protection primaire agréée un dispositif agréé à transformateur d'isolement présentant une plus grande tension de tenue assignée.

### **5.2 Prescription d'immunité renforcée**

Lorsque les prescriptions d'immunité fondamentale s'avèrent insuffisantes compte tenu des conditions d'environnement, des règlements nationaux, des considérations économiques et techniques, de normes d'installation ou de prescriptions de qualité de service, les opérateurs de réseaux peuvent demander des prescriptions d'immunité renforcée.

Ces niveaux d'immunité "renforcée" peuvent notamment être demandés lorsque:

- la valeur  $I_{\text{t}}$  des surintensités relatives à l'induction par les lignes électriques et à l'élévation du potentiel de terre (EPR) dépasse  $1 \text{ A}^2\text{s}$ ;
- les dispositifs SPD de protection primaire ne sont pas installés de façon habituelle;
- l'équipotentialité est difficile à obtenir dans les locaux client, par exemple si le câble d'équipotentialité mesure plus de 1,5 m de long;
- l'équipement client est doté de plus d'un type de ports, par exemple, un port de type alimentation secteur et des ports internes.

### **5.3 Prescription spéciales d'immunité**

Dans certaines situations, même les prescriptions d'immunité renforcée s'avèrent insuffisantes pour les locaux client compte tenu des conditions d'environnement, des règlements nationaux, des considérations économiques et techniques, de normes d'installation ou de prescriptions de qualité de service. Dans ce cas, les opérateurs de réseaux peuvent demander des prescriptions spéciales d'immunité.

Ces prescriptions s'appliquent lorsque toutes les conditions suivantes sont vérifiées:

- réseau d'alimentation IT ou TT,



- la mise à la terre et l'équipotentialité ne sont pas installées de façon conforme à la Recommandation [b-UIT-T K.66],
- la protection primaire n'est pas installée de façon conforme à la Recommandation [b-UIT-T K.66] lorsqu'elle s'avère nécessaire suite à une évaluation des risques,
- l'installation de dispositifs MSPD est difficile.

Dans ce cas, l'opérateur de réseau peut être amené à exiger l'application de prescriptions spéciales d'immunité. Des principes généraux ainsi que des niveaux de test possibles figurent au § II.6.

Le paragraphe informatif II.6 contient les descriptions de test ainsi que les prescriptions spéciales d'immunité. Il est proposé que les spécifications de test, décrites au § 7, soient modifiées comme indiqué.

## **6 Limites de l'équipement**

Vu la diversité des types d'équipement, il est nécessaire de considérer l'équipement comme une "boîte noire" ayant plusieurs ports a, b, c, d, e et f, etc. et E (la terre). L'équipement peut être déjà doté de dispositifs de protection, soit placés sur ses circuits imprimés, etc., soit connectés à ses ports. Pour les besoins de ces tests, il est demandé aux constructeurs de définir les limites de la "boîte noire", tout dispositif de protection qui y est inclus devant être considéré comme faisant partie intégrante de l'équipement (petit commutateur installé dans une armoire, multiplexeur, équipement de l'installation du client, etc.). Se reporter au § 10.1.1 lorsque des éléments de protection à fort courant d'écoulement sont utilisés à l'intérieur de l'équipement. Quand des conducteurs ou câbles de télécommunication auxiliaires sont fournis, par exemple vers un équipement supplémentaire, ou comme terre de signalisation, ils doivent en règle générale être considérés comme des ports supplémentaires à tester, par exemple a, b, c, d, e et f, etc. et E pour la terre.

## **7 Conditions de test**

### **7.1 Ports d'interface**

#### **7.1.1 Classification des ports**

Il existe trois types de ports différents: les ports externes, les ports internes et les ports intra-système.

Les ports externes sont les suivants:

- 1) port de type paire symétrique
- 2) port de type câble coaxial
- 3) port de type alimentation dédiée
- 4) port de type alimentation secteur a.c.

Les ports internes sont les suivants:

- 1) câbles non blindés à paire symétrique
- 2) câble blindé y compris les câbles blindés à paire symétrique et asymétrique et les câbles coaxiaux
- 3) alimentation électrique d.c. non mise à la terre
- 4) alimentation électrique d.c. mise à la terre.

Les ports intra-système d'un système de commutation d'un centre de télécommunication doivent être connectés entre eux par de courts câbles ou câbles blindés (écran de protection de câble ou chemin de câbles, etc.) sous la supervision du fabricant. Ces types de ports n'étant généralement pas exposés à des surtensions dangereuses, aucune prescription n'est spécifiée.

### **7.1.2 Ports d'interface**

Les ports peuvent être connectés à différents types de câbles et à différents types de services. Le paragraphe A.2 contient des explications à ce sujet.

## **7.2 Types de test**

Jusqu'à six types de test doivent être réalisés sur les équipements, en fonction du type de ports et de la mise à la terre de l'équipement. Ces tests sont les suivants:

- transversal/différentiel (conducteur-conducteur et paire-paire pour l'alimentation PoE);
- port externe-terre;
- port externe-port externe;
- port externe-port interne. Il convient de noter que ce test est effectué dans le cadre du test port externe-terre;
- port interne-terre;
- port interne-port interne. Il convient de noter que ce test est effectué dans le cadre du test port interne-terre.

### **7.2.1 Transversal/différentiel**

Il convient de réaliser un test transversal ou différentiel sur tous les types de ports externes de l'équipement. Pour ces tests, certains ports non soumis au test de chaque type de port sont raccordés à une terminaison.

### **7.2.2 Port externe-terre**

Il convient de réaliser des tests port externe-terre sur tous les équipements qui ont des ports externes. Pour ces tests, tous les ports non soumis au test (internes et externes) sont raccordés à une terminaison puis on répète ces tests successivement avec chaque type de port interne mis à la terre au moyen d'un élément de couplage.

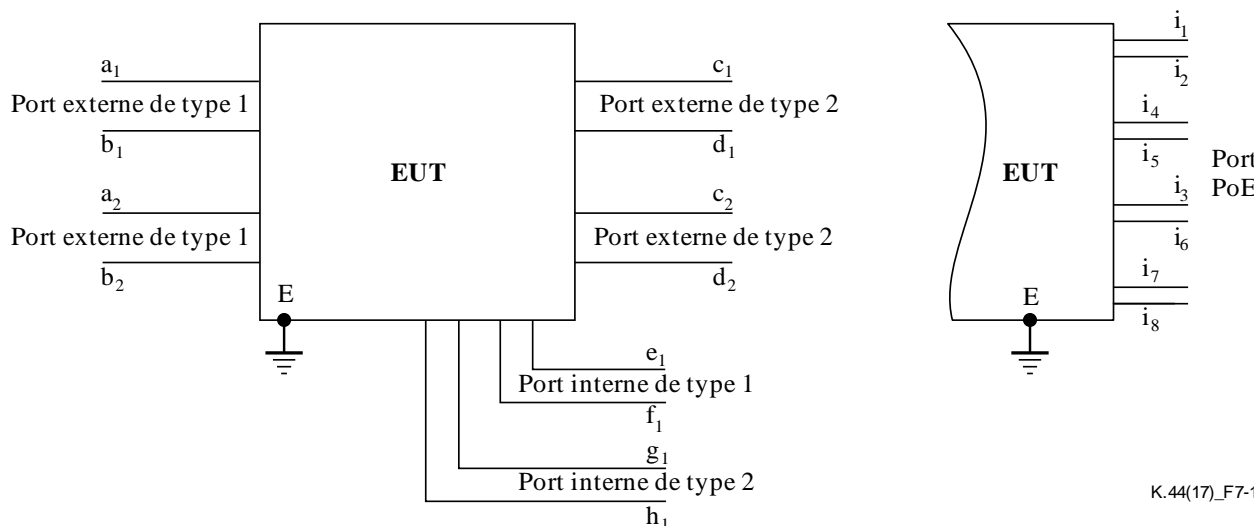
### **7.2.3 Port externe-port externe**

Il convient de réaliser des tests port externe-port externe sur les équipements possédant au moins deux ports externes. Lorsqu'un équipement est conçu pour être utilisé avec une mise à la terre, la Recommandation de produit spécifie les cas dans lesquels le test doit être réalisé. Pour ces tests, tous les ports non soumis au test (internes et externes) sont raccordés à une terminaison et chaque type de port externe, y compris un port du même type, est successivement mis à la terre au moyen d'un élément de couplage.

Pour les tests port externe-port externe, il faut envisager, comme deuxième port:

- 1) d'autres lignes/paires du type de port soumis au test (par exemple paire 1-paire 2 du type de port 1);
- 2) lignes/paires d'autres types de port (par exemple paire 1 du type de port 1-paire 1 du type de port 2).

La Figure 7-1 donne un exemple de séquence de tests. Le paragraphe A.2 contient des exemples des différents ports et des différentes séquences de tests.



Exemple de séquence de tests

$a_1 - b_1$  (test transversal/différentiel)

$a_1/b_1 - E$  (test port externe-terre)

$a_1/b_1 - E$  avec  $e_1/f_1$  raccordé à  $E$  (test port externe-terre avec un port interne mis à la terre)

$a_1/b_1 - c_1/d_1$  avec  $E$  déconnecté (test port externe-port externe avec un port externe mis à la terre)

$e_1/f_1 - E$  (test port interne-terre)

$e_1/f_1 - E$  (test port interne-terre avec un port interne mis à la terre)

$i_1/i_2/i_3/i_6/i_4/i_5/i_7/i_8 - E$  (test port PoE-terre)

$i_1/i_2/-i_3/i_6/$  ou  $i_4/i_5/ - i_7/i_8$  (test transversal/différentiel paire d'alimentation PoE-paire d'alimentation)

**Figure 7-1 – Exemple de séquence de tests**

#### 7.2.4 Port interne-terre

Des tests port interne-terre sont réalisés sur tous les types de port interne classés dans cette catégorie (voir le § A.2.1), sauf s'ils sont exclus par la Recommandation de produit. Pour ces tests, certains ports non soumis au test, de chaque type de port, sont raccordés à une terminaison, puis chaque type de port interne est successivement couplé à la terre.

#### 7.3 Conditions de test

Les conditions ci-après s'appliquent à tous les tests décrits au § 10.

- 1) Tous les tests sont des tests de type et se déroulent dans des conditions de fonctionnement standard, sauf spécification contraire formulée dans la Recommandation de produit ou de famille de produits.
- 2) Les ports à tester doivent en règle générale être identifiés par le constructeur de l'équipement:
  - $a$  et  $b$ ,  $c$  et  $d$ ,  $e$  et  $f$ , etc., pour des ports uniques paire symétrique de caractéristiques différentes;
  - $a_1$  à  $a_n$  et  $b_1$  à  $b_n$ ,  $c_1$  à  $c_m$  et  $d_1$  à  $d_m$ ,  $e_1$  à  $e_p$  et  $f_1$  à  $f_p$ , etc., pour des ports multiples paire symétrique de caractéristiques différentes;
  - conducteur interne et conducteur externe pour des ports câble coaxial;
  - $d_{pf1}$  et  $d_{pf2}$  etc., pour des ports alimentation électrique dédiée;
  - $L1$ ,  $L2$ ,  $L3$  et  $N$  pour des ports alimentations secteur;
  - $E$  sert à désigner le point de l'équipement théoriquement connecté à la terre de sécurité. Il convient de noter que dans certaines configurations de test, ce point ne sera pas connecté à la terre de sécurité.

Les éléments indiqués sur le schéma sont:

- La masse/terre sert à désigner le point de référence commun relié à la terre de sécurité. Cette connexion à la terre de sécurité peut, dans certains cas, se faire au moyen du générateur de test.
  - La barre de référence de l'EUT sert à désigner une barre d'équipotentialité de cet équipement.
- 3) Pour réaliser les tests, l'équipement doit être en fonctionnement sauf – et c'est la seule exception – dans le cas du contact avec des lignes électriques. Il est à noter que, dans ce cas, le fait que l'équipement ne soit pas sous tension ne doit pas avoir d'incidence sur le résultat de test. L'équipement doit être soumis au test dans tout mode de fonctionnement de durée non négligeable (voir § A.2.4). Pour établir la conformité d'un équipement, il pourra être nécessaire de faire des tests où les ports soumis au test et les ports non soumis au test sont raccordés à une terminaison et d'autres tests où les ports non soumis au test sont mis à la terre (voir §§ A.5 et I.1.5). Il convient de noter que, pour le test d'un port Ethernet, l'équipement est placé sous tension lorsqu'il est testé pour les surtensions, sans toutefois être connecté à un réseau LAN. Après la surtension et les tests de résistance d'isolement, les performances de l'équipement sont vérifiées avec une connexion à un réseau LAN.
  - 4) Un port soumis au test ou non soumis au test peut être raccordé à un équipement auxiliaire (comme LI, LT, NT, CPE), une alimentation électrique, un simulateur ou un équipement passif. S'il n'est pas nécessaire de connecter l'équipement auxiliaire pour vérifier l'immunité de l'EUT à la tension de test, il est possible d'effectuer le test sans cette terminaison. Les différentes terminaisons envisageables doivent être prises en considération, par exemple avec ou sans protection primaire (voir § I.1.5). On utilise des éléments de découplage afin d'éviter que la surtension ou la surintensité n'endommage la terminaison ou l'équipement auxiliaire.
  - 5) Il pourra être nécessaire de tester les ports avec un nombre fini de ports non soumis au test, de type identique ou différent, mis à la terre, pour vérifier la conformité de l'équipement aux critères d'acceptation spécifiés. Pour mettre à la terre un port donné, comme requis aux points 7) et 8) ci-après, on utilise des éléments de couplage.
  - 6) Les tests transversaux/différentiels sont réalisés avec au moins un port de chaque type connecté à une terminaison, excepté les ports internes.
  - 7) Pour les tests port externe-terre, certains sont réalisés sans mise à la terre des ports non soumis au test et d'autres avec mise à la terre successive de chaque type de port interne.
  - 8) Pour les tests port externe-port externe, chaque type de port externe, y compris un port du même type, est successivement mis à la terre.
  - 9) Il convient de répéter chaque test autant de fois que l'indique la Recommandation de produit ou de famille de produits. Pour les tests de choc de foudre il faut inverser la polarité entre deux impulsions successives. L'intervalle de temps entre des tests consécutifs sur le même port doit être d'environ une minute. Les tests doivent aussi être réalisés avec des intervalles de temps plus longs si nécessaire pour vérifier la conformité de l'équipement aux critères d'acceptation spécifiés dans le cas d'impulsions qui se produisent à des intervalles de plus d'une minute. Un exemple de test de ce type consiste à vérifier la conformité de l'équipement lorsque toutes les impulsions sont appliquées à des résistances PTC à la température de fonctionnement normale.
  - 10) Pour les tests transversaux/différentiels, l'un des conducteurs doit être raccordé au générateur de surtensions et l'autre à la terre. Il faut ensuite répéter le test en intervertissant les deux conducteurs.
  - 11) Les tests d'induction par des lignes électriques doivent être effectués à la fréquence du réseau de distribution électrique ou à celle des lignes de traction électrique du pays dans lequel l'équipement sera utilisé.

12) Dans tous les cas où une tension, une intensité ou une valeur de  $I^2t$  maximale est spécifiée, il convient de faire également des tests à des tensions, des intensités ou des énergies spécifiques plus basses pour confirmer que les équipements résisteront effectivement à toute condition de sévérité inférieure à la limite supérieure indiquée. Afin de vérifier que les équipements sont conformes aux prescriptions pour des tensions inférieures à  $U_{c(max)}$ , il est possible d'utiliser l'une des deux méthodes décrites ci-dessous:

- En utilisant la connaissance des éléments de protection. Le paragraphe I.1 donne un exemple décrivant comment réaliser des tests de choc de foudre et d'induction par les lignes électriques au niveau de points de mesure spécifiques afin de vérifier que l'équipement est conforme avec les prescriptions de la Recommandation de produit. Lorsque les tests sont réalisés uniquement avec les valeurs maximales, cela doit être justifié dans le rapport de test, en avançant par exemple le fait que l'équipement ne contient pas de dispositifs de protection secondaires de type commutateur.
- En utilisant les niveaux de test décrits dans la norme [b-CEI 61643-21]. Dans les cas où l'on utilise cette méthode, les tests doivent être réalisés à 20%, 30%, 45%, 60%, 75%, 90% et 100% de  $U_{c(max)}$ .

Lorsque des Recommandations de produit autorisent des tests réduits, par exemple des tests de contact avec les lignes électriques, il faut réaliser autant de tests que nécessaire pour vérifier la conformité des équipements aux critères d'acceptation spécifiés.

NOTE – Les composants particuliers à prendre en considération pour les tests comprennent le dispositif de protection primaire, les dispositifs de protection inhérente de type commutable ou "foldback", les résistances PTC et les fusibles.

En cas d'utilisation de fusibles, les tests doivent être réalisés pour toute une gamme de valeurs afin de garantir que la situation la plus défavorable a été expérimentée.

- 13) Un nouvel élément de protection primaire (un dispositif de protection spécial de test ou un dispositif de protection primaire agréée) peut être utilisé lorsque l'on suspecte ou que l'on sait que le dispositif de protection a été endommagé.
- 14) Lorsque les caractéristiques de certains composants peuvent varier de manière significative et que ces variations peuvent affecter le niveau d'immunité de l'équipement, par exemple dans le cas de thermistances PTC dont la résistance à froid peut varier de 2 à 7  $\Omega$ , il convient de réaliser les tests sur l'équipement avec le composant dans la situation la plus défavorable ou en utilisant toute autre méthode permettant d'atteindre cet objectif. La situation la plus défavorable correspond au cas où le niveau d'immunité de l'équipement est le plus faible.
- 15) Les cartes doivent être soumises aux tests dans un ou dans plusieurs emplacements si nécessaire pour vérifier la conformité de l'équipement aux critères d'acceptation spécifiés.
- 16) Si une carte est munie de deux ports identiques ou davantage, il suffit d'en soumettre un seul aux mêmes tests que pour un port unique.

## 7.4 Présentation des tests

Se référer à l'Annexe A.

## 8 Coordination des dispositifs de protection

### 8.1 Généralités

Dans le cas des équipements installés dans des environnements plus exposés, une pratique courante consiste à protéger les ports raccordés à des conducteurs métalliques externes, par des dispositifs de protection primaire tels que des parafoudres à gaz (GDT, *gas discharge tube*), des parafoudres à semi-conducteurs (SSA, *solid state arrester*) ou des varistances à oxyde métallique (MOV, *metal oxide varistor*). Le meilleur endroit pour insérer un dispositif de protection primaire se situe au point

de pénétration du bâtiment, de l'abri ou du boîtier. Bien que cela ne soit pas toujours possible, il faudrait toutefois chercher à installer les protections primaires le plus près possible du point d'entrée des câbles dans le bâtiment, l'abri ou le boîtier de l'équipement. Les caractéristiques de ces dispositifs de protection primaire doivent être conformes aux spécifications des Recommandations [UIT-T K.12] et [UIT-T K.28] ou de la publication [CEI 61643-12].

La coordination entre les dispositifs de protection est indispensable pour assurer la compatibilité de l'équipement avec les protections primaires. La protection primaire Ethernet fondée sur un transformateur d'isolement afin de bloquer les surtensions longitudinales/en mode commun ne détournent pas le courant vers la terre comme le font les dispositifs SPD. Il est préférable d'installer ce type de protection Ethernet proche du port protégé.

## **8.2 Foudre**

Les conditions suivantes doivent être vérifiées pour assurer la coordination de la protection contre les surtensions dues à la foudre:

- la protection inhérente intégrée à l'équipement doit offrir une protection jusqu'à la tension d'amorçage de la protection primaire agréée, pour des tensions de générateur inférieures à la valeur  $U_{c(max)}$  spécifiée dans la Recommandation de produit ou de famille de produits;
- entre cette tension et une tension de générateur  $U_{c(max)}$  la protection primaire doit fonctionner et protéger l'équipement;
- l'équipement doit être conforme aux critères spécifiés dans la Recommandation de produit ou famille de produits;
- Pour les tests de coordination en cas de surtensions dues à la foudre, un dispositif de protection spécial de test est utilisé (voir le § 8.4) à la place du dispositif de protection primaire pendant les tests afin de permettre l'utilisation d'un facteur de sécurité. Ce facteur de sécurité comprend: la tension maximale des dispositifs de protection primaire, les tolérances des composants de l'équipement, le nombre d'échantillons de test et les effets des impulsions multiples. Ce dispositif spécial doit fonctionner à une tension de générateur égale à la valeur  $U_{c(max)}$  spécifiée dans la Recommandation de produit ou de famille de produits. Il peut bien entendu fonctionner aussi pour des valeurs inférieures à  $U_{c(max)}$ .
- La protection primaire Ethernet basée sur un transformateur d'isolement afin de bloquer les surtensions longitudinales/en mode commun devrait présenter une tension assignée de choc supérieure à la plus grande surtension prévue. Ce système de protection ne doit pas nécessairement avoir une tension de tenue aux chocs égale à la somme des tensions de tenue des ports et des dispositifs de protection, comme expliqué au § II.8.5.

### **8.2.1 Dispositifs de protection primaire contre les surtensions de type commutable**

La coordination avec un dispositif SPD de type commutable est effective lorsque, pour des tests avec la protection primaire agréée, le dispositif de protection spécial de test (voir § 8.4.1) est activé avec une valeur de  $U_c$  inférieure à la valeur maximale spécifiée dans la Recommandation de produit ou de famille de produits correspondante et que l'équipement est conforme aux critères spécifiés dans ladite Recommandation.

### **8.2.2 Dispositifs de protection primaire contre les surtensions de type écrêteur**

La coordination avec un dispositif SPD de type écrêteur est effective lorsque l'équipement est conforme aux critères spécifiés dans la Recommandation de produit lorsque des tests sont réalisés avec le dispositif de protection spécial de test (voir § 8.4.2) aux valeurs maximales de tension et d'intensité pour la coordination, c'est-à-dire lorsque le dispositif SPD primaire conduit le courant maximal.

### **8.3 Induction par les lignes électriques, élévation du potentiel de terre et contact avec des lignes électriques**

La protection inhérente assure seule ou conjointement avec la protection primaire agréée la protection contre les courants induits par les lignes électriques et l'élévation du potentiel de terre résultant d'un défaut à la terre du réseau électrique.

La protection inhérente de l'équipement doit protéger ce dernier contre les courants dus au contact avec les lignes électriques, sauf s'il est conçu pour toujours être utilisé avec une protection primaire. Dans ce cas, la protection en question est assurée conjointement par la protection inhérente de l'équipement et par la protection primaire agréée.

L'impédance d'entrée par rapport à la terre des deux ports a et b d'un équipement peut être plus faible quand la protection inhérente contre les surtensions est active. Dans ce cas, la tension, aux bornes des impédances d'entrée, produite par le courant qui circule au cours du test d'induction ou d'élévation du potentiel de terre peut être trop faible pour déclencher la protection primaire. Dans ce cas, un échauffement interne peut endommager l'équipement.

Les tests doivent être effectués à des niveaux de courant alternatif tels que les tensions aux bornes des dispositifs de protection contre les surtensions soient immédiatement inférieures à leur seuil de tension limite. En imposant ces conditions aux dispositifs de protection primaire et secondaire, la dissipation d'énergie et la hausse de la température dans l'équipement devraient être maximales.

### **8.4 Dispositif de protection spécial de test**

Le dispositif de protection spécial de test doit avoir un comportement similaire à celui du dispositif de protection primaire agréé.

#### **8.4.1 Dispositif de protection de type commutable**

La tension d'amorçage statique du dispositif de protection spécial de test doit être égale à 1,15 fois la tension d'amorçage statique maximale spécifiée, valeur obtenue après test de vieillissement, du dispositif de protection primaire agréé. La tolérance relative à cette tension d'amorçage est de  $\pm 5\%$ . Le rapport "tension d'amorçage dynamique/tension d'amorçage statique" devrait également être identique à celui du dispositif de protection primaire agréée. Le constructeur peut utiliser un dispositif de protection spécial de test dont la tension d'amorçage statique est plus élevée.

#### **8.4.2 Dispositif de protection de type écrêteur**

La tension d'écrêtage du dispositif de protection spécial de test doit être égale à 1,15 fois la tension d'écrêtage maximale spécifiée du dispositif de protection primaire agréée. La tolérance relative à cette tension d'écrêtage est de  $\pm 5\%$ . Le constructeur peut utiliser un dispositif de protection spécial de test dont la tension d'amorçage statique est plus élevée.

#### **8.4.3 Modules à étages multiples**

Lorsque la protection primaire est assurée par un module à étages multiples, il convient d'employer alors un module spécial de test dont les composants sont conformes aux indications des §§ 8.4.1 et 8.4.2.

### **8.5 Choix du dispositif de protection primaire agréée**

Il est nécessaire de communiquer les caractéristiques du dispositif de protection primaire "agréée" de l'équipement soumis au test au laboratoire d'essai afin qu'il puisse choisir le dispositif de protection spécial de test. La Recommandation [UIT-T K.12] contient des informations indiquant comment choisir le dispositif de protection primaire "agréée" pour les parafoudres GDT.

## 9 Critères d'acceptation

Deux critères d'acceptation sont reconnus:

- Critère A – L'équipement doit supporter le test sans dégradation et, après le test, ses performances doivent respecter les limites spécifiées par le fabricant sans qu'un opérateur ou un utilisateur ne remette l'équipement sous tension, ne réinitialise un logiciel ou un élément matériel ou ne retire des cartes à circuits imprimés. Le test ne doit pas altérer le fonctionnement continu d'autres parties matérielles ou logicielles de l'équipement, mais une réduction temporaire des performances est tolérée. Cependant, les utilisateurs peuvent être amenés à relancer un service, par exemple rappeler une fonction ou redémarrer un téléchargement. Il convient de vérifier que tous les composants de l'équipement (ports, processeurs, écrans, réseaux WLAN, etc.) continuent de fonctionner sans problème après la surtension.

La protection contre les surintensités peut temporairement interrompre le fonctionnement de certains ports. Le service peut ne pas être disponible immédiatement après la réinitialisation de la protection, par exemple, un reconditionnement peut être nécessaire. Tous les ports doivent pouvoir fonctionner normalement après quelques minutes.

Si le test de contact avec des lignes électriques est effectué sans que l'équipement soit sous tension, cela ne doit pas avoir d'incidence sur les résultats du test. Suite au test, le fonctionnement du système doit respecter les limites spécifiées en matière de performances.

- Critère B – Les tests ne doivent pas occasionner de risque d'incendie, en particulier:
  - si une flamme apparaît, elle ne doit pas se propager au-delà de l'équipement; et
  - aucune matière chaude, par exemple, un métal fondu, ne doit s'échapper de l'équipement.

Toute dégradation, si elle se produit, ne doit affecter qu'une petite partie de l'équipement.

Du papier en étamine peut être utilisé comme indicateur. Dans ce cas, le test ne doit pas endommager l'intégrité structurelle du papier en étamine: il ne doit pas prendre feu, brûler ni être percuté par des fragments d'objets ou de matière fondue.

## 10 Tests

Les générateurs de test, les circuits de test, les éléments de couplage et de découplage ainsi que les terminaisons des ports sont indiqués dans l'Annexe A.

Certaines considérations justifiant les types de test proposés figurent dans l'Appendice I. La réponse aux surtensions et surintensités peut être modifiée par l'impédance d'entrée de l'équipement. Afin d'illustrer ce phénomène, l'Appendice I donne un exemple de circuit et des niveaux instantanés de tension en différents points du circuit pour montrer l'effet de l'impédance d'entrée. Ces valeurs sont indiquées uniquement à titre d'exemple et ne font pas partie intégrante de la présente Recommandation.

Les types de port indiqués au Tableau 1 sont pris en considération. Les circuits de télécommunication à téléalimentation utilisent le même port que les signaux.

Suivant l'équipement, le port PoE peut distribuer ou recevoir de l'énergie électrique. Les connexions 10/100 Base T peuvent utiliser les paires de réserve ou les paires de signaux.



**Tableau 1 – Types de port**

Type de port		Type de test	Exemple
Externe	Paire symétrique	Foudre	Interface client analogique
		Induction par des lignes électriques et élévation du potentiel de terre	Interface RNIS au débit de base Circuit de téléalimentation
		Contact avec des lignes électriques	Interface xDSL
	Câble coaxial	Foudre	Interface RNIS au débit primaire
		Induction par des lignes électriques et élévation du potentiel de terre	Circuit de téléalimentation
	Alimentation électrique dédiée (a.c., d.c.)	Foudre	Interface d'alimentation électrique de terminaison ou de réseau optique
		Induction par des lignes électriques et élévation du potentiel de terre	
	Lignes électriques a.c.	Foudre	Lignes électriques a.c.
		Elévation du potentiel de terre et élévation du potentiel du neutre	
	Interne	Câble non blindé	Foudre
Câble blindé (y compris les câbles coaxiaux)		Foudre	
Interface d'alimentation électrique d.c. non mise à la terre		Foudre	

Les paires des ports Ethernet ont des composants en commun dans un réseau à terminaison "Smith" et une fonctionnalité d'adaptation en fonction du débit du réseau LAN. Les ports Ethernet sont testés en appliquant la surtension simultanément à toutes les paires. Les ports PoE constituent un cas particulier et sont soumis à un test transversal/différentiel unique consistant à appliquer la surtension aux paires d'alimentation et de masse.

Une récapitulation des tests applicables figure au Tableau 2. Les numéros de référence indiqués dans la colonne "Type de port", par exemple § 10.1.2, renvoient au numéro de paragraphe approprié de la Recommandation UIT-T K.44 qui traite de ce test. Les lettres "n.a." signifient que le test est non applicable. L'expression "à l'étude" signifie que l'UIT-T poursuit l'étude de ce test.

Les mots "transversal/différentiel", "port-terre" et "port-port externe" indiquent si la surtension ou surintensité est appliquée de manière transversale/différentielle (c'est-à-dire conducteur à conducteur, âme et tresse pour un câble coaxial, appelé aussi "en mode différentiel"), entre un port et la terre (entre les conducteurs de la ligne et la terre appelé aussi "en mode commun") ou entre un port et un port externe (entre un port et un port dont la référence de terre n'est pas mise à la terre).

Les mots "unique" et "multiple" indiquent le nombre de paires testées. Lors d'un test portant sur un port externe ou interne à une seule paire (port à paire unique), la surtension est appliquée à cette paire (se référer à la Figure A.2-6).

S'il y a plusieurs ports externes du même type, le test de surtension (due à la foudre uniquement) est répété simultanément sur le nombre spécifié de paires de ce type de port. Se référer à la Figure A.2-6.

Dans le cas d'un test portant sur un port externe à plusieurs paires (port à paires multiples), la surtension est appliquée à chaque paire comme dans le cas d'un test sur un port à paire unique. Se référer à la Figure A.2-7.

Le test de surtension (due à la foudre uniquement) est ensuite répété simultanément sur le nombre spécifié de paires de ce port. Se référer à la Figure A.2-7.

Dans le cas du test d'un produit équipé de plusieurs ports externes correspondant à des types d'interface différents, chacun relié à une unique paire ou à des paires multiples, le test de surtension est réalisé sur chaque paire comme dans le cas d'un test sur un port à paire unique. Se référer à la Figure A.2-8.

Le test de surtension (due à la foudre uniquement) est ensuite répété simultanément sur le nombre spécifié de paires. Se référer à la Figure A.2-8.

En ce qui concerne les tests de surtension sur un port interne à paire unique ou à paires multiples, le test de surtension (due à la foudre uniquement) est réalisé simultanément sur toutes les paires de ce port. Se référer à la Figure A.2-9.

De plus amples informations ainsi que des exemples sont disponibles au § A.2.

**Tableau 2a – Tests applicables pour les ports externes**

Type de test	Nombre de paires soumises simultanément au test	Type de test	Protection primaire	Type de port				
				Port paire symétrique	Port câble coaxial	Port alimentation dédiée	Port alimentation secteur	
Surtension due à la foudre	Unique	Transversal/différentiel	Non	10.1.1.1	10.2.1	10.3.1	10.4.1	
		Port-terre	Non	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1	
		Port-port externe	Non	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1	
		Transversal/différentiel	Oui	10.1.1.1	10.2.1	10.3.1	10.4.1	
		Port-terre	Oui	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1	
		Port-port externe	Oui	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1	
	Multiple	Port-terre	Non	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.	
		Port-port externe	Non	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.	
		Port-terre	Oui	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.	
		Port-port externe	Oui	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.	
	Surintensité due à la foudre	Unique	Transversal/différentiel	Non	n.a.	10.2.2	n.a.	n.a.
			Port-terre	Non	10.1.2	n.a.	10.3.2	n.a.
Port-port externe			Non	10.1.2	n.a.	10.3.2	n.a.	
Transversal/différentiel			Oui	n.a.	10.2.2	n.a.	n.a.	
Port-terre/blindage			Oui	n.a.	10.2.3	n.a.	n.a.	
Port-port externe/blindage			Oui	n.a.	10.2.3	n.a.	n.a.	
Multiple		Port-terre	Non	10.1.2	n.a.	n.a.	n.a.	
		Port-port externe	Non	10.1.2	n.a.	n.a.	n.a.	

**Tableau 2a – Tests applicables pour les ports externes**

Type de test	Nombre de paires soumises simultanément au test	Type de test	Protection primaire	Type de port			
				Port paire symétrique	Port câble coaxial	Port alimentation dédiée	Port alimentation secteur
Courant induit par les lignes électriques et/ou élévation du potentiel de terre	Unique	Transversal/différentiel	Non	10.1.3	10.2.4	10.3.3	n.a.
		Port-terre	Non	10.1.3	n.a.	10.3.3	10.4.2 A l'étude
		Port-port externe	Non	10.1.3	n.a.	10.3.3	10.4.2 A l'étude
Courant induit par les lignes électriques et/ou élévation du potentiel de terre	Unique	Transversal/différentiel	Oui	10.1.3	10.2.4	10.3.3	n.a.
		Port-terre	Oui	10.1.3	n.a.	10.3.3	A l'étude
		Port-port externe	Oui	10.1.3	n.a.	10.3.3	A l'étude
Elévation du potentiel du neutre	Unique	Port-terre	Non	n.a.	n.a.	n.a.	10.4.3
		Port-port externe	Non	n.a.	n.a.	n.a.	10.4.3
Contact avec les lignes électriques	Unique	Transversal/différentiel	Non	10.1.4	n.a.	10.3.4	n.a.
		Port-terre	Non	10.1.4	n.a.	10.3.4	n.a.
		Port-port externe	Non	10.1.4	n.a.	10.3.4	n.a.

**Tableau 2b – Tests applicables pour les ports internes**

Type de test	Protection primaire	Type de port			
		Câble non blindé	Câble blindé	Interface d'alimentation électrique d.c. non mise à la terre	Interface d'alimentation électrique d.c. mise à la terre
Surtension due à la foudre	Non	10.5.1	10.5.2	10.5.3	10.5.4

## **10.1 Port externe de type paire symétrique**

### **10.1.1 Surtension due à la foudre**

Les dispositions suivantes sont applicables aux équipements munis d'éléments de protection à fort courant d'écoulement, qui suppriment la nécessité d'une protection primaire:

- si cet élément est amovible, une exception du § 6 s'applique, il doit être retiré et remplacé par le dispositif de protection spécial de test pour les tests de coordination de la protection, voir § 8.4;
- si cet élément n'est pas amovible, tous les tests sont réalisés avec le dispositif de protection fourni et le constructeur doit remettre un rapport indiquant que les tests de coordination de la protection ont été effectués, lors des tests de qualification, avec le dispositif de protection spécial de test.

#### **10.1.1.1 Paire unique**

Le test de surtension de type foudre sur un port unique vérifie que chaque port de l'équipement présente le niveau requis d'immunité aux surtensions. Des tests transversaux/différentiels, port-terre et port-port externe doivent être effectués. Dans le cas des ports PoE, qui combinent signal et énergie, on applique le test transversal/différentiel aux paires d'alimentation et de masse.

#### **10.1.1.2 Paires/ports multiples**

Le test de surcharge de type foudre sur paires/ports multiples vérifie que l'équipement présente le niveau requis d'immunité lorsqu'une surtension se produit simultanément sur n paires ou ports et qui risque de provoquer le passage d'une forte intensité dans un composant commun ou dans une partie de l'équipement.

Le nombre ou le pourcentage de paires ou de ports à soumettre simultanément à des tests est indiqué dans la Recommandation de produit ou de famille de produits.

Les tests port-terre ainsi que les tests port-port externe doivent être effectués.

Une attention particulière s'impose dans le cas où l'équipement n'a pas de dispositifs SPD à la terre. La tension à l'entrée de l'équipement ne devrait pas pouvoir dépasser la valeur  $U_{c(max)}$  correspondant au test d'un port unique.

### **10.1.2 Surintensité due à la foudre**

Le test de surintensité a pour objet de vérifier que l'équipement présente le niveau requis d'immunité inhérente lorsque des éléments de protection à fort courant d'écoulement sont installés dans l'équipement afin de supprimer la nécessité de protection primaire. Ce test vérifie le niveau de coordination des dispositifs de protection à fort courant d'écoulement intégrés à l'équipement, avec des connecteurs et des pistes de circuits imprimés, etc. Le test de surintensité est spécifié dans la Recommandation de produit ou de famille de produits.

Lorsque le test porte sur des conducteurs multiples, il faut bien veiller à ce que le courant soit réparti de manière égale entre les conducteurs. Il faut tout particulièrement veiller à ce que le fonctionnement d'un ou de plusieurs dispositifs de protection n'empêche pas le fonctionnement des autres.

Les tests port-terre ainsi que les tests port-port externe doivent être effectués.

### **10.1.3 Induction par les lignes électriques et élévation du potentiel de terre**

Les tests transversaux/différentiels, port-terre et port-port externe doivent être effectués.

Les dispositions suivantes sont applicables aux équipements munis d'éléments de protection à fort courant d'écoulement, qui suppriment la nécessité d'une protection primaire:

- si cet élément est amovible, une exception du § 6 s'applique, il doit être déposé et remplacé par le dispositif de protection spécial de test pour les tests de protection inhérente et de coordination de la protection, voir § 8.4;

- si cet élément n'est pas amovible, tous les tests sont réalisés avec le dispositif de protection fourni et le constructeur doit remettre un rapport indiquant que les tests de protection inhérente et de coordination de la protection ont été effectués, lors des tests de qualification, avec le dispositif de protection spécial de test.

#### **10.1.4 Contact avec les lignes électriques**

Les tests transversaux/différentiels, port-terre et port-port externe doivent être effectués. Les dispositions suivantes sont applicables aux équipements munis d'éléments de protection à fort courant d'écoulement, qui suppriment la nécessité d'une protection primaire:

- les tests sont réalisés avec la protection fournie par le constructeur. Il faut veiller à ce que la protection fonctionne pendant les tests. Pour cela, il peut être nécessaire de choisir un conducteur muni d'un dispositif de protection dont la tension d'amorçage est faible. Il n'est pas nécessaire de vérifier le fonctionnement du dispositif de protection si une ou plusieurs des dispositions suivantes s'appliquent:
  - le constructeur a conçu ses équipements avec un dispositif de protection dont la tension d'amorçage est telle que le dispositif ne fonctionnera pas en cas de contact avec les lignes électriques;
  - l'impédance d'entrée de l'équipement est telle que, en cas de contact avec les lignes électriques, la tension à l'entrée de l'équipement ne dépassera pas la tension d'amorçage minimale spécifiée pour le type de dispositif de protection;
- si cet élément est amovible, une exception du § 6 (limite de l'équipement) s'applique: il doit être retiré et remplacé par le dispositif de protection spécial de test (voir § 8.4) et les tests doivent être répétés.

Si cet élément n'est pas amovible, le constructeur doit remettre un rapport indiquant que les tests ont été répétés, pendant les tests de qualification, avec un dispositif de protection dont la tension d'amorçage est égale à la tension d'amorçage d.c. minimale spécifiée.

## **10.2 Port externe de type câble coaxial**

### **10.2.1 Surtension due à la foudre**

Le test de surtension due à la foudre est réalisé en mode différentiel.

Les dispositions suivantes sont applicables aux équipements munis d'éléments de protection à fort courant d'écoulement, qui suppriment la nécessité d'une protection primaire:

- si cet élément est amovible, une exception du § 6 s'applique, il doit être retiré et remplacé par le dispositif de protection spécial de test pour les tests de protection inhérente et de coordination de la protection, voir § 8.4;
- si cet élément n'est pas amovible, tous les tests sont réalisés avec le dispositif de protection fourni et le constructeur doit remettre un rapport indiquant que les tests de protection inhérente et de coordination de la protection ont été effectués, lors des tests de qualification, avec le dispositif de protection spécial de test.

Le test de surtension de type foudre vérifie que le port de l'équipement présente le niveau requis d'immunité aux surtensions. Les tests sont réalisés sur le conducteur intérieur. L'équipement est testé dans les conditions d'installation réelles, c'est-à-dire que si des composants sont généralement connectés entre le port et le dispositif de protection contre les surtensions, ils doivent être en place lors des tests.

### **10.2.2 Surintensité différentielle due à la foudre**

Le test de surintensité due à la foudre est réalisé en mode différentiel.

Le test de la surintensité consiste à vérifier que l'équipement présente le niveau requis d'immunité inhérente en présence d'éléments de protection à fort courant d'écoulement installés à l'intérieur de l'équipement afin de supprimer la nécessité de protection primaire. Ce test vérifie la coordination de la protection assurée par les dispositifs à fort courant d'écoulement, intégrés à l'équipement, avec des connecteurs et des pistes de circuits imprimés, etc. Le test de surintensité est spécifié dans les Recommandations de produit ou de famille de produits.

### **10.2.3 Test de surintensité due à la foudre sur blindage**

Le test de surintensité due à la foudre est réalisé sur le blindage.

Le test de surintensité vérifie que la connexion du blindage avec le bâti/la terre de l'équipement permet de conduire les hauts niveaux de surintensité pouvant survenir dans les conditions réelles d'utilisation. Le test de surintensité est spécifié dans la Recommandation de produit ou de famille de produits.

Les tests port-terre ainsi que les tests port-port externe doivent être effectués.

### **10.2.4 Elévation du potentiel de terre**

Le test d'élévation du potentiel de terre est réalisé en mode différentiel.

Les dispositions suivantes sont applicables aux équipements munis d'éléments de protection à fort courant d'écoulement, qui suppriment la nécessité d'une protection primaire:

- si cet élément est amovible, une exception du § 6 s'applique, il doit être retiré et remplacé par le dispositif de protection spécial de test pour les tests de protection inhérente et de coordination de la protection, voir § 8.4;
- si cet élément n'est pas amovible, tous les tests sont réalisés avec le dispositif de protection fourni et le constructeur doit remettre un rapport indiquant que les tests de protection inhérente et de coordination de la protection ont été effectués, lors des tests de qualification, avec le dispositif de protection spécial de test.

## **10.3 Ports externes de type alimentation électrique dédiée d.c. et a.c.**

### **10.3.1 Surtension due à la foudre**

Le test de surtension de type foudre consiste à vérifier que chaque port de l'équipement présente le niveau requis d'immunité aux surtensions. Les tests transversaux/différentiels, port-terre et port-port externe doivent être réalisés.

Les dispositions suivantes sont applicables aux équipements munis d'éléments de protection à fort courant d'écoulement, qui suppriment la nécessité d'une protection primaire:

- si cet élément est amovible, une exception du § 6 s'applique, il doit être retiré et remplacé par le dispositif de protection spécial de test pour les tests de protection inhérente et de coordination de la protection, voir § 8.4;
- si cet élément n'est pas amovible, tous les tests sont réalisés avec le dispositif de protection fourni et le constructeur doit remettre un rapport indiquant que les tests de protection inhérente et de coordination de la protection ont été effectués, lors des tests de qualification, avec le dispositif de protection spécial de test.

### **10.3.2 Surintensité due à la foudre**

Le test de surintensité a pour objet de vérifier que l'équipement présente le niveau requis d'immunité inhérente lorsque des éléments de protection à fort courant d'écoulement sont installés dans l'équipement afin de supprimer la nécessité de protection primaire. Ce test vérifie le niveau de coordination des dispositifs de protection à fort courant d'écoulement intégrés à l'équipement, avec des connecteurs et des pistes de circuits imprimés, etc. Le test de surintensité est spécifié dans la Recommandation de produit ou de famille de produits. Les tests port-terre ainsi que les tests port-port externe doivent être effectués.

### **10.3.3 Induction par les lignes électriques et élévation du potentiel de terre**

Les tests transversaux/différentiels, port-terre et port-port externe doivent être effectués.

Les dispositions suivantes sont applicables aux équipements munis d'éléments de protection à fort courant d'écoulement, qui suppriment la nécessité d'une protection primaire:

- si cet élément est amovible, une exception du § 6 s'applique, il doit être retiré et remplacé par le dispositif de protection spécial de test pour les tests de protection inhérente et de coordination de la protection, voir § 8.4;
- si cet élément n'est pas amovible, tous les tests sont réalisés avec le dispositif de protection fourni et le constructeur doit remettre un rapport indiquant que les tests de protection inhérente et de coordination de la protection ont été effectués, lors des tests de qualification, avec le dispositif de protection spécial de test.

### **10.3.4 Contact avec les lignes électriques**

Les tests transversaux/différentiels, port-terre et port-port externe doivent être effectués. Les dispositions suivantes sont applicables aux équipements munis d'éléments de protection à fort courant d'écoulement, qui suppriment la nécessité d'une protection primaire:

- les tests sont réalisés avec la protection fournie par le constructeur. Il faut veiller à ce que la protection fonctionne pendant les tests. Pour cela, il peut être nécessaire de choisir un conducteur muni d'un dispositif de protection dont la tension d'amorçage est faible. Il n'est pas nécessaire de vérifier le fonctionnement du dispositif de protection si une ou plusieurs des dispositions suivantes s'appliquent:
  - le constructeur a conçu ses équipements avec un dispositif de protection dont la tension d'amorçage est telle que le dispositif ne fonctionnera pas en cas de contact avec les lignes électriques;
  - l'impédance d'entrée de l'équipement est telle que, en cas de contact avec les lignes électriques, la tension à l'entrée de l'équipement ne dépassera pas la tension d'amorçage minimale spécifiée pour le type de dispositif de protection;
- si cet élément est amovible, une exception du § 6 (limites de l'équipement) s'applique: le composant doit être retiré et remplacé par le dispositif de protection spécial de test (voir § 8.4) et les tests doivent être répétés.

Si cet élément n'est pas amovible, le constructeur doit remettre un rapport indiquant que les tests ont été répétés, pendant les tests de qualification, avec un dispositif de protection dont la tension d'amorçage est égale à la tension d'amorçage d.c. minimale spécifiée.

## **10.4 Port externe de type alimentation secteur**

### **10.4.1 Surtension due à la foudre**

Les tests transversaux/différentiels, port-terre et port-port externe doivent être effectués.

Les trois types suivants de dispositifs de protection primaire contre les surtensions sont communément utilisés dans le réseau de distribution électrique:

- 1) dispositifs de type écrêteur (MOV);
- 2) dispositifs de type commutable (éclateur);
- 3) combinaison des deux.

Ces dispositifs ayant des caractéristiques différentes, il pourra être nécessaire pour les constructeurs de vérifier la coordination de la protection de leurs équipements avec celle des trois types de dispositif.



#### **10.4.2 Elévation du potentiel de terre**

L'UIT-T étudie actuellement la nécessité de définir un test visant à vérifier l'immunité de l'équipement vis-à-vis de l'élévation du potentiel de terre susceptible de se produire lorsqu'un défaut à la terre affecte l'ouvrage haute tension (HV, *high voltage*) assurant l'alimentation électrique de l'équipement.

#### **10.4.3 Elévation du potentiel du neutre**

Ce test est réalisé uniquement sur demande expresse d'un exploitant lorsque le neutre n'est pas raccordé au conducteur de terre de protection (c'est-à-dire dans le cas d'un réseau de distribution TT ou IT). Un exemple de ce type de configuration figure dans le § II.5.

### **10.5 Ports internes**

#### **10.5.1 Câble non blindé**

Le test de surtension due à la foudre consiste à vérifier que le port de l'équipement présente le niveau requis d'immunité aux surtensions. Seul un test port-terre est effectué.

#### **10.5.2 Câble blindé**

Le test de surtension due à la foudre consiste à vérifier que le port de l'équipement présente le niveau requis d'immunité aux surtensions. Seul un test port-terre est effectué.

#### **10.5.3 Interface d'alimentation électrique d.c. non mise à la terre**

Le test de surtension due à la foudre consiste à vérifier que le port de l'équipement présente le niveau requis d'immunité aux surtensions. Seul un test port-terre est effectué.

#### **10.5.4 Interface d'alimentation électrique d.c. mise à la terre**

Le test de surtension due à la foudre consiste à vérifier que le port de l'équipement présente le niveau requis d'immunité aux surtensions. Seul un test port-terre est effectué.

## Annexe A

### Présentation des tests

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

#### A.1 Introduction

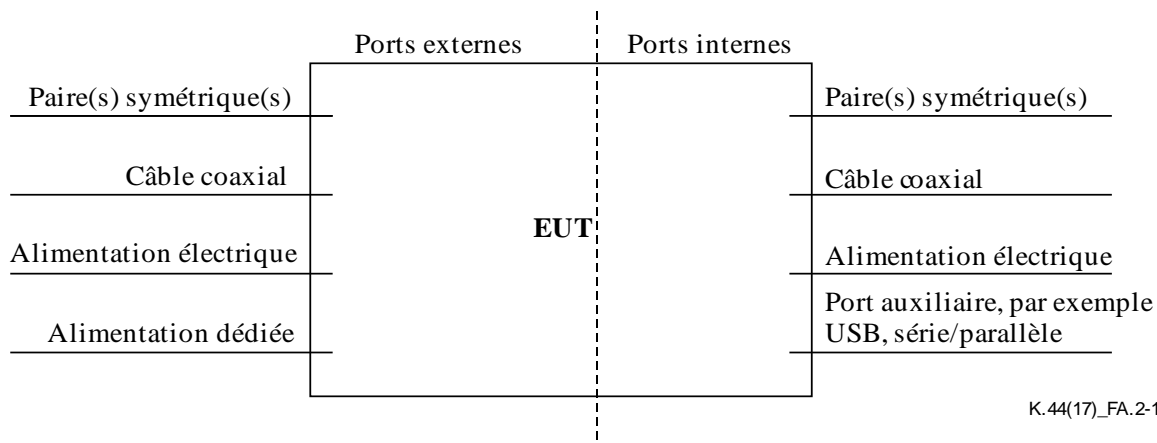
Les équipements doivent être testés dans tous les états et toutes les conditions possibles. Autrement dit, il pourra être nécessaire d'effectuer de nombreuses fois le test spécifié sur chaque ligne du tableau des tests.

Il faut veiller à ce que les tests effectués par les laboratoires et les constructeurs se déroulent de la même manière afin d'assurer leur reproductibilité. Ci-dessous figure la description des circuits de générateur, des circuits de couplage, de découplage et d'alimentation, des terminaisons des ports non soumis au test et du raccordement à l'équipement sous test (EUT, *equipment under test*).

#### A.2 Equipement

##### A.2.1 Ports de l'équipement

Le terme ports multiples est utilisé pour décrire un équipement doté de plus d'un type de port, par exemple, un port de type alimentation secteur et un port externe de type paire symétrique. La Figure A.2-1 donne les différents ports que peut présenter un équipement à ports multiples.

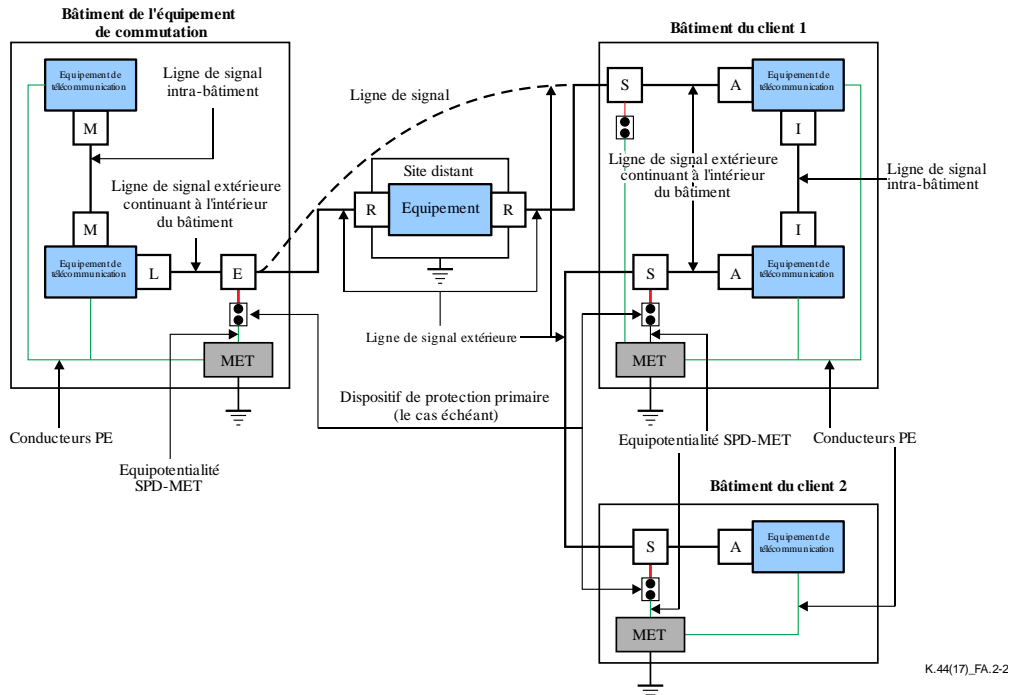


NOTE 1 – Tous les ports ne doivent pas nécessairement être soumis aux tests, mais ils peuvent nécessiter une terminaison.

NOTE 2 – Dans cette figure, la mention "ports externes" désigne les ports reliés à des câbles qui sortent de l'enceinte du bâtiment alors que la mention "ports internes" désigne les ports reliés à des câbles qui restent à l'intérieur du bâtiment.

**Figure A.2-1 – Equipement à ports multiples**

La Figure A.2-2 montre la classification des ports d'un équipement.



**Figure A.2-2 – Classification des ports externes et internes**

Le Tableau A.2-1 fournit une description des différents noeuds.

**Tableau A.2-1 – Description des noeuds**

Noeud	Description
L	Transition entre l'interface de l'équipement de commutation à l'intérieur d'un bâtiment et le câblage extérieur.
E	Entrée du bâtiment de l'équipement de commutation, à savoir le répartiteur principal (MDF).
R	Transition entre une ligne et un équipement de site distant.
S	Point de terminaison d'un câble externe.
A	Transition entre l'interface de l'équipement à l'intérieur du bâtiment du client et le câblage extérieur.
M	Transition entre l'interface de l'équipement de commutation à l'intérieur d'un bâtiment et le câblage intérieur.
I	Transition entre l'interface de l'équipement à l'intérieur du bâtiment du client et le câblage intérieur.

Il est nécessaire de tenir compte des différences qui existent entre les ports externes, les ports internes et les ports intra-système.

Le port d'un équipement peut être considéré comme un port intra-système seulement si les deux conditions suivantes sont remplies :

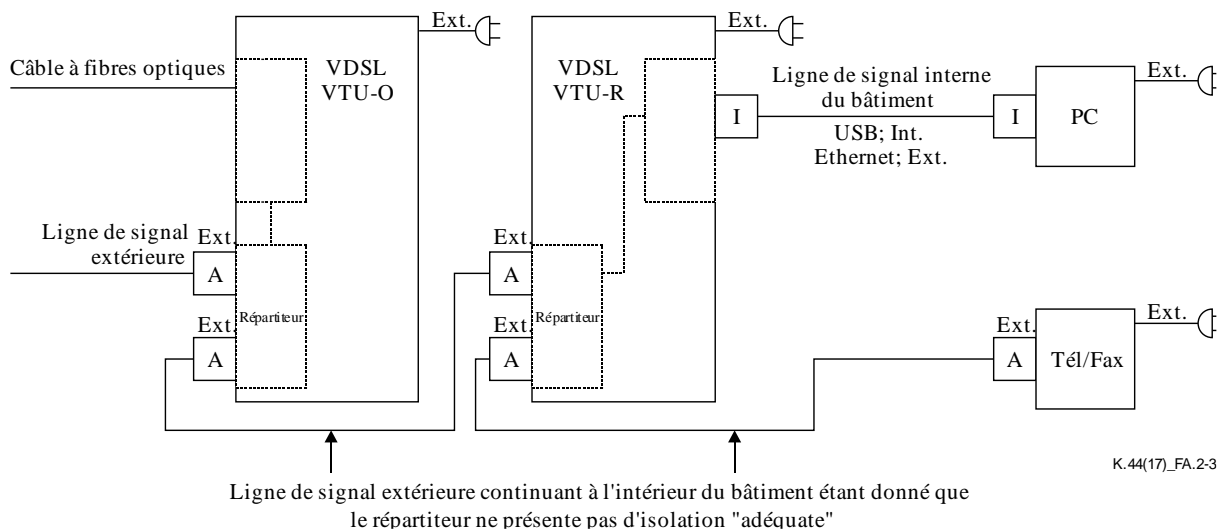
- le port est relié par un câble à un port intra-équipement du même système; et
- le câblage est réalisé selon les indications du fabricant de l'équipement.

Le port d'un équipement peut être considéré comme un port interne seulement si toutes les conditions suivantes sont remplies:

- il est relié uniquement aux câbles internes du bâtiment;
- le câble est connecté à un port interne de l'équipement associé;
- l'équipement et l'équipement associé ont la même référence de terre ou l'équipement n'est pas mis à la terre;
- le port ne sera pas connecté à un port externe de l'équipement associé;
- le port n'assure pas un service que le client pourrait étendre à l'extérieur du bâtiment (par exemple, un port POTS, Ethernet ou vidéo);
- le port n'aura pas de connexion conductrice avec un câble quittant le bâtiment au moyen d'un autre équipement (par exemple, un répartiteur).

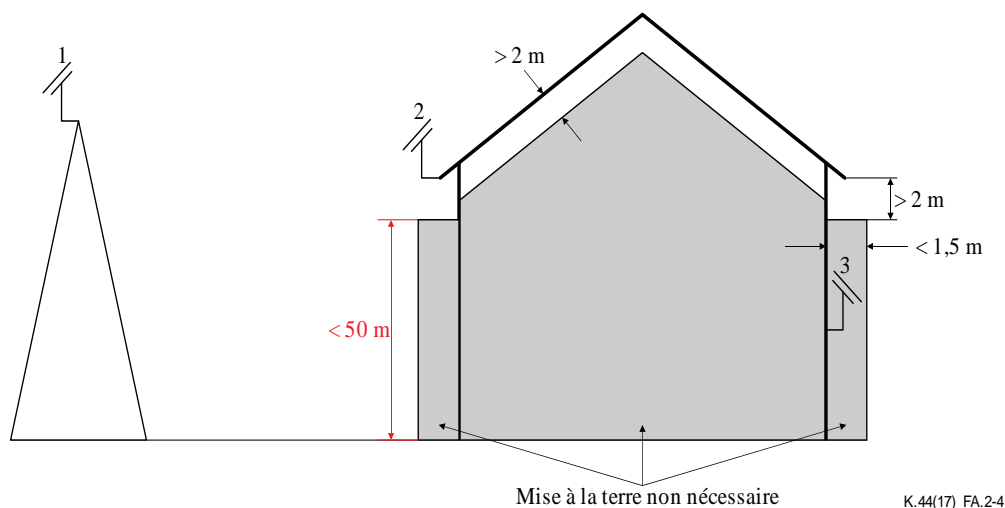
Tout port ne satisfaisant pas les conditions d'un port intra-système ni celles d'un port interne est un port externe.

La Figure A.2-3 montre un exemple de classification des ports.



**Figure A.2-3 – Exemple de classification des ports**

Il convient de classer les ports d'antenne des équipements en fonction de la position de l'antenne et de l'utilisation prévue de l'équipement. Lorsque l'équipement ne sera relié qu'à des antennes installées à un emplacement couvert par la protection inhérente, c'est-à-dire dans la zone grisée de la Figure A.2-4, le port d'antenne peut être considéré comme un port interne. La totalité de l'antenne et tous les câbles d'antenne doivent être compris et installés au sein de la zone protégée. Si le port est susceptible d'être relié à des antennes situées à des emplacements exposés, comme c'est le cas des positions des antennes 1 et 2, le port d'antenne devrait être considéré comme un port externe. Si l'emplacement de l'antenne est incertain, par précaution, il est préférable de considérer le port d'antenne comme un port externe.



**Figure A.2-4 – Classification des ports d'antenne**

Les ports de type paire symétrique peuvent avoir une ou plusieurs paires. Un équipement peut être doté de plusieurs ports pouvant être du même type ou de types différents.

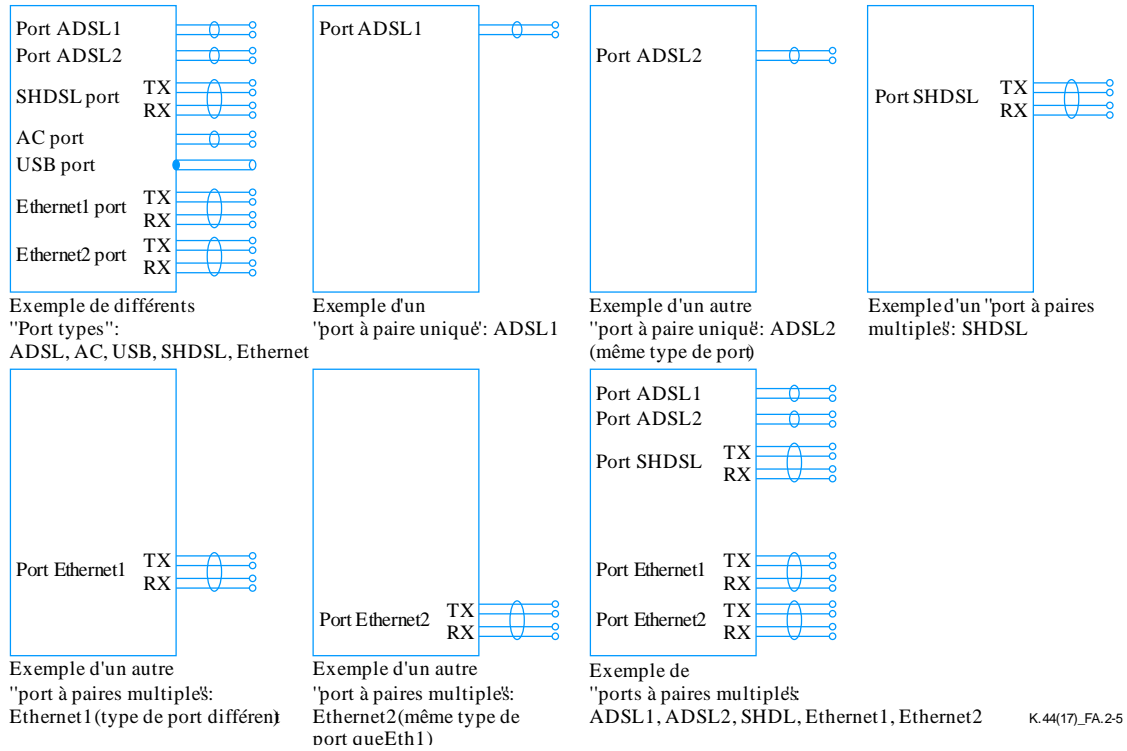
Les ports peuvent être reliés à des câbles à paires, des câbles non blindés ou des câbles blindés, y compris des câbles coaxiaux, et à différents types de services, tels qu'un port a.c., un port ADSL, un port SHDSL (ligne d'abonné numérique à haut débit à une paire), un port Ethernet, etc.

Les Figures A.2-5 à A.2-9 montrent des exemples des différents ports.

Les types de port ci-dessus peuvent aussi être classés en fonction de leur structure:

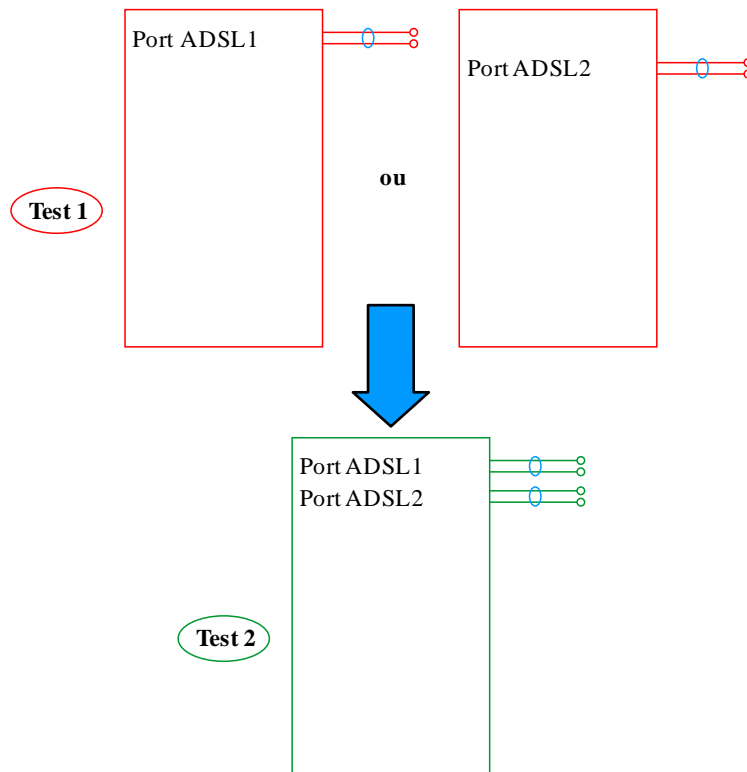
- Port type: port connecté à une interface assurant une fonction déterminée. La connexion peut se faire au moyen d'une paire unique, de paires multiples, d'un ou plusieurs câbles coaxiaux ou câbles blindés, etc. Il s'agit par exemple d'un port a.c., d'un port ADSL, d'un port SHDSL ou d'un port Ethernet.
- Port à paire unique: port d'un type particulier connecté à une seule paire symétrique, par exemple, un port ADSL.
- Port à paires multiples: port d'un type particulier connecté à des paires multiples, par exemple, un port SHDSL avec une paire TX et une paire RX ou un port Ethernet Gbit avec quatre paires TX/RX.
- Ports multiples de type paire: ports de différents types, chacun relié à une paire unique ou à des paires multiples, par exemple, plusieurs ports ADSL ou plusieurs ports SHDSL.

**Définitions**



**Figure A.2-5 – Exemples de ports d'un équipement**

Pour un test portant sur un port externe ou interne à paire unique, le test de surtension est effectué sur cette paire (test 1)  
S'il y a plusieurs ports du même type, le test de surtension (due à la foudre uniquement) est ensuite répété simultanément sur le nombre spécifié de paires de ce type de port (test 2).

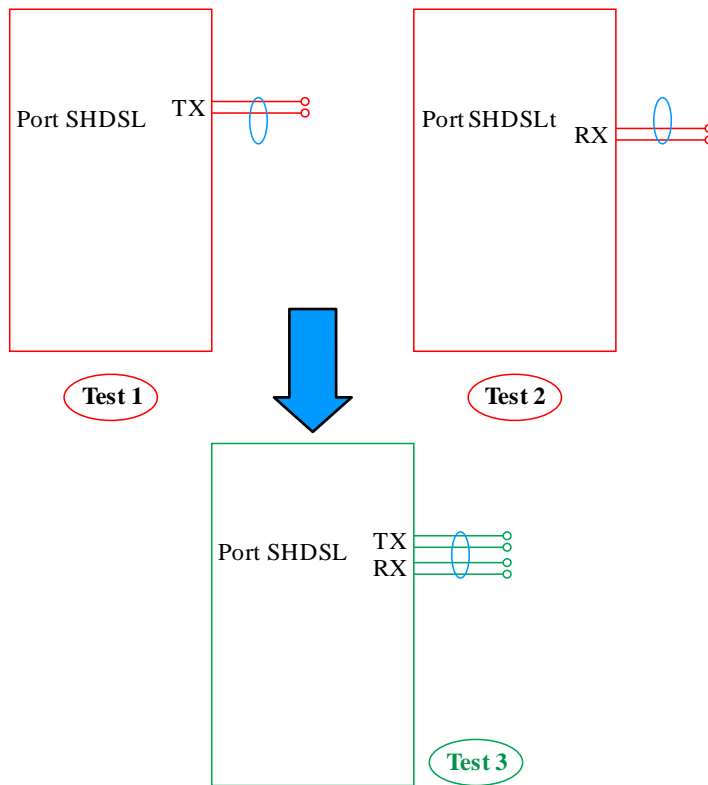


K.44(17)\_FA.2-6

NOTE 1 – Les tests sont spécifiés au paragraphe 10.  
NOTE 2 – Les tests de cette Figure s'appliquent principalement aux cartes de ligne comprenant un grand nombre de ports ADSL.

**Figure A.2-6 – Exemples de ports d'un équipement**

Pour un test portant sur un port EXTERNE à paires multiples, le test de surtension est réalisé sur chaque paire comme dans le cas d'un test sur un port à paire unique (tests 1 et 2). Le test de surtension (due à la foudre uniquement) est ensuite répété simultanément sur le nombre spécifié de paires de ce port (test 3).

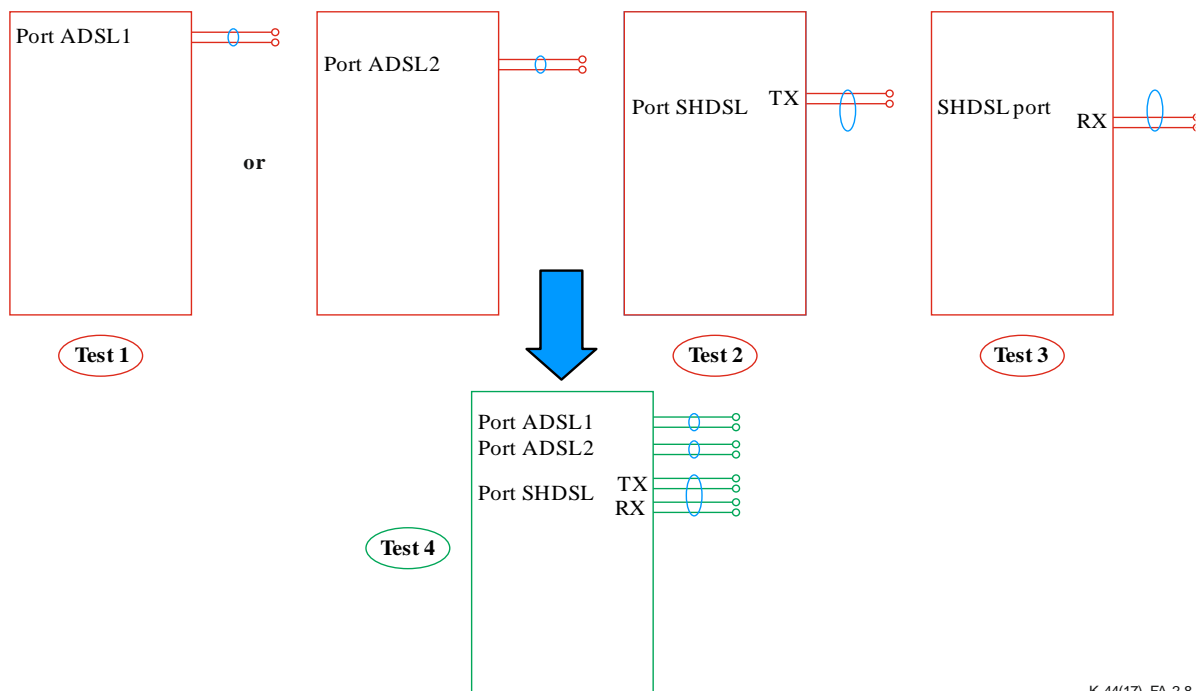


NOTE – Les tests sont spécifiés au paragraphe 10.

K.44(17)\_FA.2-7

**Figure A.2-7 – Exemples de ports d'un équipement**

Pour un test portant sur un produit équipé de ports externes de différents types, chacun relié à une paire unique ou à des paires multiples le test de surtension est réalisé sur chaque paire comme dans le cas d'un test sur une paire unique (tests 1, 2 et 3). Le test de surtension (due à la foudre uniquement) est ensuite simultanément sur le nombre spécifié de paires (test 4).

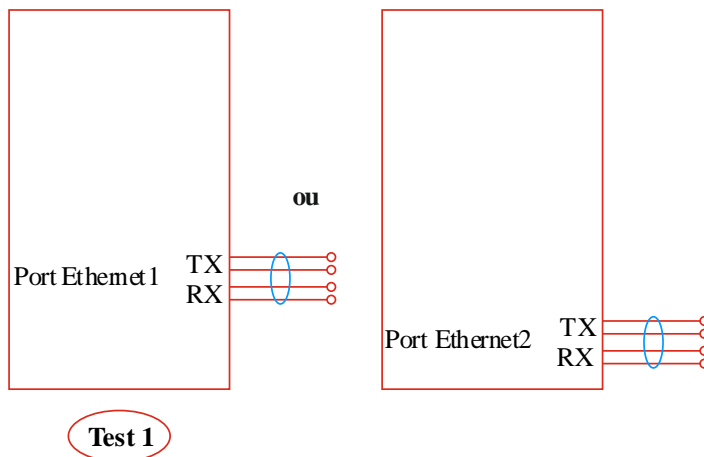


NOTE – Les tests sont spécifiés au paragraphe 10.

K.44(17)\_FA.2-8

**Figure A.2-8 – Exemples de ports d'un équipement**

Pour des tests de surtensions portant sur des ports internes à paire unique ou à paires multiples, le test de surtension (due à la foudre uniquement) est réalisé simultanément sur toutes les paires de ce port (test 1).



K.44(17)\_FA.2-9

NOTE – Les tests sont spécifiés au paragraphe 10.

**Figure A.2-9 – Exemples de ports d'un équipement**

### A.2.2 Type d'équipement

Il existe deux types généraux d'équipement: mis à la terre et non mis à la terre. Les équipements de centre de télécommunication seront généralement mis à la terre. Les équipements de réseau d'accès et les équipements d'abonné peuvent être de l'un ou l'autre type.

### A.2.3 Type de protection

La protection des équipements contre les surintensités est assurée par l'installation d'une protection primaire ou par l'utilisation d'équipements avec protection intégrée. Les équipements de centre de télécommunication seront généralement protégés par une protection primaire installée dans le répartiteur principal. Pour les équipements de réseau d'accès, on peut utiliser l'une ou l'autre méthode de protection. La protection des équipements d'abonné sera normalement assurée par l'installation d'une protection primaire.

### A.2.4 Conditions et états concernant les équipements

Etant donné que les composants de l'équipement qui sont raccordés au port soumis au test peuvent varier en fonction de l'état dans lequel l'équipement se trouve, il faut tester l'équipement dans tous les états de durée non négligeable. On peut par exemple être amené à prendre en considération les états suivants:

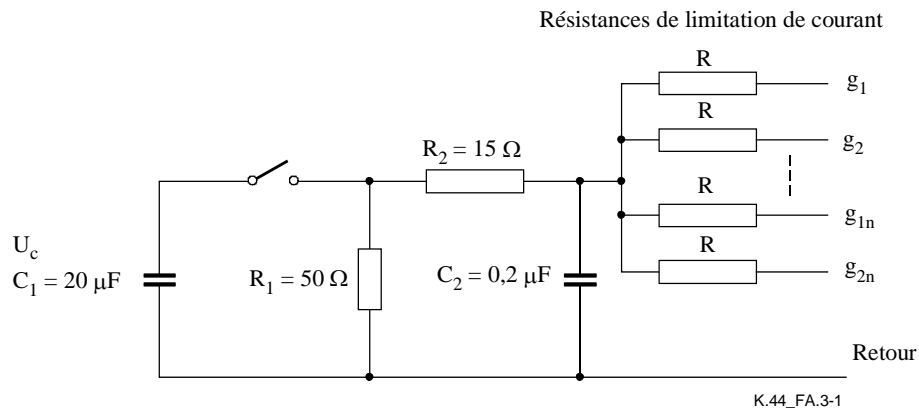
- combiné "raccroché" ou "décroché";
- alimentation "allumée" ou "coupée";
- pendant la sonnerie;
- pendant un cycle de test de ligne, etc.

### A.3 Générateurs de test

Les Figures A.3-1 à A.3-6 donnent des exemples de circuits de générateurs de test susceptibles d'être utilisés pour produire les formes d'onde spécifiées au § A.4. Les composants indiqués doivent, en règle générale, permettre d'obtenir la forme d'onde appropriée, mais un ajustement des valeurs indiquées peut être nécessaire.

D'autres générateurs de test peuvent être utilisés à condition qu'ils donnent des résultats identiques.



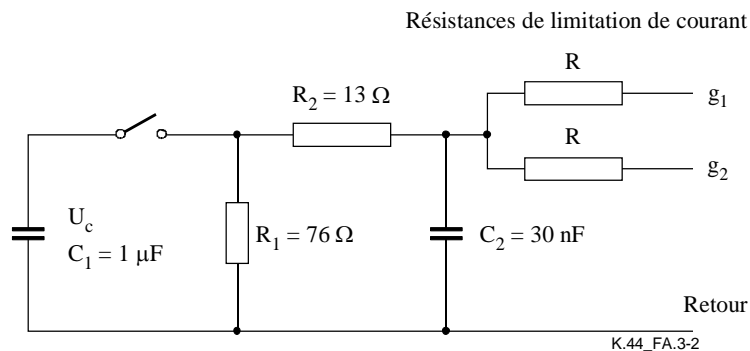


NOTE 1 – La surtension en circuit ouvert de forme 10/700 doit présenter un temps de montée de  $10 \mu\text{s} \pm 3 \mu\text{s}$  et un temps à mi-hauteur par rapport à l'origine conventionnelle de  $700 \mu\text{s} \pm 144 \mu\text{s}$ .

NOTE 2 – La surintensité en court-circuit de forme 5/320 dans une sortie unique de  $R = 25 \Omega$  connectée à la masse doit avoir un temps de montée de  $5 \mu\text{s} \pm 1,0 \mu\text{s}$  et un temps à mi-hauteur par rapport à l'origine conventionnelle de  $320 \mu\text{s} \pm 64 \mu\text{s}$ .

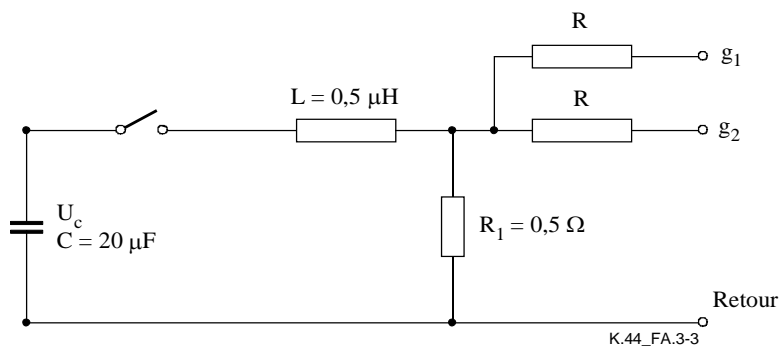
NOTE 3 – Dans la Figure A.3-1, toutes les résistances et tous les condensateurs doivent respectivement présenter une tolérance de  $\pm 5\%$  et  $\pm 10\%$ .

**Figure A.3-1 – Générateur de surtension de forme 10/700  $\mu\text{s}$**



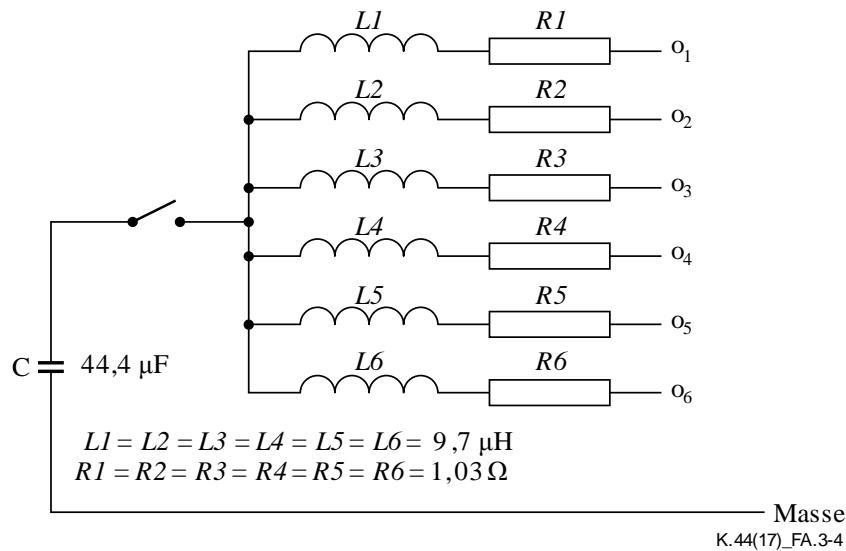
**Figure A.3-2 – Générateur de surtension de forme 1,2/50  $\mu\text{s}$**

Le générateur de test peut être un générateur d'ondes combinées de forme 1,2/50-8/20 (comme le montre la Figure A.3-5) ou un générateur équivalent de surtension de forme 1,2/50.



La faible inductance  $L$  est essentiellement due à l'inductance parasite du câblage et doit parfois être ajustée afin d'obtenir le temps en montée d'impulsion requis de  $2 \mu\text{s}$ . La valeur  $U_c$  est ajustée afin d'obtenir la tension de sortie o/c requise.

**Figure A.3-3 – Générateur de surtension de forme 2/10  $\mu\text{s}$**

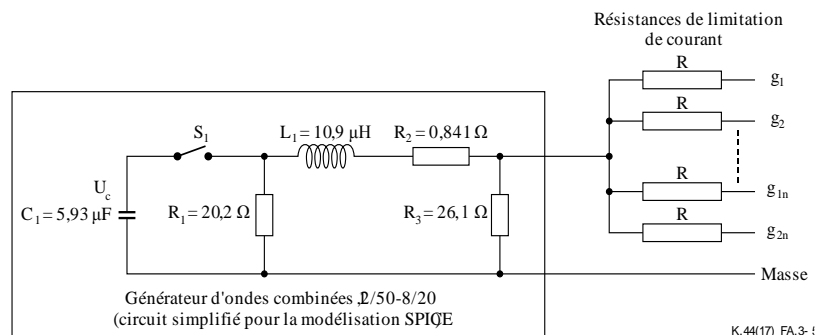


- NOTE 1 – Toute sortie inutilisée doit être connectée à la masse afin que le courant de sortie demeure de la forme souhaitée.
- NOTE 2 – Une tension de charge de 2 kV correspond à une intensité de 1 kA sur chaque sortie. Une tension de charge de 10 kV correspond à une intensité de 5 kA sur chaque sortie.
- NOTE 3 – Le courant de court-circuit de forme 8/20 doit être conforme à la norme [CEI 62475], c'est-à-dire présenter un temps de montée de  $8 \mu\text{s} \pm 20\%$  et un temps à mi-hauteur par rapport à l'origine conventionnelle de  $20 \mu\text{s} \pm 20\%$ . Les sous-oscillations du courant de polarité opposée ne doivent pas dépasser 30% de l'intensité de crête.
- NOTE 4 – La tolérance qui s'applique à la valeur du condensateur C est de  $\pm 10\%$ ; elle est de  $\pm 5\%$  pour les résistances et les inductances. Pour des raisons de sécurité, il convient de placer une résistance de saignée aux bornes de condensateur de charge afin de garantir qu'il se décharge complètement sur le long terme.

**Figure A.3-4 – Générateur de surintensité de forme 8/20 à six sorties**

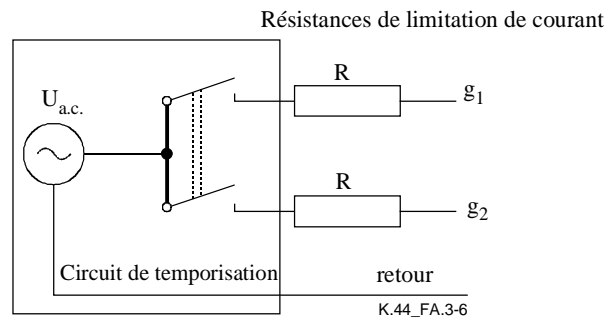
Il est possible de réaliser des montages équivalents pour le générateur de test en ajoutant des résistances d'égalisation du courant à la sortie de générateurs classiques. Dans ce cas, le courant de sortie en court-circuit doit présenter une forme 8/20 conforme à la norme [CEI 62475] et avoir l'amplitude requise. La tension disponible doit être suffisante pour activer tous les composants assurant la protection primaire de l'équipement soumis au test. Ces générateurs de test peuvent être:

- tout générateur de surintensité de forme 8/20 capable de produire la forme de courant souhaitée et de fournir une tension suffisante;
- si cela convient, un générateur d'ondes combinées, comme le montre la Figure A.3-5, capable de produire la forme de courant souhaitée et de fournir une tension suffisante.



- NOTE 1 – Le courant de forme 1,2/50 en circuit ouvert doit être conforme à la norme [CEI 60060-1], c'est-à-dire présenter un temps de montée de  $1,2 \mu\text{s} \pm 30\%$  et un temps à mi-hauteur par rapport à l'origine conventionnelle de  $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ .
- NOTE 2 – Le courant de court-circuit de forme 8/20 doit être conforme à la norme [CEI 62475], c'est-à-dire présenter un temps de montée de  $8 \mu\text{s} \pm 20\%$  et un temps à mi-hauteur par rapport à l'origine conventionnelle de  $20 \mu\text{s} \pm 20\%$ . Les sous-oscillations du courant de polarité opposée ne doivent pas dépasser 30% de l'intensité de crête.
- NOTE 3 – Le rapport entre la tension de crête en circuit ouvert et le courant de court-circuit  $R_i$  doit être égal à  $2 \Omega \pm 10\%$ .

**Figure A.3-5 – Générateur d'ondes combinées**



En ce qui concerne la valeur de R, consulter le tableau de test approprié dans la Recommandation de produit correspondante.

NOTE – Il est parfois nécessaire de limiter l'intensité maximale du courant si les règlements nationaux l'exigent.

**Figure A.3-6 – Générateur de tension induite par des lignes électriques, de tension due au contact avec les lignes électriques et de tension due à l'élévation du potentiel du neutre**

#### A.4 Générateur de forme d'onde

Il convient d'utiliser les types de circuit précédents lorsque les valeurs des éléments de circuit sont indiquées. Sinon, se reporter à la publication CEI citée ou aux publications [CEI 60060-1]/[CEI 62475] afin d'obtenir des indications permettant de vérifier la forme d'onde obtenue.

Les tolérances suivantes devraient être appliquées pour les tests d'induction par les lignes électriques et pour les tests de contact avec des lignes électriques:

Tension	-0% à +5%
Intensité	-0% à +5%
Temps	-0% à +10%

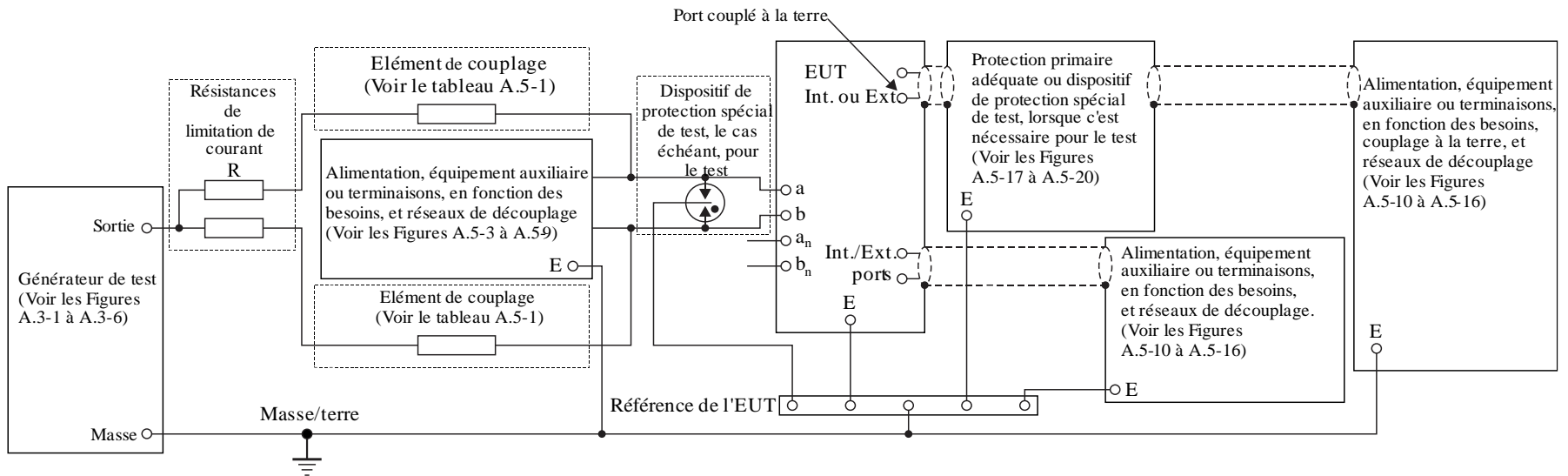
La procédure permettant de vérifier les tolérances de paramètres ci-dessus pour la Figure A.3-6 est la suivante:

- Etape 1 Placer les deux bornes de sortie  $g_1$  et  $g_2$  en conditions de circuit ouvert et vérifier que la tension obtenue se trouve dans l'intervalle de tolérance.
- Etape 2 Placer les deux bornes de sortie  $g_1$  et  $g_2$  en conditions de court-circuit et vérifier que l'intensité obtenue se trouve dans l'intervalle de tolérance.
- Etape 3 Placer la borne de sortie  $g_1$  en conditions de circuit ouvert et  $g_2$  en conditions de court-circuit et vérifier que la tension au niveau de la borne  $g_1$  et que l'intensité au niveau de  $g_2$  se trouvent dans l'intervalle de tolérance.
- Etape 4 Placer la borne de sortie  $g_2$  en conditions de circuit ouvert et  $g_1$  en conditions de court-circuit et vérifier que la tension au niveau de la borne  $g_2$  et que l'intensité au niveau de  $g_1$  se trouvent dans l'intervalle de tolérance.
- Etape 5 Placer les deux bornes de sortie  $g_1$  et  $g_2$  en conditions de circuit ouvert et vérifier que la durée de la surtension se trouve dans l'intervalle de tolérance.

#### A.5 Alimentation, couplage, découplage et terminaisons

##### A.5.1 Généralités

Le générateur de surtensions, l'alimentation, les éléments de couplage et de découplage, ainsi que l'équipement sous test et les terminaisons sont raccordés comme indiqué à la Figure A.5-1.



La mise à terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17)\_FA.5-

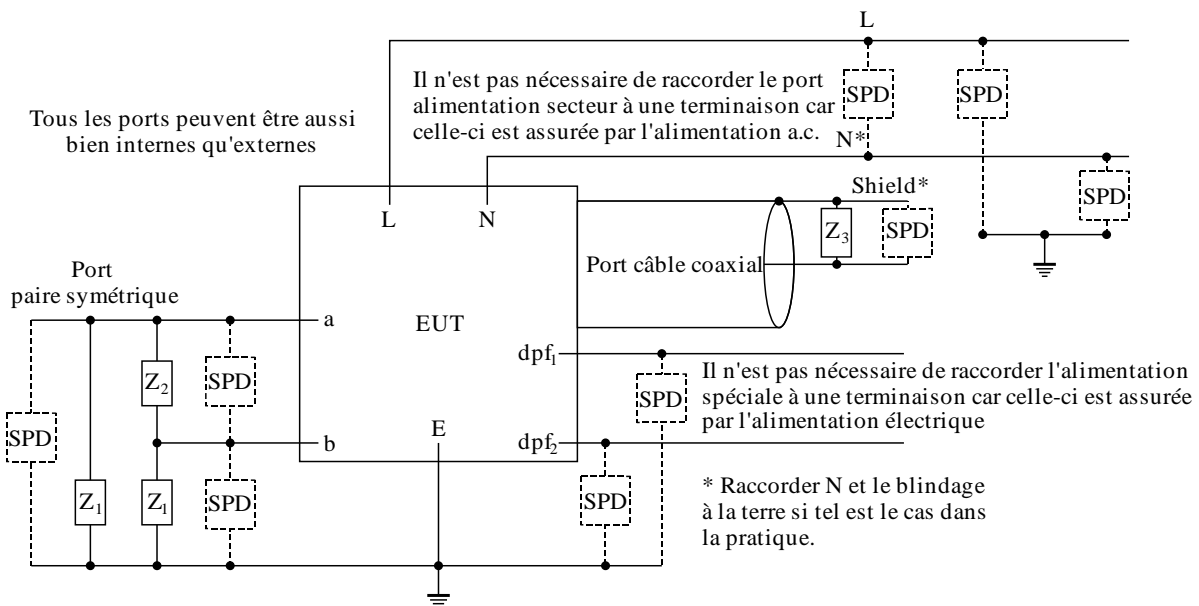
**Figure A.5-1 – Schéma de principe d'un montage de test type**

On utilise des éléments de couplage pour raccorder le générateur de surtensions à l'équipement sous test et pour raccorder d'autres ports/conducteurs à la terre au cours des tests port-port. L'élément de couplage éventuellement nécessaire peut être une varistance à oxyde métallique, un parafoudre à gaz, un condensateur ou un élément quelconque dont la tension d'amorçage statique dépasse la tension de fonctionnement maximale de l'équipement sous test. L'élément de couplage devrait être considéré comme faisant partie intégrante du générateur de test et ne devrait pas modifier significativement la tension en circuit ouvert, ni le courant de court-circuit. Il peut s'avérer nécessaire d'augmenter la tension de test pour compenser la chute de tension dans les éléments de couplage. Il existe plusieurs manières de raccorder les éléments de couplage à la terre, la Figure A.5-2b en illustre quelques exemples.

On utilise des éléments de découplage pour abaisser le niveau de la surtension qui, autrement, entrerait dans les équipements d'alimentation, les équipements auxiliaires ou les terminaisons. Les éléments de découplage, éventuellement nécessaires, sont constitués d'une impédance qui réduit le niveau de la surtension qui entre dans le simulateur de ligne (par exemple une résistance d'au moins 200  $\Omega$  pour circuits à paire symétrique, une bobine d'induction ou une self de blocage), tout en permettant l'alimentation électrique et la signalisation nécessaire à l'équipement sous test. Il doit être démontré (par exemple, par calibrage) que le réseau de découplage n'avait pas d'incidence sur la forme de l'impulsion et sur le niveau de test; dans le cas contraire, les niveaux de test doivent être ajustés afin qu'ils correspondent aux niveaux adéquats. L'équipement est alimenté par un port de type alimentation secteur ou par un port de type alimentation dédiée, via un réseau de découplage approprié, par exemple un transformateur d'isolement ou des selfs de blocage, etc.

La Figure A.5-2a illustre un exemple de terminaisons pour des ports non soumis au test. Tous les ports, y compris le port soumis au test, sont normalement raccordés d'une manière ou d'une autre à une terminaison. On utilise des éléments de découplage afin d'éviter tout endommagement de l'équipement auxiliaire ou de la terminaison. Lorsque le test l'exige, le port non soumis au test approprié est raccordé à la terre au moyen d'un élément de couplage.

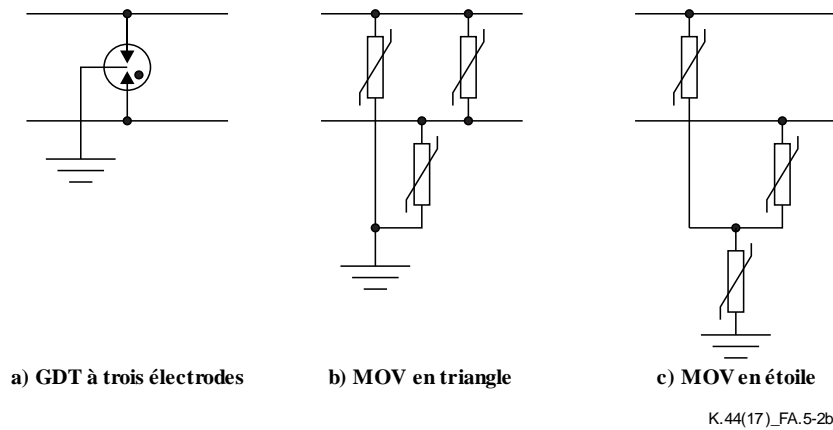
NOTE – Pour les circuits de données à haut débit, il s'est avéré qu'il était possible d'obtenir un résultat plus précis en reliant l'EUT et l'équipement associé contenant un circuit de données au moyen d'un câble d'une longueur pouvant aller jusqu'à 100 mètres. L'utilisation d'une terminaison simple peut ne pas mettre en avant les problèmes liés aux données qui pourront se présenter plus tard dans les conditions réelles d'utilisation.



$Z_1$ ,  $Z_2$  et  $Z_3$  désignent les terminaisons nominales pour un système en fonctionnement ou un équipement associé  
Les dispositifs SPD servent à mettre à la terre successivement chaque port requis non soumis au test

K.44(17) FA.5-2a

Figure A.5-2a – Exemple de terminaison et de mise à la terre des ports non soumis au test



**Figure A.5-2b – Exemples de raccordement d'éléments de couplage à la terre**

Les valeurs recommandées pour les composants des éléments de couplage et de découplage sont données dans le Tableau A.5-1. Il convient de préciser la méthode utilisée dans le rapport de test.

**Tableau A.5-1 – Eléments de couplage et de découplage recommandés**

Type de port	Ports testés		Ports non testés		
	Eléments de couplage du générateur	Elément de découplage (voir la Note 2)	Elément de découplage (voir la Note 2)	Elément de couplage à la terre	Protection des ports non testés de l'EUT
Ports externes de type paire symétrique	GDT ou MOV (voir la Note 1)	Voir la Figure A.5-3	Voir la Figure A.5-10	GDT; voir la Figure A.5-10	GDT; voir la Figure A.5-17
Câble coaxial externe	GDT	Voir la Figure A.5-4	Voir la Figure A.5-11	Une liaison; voir la Figure A.5-11	GDT; voir la Figure A.5-18
Ports externes de type câbles dpf	MOV	Voir la Figure A.5-5	Voir la Figure A.5-12	MOV; voir la Figure A.5-12	MOV; voir la Figure A.5-19
Ports de type alimentation secteur	MOV	Voir la Figure A.5-6	Voir la Figure A.5-13	MOV; voir la Figure A.5-13	MOV; voir la Figure A.5-20
Ports internes de type câbles non blindés	GDT ou MOV	Voir la Figure A.5-7	Voir la Figure A.5-14	Diodes de blocage; voir la Figure A.5-14	Aucune n'est nécessaire
Ports internes de type câbles blindés	Aucun n'est nécessaire; voir la Figure A.6.5-2	Aucun n'est nécessaire	Voir la Figure A.5-15	Une liaison; voir la Figure A.5-15	Aucune n'est nécessaire
Ports internes de type alimentation d.c.	MOV	Voir la Figure A.5-9	Voir la Figure A.5-16	MOV; voir la Figure A.5-16	Aucune n'est nécessaire

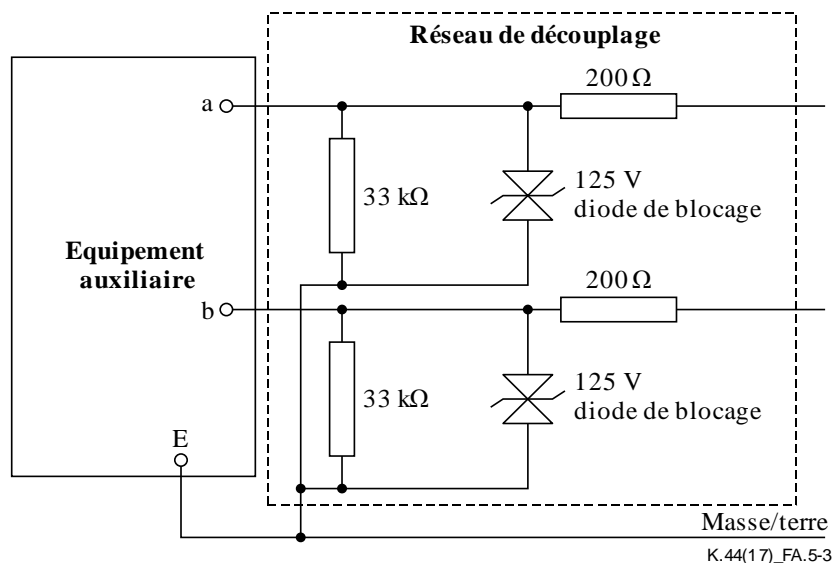
**Tableau A.5-1 – Éléments de couplage et de découplage recommandés**

Type de port	Ports testés		Ports non testés		
	Éléments de couplage du générateur	Élément de découplage (voir la Note 2)	Élément de découplage (voir la Note 2)	Élément de couplage à la terre	Protection des ports non testés de l'EUT
Ports Ethernet	Résistances de 10 Ω	Voir la Figure A.6.7-1	Voir la Figure A.6.7-1	Résistances de 10 Ω; voir la Figure A.6.7-1	Aucune n'est nécessaire
<p>NOTE 1 – Il est possible (voir le § 7.3.3) de réaliser le test de contact avec des lignes électriques sans mettre l'équipement sous tension, dans la mesure où cela n'a pas d'incidence sur le résultat du test. Ainsi, en raison de la difficulté de trouver un élément de couplage efficace, il est possible d'utiliser une méthode de couplage directe, c'est-à-dire ne pas utiliser d'élément de couplage.</p> <p>NOTE 2 – Dans certains cas, il peut être nécessaire de diminuer la valeur de la résistance de découplage pour permettre le fonctionnement du système. La valeur de la résistance de découplage devrait être indiquée dans le rapport de test.</p>					

## A.5.2 Ports testés

### A.5.2.1 Port externe de type paire symétrique

Lorsqu'un port externe de type paire symétrique est testé, il est recommandé de placer une résistance de 200 Ω en série avec chaque branche, entre l'équipement auxiliaire et le générateur. Une résistance de 33 kΩ et un dispositif de blocage de 125 V peuvent être placés en parallèle entre chaque branche et la terre au niveau de l'équipement auxiliaire afin de découpler davantage ce dernier, voir la Figure A.5-3. De cette manière, le courant conduit dans l'équipement auxiliaire sera limité à quelques ampères, mais les transmissions xDSL, POTS et ISDN resteront possibles, même lors de l'utilisation d'une téléalimentation pouvant aller jusqu'à 120 V d.c. D'autres valeurs ainsi que d'autres méthodes, par exemple un câble artificiel, sont possibles.

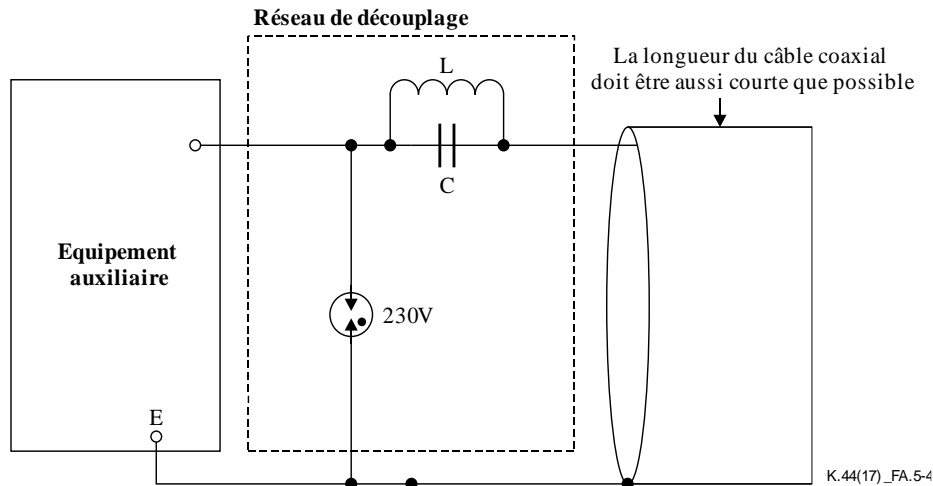


**Figure A.5-3 – Réseau de découplage pour un équipement auxiliaire relié au port externe de type paire symétrique testé**

### A.5.2.2 Port externe de type câble coaxial

Lorsqu'un port externe de type câble coaxial est testé, il est recommandé de placer un condensateur en série avec le centre du conducteur, entre l'équipement auxiliaire et le générateur. Un GDT coaxial de 230 V peut être relié à l'équipement auxiliaire afin de découpler davantage ce dernier, voir la Figure A.5-4. De cette manière, le courant conduit dans l'équipement auxiliaire sera limité, mais les transmissions resteront possibles. Il est possible d'utiliser un GDT avec une tension d'amorçage plus grande, si cela est nécessaire pour l'application considérée.

Une inductance élevée peut être placée en parallèle avec le condensateur afin de permettre l'utilisation d'une téléalimentation, par exemple, 120 V d.c. D'autres valeurs ainsi que d'autres méthodes, par exemple un câble artificiel, sont possibles.



$C > 5 / (2 \times \pi \times f \times Z_0)$ , avec  $\pi = 3,1416$ ,  $f$  est la fréquence de l'EUT et  $Z_0$  l'impédance caractéristique du câble coaxial. La limite supérieure pour  $C$  est de 60 nF.

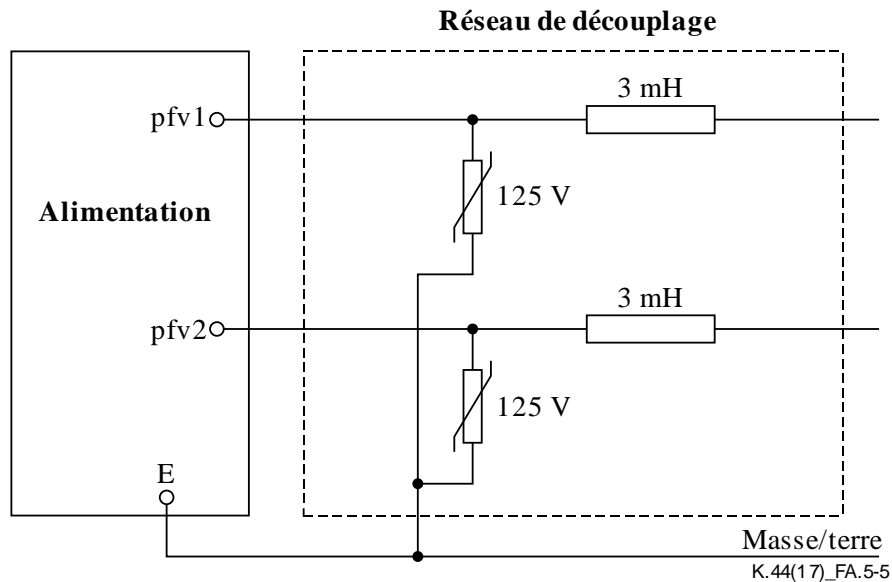
L'inductance  $L$  est nécessaire seulement en présence d'une alimentation d.c. Une bobine d'induction à air de 3 mH suffit pour découpler la surtension de l'équipement d'alimentation. Il convient de noter qu'il est recommandé d'utiliser une bobine à air car le courant de magnétisation des bobines à noyau ferromagnétique peut poser problème.

**Figure A.5-4 – Réseau de découplage pour un équipement auxiliaire relié au port externe de type câble coaxial testé**

### A.5.2.3 Port externe de type alimentation électrique dédiée

Lorsqu'un port externe de type alimentation électrique dédiée est testé, il est recommandé de placer une inductance de 3 mH en série avec chaque branche, entre l'équipement auxiliaire et le générateur. Un dispositif de blocage de 125 V peut être placé entre chaque branche et la terre au niveau de l'équipement auxiliaire afin de découpler davantage ce dernier, voir la Figure A.5-5. De cette manière, le courant conduit dans l'équipement auxiliaire sera limité à quelques ampères dans le cas d'une alimentation allant jusqu'à 120 V d.c. D'autres valeurs ainsi que d'autres méthodes, par exemple un câble artificiel, sont possibles.

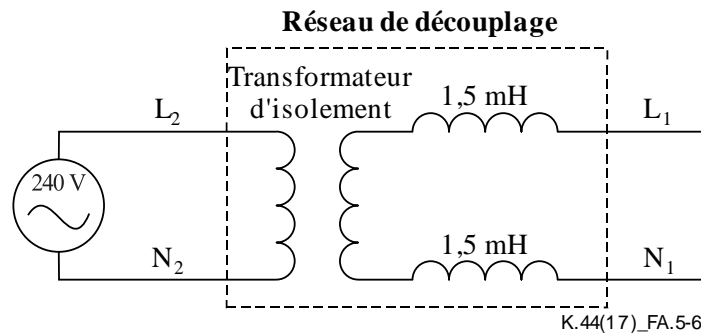




**Figure A.5-5 – Réseau de découplage pour un équipement auxiliaire relié au port externe de type paire dpf testé**

#### A.5.2.4 Ports de type alimentation secteur

Lorsque le port de type alimentation secteur est testé, il est nécessaire de découpler la source d'alimentation au cours des tests de surtension transversaux/différentiels, port-terre et port-port externe afin de la protéger. La Figure A.5-6 montre les éléments de découplage suggérés.

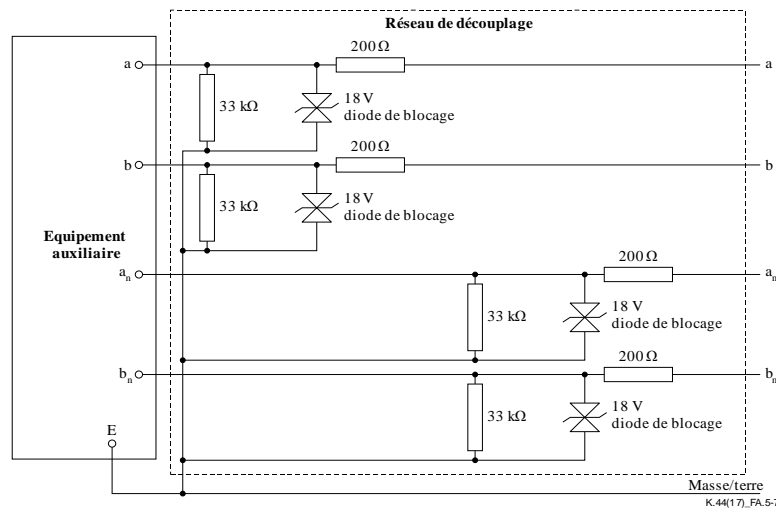


**Figure A.5-6 – Réseau de découplage pour l'alimentation connectée au port de type alimentation secteur testé**

S'il n'est pas possible d'utiliser l'élément de découplage recommandé pour le test, cela doit être indiqué dans le rapport de test. La valeur de l'élément de découplage alors utilisé ainsi que les incidences éventuelles de cette modification sur le résultat du test devraient également être précisées.

#### A.5.2.5 Port interne de type câble non blindé

Lorsqu'un port interne de type câble non blindé est testé, il est recommandé de placer une résistance de 200  $\Omega$  en série avec chaque branche, entre l'équipement auxiliaire et le générateur. Une résistance de 33 k $\Omega$  et un dispositif de blocage de 18 V peuvent être placés en parallèle entre chaque branche et la terre au niveau de l'équipement auxiliaire afin de découpler davantage ce dernier. De cette manière, le courant conduit dans l'équipement auxiliaire sera limité à quelques ampères. D'autres valeurs ainsi que d'autres méthodes sont possibles.



NOTE – Des diodes de blocage de 18 V sont généralement utilisées pour protéger l'interface interne. Si ces diodes empêchent le fonctionnement normal du système, il est possible d'utiliser des diodes avec une plus grande tension d'écrêtage. Si la résistance de découplage de 200  $\Omega$  empêche le fonctionnement normal du système, il est possible d'utiliser une résistance plus faible.

**Figure A.5-7 – Réseau de découplage pour un équipement auxiliaire relié au port interne de type câble non blindé testé**

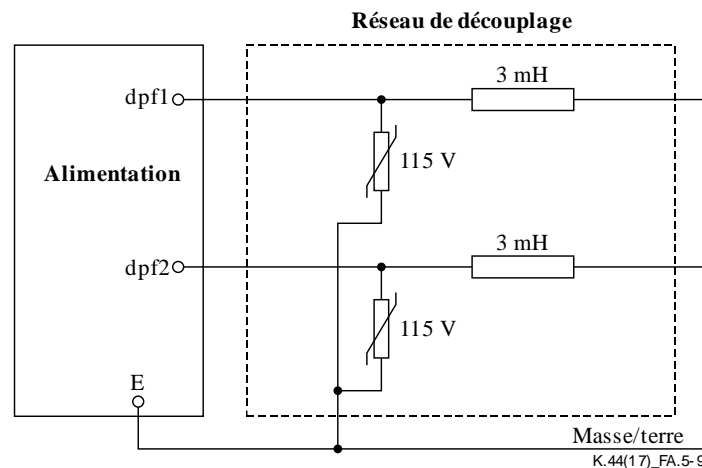
### A.5.2.6 Port interne de type câble blindé

La Figure A.5-8 a été supprimée.

NOTE – Il n'est pas nécessaire de mettre en place un réseau de découplage pour les équipements auxiliaires reliés au port interne de type câble blindé testé. Voir la Figure A.6.5-2.

### A.5.2.7 Port interne de type interface d'alimentation d.c.

Lorsqu'un port interne de type alimentation d.c. est testé, il est recommandé de placer une inductance de 3 mH en série avec chaque branche, entre l'équipement auxiliaire et le générateur. Un dispositif de blocage de 115 V peut être placé entre chaque branche et la terre au niveau de l'équipement auxiliaire afin de découpler davantage ce dernier, voir la Figure A.5-9. De cette manière, le courant conduit dans l'équipement auxiliaire sera limité à quelques ampères dans le cas d'une alimentation allant jusqu'à 100 V d.c. D'autres valeurs ainsi que d'autres méthodes, par exemple un câble artificiel, sont possibles.



**Figure A.5-9 – Réseau de découplage pour une alimentation connectée au port interne de type alimentation d.c. testé**

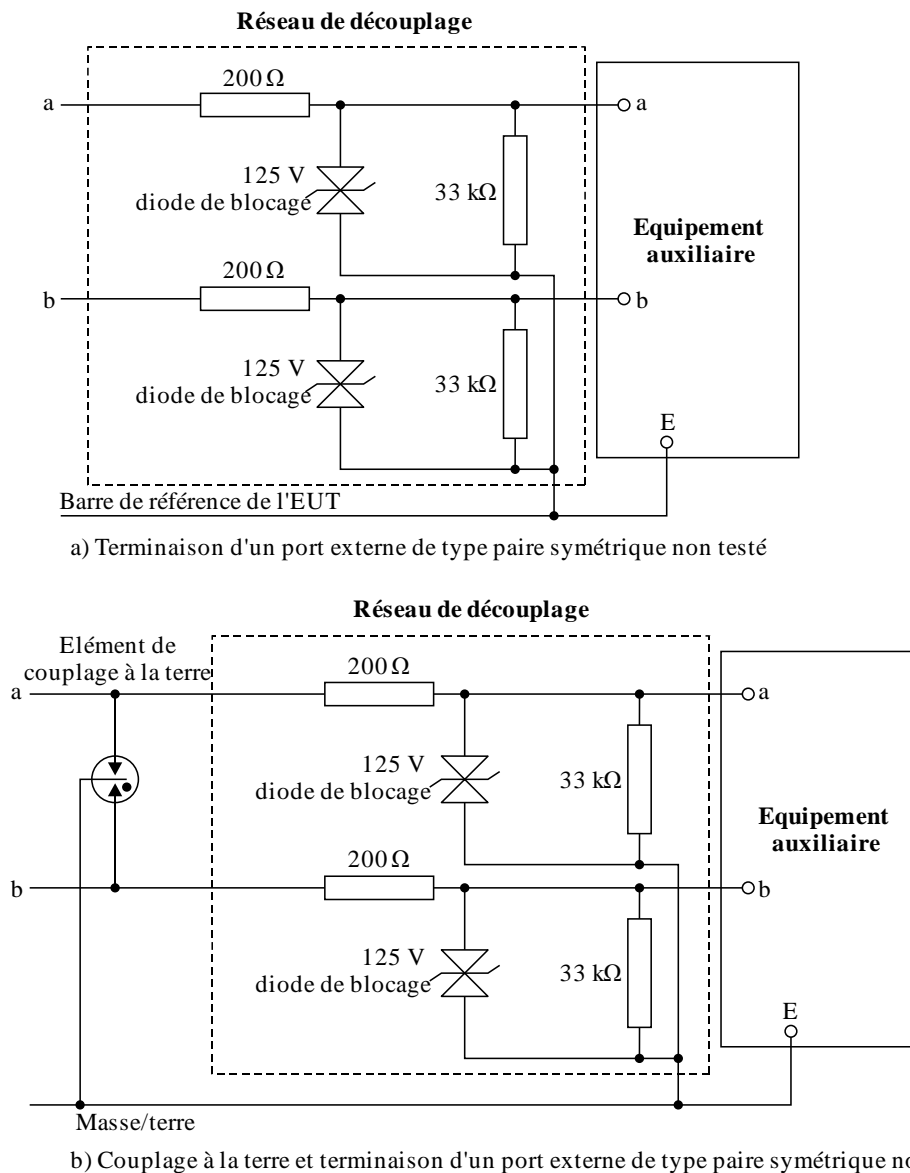
Les éléments de couplage du générateur sont constitués d'une résistance de 10  $\Omega$  et d'un condensateur de 9  $\mu\text{F}$  placés en série.

### A.5.3 Ports non testés

#### A.5.3.1 Port externe de type paire symétrique

Dans le cas d'un port externe de type paire symétrique non testé, il est recommandé de placer une résistance de  $200\ \Omega$  en série avec chaque branche, entre l'équipement auxiliaire et le générateur. Une résistance de  $33\ \text{k}\Omega$  et un dispositif de blocage de  $125\ \text{V}$  peuvent être placés en parallèle entre chaque branche et la terre au niveau de l'équipement auxiliaire afin de découpler davantage ce dernier. De cette manière, le courant conduit dans l'équipement auxiliaire sera limité à quelques ampères, mais les transmissions xDSL, POTS et ISDN resteront possibles, même lors de l'utilisation d'une téléalimentation pouvant aller jusqu'à  $120\ \text{V d.c.}$

La Figure A.5-10 montre les méthodes de terminaison et de couplage à la terre des ports externes de type paire symétrique non testés.



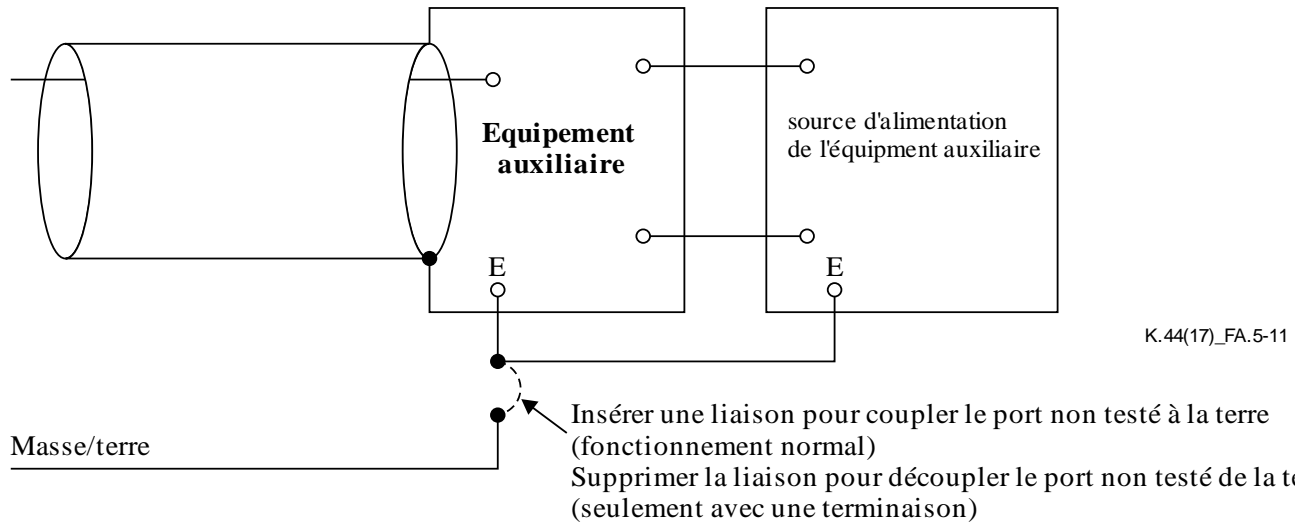
K 44(17) FA 5-10

NOTE – En ce qui concerne les ports Ethernet, pour le couplage à la terre et les méthodes de découplage et de terminaison, se référer au § A.6.7 et à la Figure A.6.7-1 a) et b).

**Figure A.5-10 – Terminaison et couplage à la terre des ports externes de type paire symétrique non testés**

### A.5.3.2 Port externe de type câble coaxial

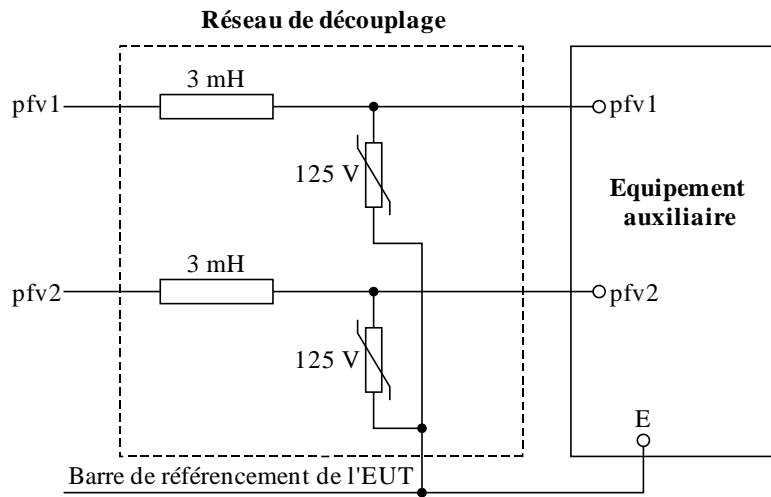
Dans le cas d'un port externe de type câble coaxial non testé, il est recommandé d'utiliser les méthodes de terminaison et de couplage à la terre de la Figure A.5-11. Pour "découpler" l'équipement auxiliaire, laisser l'équipement auxiliaire et sa source d'alimentation sans mise à la terre. Pour "coupler" le port de l'EUT à la terre, mettre l'équipement auxiliaire et sa source d'alimentation à la terre, voir la Figure A.5-18.



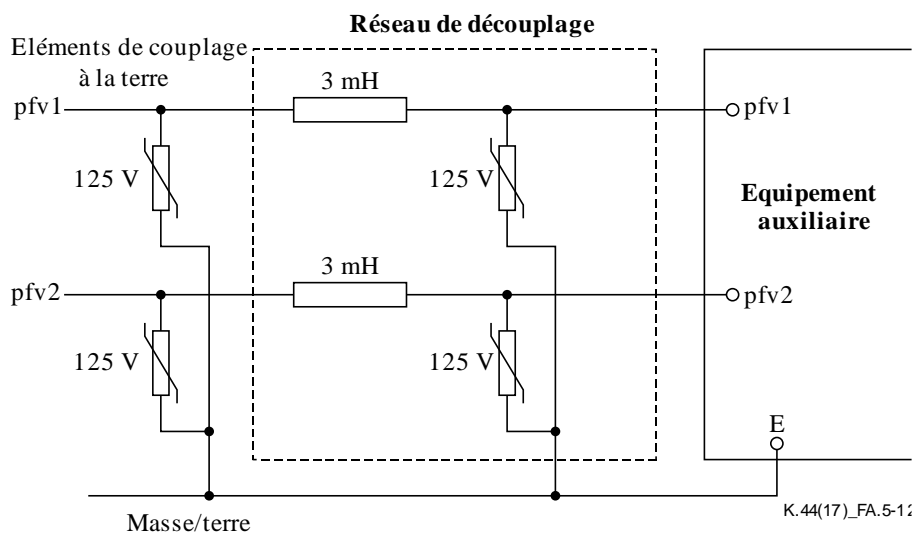
**Figure A.5-11 – Terminaison et couplage à la terre des ports externes de type câble coaxial non testés**

### A.5.3.3 Port externe de type alimentation dédiée

Dans le cas d'un port externe de type alimentation dédiée non testé, il est recommandé de placer une inductance de 3 mH en série avec chaque branche, entre l'équipement auxiliaire et le générateur. Un dispositif de blocage de 125 V peut être placé entre chaque branche et la terre au niveau de l'équipement auxiliaire afin de découpler davantage ce dernier, voir la Figure A.5-12. De cette manière, le courant conduit dans l'équipement auxiliaire sera limité à quelques ampères dans le cas d'une alimentation allant jusqu'à 120 V d.c. D'autres valeurs ainsi que d'autres méthodes, par exemple un câble artificiel, sont possibles.



a) Terminaison d'un port externe de type paire dpf



b) Couplage à la terre et terminaison d'un port externe de type paire dpf

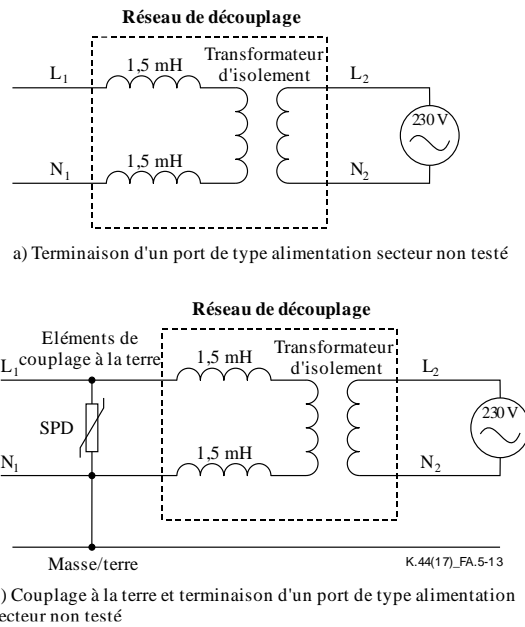
**Figure A.5-12 – Terminaison et couplage à la terre des ports dpf non testés**

#### A.5.3.4 Ports de type alimentation secteur

Dans le cas où le port de type alimentation secteur n'est pas testé, il convient de considérer les trois états suivants pour le réseau d'alimentation secteur:

- Le réseau d'alimentation secteur s'avère être un réseau à haute impédance. Ce cas concerne les installations neutres non mises à la terre, par exemple, un réseau d'alimentation TT. Il convient alors d'utiliser des bobines d'induction de 1,5 mH pour les conducteurs L1 et N.
- Le neutre est mis à la terre dans les locaux client, par exemple, dans le cas d'un réseau d'alimentation TN-C. Il convient alors de relier le conducteur neutre à la masse.
- L1 et le neutre sont mis à la terre en conditions de surtension, c'est-à-dire que des dispositifs SPD sont mis en place. Dans ce cas, il convient de connecter le neutre à la terre et d'installer un dispositif SPD entre L1 et le neutre/la terre.

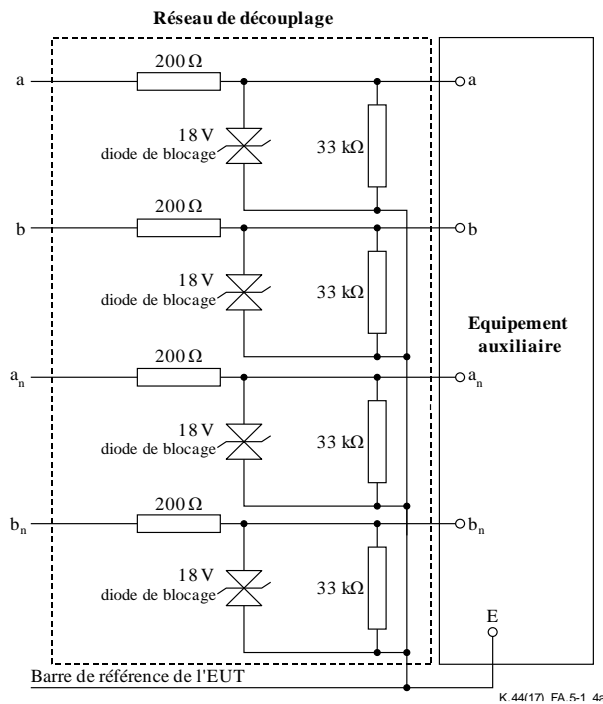
Afin de tester tous les scénarios possibles et de permettre la réalisation d'un test lorsque le port n'est pas mis à la terre et lorsqu'il est couplé à la terre, il convient d'utiliser la terminaison et les méthodes de mise à la terre représentées dans la Figure A.5-13.



**Figure A.5-13 – Terminaison et couplage à la terre des ports de type alimentation secteur**

### A.5.3.5 Port interne de type câble non blindé

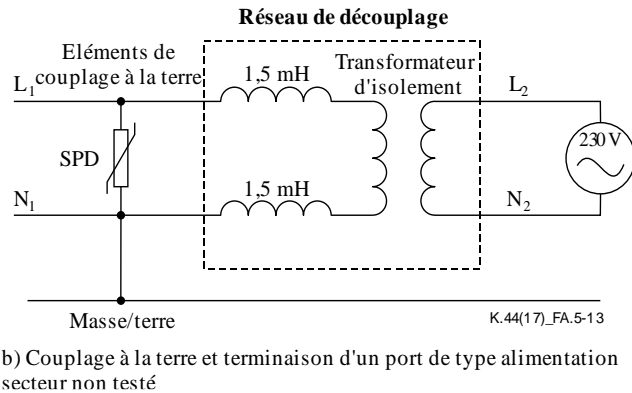
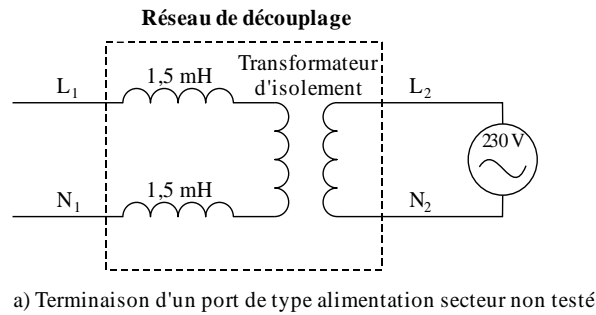
Dans le cas d'un port interne de type câble non blindé non testé, il est recommandé de placer une résistance de  $200\ \Omega$  en série avec chaque branche, entre l'équipement auxiliaire et le générateur. Une résistance de  $33\ \text{k}\Omega$  et un dispositif de blocage de  $18\ \text{V}$  peuvent être placés en parallèle entre chaque branche et la terre au niveau de l'équipement auxiliaire afin de découpler davantage ce dernier, voir la Figure A.5-14. De cette manière, le courant conduit dans l'équipement auxiliaire sera limité à quelques ampères. D'autres valeurs ainsi que d'autres méthodes, par exemple un câble artificiel, sont possibles.



NOTE 1 – Des diodes de blocage de  $18\ \text{V}$  sont généralement utilisées pour protéger l'interface interne. Si ces diodes empêchent le fonctionnement normal du système, il est possible d'utiliser des diodes avec une plus grande tension d'écrêtage. Si la résistance de découplage de  $200\ \Omega$  empêche le fonctionnement normal du système, il est possible d'utiliser une résistance plus faible.

NOTE 2 – En ce qui concerne les ports Ethernet, pour les méthodes de découplage et de terminaison, se référer au § A.6.7 et à la Figure A.6-7-1 a).

**Figure A.5-14a – Terminaison des ports internes de type paire symétrique non testé**



NOTE 1 – Des diodes de blocage de 18 V sont généralement utilisées pour protéger l'interface interne. Si ces diodes empêchent le fonctionnement normal du système, il est possible d'utiliser des diodes avec une plus grande tension d'écrêtage. Si la résistance de découplage de 200  $\Omega$  empêche le fonctionnement normal du système, il est possible d'utiliser une résistance plus faible.

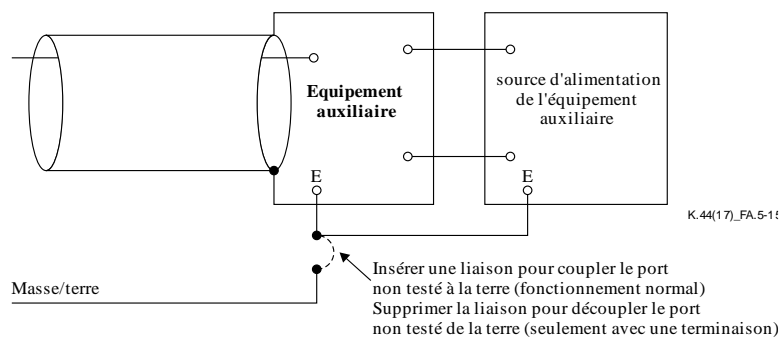
NOTE 2 – En ce qui concerne les ports Ethernet, pour le couplage à la terre et les méthodes de découplage et de terminaison, se référer au § A.6.7 et à la Figure A.6.7-1 b).

**Figure A.5-14b – Couplage à la terre et terminaison des ports internes de type paire symétrique non testé**

### A.5.3.6 Port interne de type câble blindé

Dans le cas d'un port interne de type câble blindé non testé, il est recommandé d'utiliser les méthodes de terminaison et de couplage à la terre de la Figure A.5-15:

- Pour "découpler" l'équipement auxiliaire, laisser l'équipement auxiliaire et sa source d'alimentation sans mise à la terre.
- Pour "coupler" l'équipement auxiliaire à la terre, connecter l'équipement auxiliaire et sa source d'alimentation à la masse.

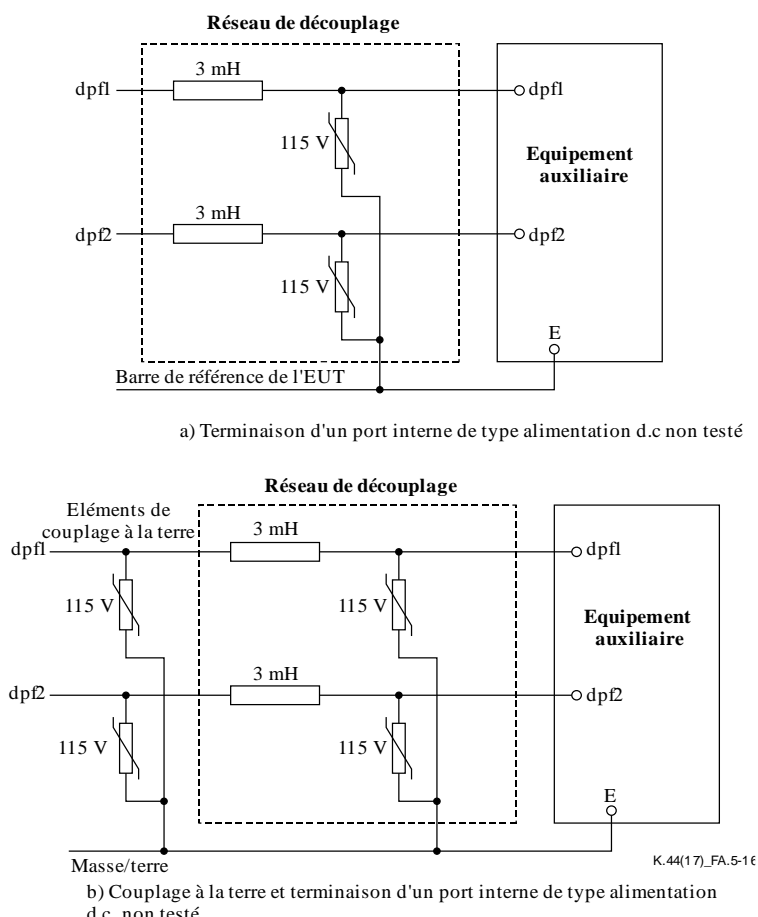


**Figure A.5-15 – Terminaison et couplage à la terre des ports internes de type câble blindé non testés**

### A.5.3.7 Port interne de type interface d'alimentation d.c.

Dans le cas d'un port interne de type alimentation d.c. non testé, il est recommandé de placer une inductance de 3 mH en série avec chaque branche, entre l'équipement auxiliaire et le générateur. Un

dispositif de blocage de 115 V peut être placé entre chaque branche et la terre au niveau de l'équipement auxiliaire afin de découpler davantage ce dernier, voir la Figure A.5-16. De cette manière, le courant conduit dans l'équipement auxiliaire sera limité à quelques ampères dans le cas d'une alimentation allant jusqu'à 100 V d.c. D'autres valeurs ainsi que d'autres méthodes, par exemple un câble artificiel, sont possibles.

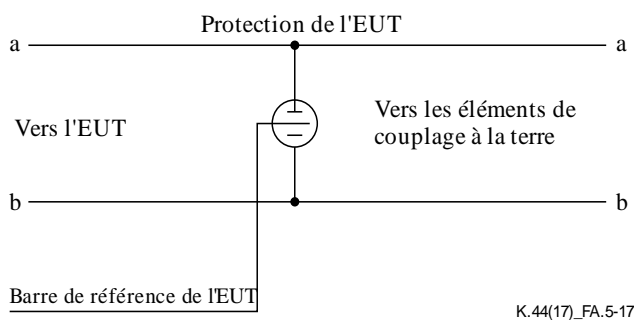


**Figure A.5-16 – Terminaison et couplage à la terre des ports internes de type interface d'alimentation d.c. non testés**

#### A.5.4 Eléments de protection

Lors de la réalisation du test de coordination entre un port testé et un port interne ou externe non testé, il est nécessaire de mettre en place une protection pour l'EUT au niveau du port externe ou interne couplé à la terre.

##### A.5.4.1 Port externe de type paire symétrique



**Figure A.5-17 – Connexion de la protection pour un port externe de type paire symétrique non testé couplé à la terre**



#### A.5.4.2 Port externe de type câble coaxial

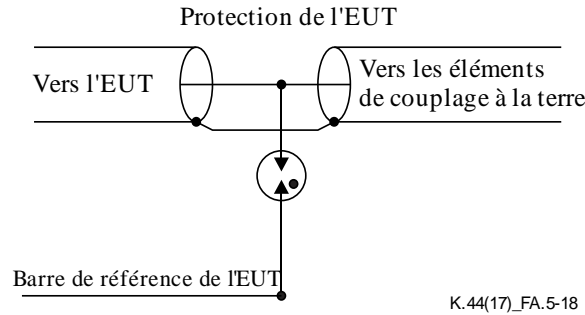


Figure A.5-18 – Connexion de la protection pour un port externe de type câble coaxial non testé couplé à la terre

#### A.5.4.3 Port de type alimentation électrique dédiée

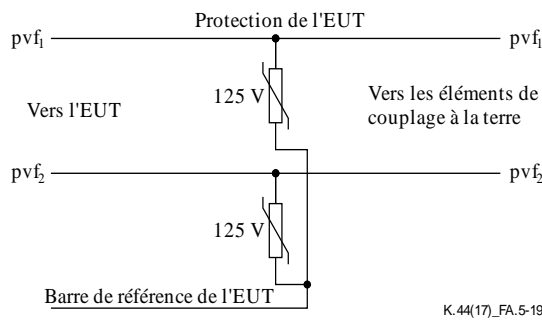


Figure A.5-19 – Connexion de la protection pour un port externe de type alimentation électrique dédiée non testé couplé à la terre

#### A.5.4.4 Port de type alimentation secteur

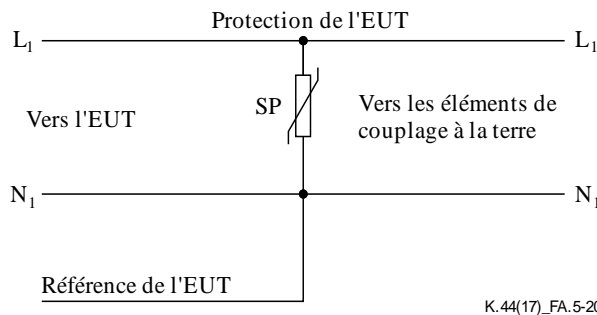


Figure A.5-20 – Connexion de la protection pour un port externe de type alimentation secteur non testé couplé à la terre

### A.6 Schémas de test pour différents types de ports

#### A.6.1 Ports de type paire symétrique

Les Figures A.6.1-1a et A.6.1-1b illustrent les schémas à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité transversale/différentielle. La Figure A.6.1-2 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité entre un port et la terre. La Figure A.6.1-3 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité entre deux ports externes. La Figure A.6.1-4 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité entre plusieurs ports externes et la terre. La Figure A.6.1-5 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité entre plusieurs ports externes et un autre port externe.

## **A.6.2 Ports de type câble coaxial**

Voir les Figures A.6.2-1, A.6.2-2 et A.6.2-3.

## **A.6.3 Ports de type alimentation électrique dédiée a.c. ou d.c.**

Les Figures A.6.3-1a et A.6.3-1b donnent les schémas à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité transversale/différentielle. La Figure A.6.3-2 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité entre un port et la terre. La Figure A.6.3-3 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité entre deux ports externes.

## **A.6.4 Ports de type alimentation secteur**

La Figure A.6.4-1 illustre le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité transversale/différentielle. La Figure A.6.4-2 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité entre un port et la terre. La Figure A.6.4-3 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité entre deux ports externes.

## **A.6.5 Ports internes de type câble**

Voir les Figures A.6.5-1 et A.6.5-2.

## **A.6.6 Ports de type alimentation d.c.**

Les Figures A.6.6-1a et A.6.6-1b donnent le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité transversale/différentielle sur un EUT dont l'une des bornes de l'alimentation est mise à la terre au niveau de l'EUT. La Figure A.6.6-2 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une surtension ou d'une surintensité entre un port et la terre. Ce schéma est aussi utilisé dans le cas d'un test port interne-port interne.

## **A.6.7 Ports Ethernet**

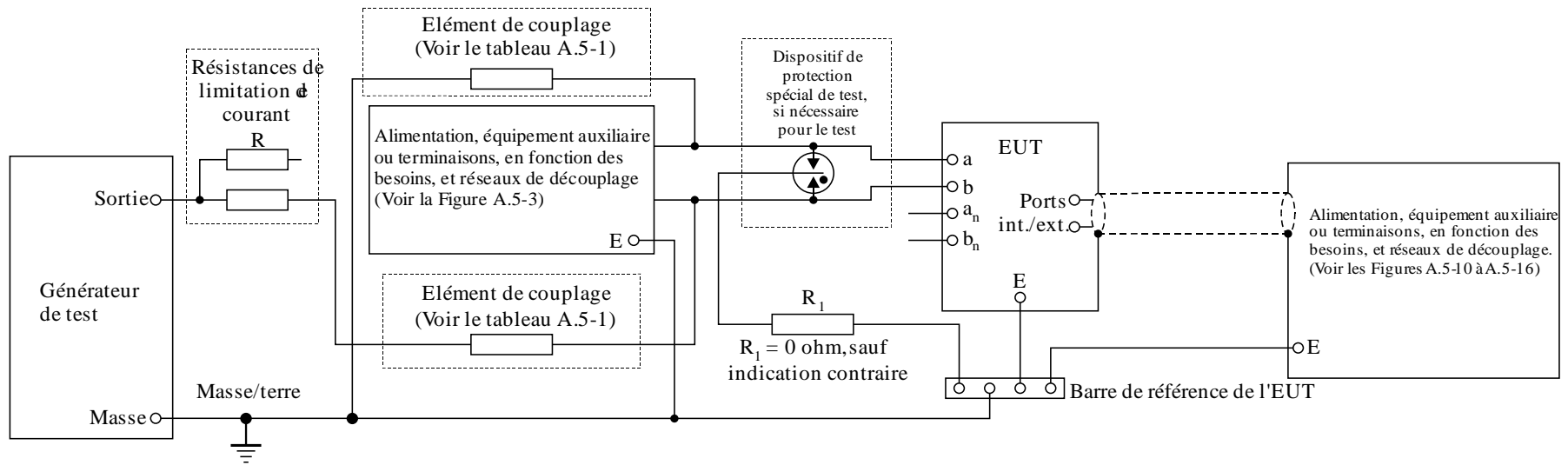
La Figure A.6.7-1 donne la terminaison et le réseau de couplage à la terre pour les ports Ethernet non testés. Dans la Figure A.6.7-1 a), les résistances de 10  $\Omega$  placées en série ne sont qu'un exemple. Elles peuvent être remplacées par un câble Ethernet de la longueur adéquate. De plus, si les ports Ethernet de l'équipement auxiliaire ont une faible impédance à la terre, il sera nécessaire de supprimer la mise à la terre de l'équipement auxiliaire et d'utiliser une source d'alimentation non mise à la terre pour cet équipement. Ceci a pour but de découpler l'équipement auxiliaire afin qu'il ne conduise pas de surintensité vers la terre.

La Figure A.6.7-2 donne le schéma à utiliser dans le cas d'une impulsion transversale/différentielle visant à tester la résistance aux impulsions de courant du mode A et du mode B de l'alimentation PoE.

La Figure A.6.7-3 donne le schéma à utiliser pour déterminer la résistance d'isolement d.c. et la Figure A.6.7-3a fournit le schéma à utiliser pour déterminer la tension assignée de choc d'un port Ethernet.

La Figure A.6.7-4 fournit des renseignements complémentaires concernant les tests de surtension longitudinale/en mode commun des ports Ethernet.

Tous les tests portant sur des ports Ethernet excepté celui concernant la résistance d'isolement sont effectués alors que l'équipement est sous tension mais pas en fonctionnement. Le test des ports Ethernet peuvent être réalisés alors que l'équipement est hors tension dans le cas où l'alimentation de l'EUT est de type PoE et que l'équipement d'alimentation (PSE) ne peut pas détecter le dispositif alimenté de l'EUT connecté. Le réseau de couplage/découplage connecté entre l'équipement PSE et le dispositif alimenté accroît le niveau de la surtension ou de la surintensité qui s'applique au dispositif alimenté à son maximum, mais peut interrompre le fonctionnement normal du détecteur de charge de l'équipement PSE, provoquant la mise hors tension de l'équipement alimenté. Lorsque le port Ethernet non testé est couplé à la terre, le circuit Ethernet ne fonctionnera pas non plus. Le test de résistance d'isolement est réalisé alors que l'équipement est hors tension. Suite à cela, il convient de tester l'équipement en fonctionnement afin de vérifier s'il est toujours conforme aux spécifications qui le concernent.

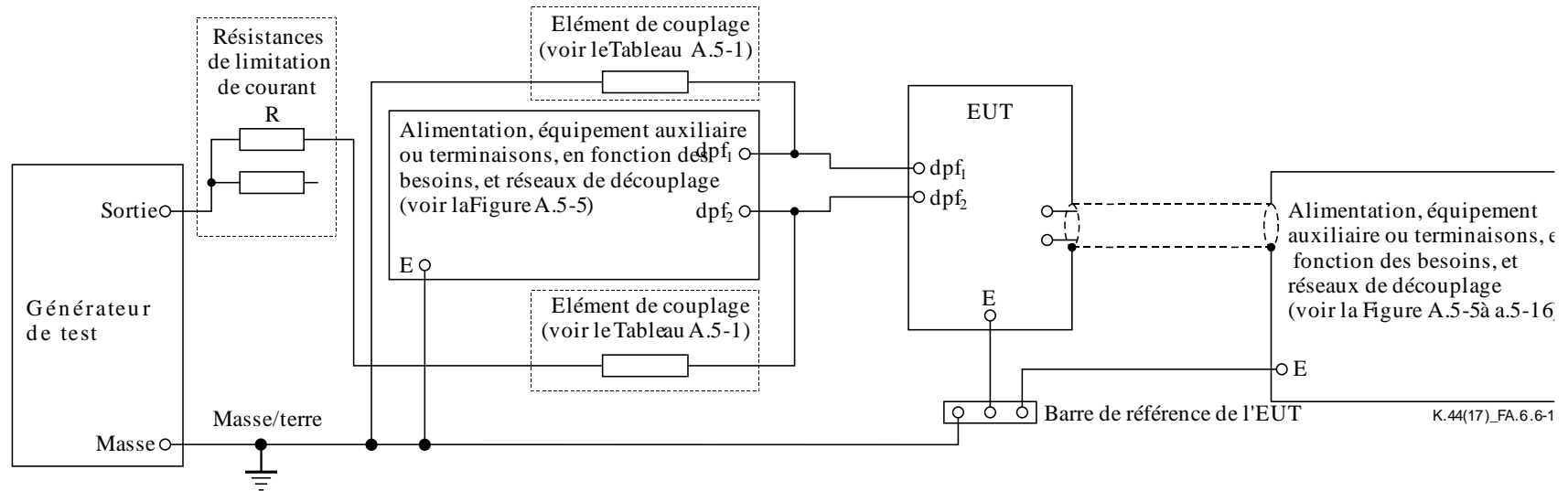


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17) FA.6.1-1

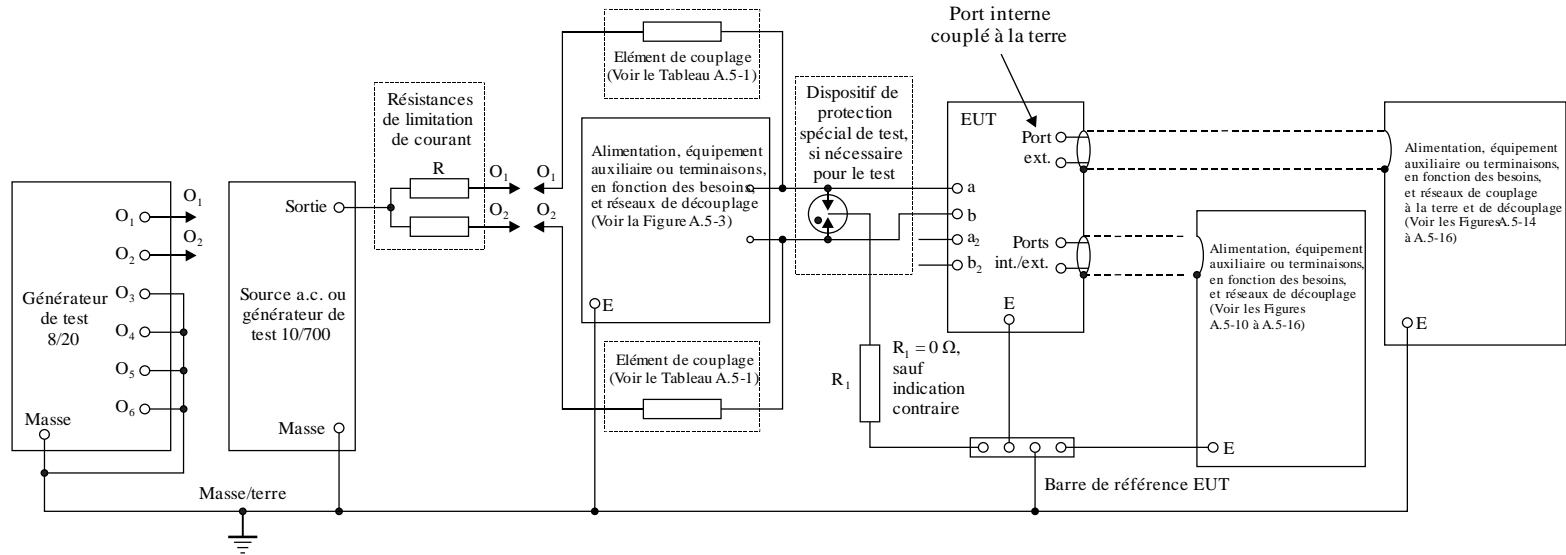
**Figure A.6.1-1a – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité transversale/différentielle sur un port externe unique de type paire symétrique (a – conducteur-terre)**



la mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante:

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement;
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT;
- 3) Si l'équipement n'a point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

**Figure A.6.1-1b – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité transversale/différentielle sur un port externe unique de type paire symétrique (b – conducteur-terre)**

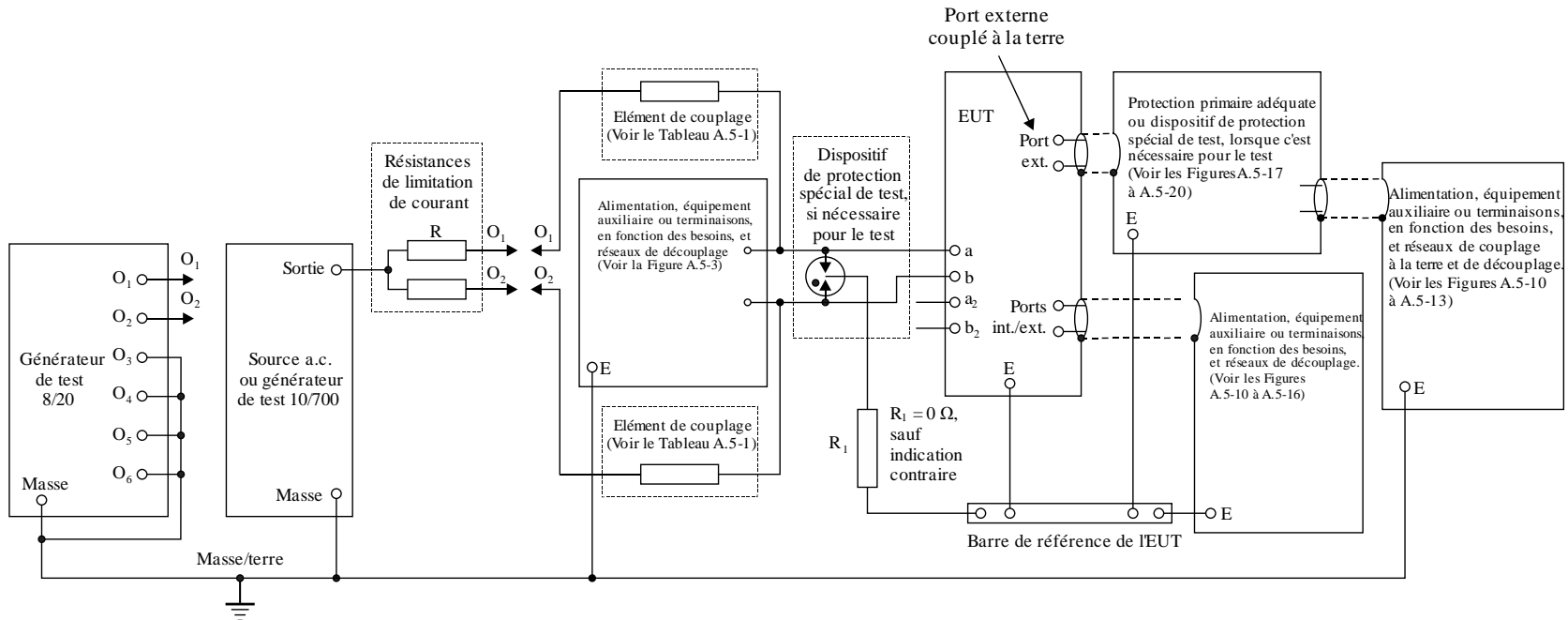


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17) FA.6.1-

**Figure A.6.1-2 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité entre un port externe unique de type paire symétrique et la terre**

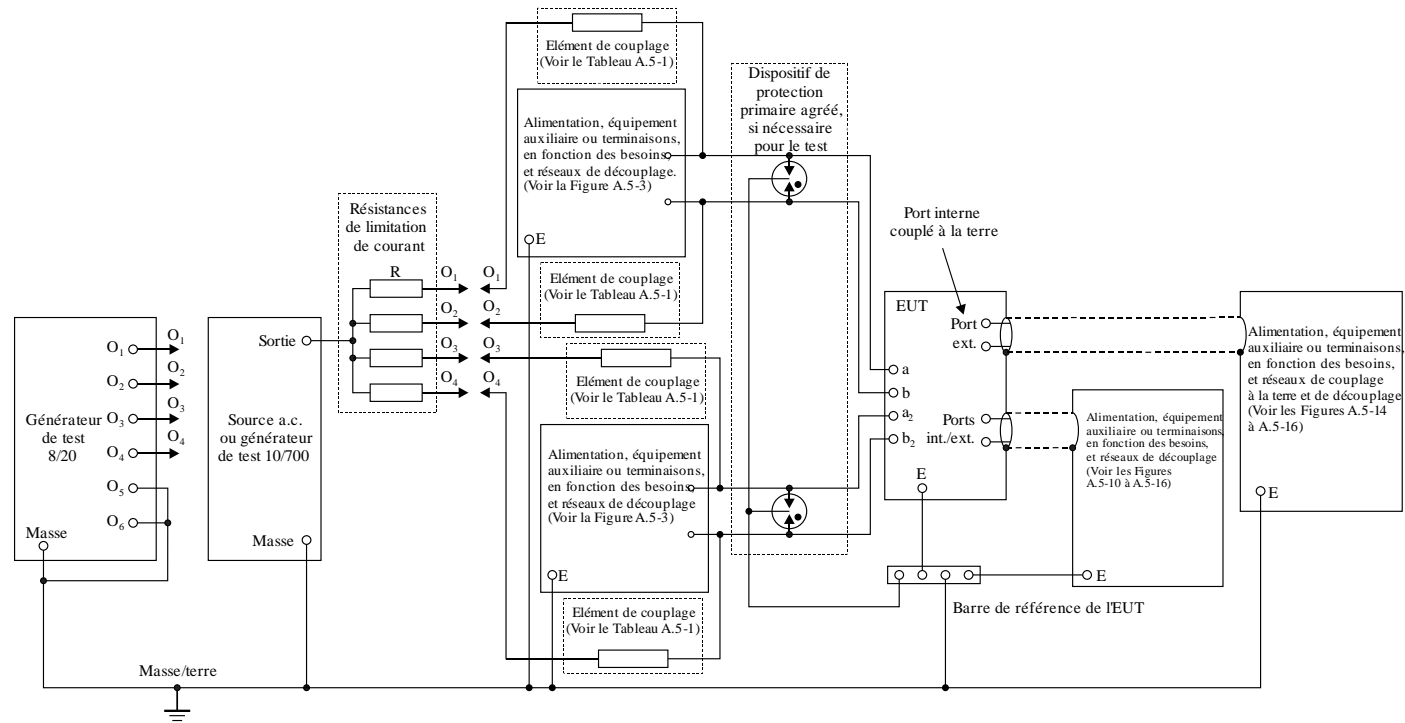


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante:

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement;
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17)\_FA.6.1-

**Figure A.6.1-3 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité entre un port externe unique de type paire symétrique et un autre port externe**

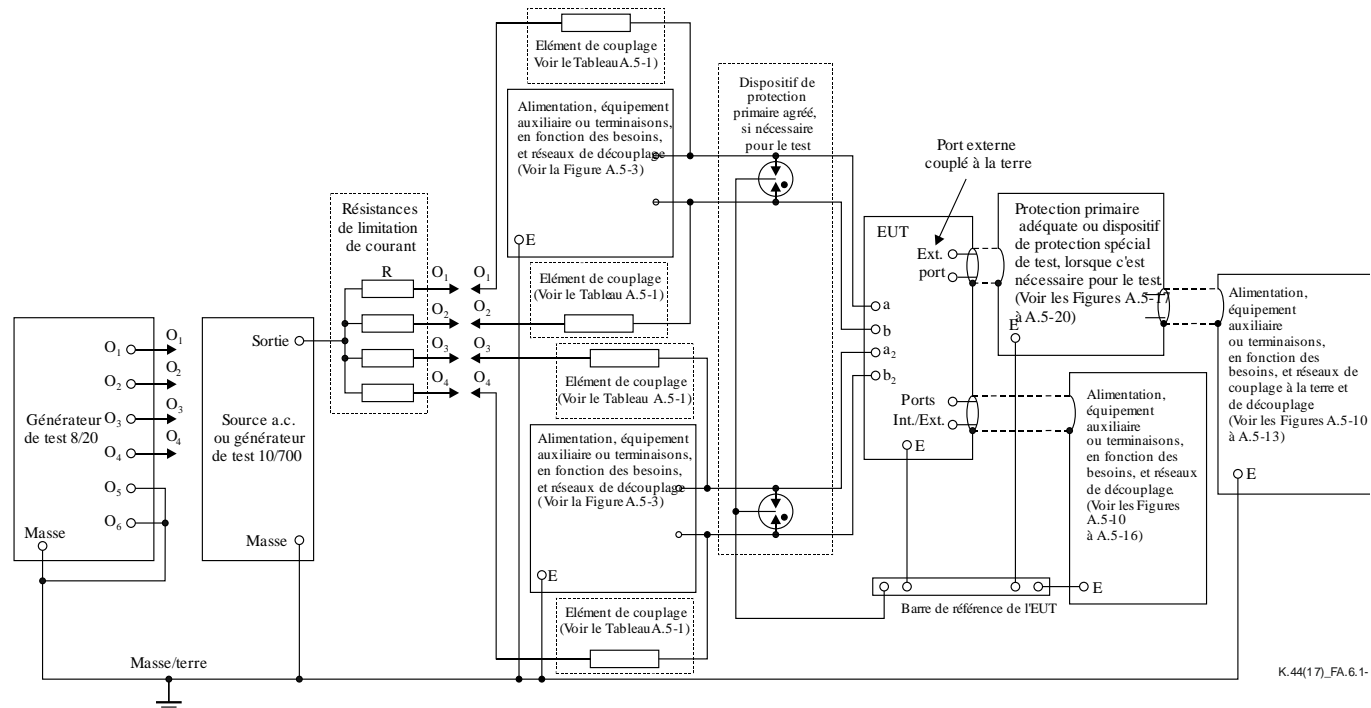


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante:

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17)\_FA.6.1-

**Figure A.6.1-4 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité entre un port externe de type paires symétriques multiples, plusieurs ports externes de type paire symétrique ou une combinaison des deux, et la terre**



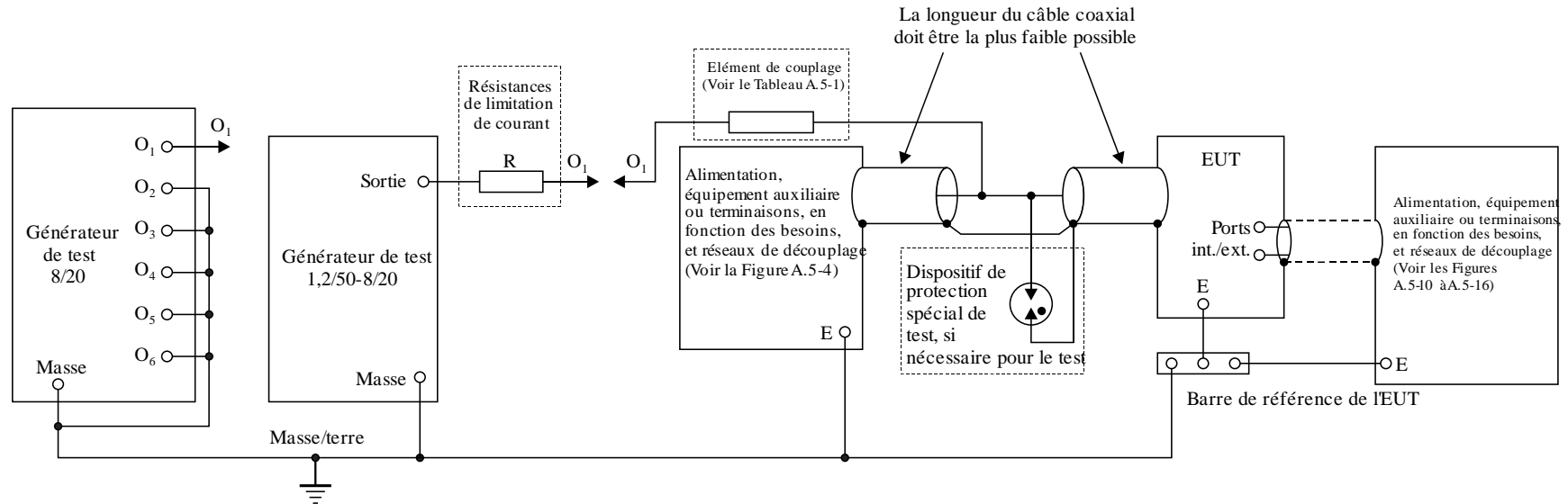
K.44(17)\_FA.6.1-

La mise à la terre se fait de la façon suivante:

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement;
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT;
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

**Figure A.6.1-5 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité entre un port externe de type paires symétriques multiples, plusieurs ports externes de type paire symétrique ou une combinaison des deux, et un autre port externe**



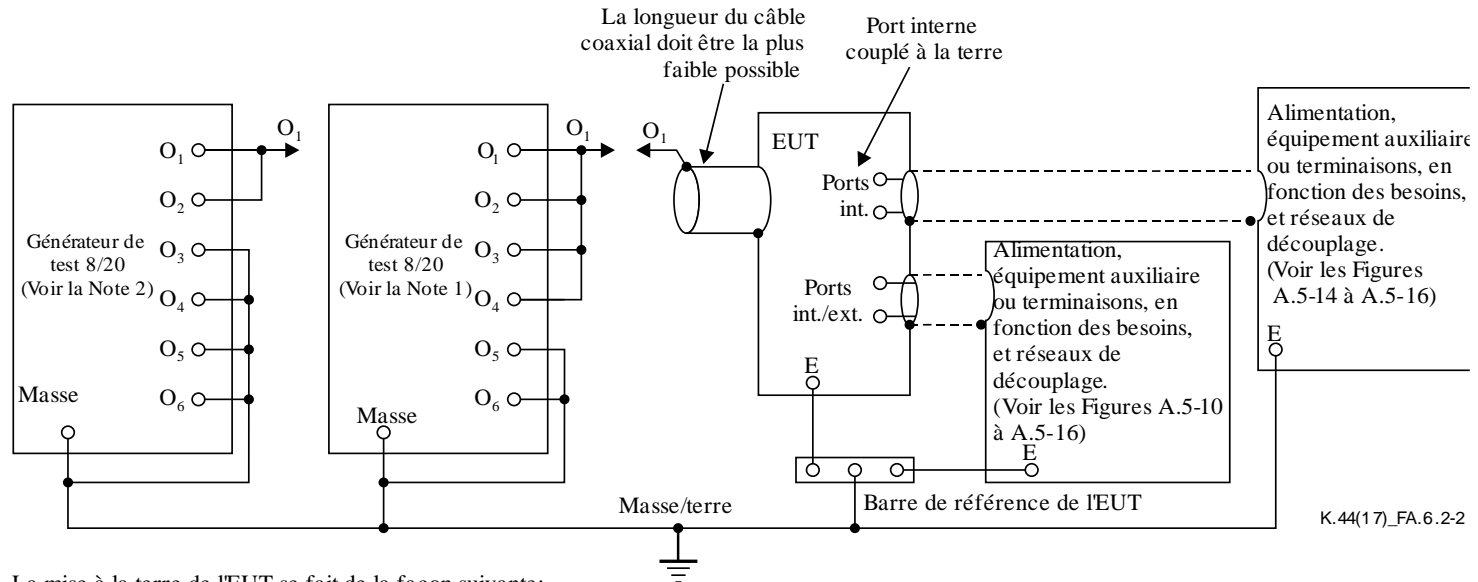


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement;
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT;
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre

K.44(17) FA.6.2-

**Figure A.6.2-1 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité différentielle sur un port externe de type câble coaxial**



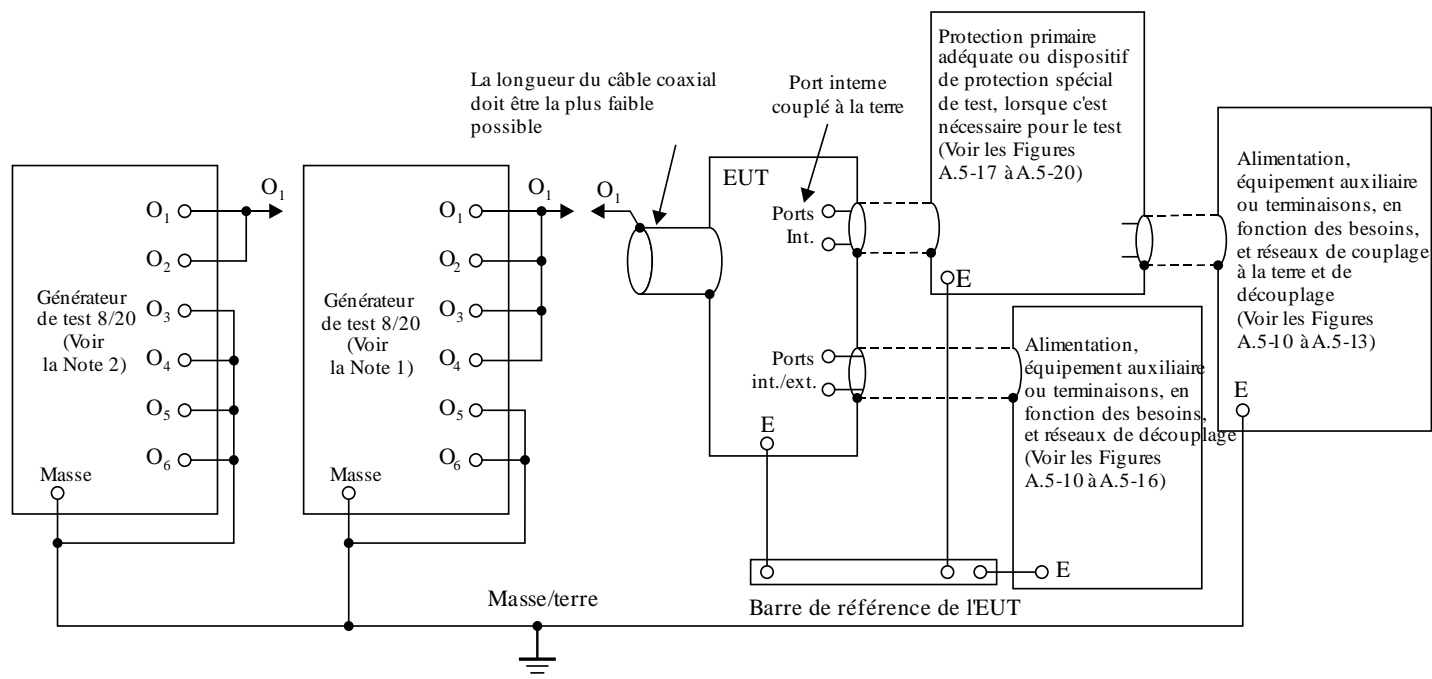
La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante:

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement;
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT;
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

NOTE 1 – Connexions de sortie à utiliser dans le cas d'un équipement conçu pour être connecté à des antennes ou à un équipement exposés aux courants de foudre directs, par exemple, des antennes ou un équipement montés sur un pylône.

NOTE 2 – Connexions de sortie à utiliser dans le cas d'un équipement non couvert par la Note 1.

**Figure A.6.2-2 – Exemple de circuit de test pour un test de courant de foudre sur blindage entre un port externe de type câble coaxial et la terre**



La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

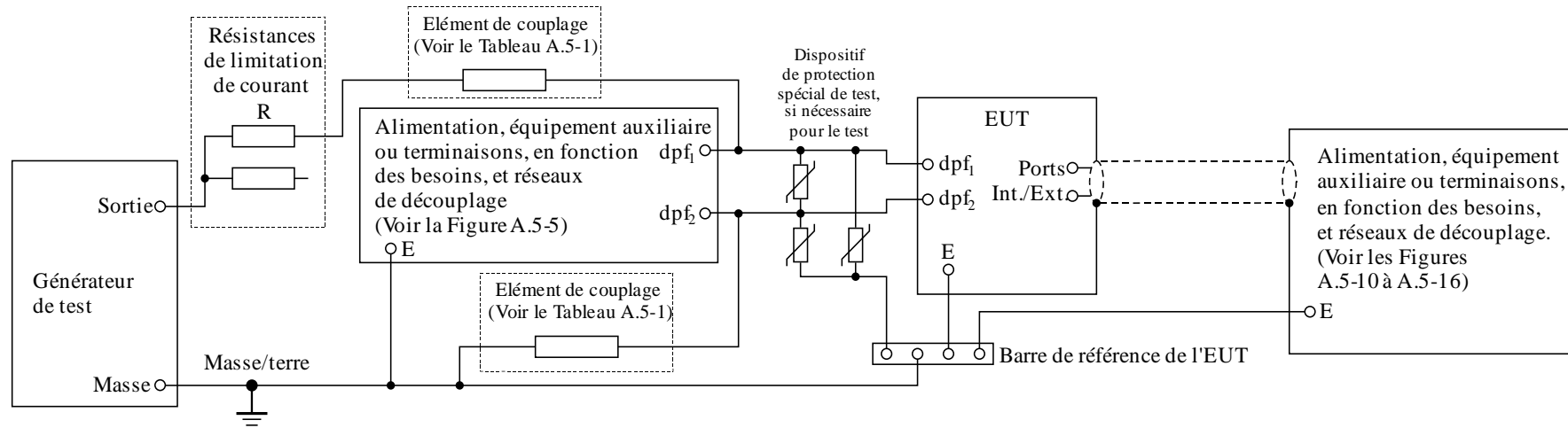
- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement;
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT;
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17) FA.6.2-

NOTE 1 – Connexions de sortie à utiliser dans le cas d'un équipement conçu pour être connecté à des antennes ou à un équipement exposés aux courants de foudre directs, par exemple, des antennes ou un équipement montés sur un pylône.

NOTE 2 – Connexions de sortie à utiliser dans le cas d'un équipement non couvert par la Note 1.

**Figure A.6.2-3 – Exemple de circuit de test pour un test de courant de foudre sur blindage entre un port externe de type câble coaxial et un autre port externe**

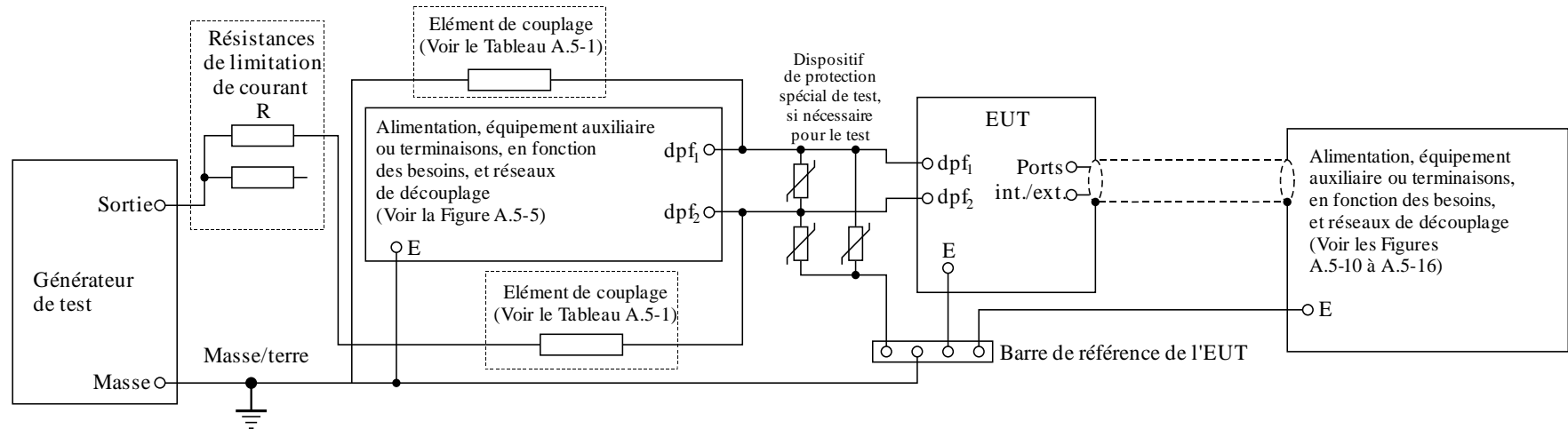


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17)\_FA.6.3-1:

**Figure A.6.3-1a – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité transversale/différentielle sur un port dpf externe unique (dpf<sub>2</sub> mis à la terre)**

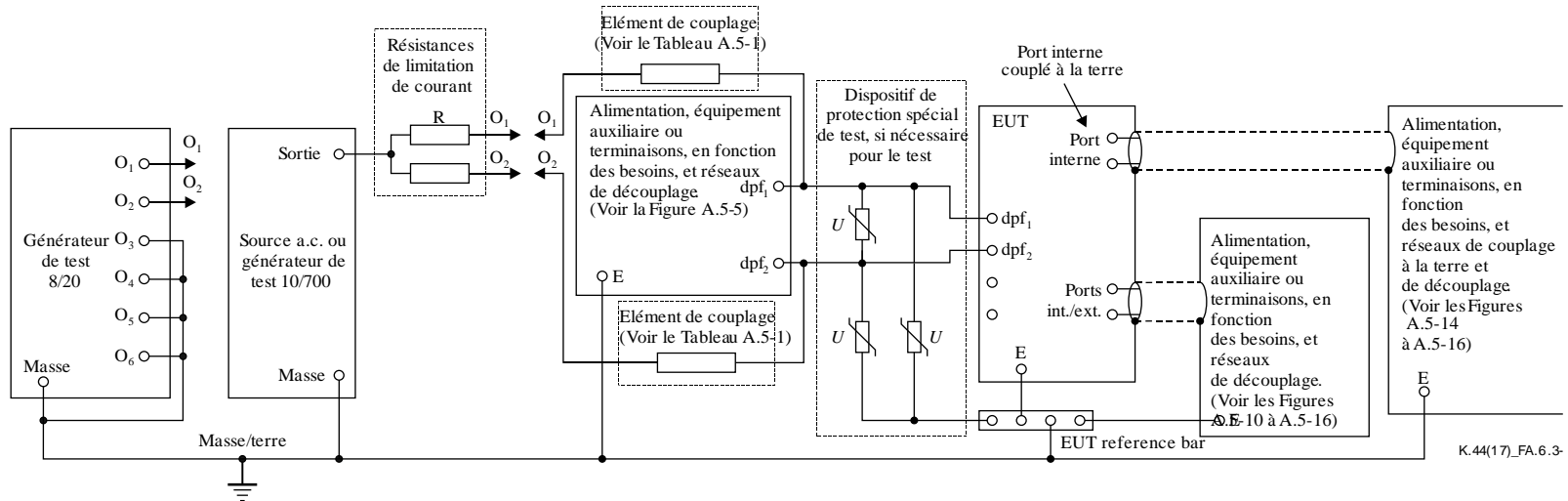


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17)\_FA.6.3-1

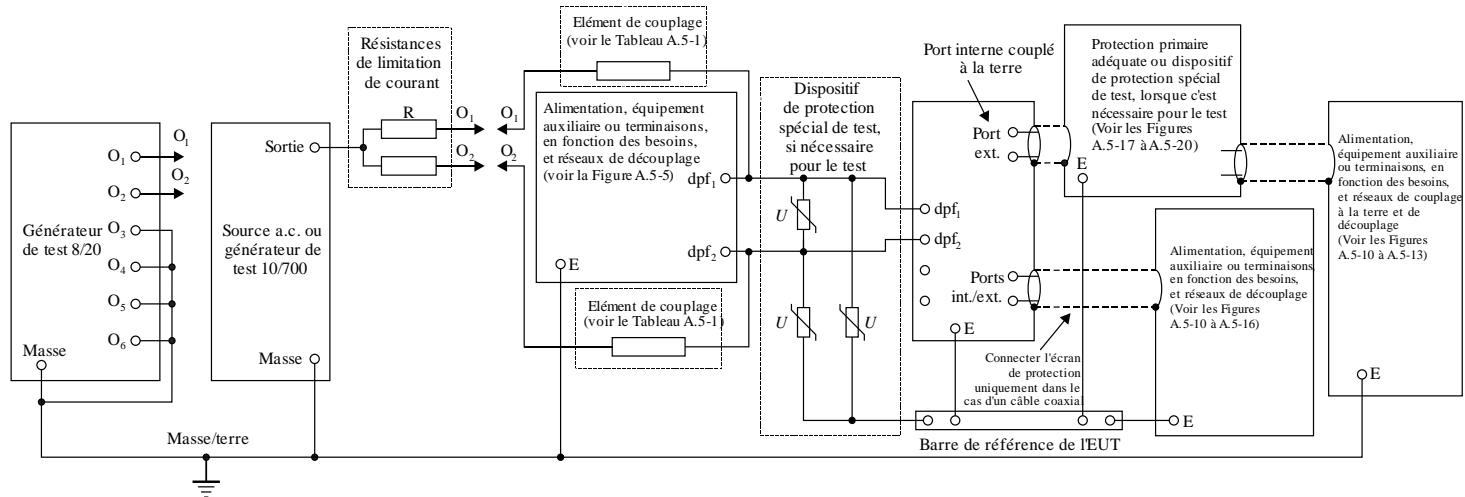
**Figure A.6.3-1b – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité transversale/différentielle sur un port dpf externe unique (dpf1 mis à la terre)**



La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante:

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement;
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT;
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

**Figure A.6.3-2 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité entre un port dpf externe unique et la terre**

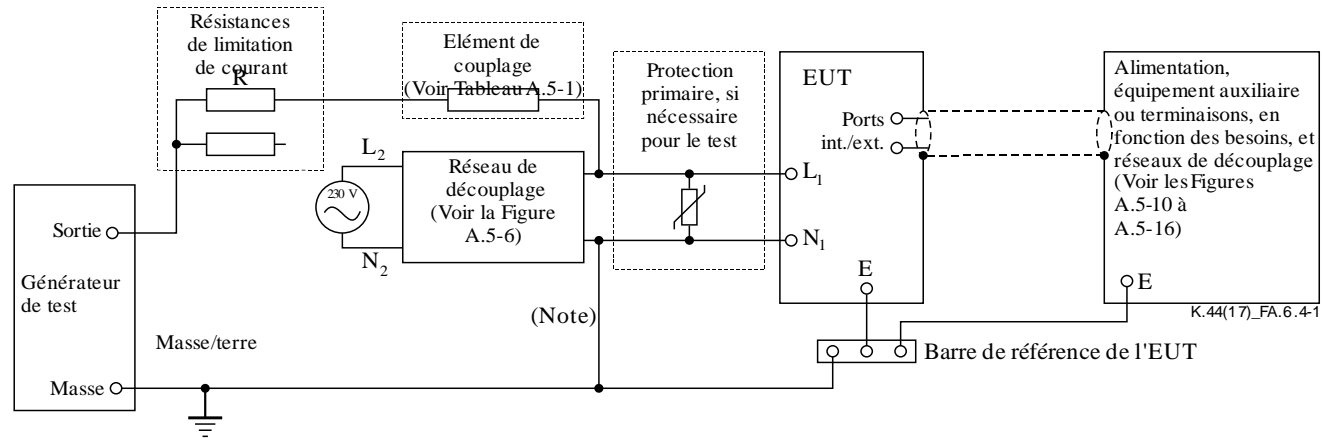


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante:

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement;
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre

K.44(17) FA.6.3

**Figure A.6.3-3 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité entre un port dpf externe unique et un autre port externe**



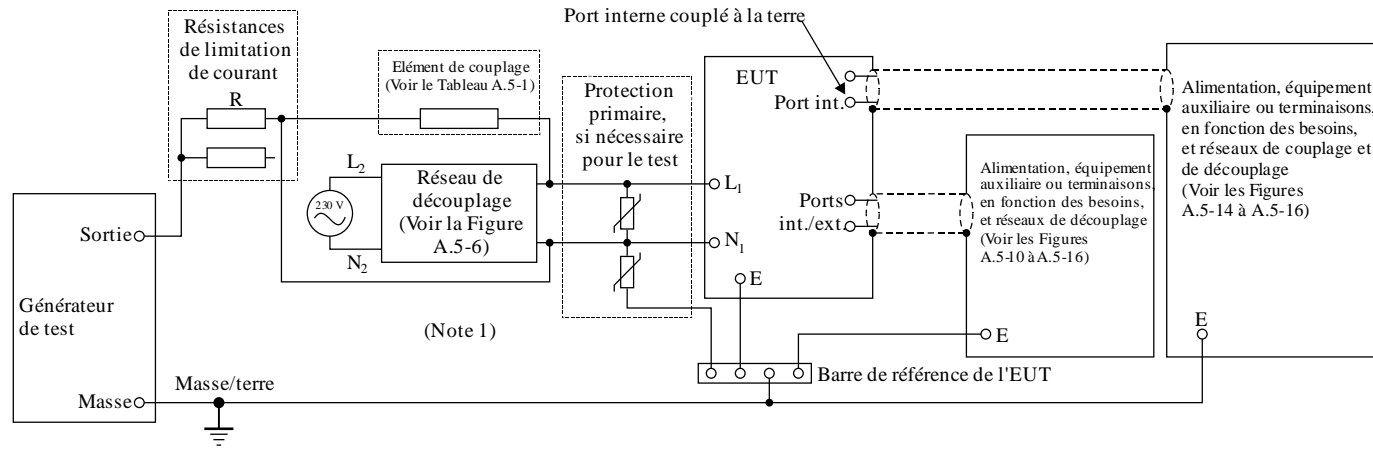
NOTE – Pour chaque dispositif SPD, la longueur du câble de raccordement de la protection primaire doit être de 1 mètre.

La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante:

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement;
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT;
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

**Figure A.6.4-1 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité transversale/différentielle sur un port externe de type alimentation secteur**





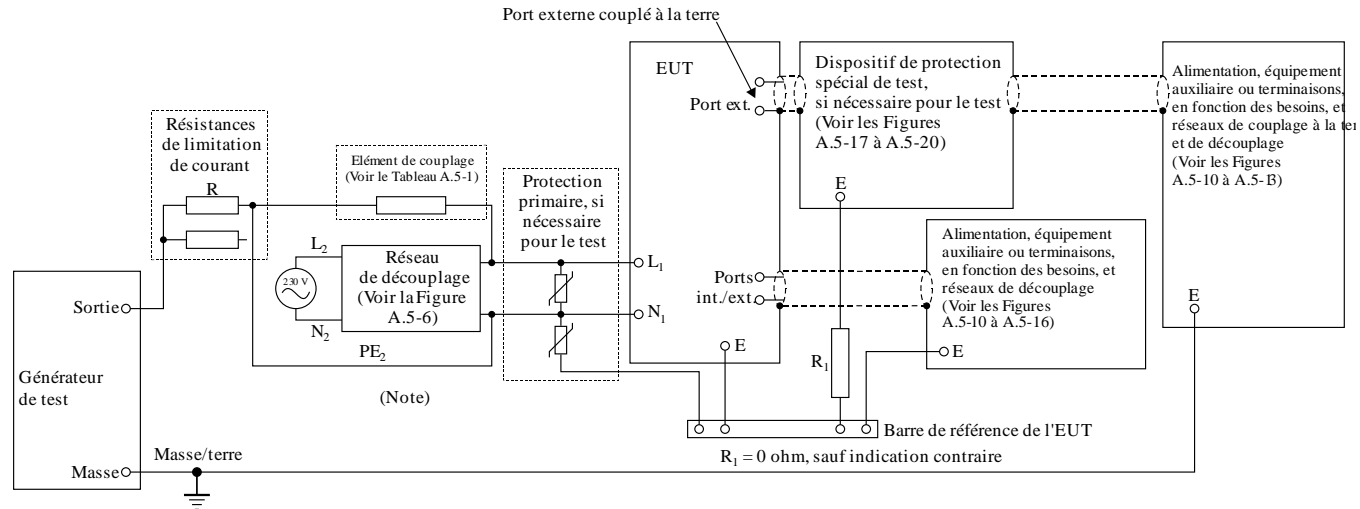
NOTE 1 – Pour chaque dispositif SPD, la longueur totale du câble de raccordement de la protection primaire doit être de 1 mètre.

La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17) FA.6.4-

**Figure A.6.4-2 – Exemple de circuit de test de surtension, de surintensité et d'élévation du potentiel du neutre entre un port externe de type alimentation secteur et la terre**



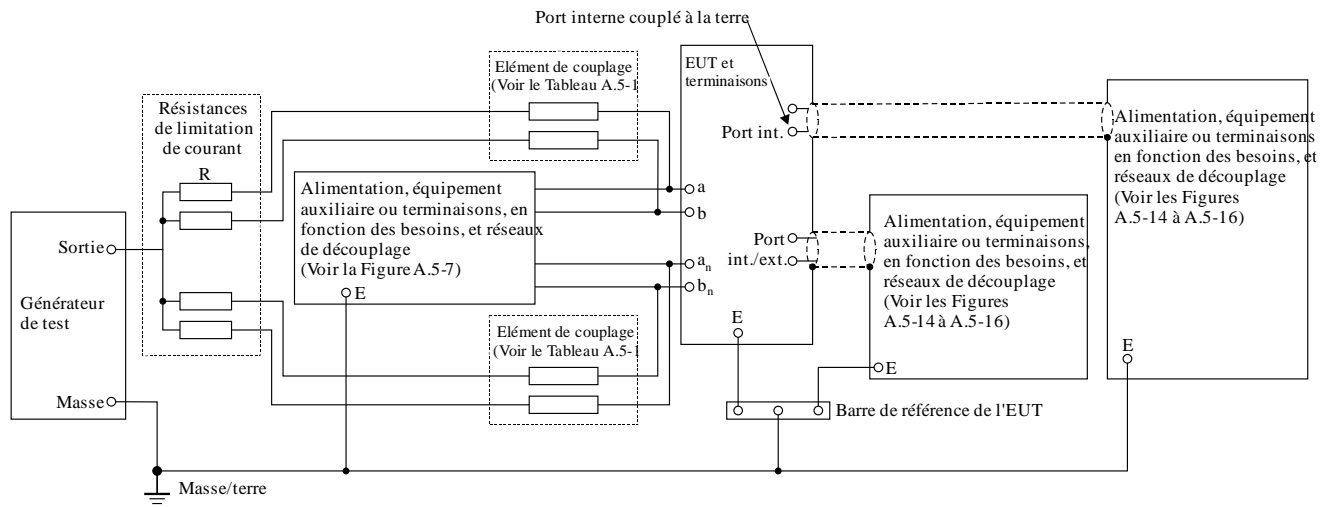
NOTE – Pour chaque dispositif SPD, la longueur totale du câble de raccordement de la protection primaire doit être de 1 mètre.

La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17) FA.6.4-3

**Figure A.6.4-3 – Exemple de circuit de test de surtension, de surintensité et d'élévation du potentiel du neutre entre un port externe de type alimentation secteur et un autre port externe**

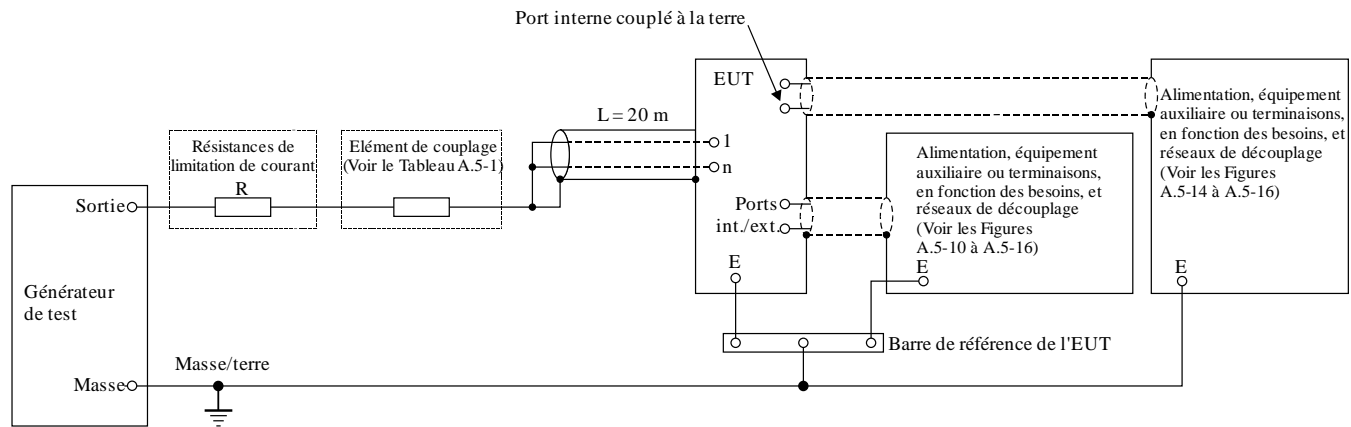


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans être connecté à la terre.

K.44(17)\_FA.6.5-

**Figure A.6.5-1 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité entre un port interne connecté à un câble non blindé à paire symétrique unique ou à paires symétriques multiples et la terre**



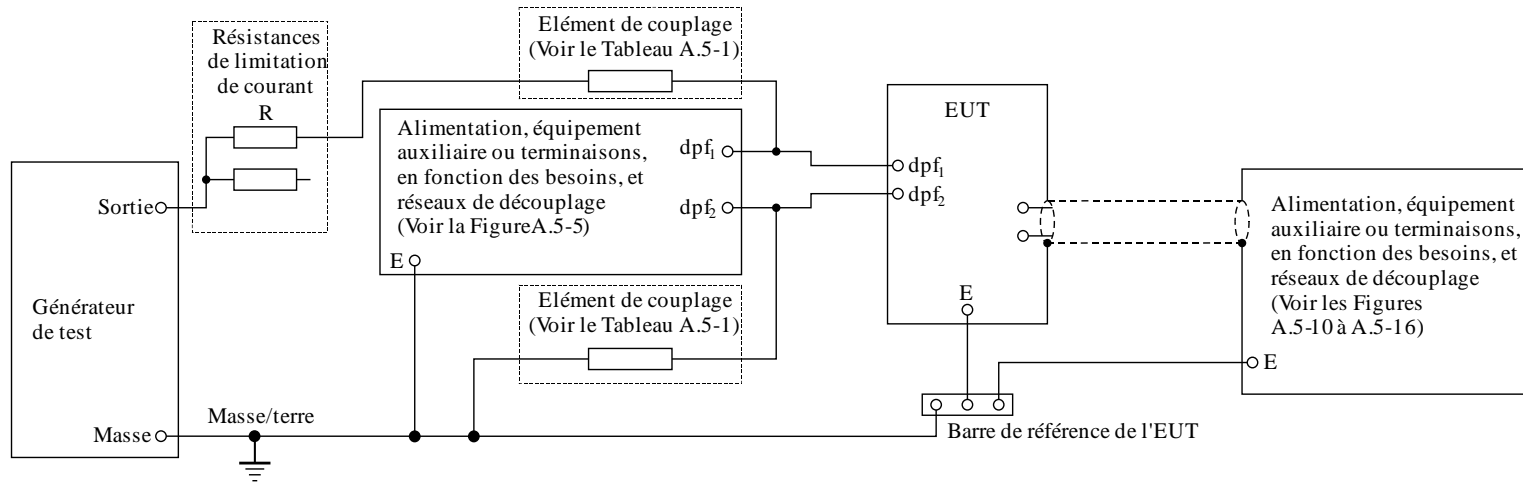
Afin d'assurer la reproductibilité des mesures, il est recommandé de réaliser le test sur un plan de référence de terre et de laisser serpenter le câble sur ce plan. Tous les conducteurs sont raccordés ensemble ainsi qu'avec le blindage. (Motif: dans la situation la plus défavorable, les éléments de protection insérés dans l'équipement homologué – non inclus dans ce montage de test – peuvent provoquer un court-circuit.)

La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT;
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17) FA.6.5-

**Figure A.6.5-2 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité entre un port interne connecté à un câble blindé et la terre**

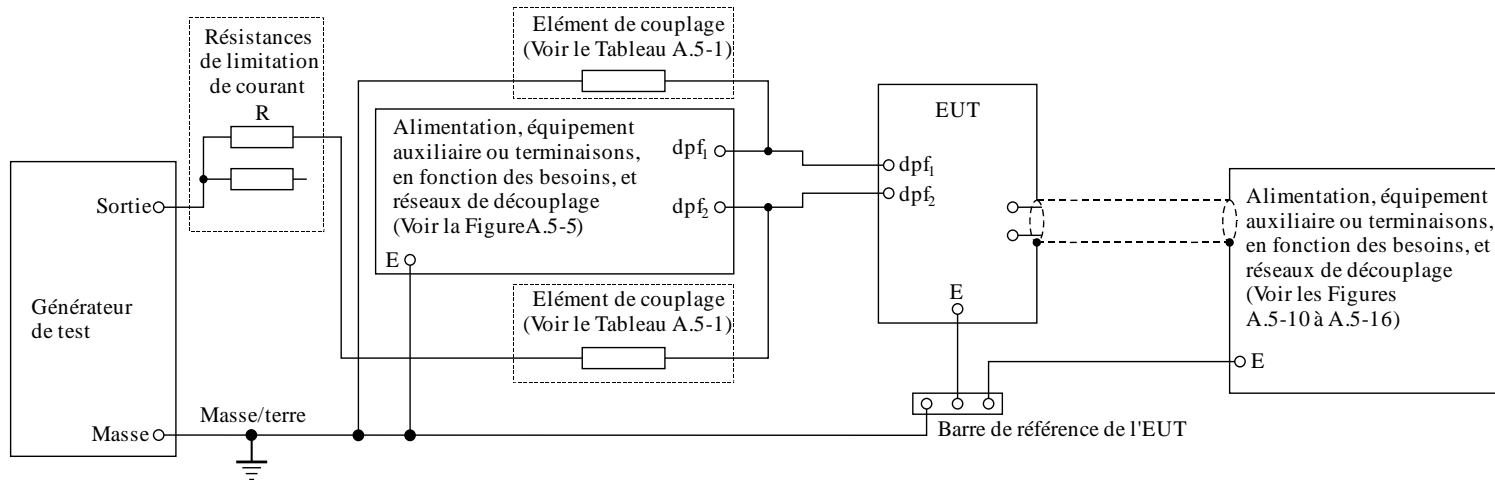


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17) FA.6.6-1

**Figure A.6.6-1a – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité transversale/différentielle sur un port de type interface d'alimentation d.c. (dpf<sub>2</sub> mis à la terre)**

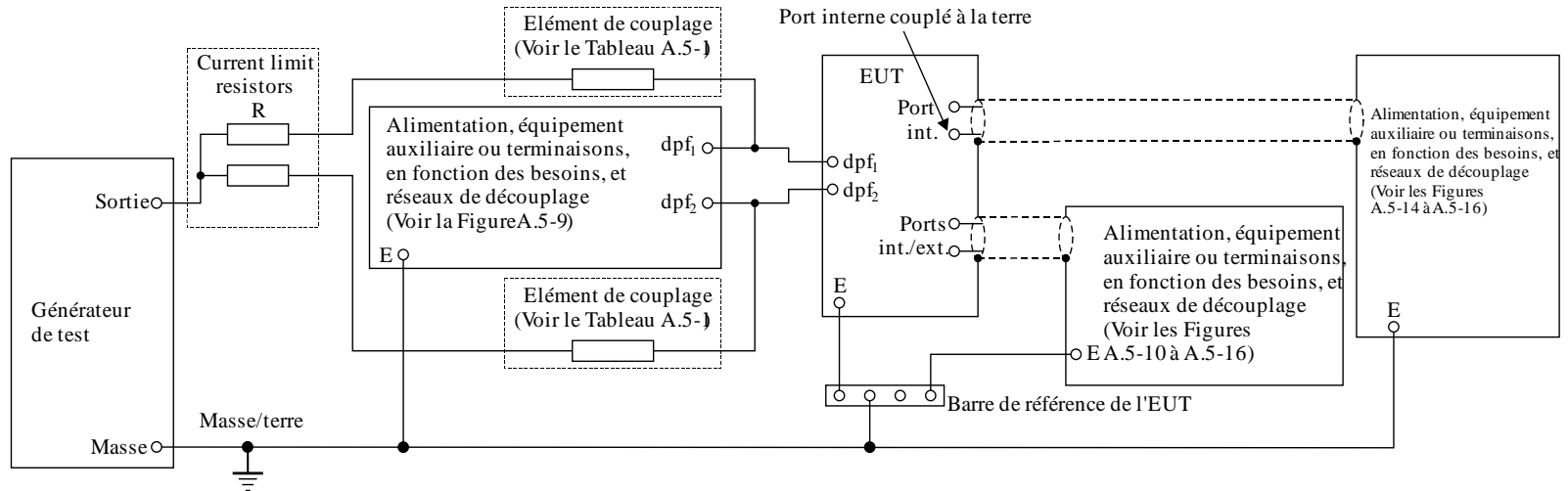


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17)\_FA.6.6-1

**Figure A.6.6-1b – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité transversale/différentielle sur un port de type interface d'alimentation d.c. (dpf<sub>1</sub> mis à la terre)**

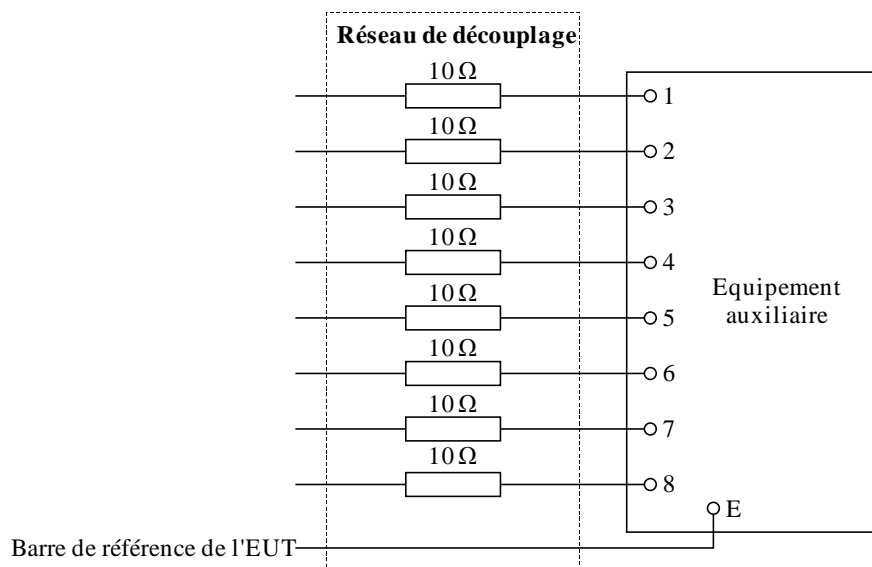


La mise à la terre de l'EUT se fait de la façon suivante

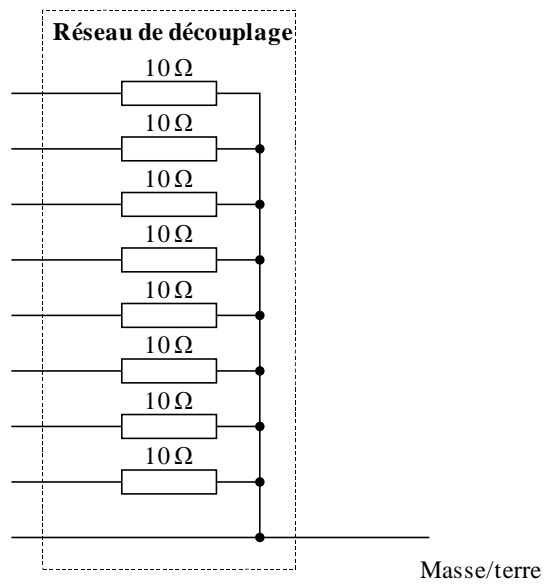
- 1) Si l'équipement est doté d'un point de mise à la terre, connecter ce point à la barre de référence de l'équipement
- 2) Si l'équipement est pourvu d'un boîtier conducteur, mais pas d'un point de mise à la terre, connecter le boîtier à la barre de référence de l'EUT
- 3) Si l'équipement n'a ni point de mise à la terre, ni boîtier conducteur, laisser l'équipement sans mise à la terre.

K.44(17) FA.6.6-

**Figure A.6.6-2 – Exemple de circuit de test de surtension ou de surintensité sur un port de type interface d'alimentation d.c.**



a) Terminaison d'un port Ethernet non testé

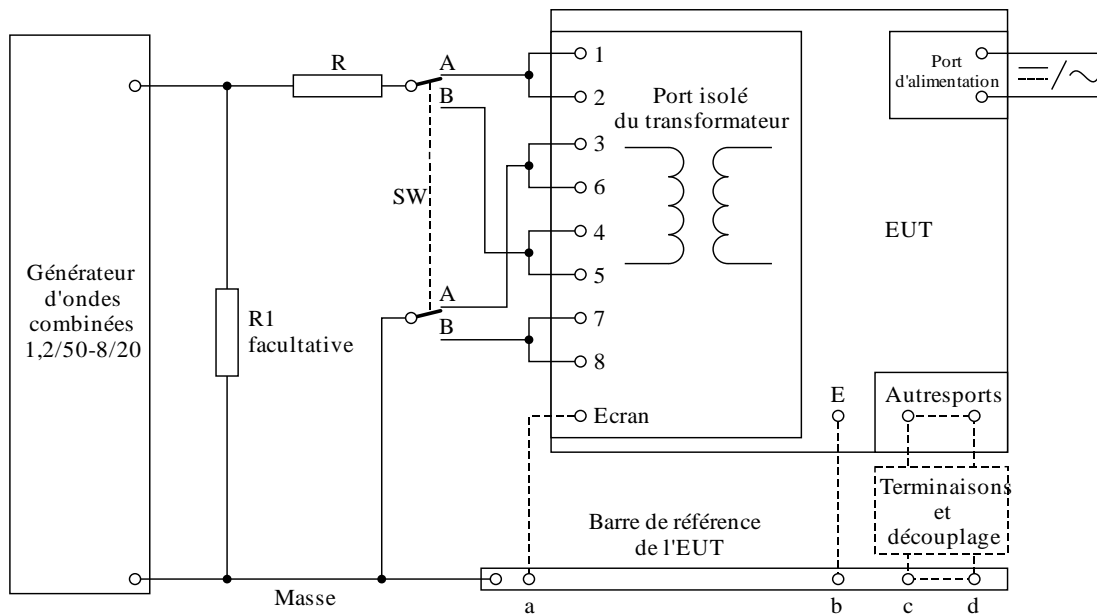


b) Couplage à la terre et terminaison d'un port Ethernet non testé

K.44(17) FA.6.7-1

**Figure A.6.7-1 – Terminaison et couplage à la terre des ports Ethernet non testés**



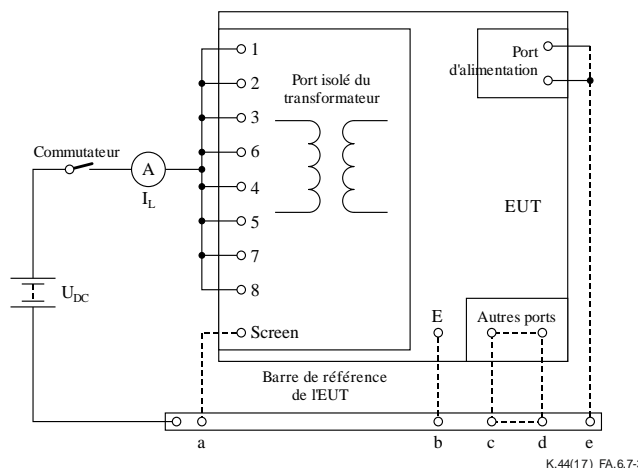


Commutateur en position A: Test PoE Mode A, bornes d'alimentation 2-3/6  
 Commutateur en position B: Test PoE Mode B, bornes d'alimentation 4/5-7/8  
 a = connexion RJ45 par câble de l'écran de protection  
 b = connexion de la terre fonctionnelle ou de la terre de protection de l'EUT  
 c à d = bornes de tous les autres ports de signal  
 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 sont les numéros des broches de la connexion Ethernet RJ45  
 R = résistance de limitation de courant en série  
 R1 = résistance shunt facultative

NOTE – Pour les équipements d'alimentation (PSE), les équipements d'alimentation intermédiaires et les ports de dispositifs alimentés (PD), il convient de réaliser le test avec le commutateur en position A et en position B. S'il est spécifié quelles paires de l'équipement d'alimentation transportent l'énergie, le test ne doit être réalisé que sur ces paires.

K.44(17)\_FA.6.7-2

**Figure A.6.7-2 – Circuit de test de surtension transversale/différentielle pour une paire d'alimentation d'un port Ethernet PoE**

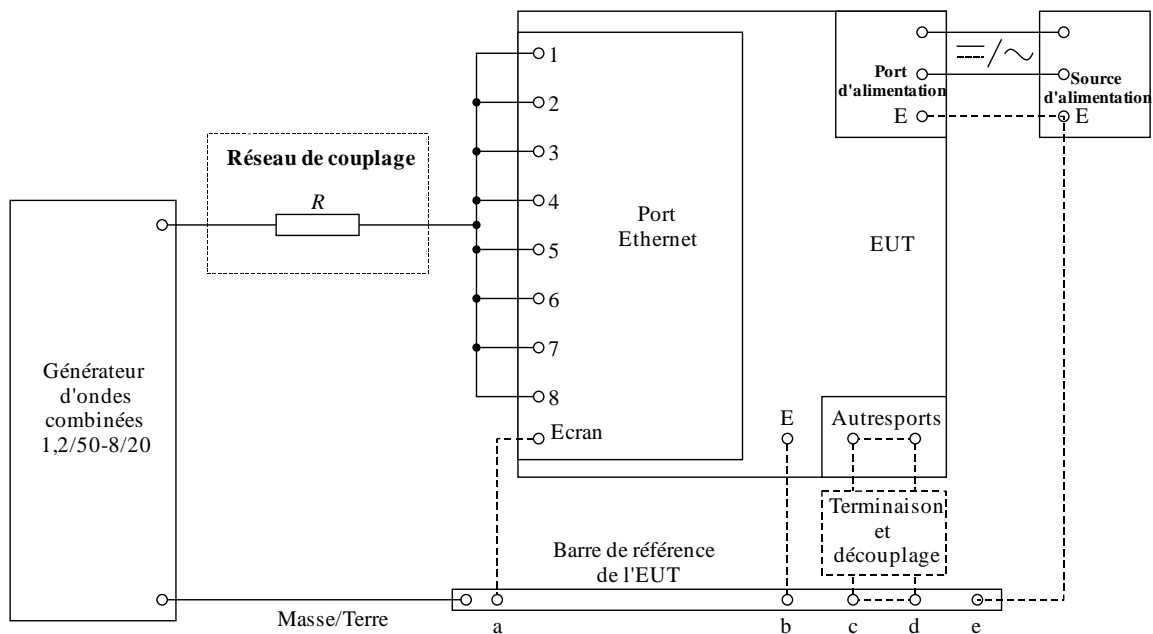


K.44(17)\_FA.6.7-3

$U_{DC}$  = tension d.c. de test (limitée à 100 mA)  
 SW = commutateur fermé pour les mesures d'intensité  
 A = ampèremètre utilisé afin de mesurer le courant de fuite,  $I_L$   
 Résistance d'isolement =  $U_{DC}/I_L$

Connexions de référence des noeuds du circuit secondaire:  
 a = connexion RJ45 par câble de l'écran de protection  
 b = connexion de la terre fonctionnelle ou de la terre de protection de l'EUT  
 c à d = bornes de tous les autres ports de signal  
 e = bornes du port d'alimentation

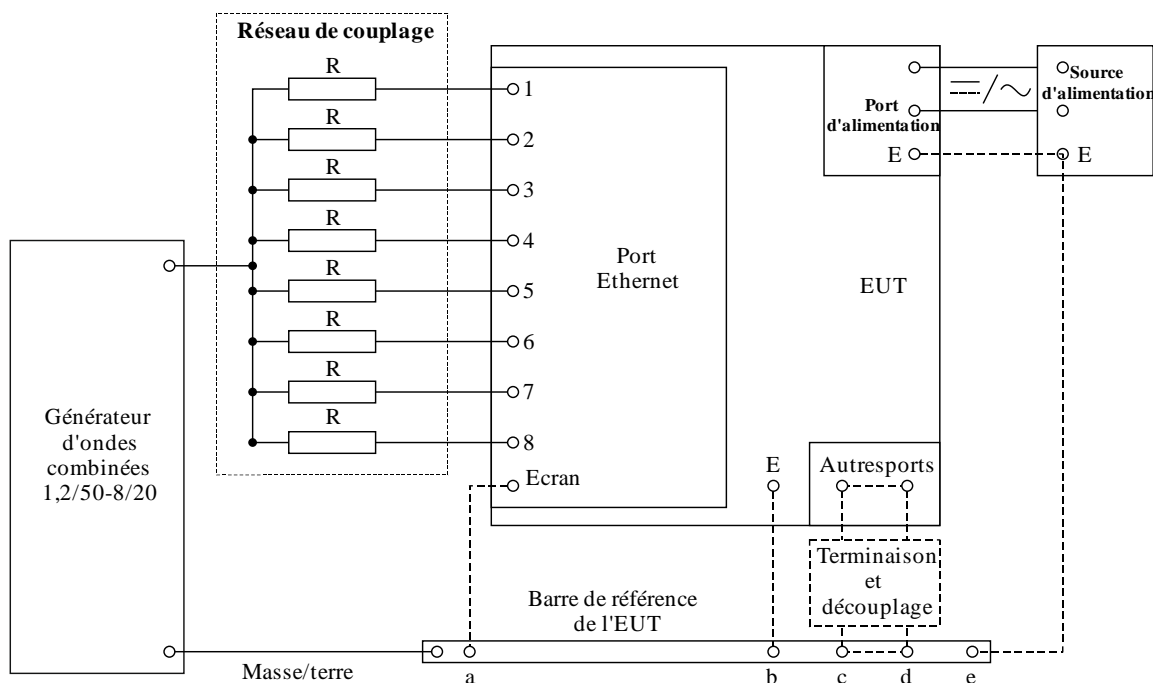
**Figure A.6.7-3 – Circuit de test de la résistance d'isolement d.c. pour un port Ethernet**



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 sont les numéros des broches de la connexion Ethernet Rj45  
 a = connexion RJ45 par câble de l'écran de protection pour les connexions STP<sub>E</sub>  
 b = connexion de la terre fonctionnelle ou de la terre de protection de l'EUT  
 c à d = bornes de tous les autres ports de signal

K.44(17)\_FA.6.7-3a

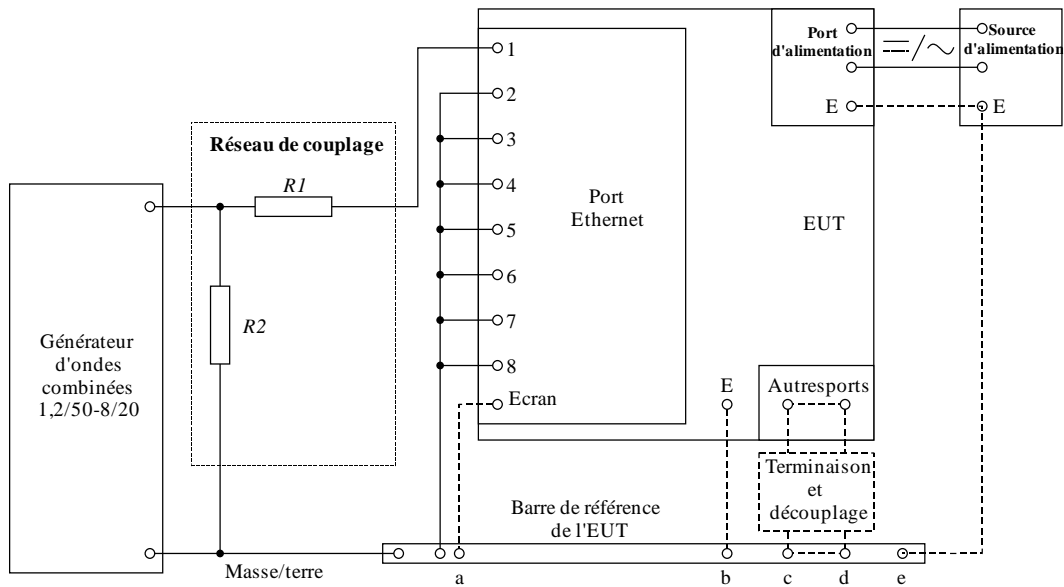
**Figure A.6.7-3a – Circuit de test longitudinal/en mode commun de la tenue pour un port Ethernet**



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 sont les numéros des broches de la connexion Ethernet Rj45  
 a = connexion RJ45 par câble de l'écran de protection pour les connexions STP<sub>E</sub>  
 b = connexion de la terre fonctionnelle ou de la terre de protection de l'EUT  
 c à d = bornes de tous les autres ports de signal

K.44(17)\_FA.6.7-4

**Figure A.6.7-4 – Circuit de test de surtension longitudinale/en mode commun sur un port Ethernet**

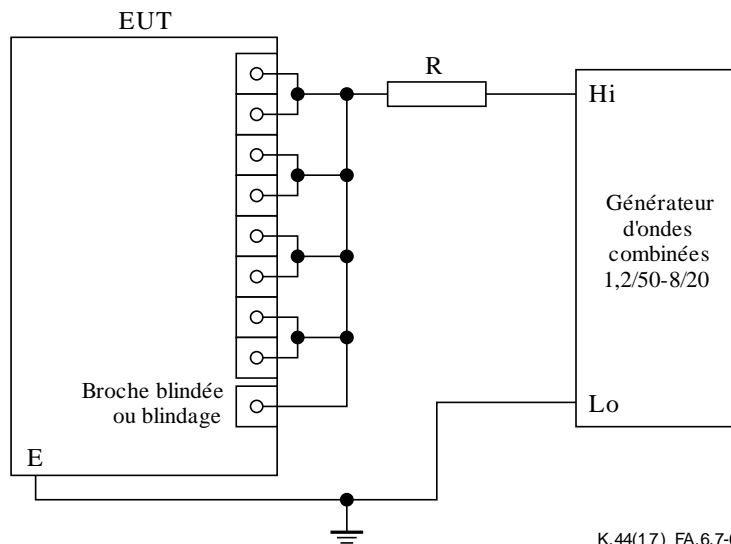


1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 sont les numéros des broches de la connexion Ethernet Rj45  
 a = connexion RJ45 par câble de l'écran de protection pour les connexions STP<sub>E</sub>  
 b = connexion de la terre fonctionnelle ou de la terre de protection de l'EUT  
 c à d = bornes de tous les autres ports de signal

K.44(17)\_FA.6.7-5

NOTE – Ce test est effectué séparément sur chaque borne de chaque paire (1, 3, 4 et 7) reliée l'une après l'autre au générateur, les autres bornes étant reliées à la barre de référence de l'EUT.

**Figure A.6.7-5 – Circuit de test de surtension transversale/différentielle sur un port Ethernet**



K.44(17)\_FA.6.7-6

**Figure A.6.7-6 – Test d'une paire torsadée blindée Ethernet (STP<sub>E</sub>)**

## Appendice I

### Explications illustrant les conditions de test

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

#### I.1 Réalisation des tests

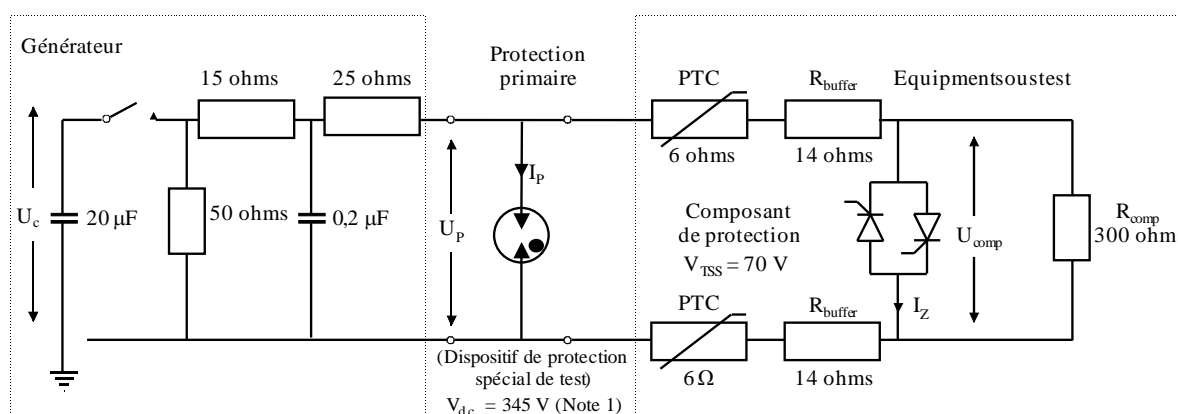
##### I.1.1 Généralités

Afin de vérifier que l'équipement répond aux critères d'acceptation spécifiés à toutes les tensions et à toutes les intensités jusqu'au niveau de test maximal, il faut soit utiliser toute une gamme de tensions et d'intensités comprises entre zéro et le niveau maximal spécifié, soit procéder à des "tests intelligents". Les paragraphes I.1.2 à I.1.4 donnent des indications concernant les "tests intelligents" destinés à réduire au minimum le nombre de niveaux de test tout en assurant que les tests appropriés sont effectués.

##### I.1.2 Tests de surtension due à la foudre

Il est nécessaire d'utiliser des tensions de test spécifiques pour vérifier qu'il n'existe aucune gamme de valeurs correspondant à une détérioration de l'équipement. Ces tensions de test spécifiques sont déterminées compte tenu des points de fonctionnement de composants tels que le dispositif de protection primaire (GDT ou SSA) et les dispositifs de protection de type commutateur intégrés à l'équipement. L'utilisation d'un circuit de ligne comportant une résistance PTC de 6  $\Omega$  et une résistance de 14  $\Omega$  en série (20  $\Omega$  au total) ainsi qu'un dispositif de protection inhérente de type commutateur shunt illustre le mode de détermination de ces tensions de test. Ce circuit de ligne indiqué à titre d'exemple ainsi que le générateur de test et le dispositif de protection primaire sont représentés à la Figure I.1-1. Hormis le générateur de test, la configuration du circuit et les valeurs des composants ont été choisies uniquement à titre d'exemple et ne sont aucunement présentées en tant que pratique recommandée.

Lorsqu'on fait croître progressivement la tension de charge  $U_c$ , les différents composants sont soumis à des tensions, à des intensités et à des énergies différentes.



NOTE 1 –Dispositif de protection spécial de test pour protecteur primaire 230 V

NOTE 2 –En pratique, la résistance totale constituée de  $R_{buffer}$  et de la résistance PTC peut varier entre 10 et 100  $\Omega$  tandis que  $R_{comp}$  peut également prendre des valeurs différentes

Figure I.1-1 – Exemple de circuit de ligne avec indication des valeurs de tension et d'intensité

Le circuit ci-dessus est un exemple de circuit de ligne à faible impédance d'entrée lorsque le dispositif de protection inhérente fonctionne. Dans les zones exposées aux surtensions, l'équipement est doté d'une protection nominale grâce au parafoudre à semi-conducteurs ou à gaz du répartiteur principal. On suppose que ce circuit sera protégé par un parafoudre à gaz de 230 V de tension nominale et que le dispositif de protection primaire a été remplacé par un parafoudre à gaz caractérisé par une tension continue d'amorçage de 345 V, tel qu'indiqué au § 8.4.1 (c'est-à-dire  $300 \text{ V DC}_{\text{mx}}$  multiplié par 1,15). Le circuit illustré est destiné à être utilisé pour des tests transversaux/différentiels, voir la Figure A.6.1-1a. Dans un souci de simplicité du circuit, on n'a représenté ni élément de couplage ou de découplage ni équipement auxiliaire. Les chiffres indiqués correspondent uniquement au cas de polarité positive. La résistance  $R_{\text{comp}}$  de  $300 \Omega$  représente l'impédance transversale/différentielle des composants à protéger.

$R_{\text{buffer}}$  désigne une résistance supplémentaire. La valeur de la résistance totale  $R_{\text{buffer}} + \text{PTC}$  peut varier en pratique de 10 à  $100 \Omega$ . Cette résistance, conjointement avec la résistance PTC, fait office de résistance tampon entre le dispositif de protection primaire et la protection inhérente, assurant ainsi la coordination de ces deux éléments. L'impédance d'entrée (résistive) de l'équipement sous test lorsque la protection inhérente est activée est de  $2 \times (6 + 14)$ . Dans certaines applications, les résistances PTC et  $R_p$  pourront se situer au niveau du répartiteur principal, en association avec le dispositif de protection primaire. Il convient de signaler que l'installation des résistances PTC et  $R_p$  au niveau du répartiteur principal n'est pas une pratique recommandée; en effet certains exploitants sont parfois équipés de répartiteurs principaux qui n'acceptent pas les impédances série. Par ailleurs, il vaut mieux que les résistances PTC soient à la température du circuit de ligne. Dans certains cas toutefois, il peut être nécessaire d'installer les résistances PTC ou d'autres types de dispositifs de protection contre les surintensités au niveau du répartiteur principal (à toutes fins utiles, on se reportera à la Recommandation [b-UIT-T K.82]).

$R_{\text{comp}}$  désigne la résistance du circuit. Sa valeur peut varier en fonction de l'intensité du courant et de la fréquence. Toutefois l'intensité maximale du courant qui circule normalement à travers  $R_{\text{comp}}$  est inférieure à 0,2 A. Cette valeur est négligeable par comparaison à l'intensité qui traverse le dispositif de protection inhérente quand il a fonctionné.

La protection inhérente est assurée par un dispositif de type thyristor.

Afin de tester l'immunité de l'équipement de manière approfondie, il est nécessaire de tester l'équipement avec un certain nombre de valeurs différentes pour  $U_c$ .

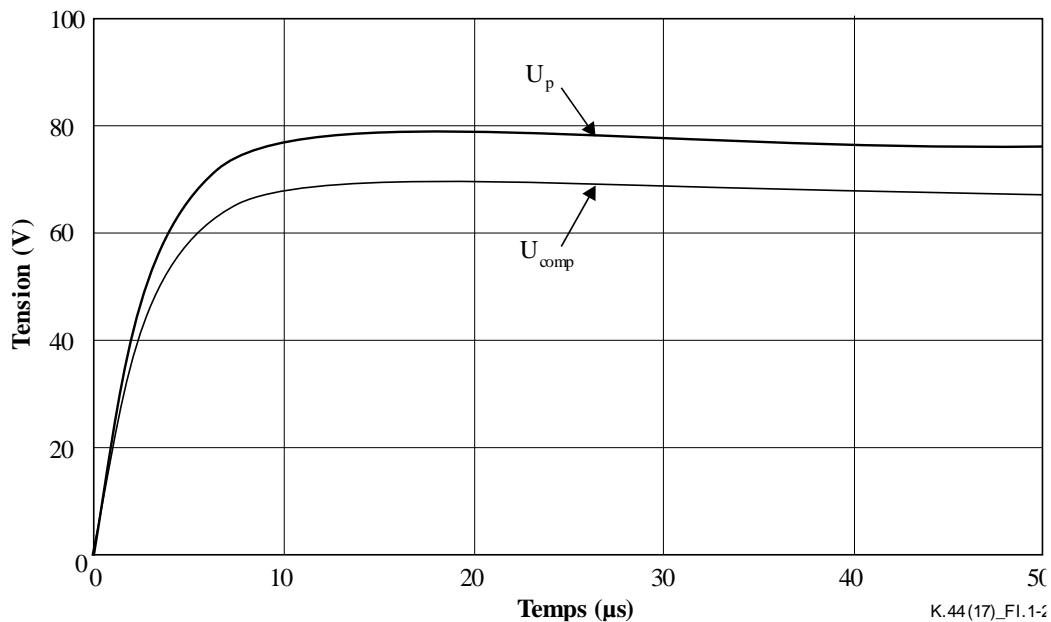
#### **I.1.2.1 Test de protection inhérente**

La valeur de  $U_c$  est donnée dans la Recommandation de produit. Le générateur est réglé de manière à appliquer les surtensions nécessaires.

#### **I.1.2.2 Test de coordination des dispositifs de protection secondaire**

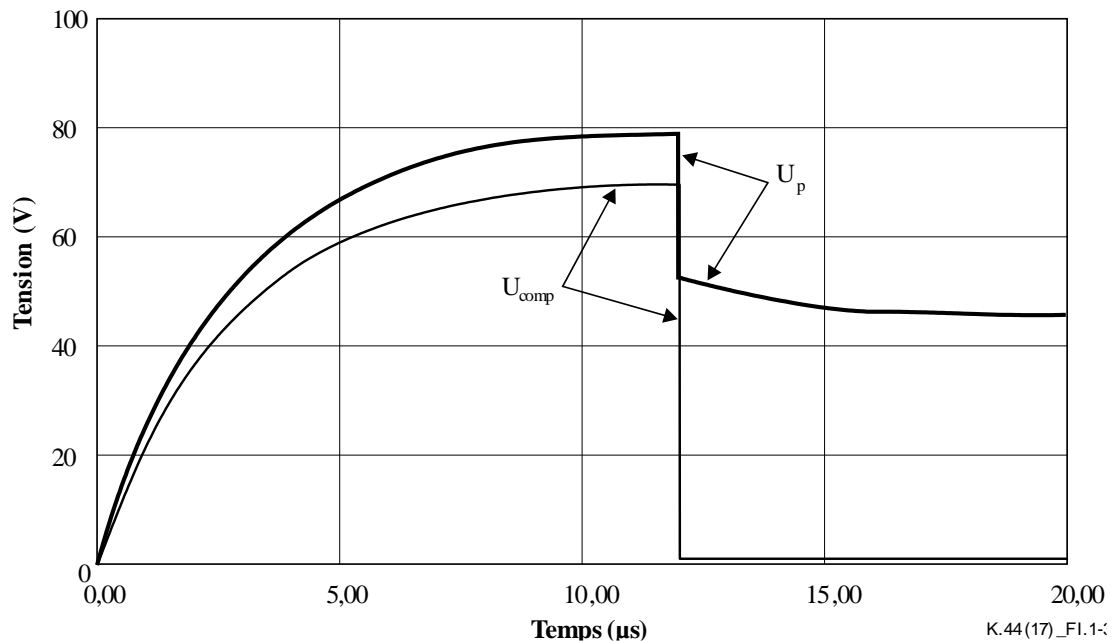
Si l'équipement contient un dispositif de protection inhérente de type commutateur, par exemple, un thyristor, la valeur de  $U_c$  est adaptée afin que la surtension produite soit immédiatement inférieure à celle qui activerait ce dispositif. Dans le circuit de ligne indiqué à titre d'exemple, le thyristor est passant dès que sa tension de commutation, généralement de l'ordre de 70 V, est dépassée. Après la commutation du thyristor, la chute de tension est limitée à 1 ou 2 V.

Une tension  $U_c$  de 90 V se traduit par une tension de 69 V aux bornes de  $R_{\text{comp}}$  et par l'absence de courant dans le thyristor (voir Figure I.1-2). Cette situation correspond à la sollicitation la plus intense des composants et il convient alors d'appliquer dix surtensions de polarités alternées.



**Figure I.1-2 – Tensions correspondant à une valeur  $U_c$  telle que  $U_{comp} = 69 \text{ V}$**

Avec une tension  $U_c$  de 92 V, la tension aux bornes de  $R_{comp}$  dépasse 70 V, le dispositif de protection inhérente fonctionne et un courant circule à travers les résistances PTC et les résistances de 14  $\Omega$ , voir Figure I.1-3. Cela a pour effet de limiter à 70 V la tension aux bornes des composants à protéger.

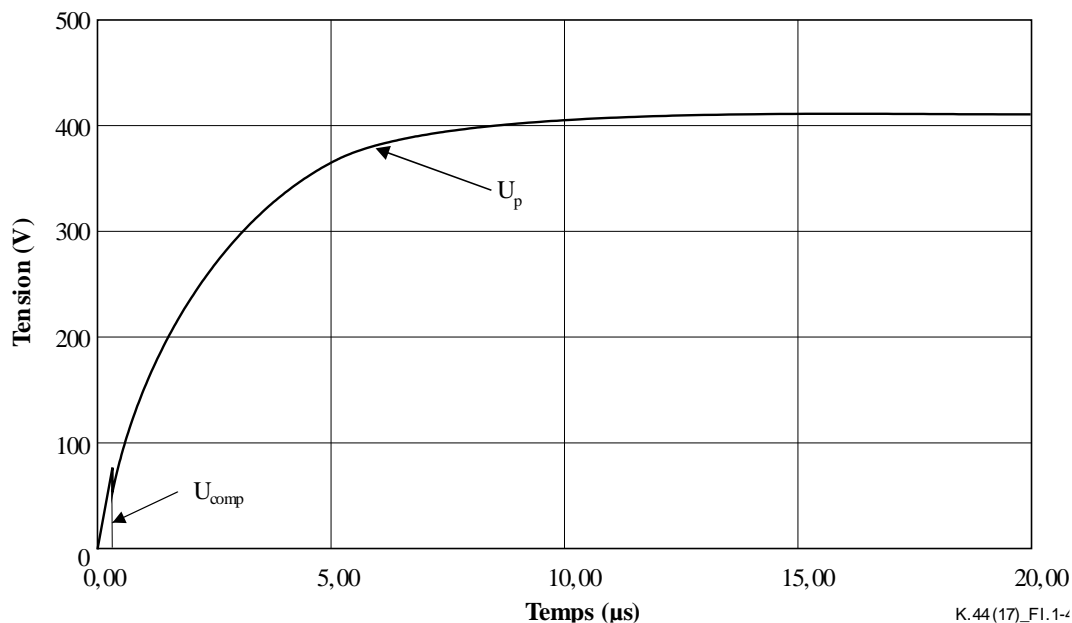


**Figure I.1-3 – Tensions correspondant à une valeur  $U_c$  telle que  $U_{comp} = 70 \text{ V}$**

### I.1.2.3 Test de coordination des dispositifs de protection primaire

Si l'équipement sera protégé par un dispositif de protection primaire de type commutateur, par exemple, un parafoudre à gaz, la valeur de  $U_c$  est adaptée afin que la surtension produite soit immédiatement inférieure à celle qui activerait ce dispositif. En augmentant la tension de charge  $U_c$ , la tension aux bornes des résistances PTC et des résistances de 14  $\Omega$  et l'intensité qui y circule augmenteront jusqu'à ce que la tension de charge soit juste au-dessous du niveau d'activation de la protection primaire (voir Figure I.1-4). Dans le circuit de ligne indiqué à titre d'exemple, une tension de charge  $U_c$  de 843 V correspond à la sollicitation maximale des résistances PTC et des résistances

de  $14 \Omega$  et il convient alors d'appliquer dix surtensions de polarités alternées. La Figure I.1-4 représente la valeur maximale de l'onde de tension de forme 10/700  $\mu\text{s}$  produite à l'entrée de l'équipement.

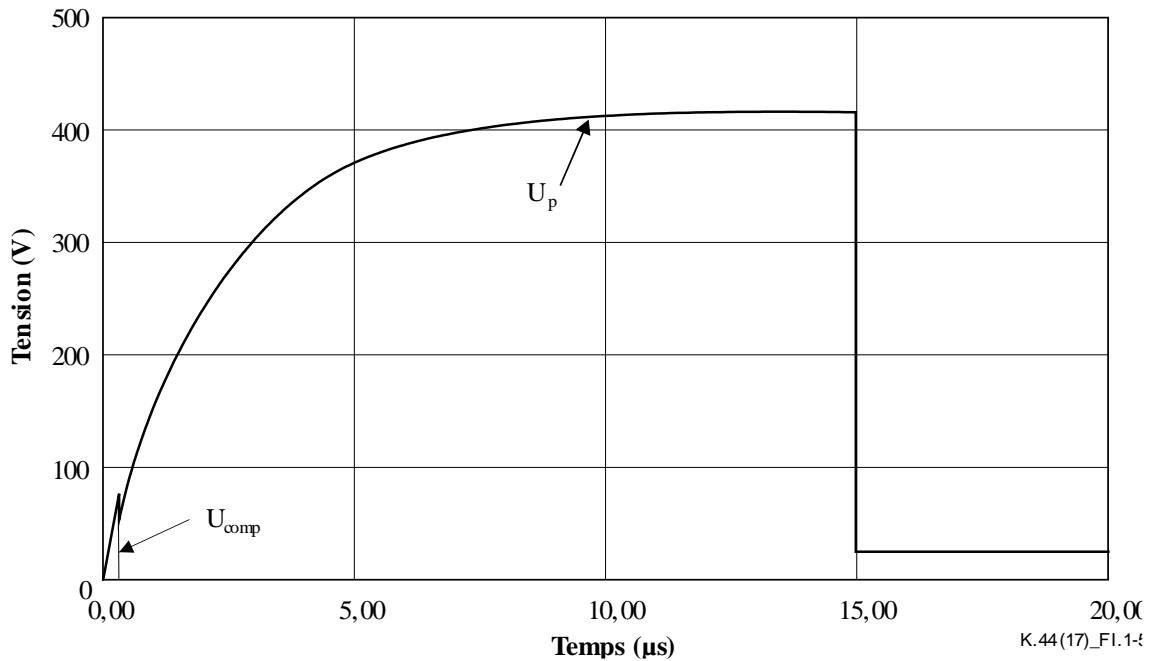


**Figure I.1-4 – Tensions correspondant à une valeur  $U_c$  telle que  $U_p$  soit juste au-dessous de la tension d'amorçage du parafoudre à gaz**

Avec une tension  $U_c$  de 855 V, la protection primaire est activée, la tension  $U_p$  tombe à une valeur inférieure (généralement environ 25 V). L'intensité du courant  $I_z$  qui circule dans l'équipement tombe à une valeur très faible et devient pratiquement indépendante de  $U_c$ .

La Figure I.1-5 représente la tension  $U_p$  mesurée aux bornes du dispositif de protection primaire, ainsi que la tension aux bornes des résistances PTC et des résistances de  $14 \Omega$ , pour une tension de charge  $U_c$  de 855 V et en présence d'un parafoudre à gaz caractérisé par une tension continue de claquage de 345 V (tension d'amorçage du dispositif de protection spécial de test utilisé lorsque la protection primaire agréée est constituée par un parafoudre à gaz de 230 V de tension nominale). Les différentes valeurs de l'intensité peuvent être calculées d'après les tensions. La protection primaire utilisée s'est déclenchée au bout de 15  $\mu\text{s}$  et la tension maximale aux bornes du parafoudre à gaz était de 420 V.

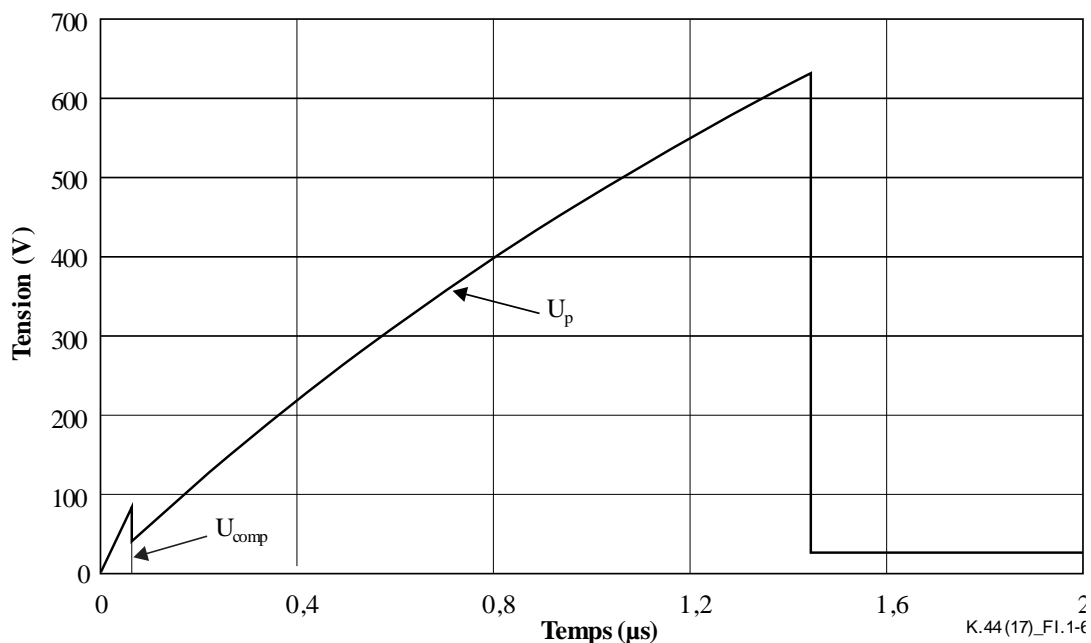
Il convient de signaler que si le dispositif de protection primaire n'est pas activé au cours de la montée, il peut encore fonctionner au cours de la période de décroissance, puisque la tension reste pratiquement constante pendant la phase initiale de cette période. Si le parafoudre à gaz est activé au cours de la période de décroissance, sa tension de claquage est plus faible et se rapproche de sa tension continue de claquage.



**Figure I.1-5 – Tension  $U_p$  aux bornes du dispositif de protection spécial de test pour une tension de charge  $U_c$  de 855 V**

#### I.1.2.4 Test de $U_{c(max)}$

La Figure I.1-6 représente la tension  $U_p$  relevée aux bornes du dispositif de protection primaire ainsi que la tension aux bornes des résistances PTC et des résistances de  $14 \Omega$  pour une tension de charge  $U_c$  de 4 kV. La protection primaire a été activée au bout de  $1,5 \mu s$  et la tension maximale aux bornes du parafoudre à gaz est de 632 V. Bien que la tension soit plus élevée, le niveau de contrainte liée à la surtension transmis à l'équipement est plus faible.

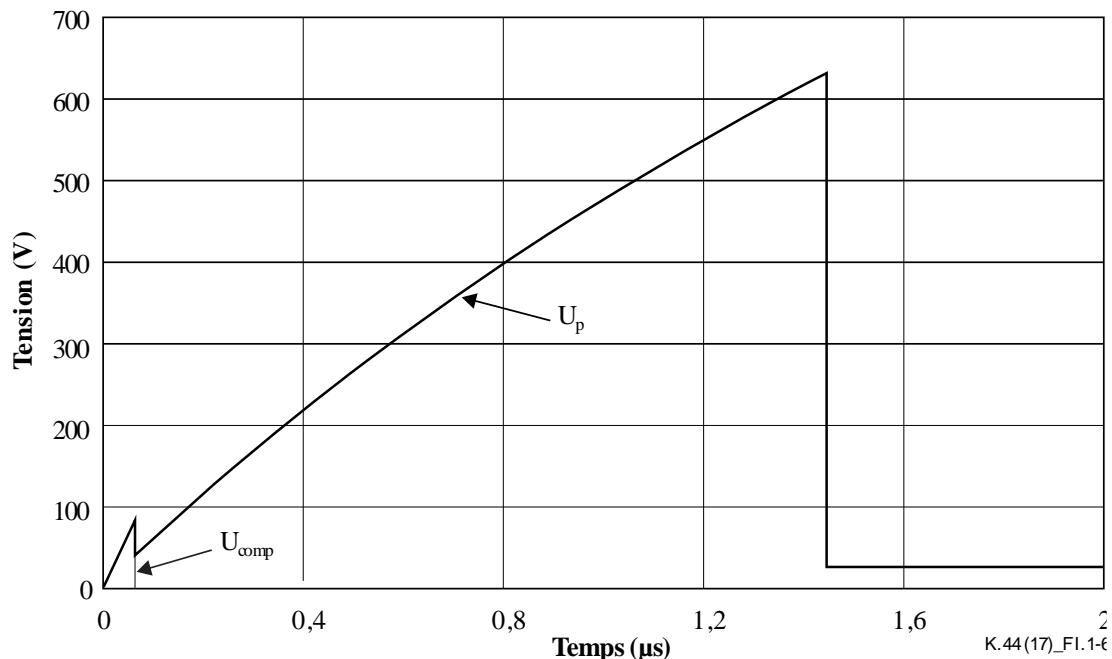


**Figure I.1-6 – Tension  $U_p$  aux bornes du dispositif de protection spécial de test pour une tension de charge  $U_c$  de 4 kV**



### I.1.2.5 Incidence d'une tension $U_{c(max)}$ supérieure

La Figure I.1-7 représente la tension  $U_p$  mesurée aux bornes de la protection primaire et la tension aux bornes des résistances PTC et des résistances de  $14 \Omega$  pour une tension de charge  $U_c$  de 10 kV. La protection primaire est activée après  $0,5 \mu s$  et la tension maximale aux bornes du parafoudre à gaz est de 690 V. Bien que la tension soit plus élevée, le niveau de contrainte liée à la surtension transmis à l'équipement est plus faible.



**Figure I.1-7 – Tension  $U_p$  aux bornes du dispositif de protection spécial de test pour une tension de charge  $U_c$  de 10 kV**

Cet exemple, qui correspond à six tensions de charge différentes, met en évidence l'importance de la connaissance des caractéristiques de la protection primaire et de la protection inhérente afin de garantir une bonne coordination entre l'équipement et ces deux types de protection.

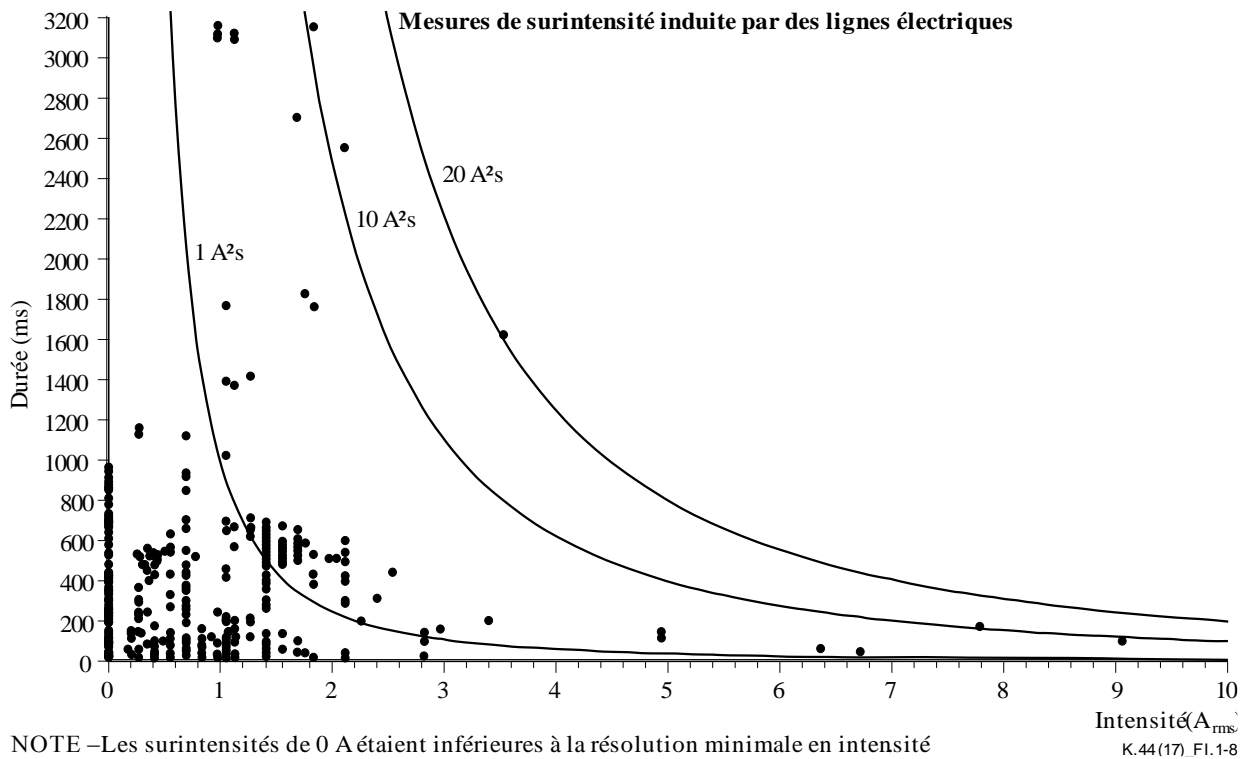
### I.1.3 Induction de courant par les lignes électriques

Les risques de tensions induites sont plus grands sur les lignes longues et dans le cas général où les lignes de raccordement d'abonné n'ont pas une faible résistance de mise à la terre. On peut considérer que la tension induite  $E$  a une impédance de source élevée, constituée d'une résistance ohmique de  $600 \Omega$  en série, avec une capacité entre ligne et terre de  $0,33 \mu F$  tel qu'indiqué à la Figure I.1-9. Le téléphone est représenté par une résistance de  $100 \Omega$  et par son interrupteur de décrochage. Les parafoudres à gaz représentés sur la Figure I.1-9 ne sont indispensables que sur les lignes très exposées. Toutefois, en raison de la libéralisation des équipements des locaux client (CPE, *customer premises equipment*), on peut trouver de telles protections sur des lignes moins exposées. Ces parafoudres à gaz s'amorcent du côté raccordement d'abonné dans le cas d'une induction d'énergie de courte durée et mettent en court-circuit le téléphone et les capacités de ligne. Pour cette raison, le circuit de test représenté à la Figure A.3-6 est constitué uniquement de la tension induite  $E = U_{a.c.}$  et des résistances ohmiques  $R$ .

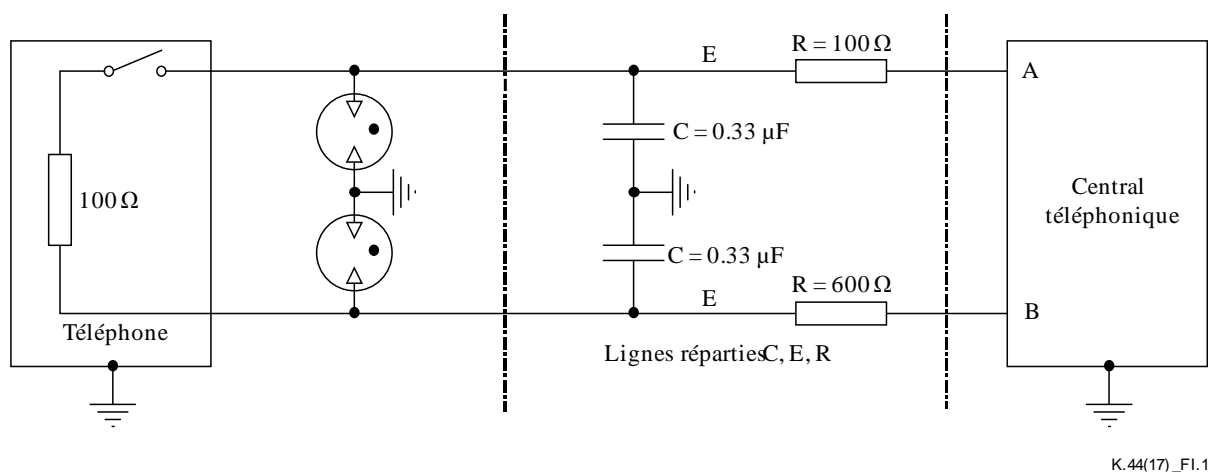
Il ressort des observations réalisées au cours d'orages que, dans certains centraux, les tensions induites par les lignes électriques détériorent un grand nombre de cartes d'abonnés; toutefois ces observations apparaissent uniquement dans les zones rurales exposées. Les courants induits dans de telles lignes et endommageant les cartes d'abonnés ont été mesurés dans quelques cas; on a observé ainsi des valeurs de 4 à 6 A, et des durées de 200 à 500 ms, soit des valeurs de  $I^2t$  pouvant atteindre 10-20  $A^2s$ . La Figure I.1-8 représente des mesures d'induction par des lignes électriques réalisées en Australie.

Il a été estimé que ces surintensités, présentant des valeurs de  $I^2t$  élevées, constituaient des événements rares; aussi a-t-on décidé que le test d'induction, avec une protection primaire agréée, devrait simuler une surintensité ayant une valeur de  $I^2t$  d'environ  $1 \text{ A}^2\text{s}$  pour la spécification d'immunité de base, et de  $10 \text{ A}^2\text{s}$  pour la spécification d'immunité renforcée.

Comme la plupart des laboratoires de test disposaient seulement d'un circuit de test pour une tension maximale de 600 V, il a été convenu de fixer, pour le test d'induction correspondant à la spécification de base, cette tension maximale  $U_{a.c.(max)}$  à 600 V et d'allonger la durée de test à 1 s.

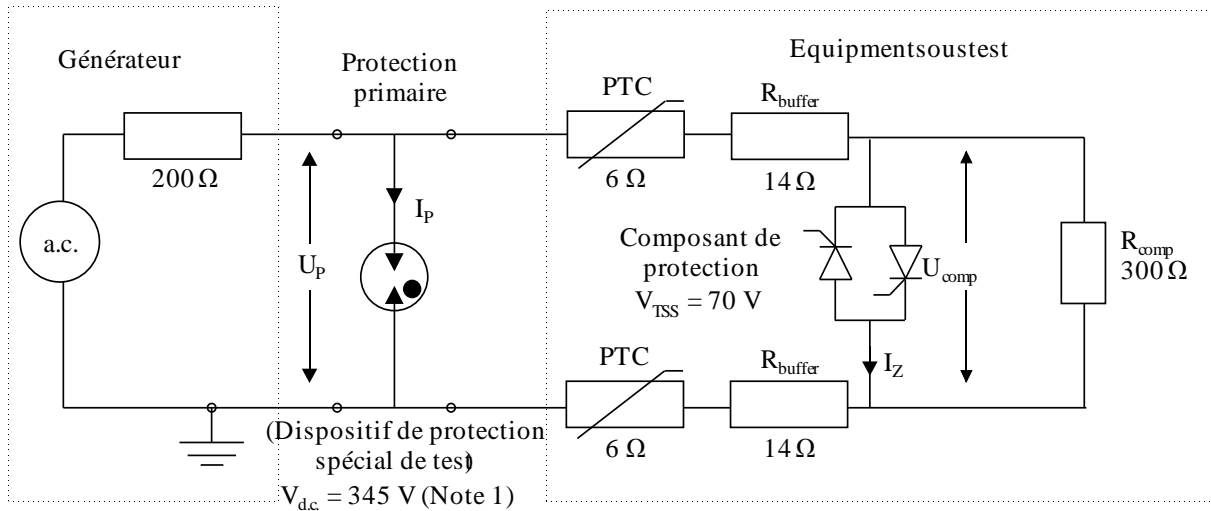


**Figure I.1-8 – Tests d'induction par les lignes électriques – Mesures de surintensité réalisées en Australie**



**Figure I.1-9 – Circuit équivalent d'une ligne de télécommunication pendant une induction par les lignes électriques**

Comme pour le test de surtension due à la foudre, il faut également prendre soin d'effectuer les tests d'induction par les lignes électriques en tenant compte de la nécessité de procéder à des niveaux de tension déterminés. La Figure I.1-10 donne un exemple de circuit de ligne utilisant une résistance à coefficient de température positif, ainsi qu'un dispositif de protection de type commutateur. Pendant les tests, les paramètres  $U_p$ ,  $I_p$ ,  $U_{comp}$  et  $I_z$  ont été observées afin de contrôler le fonctionnement des différents composants. Le fonctionnement interne de l'équipement a été surveillé afin d'aider les concepteurs et les personnes qui effectuent les tests à mieux comprendre les difficultés à résoudre pour procéder aux tests. Durant les tests d'homologation de type il n'est pas nécessaire de surveiller les paramètres internes de l'équipement.



NOTE 1 – Dispositif de protection spécial de test pour un dispositif de protection primaire de 230 V

NOTE 2 – En pratique, la résistance totale constituée de  $R_{buffer}$  et de la résistance PTC peut varier entre 10 et 100  $\Omega$  tandis que  $R_{comp}$  peut également prendre des valeurs différentes

K.44(17)\_Fl.1-1C

**Figure I.1-10 – Exemple de circuit**

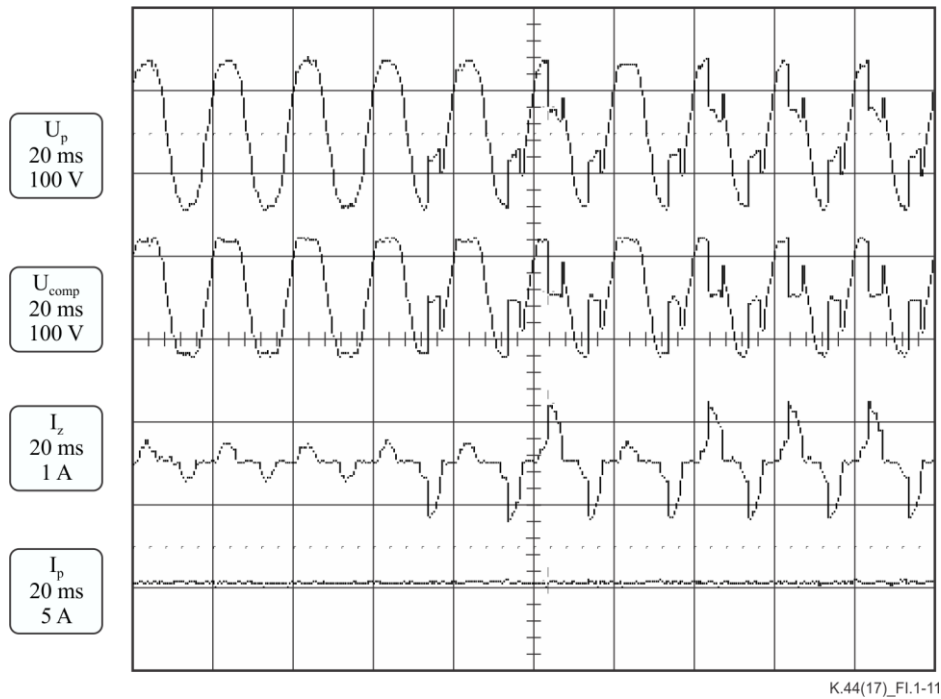
De même que pour les tests de surtension due à la foudre, les tests d'induction de courant par des lignes électriques doivent être réalisés à des niveaux de test déterminés.

### I.1.3.1 Test de protection inhérente

Les valeurs de  $U_{a.c.}$  et de la durée sont données dans la Recommandation de produit. Le générateur est réglé de manière à appliquer les surtensions nécessaires

### I.1.3.2 Test de coordination des dispositifs de protection secondaire

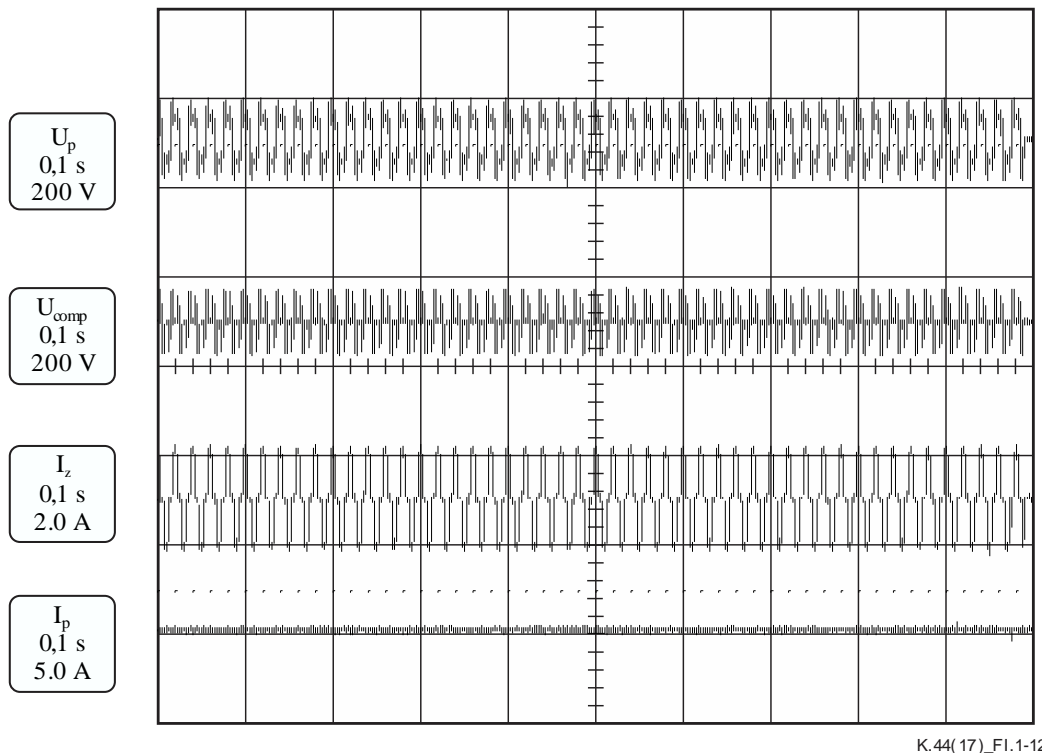
Si l'équipement contient un dispositif de protection inhérente de type commutateur, par exemple, un thyristor, la valeur de  $U_c$  est adaptée afin que la surtension produite soit immédiatement inférieure à celle qui activerait ce dispositif. Lorsque la tension de test augmente à partir de zéro volt, on constate que les dispositifs à commutation se déclenchent lorsque la tension atteint sa valeur de crête (voir Figure I.1-11). Cela peut être dû à une augmentation marginale de la tension du générateur. Une tension de générateur immédiatement inférieure à celle qui active la protection inhérente, dans le cas des dispositifs de protection inhérente de type commutateur et de type "foldback", correspond à la sollicitation maximale en tension des composants à protéger. Il convient d'appliquer cinq surtensions, avec une tension de générateur fixée à une valeur immédiatement inférieure à celle qui active la protection inhérente.



**Figure I.1-11 –  $U_{a.c.} = 127 V_{rms}$  (déclenchement du dispositif de protection inhérente commutation)**

### I.1.3.3 Test de fonctionnement des dispositifs de protection secondaire

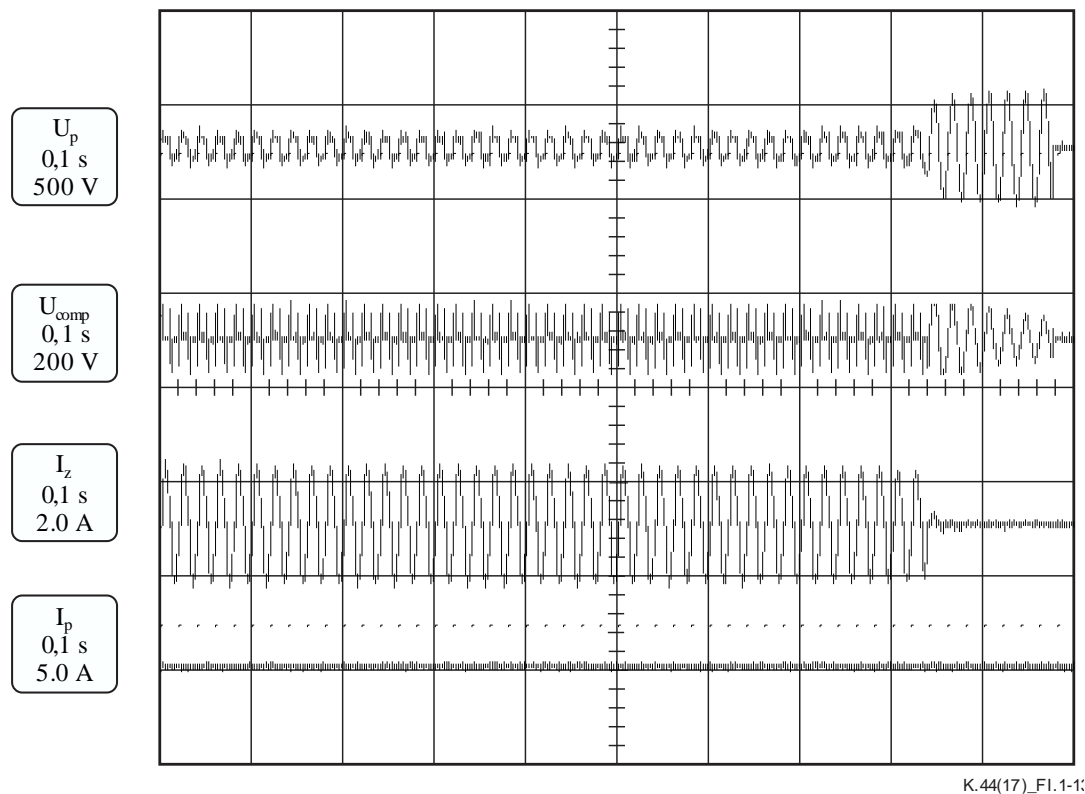
Lorsqu'on continue à augmenter la tension, on observe que les dispositifs à commutation fonctionnent pendant toute la durée de test mais la résistance PTC ne bascule pas car elle ne chauffe pas assez (voir Figure I.1.12). Il convient d'appliquer cinq surtensions avec cette tension de générateur. Ce test s'applique que des résistances PTC soient présentes ou non.



**Figure I.1-12 –  $U_{a.c.} = 200 V_{rms}$  (le dispositif de protection inhérente à commutation fonctionne mais la résistance PTC ne bascule pas)**

### I.1.3.4 Energie minimale pour déclencher les résistances PTC

Ce test s'applique uniquement si l'équipement comporte des résistances PTC. Lorsqu'on continue à augmenter la tension  $U_{a.c.}$ , la résistance PTC fonctionne à la fin du test. Dans certains cas, il se peut que la valeur de  $U_{a.c.}$  ne soit pas suffisamment élevée pour déclencher le fonctionnement du dispositif de protection spécial de test (voir Figure I.1-13). Il convient d'appliquer cinq surtensions avec cette tension de générateur.



**Figure I.1-13 –  $U_{a.c.} = 220 V_{rms}$  (la résistance PTC fonctionne à la fin du test (2s), la tension est inférieure à la tension d'amorçage du dispositif de protection spécial de test)**

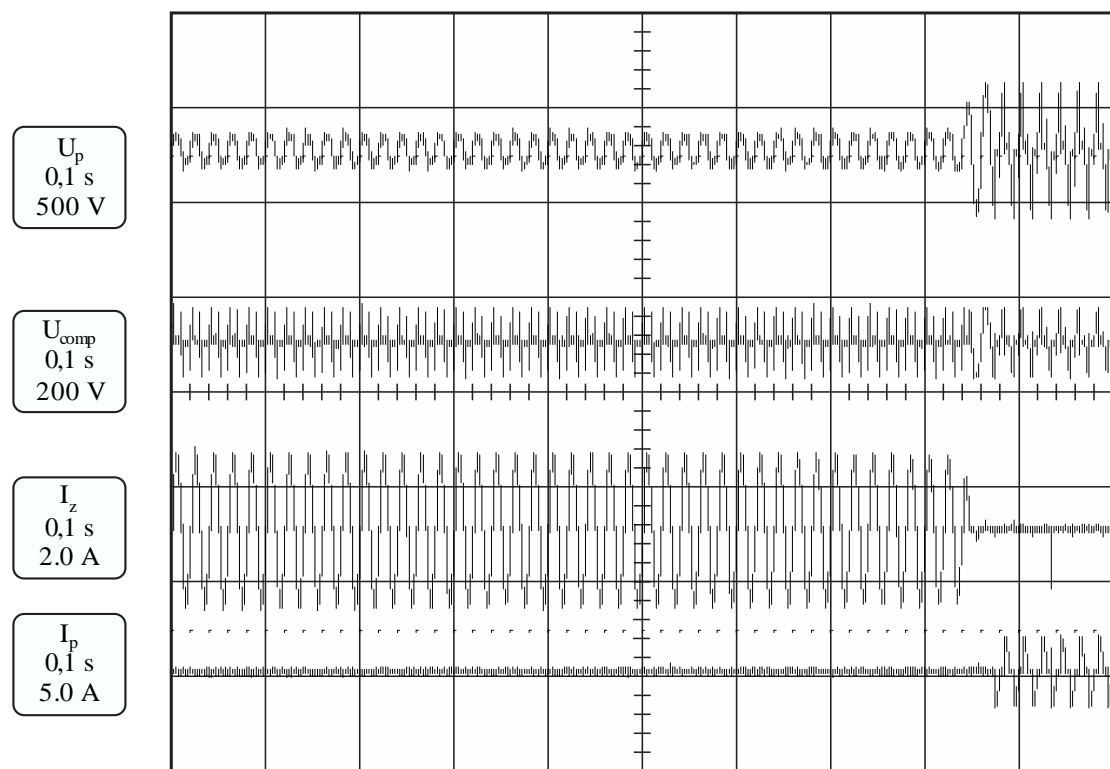
### I.1.3.5 Test de coordination des dispositifs de protection primaire

#### I.1.3.5.1 Test de coordination des dispositifs de protection primaire pour les équipements ne comportant pas des résistances PTC

Lorsqu'on continue à augmenter la tension  $U_{a.c.}$ , le dispositif de protection spécial de test se déclenchera. La tension  $U_{a.c.}$  est abaissée d'une valeur minimale tant que le dispositif de protection spécial de test ne fonctionne pas et il convient d'appliquer cinq surtensions.

#### I.1.3.5.2 Test de coordination du dispositif de protection primaire pour les équipements comportant des résistances PTC

Lorsqu'on continue à augmenter la tension  $U_{a.c.}$ , le dispositif de protection spécial de test se déclenchera à la fin du test (voir Figure I.1-14). Il convient d'appliquer cinq surtensions avec cette tension de générateur.



K.44(17) FI.1-14

**Figure I.1-14 –  $U_{a.c.} = 280 V_{rms}$  (le dispositif de protection spécial de test fonctionne)**

### I.1.3.6 Test de $U_{a.c.(max)}$

Il faut en outre appliquer cinq surtensions avec le générateur réglé sur la valeur  $U_{a.c.(max)}$  puisqu'il s'agit du point de sollicitation maximale en intensité de la résistance PTC.

Dans tous les cas où la résistance PTC fonctionne, il pourra être nécessaire d'espacer les surtensions d'environ quinze minutes pour permettre le refroidissement de cette résistance.

### I.1.4 Contact avec des lignes électriques

Il peut se produire des surtensions dues à un contact avec des lignes électriques, dont l'amplitude peut atteindre la tension de secteur. La tension maximale nominale est de  $240 V_{rms}$ . La résistance mesurée entre la source et l'équipement est censée prendre une valeur comprise entre  $10 \Omega$  et  $1000 \Omega$ .

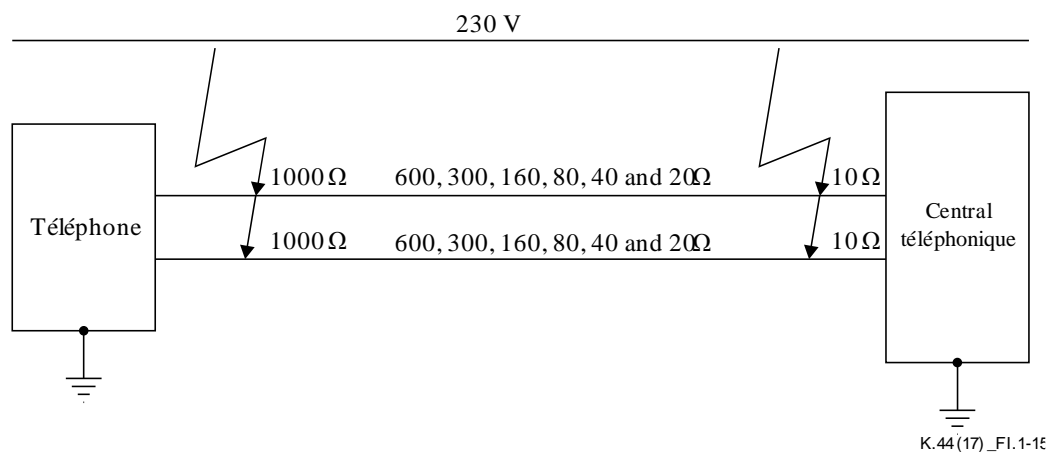
Il peut se produire un contact direct avec des lignes électriques, par exemple en cas de défaut des lignes ou du câble de réseau, lorsque l'équipement des locaux client est défectueux ou non homologué ou pour d'autres raisons. Il peut arriver que le contact ne fasse pas fonctionner le disjoncteur du réseau de distribution. Les courants alternatifs dus à un contact direct peuvent avoir pour effet de rendre difficile et coûteuse une protection efficace. Ces événements étant rares, on n'exige pas que l'équipement résiste à des surtensions ou à des surintensités résultant des contacts directs et l'on admet qu'il puisse y avoir des dommages limités à un niveau acceptable.

L'équipement peut être exposé aux dangers particuliers ci-après:

- contact à proximité de l'équipement, là où la résistance combinée du circuit du câble et de la terminaison de l'équipement est faible et où l'intensité du courant est élevée. Cette condition est simulée dans le test de la Figure I.1-15 par une résistance de  $10 \Omega$ . Le courant de test peut être limité à des valeurs inférieures compte tenu des règlements nationaux;
- contact à la distance maximale de l'équipement, là où la résistance combinée du circuit du câble et de la terminaison de l'équipement est élevée et où un courant faible, mais préjudiciable, circule continuellement. Cette condition est simulée par une résistance de  $1000 \Omega$ ;

- l'expérience montre en réalité que, avec des valeurs comprises entre 10 et 1000  $\Omega$ , l'équipement est particulièrement susceptible d'être endommagé ou incendié par la surchauffe due au courant.

Le contact direct des lignes électriques se traduit généralement par une source de tension égale à la tension du secteur local. La résistance entre la source et la carte d'abonné est constituée de la résistance de ligne et de la résistance de contact du défaut. D'après les observations des conditions réelles, la situation la plus défavorable peut se produire dans un intervalle étroit de valeurs de cette résistance. Les valeurs de test suivantes sont utilisées afin de garantir que les tests prennent en compte la situation la plus défavorable: 10  $\Omega$ , 20  $\Omega$ , 40  $\Omega$ , 80  $\Omega$ , 160  $\Omega$ , 300  $\Omega$ , 600  $\Omega$  et 1000  $\Omega$ .



**Figure I.1-15 – Phénomènes de contact des lignes électriques**

A la suite d'un problème rencontré par British Telecom il a été convenu pour la présente période d'études d'utiliser ces huit valeurs de résistance pour les tests de contact de lignes électriques. Toutefois, puisque la durée de ce type de test est de 15 minutes, il a été convenu que l'utilisation des huit résistances s'avérerait trop onéreuse et que le choix de valeurs intermédiaires devait être laissé à l'expérimentateur; il a également été question d'en réduire la durée, lorsque cela ne mettait pas en cause la qualité des résultats. Dans ce cas, il convient de définir certaines directives quant au choix des résistances et de la durée des tests.

On connaît en principe trois méthodes applicables aux tests de contact de lignes électriques; elles reposent sur l'utilisation soit d'un limiteur électronique de courant (ECL), soit d'une thermistance à coefficient de température positif, soit d'un élément fusible, monté en série avec la ligne. Dans les cas de l'élément fusible et de la thermistance PTC, la situation la plus défavorable, du point de vue de l'intégrité du circuit, consiste à utiliser la résistance de test qui a pour effet de maximiser le transfert d'énergie dans le circuit. Cette valeur peut être choisie en essayant toutes les résistances et en déterminant l'énergie maximale au moyen d'un oscilloscope qui mesure la tension à l'entrée du circuit et le courant qui y circule, puis en intégrant dans le temps le produit de la tension par l'intensité.

- Un élément fusible ou une résistance sont conçus pour subir un échauffement et une rupture, empêchant ainsi le passage d'une intensité excessive dans l'équipement. Lorsqu'il faut réduire les tests au minimum, il convient d'utiliser la résistance de 10  $\Omega$  ainsi que la résistance de test qui provoque la dissipation d'énergie sous forme de chaleur maximale dans le circuit. S'il est établi que la résistance ne se contractera pas et ne rétablira pas le circuit une fois refroidie, le test peut être arrêté dès qu'il y a interruption du courant.
- Une résistance PTC est conçue pour offrir une résistance élevée au passage d'un courant excessif. Pour ce type de dispositif, l'intensité la plus défavorable est celle obtenue avec la résistance la plus faible, c'est-à-dire l'intensité de crête maximale. Lorsque les tests doivent être réduits au minimum, il convient d'utiliser la résistance de test qui provoque la dissipation d'énergie maximale dans le circuit, ainsi que la résistance de 10  $\Omega$ .

En règle générale, dès qu'une résistance PTC a basculé, le courant est limité à de faibles valeurs et aucun changement n'est observé pendant le reste du test. Toutefois, dans certains cas, le claquage de la résistance PTC a seulement commencé à la fin du test, ce qui peut provoquer un échauffement excessif et le cas échéant, un incendie. Il y a également des cas dans lesquels la résistance PTC constitue un oscillateur à relaxation doté d'une constante de temps élevée. Toutefois, et lorsqu'il est établi qu'il n'y aura pas de défaillance de la résistance pendant la durée du test ou qu'aucun autre dispositif de ce type n'en modifiera le résultat, le test peut être interrompu dès que le courant s'est stabilisé à une valeur propre à éviter une surchauffe.

Si la détermination de la résistance correspondant à la situation la plus défavorable s'avère impossible, le test doit porter sur toute la série de résistances.

### **I.1.5 Justification des conditions de test**

#### **I.1.5.1 Tests port-port et port-terre**

Il est complexe de tester correctement un équipement. Il existe de nombreux types de pratiques en matière de fabrication d'équipement, de nombreux emplacements différents pour l'équipement ainsi que de nombreux types de pratiques en ce qui concerne la mise à la terre et l'établissement de liaison équipotentielle.

On classe généralement les équipements suivant s'ils sont mis à la terre ou non.

L'équipement peut être situé dans un centre de télécommunication, où la résistance à la terre est vraisemblablement inférieure à  $2 \Omega$ , dans un réseau d'accès ou de transmission, où la résistance à la terre peut aller jusqu'à  $30 \Omega$ , ou dans des locaux client, où la résistance à la terre peut aller jusqu'à  $300 \Omega$ .

Dans certains pays, des réseaux d'alimentation IT ou TT peuvent être utilisés. Dans ces cas, le réseau d'alimentation n'est pas relié au système de mise à la terre des locaux client. On parle parfois de système de terre séparé.

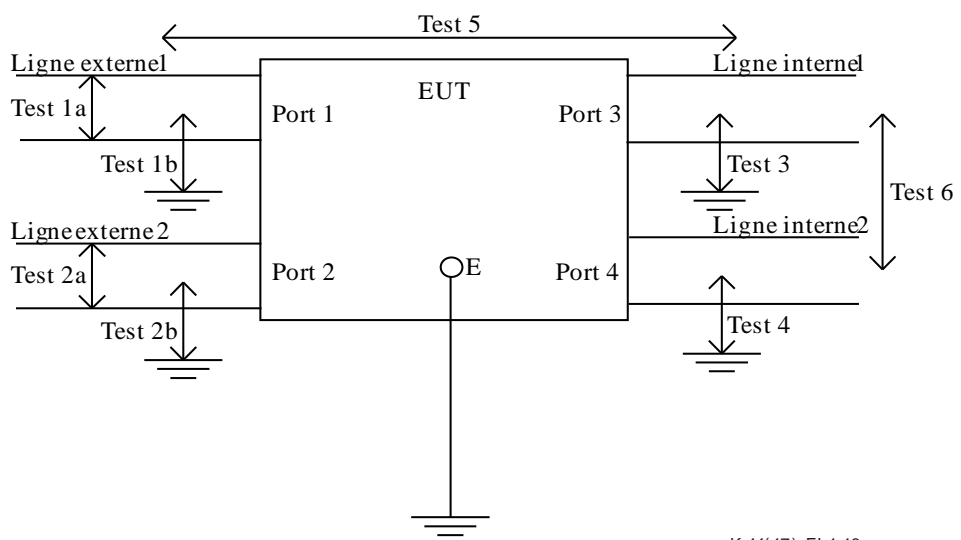
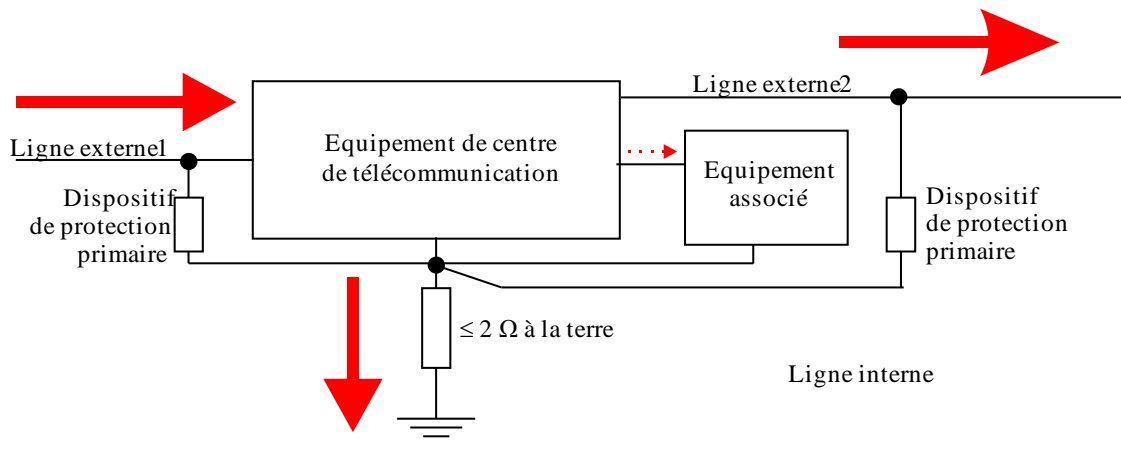
Que l'équipement soit mis à la terre ou non, la résistance à la terre de l'installation a une incidence sur la distribution de la surintensité entrante. La méthode de test qu'il est nécessaire de suivre découle de cette distribution, voir les Figures I.1-16 à I.1-18.

Dans la Figure I.1-16, un centre de télécommunication présente une résistance à la terre inférieure ou égale à  $2 \Omega$ ; on constate que la plus grande partie de la surintensité sera conduite du port externe vers la terre. Ainsi, il n'est nécessaire de réaliser que les tests ligne-ligne et port-terre sur les ports externes de l'équipement. Il convient de noter que le test port externe-port interne du § 7.2 est inclus dans le test port externe-terre. En ce qui concerne les ports internes, seuls les tests port interne-terre sont nécessaires. Il convient de noter que le test port interne-port interne du § 7.2 est inclus dans le test port interne-terre.

La Figure I.1-17 montre que, pour un équipement de réseau d'accès mis à la terre, un courant considérable peut être conduit entre un port et la terre ainsi qu'entre deux ports. Par conséquent, il est nécessaire de réaliser les tests ligne-ligne, port-terre et port-port. Pour les équipements de réseau d'accès non mis à la terre, une quantité de courant significative n'est conduite qu'entre deux ports au niveau des ports externes de l'équipement, mais, afin d'examiner les effets capacitifs du courant, il est tout de même nécessaire de réaliser les tests port-terre.

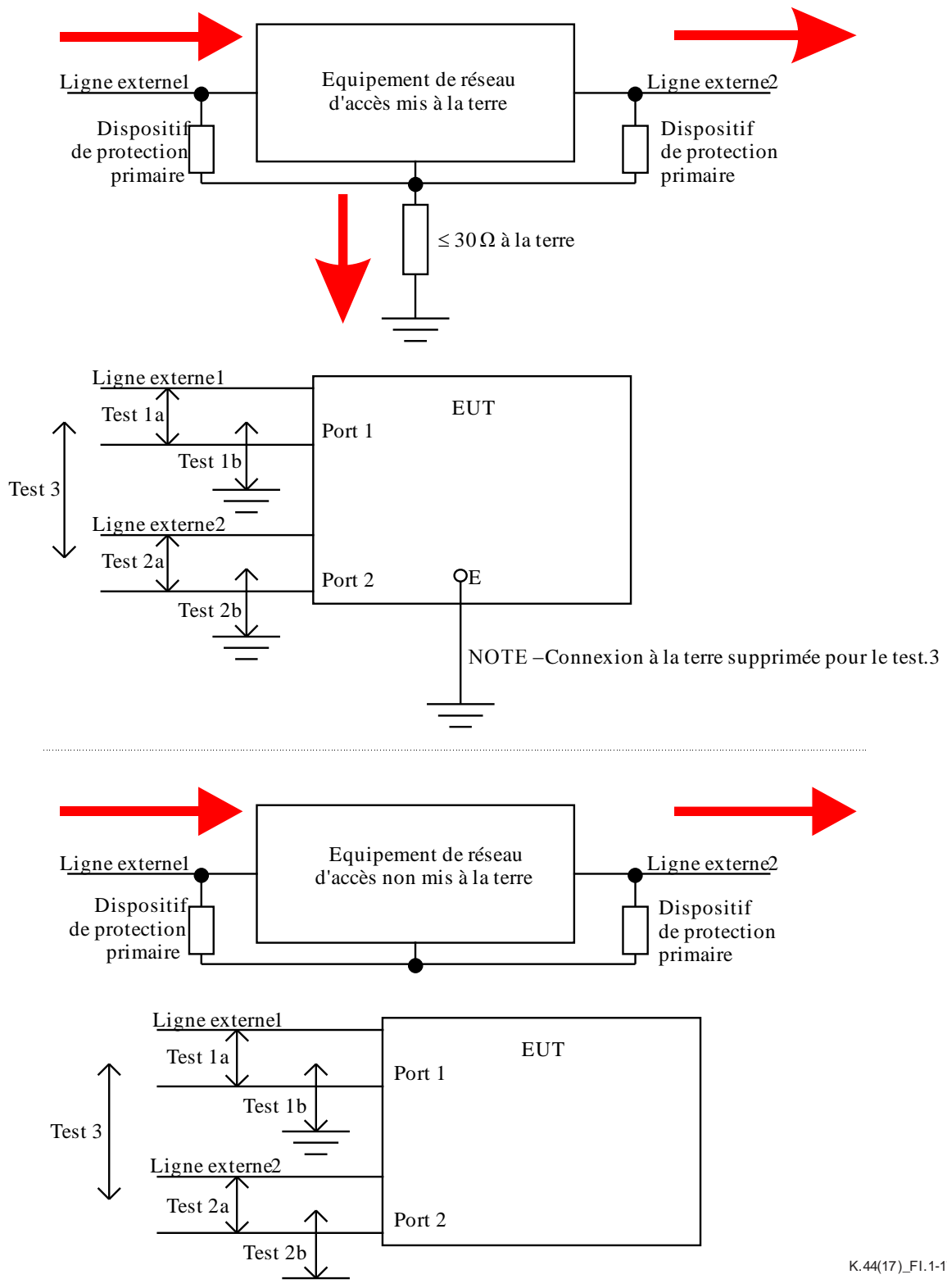
La Figure I.1-18 montre que, pour un équipement client mis à la terre, un courant considérable peut être conduit entre un port et la terre ainsi qu'entre deux ports. Par conséquent, il est nécessaire de réaliser les tests ligne-ligne, port-terre et port-port. Pour les équipements client non mis à la terre, une quantité de courant significative n'est conduite qu'entre deux ports au niveau des ports externes de l'équipement, mais, afin d'examiner les effets capacitifs du courant, il est tout de même nécessaire de réaliser les tests port-terre.





K.44(17) FI.1-16

Figure I.1-16 – Conditions de test pour un équipement de centre de télécommunication



K.44(17)\_F1.1-17

**Figure I.1-17 – Schéma pour un équipement situé à l'extérieur**

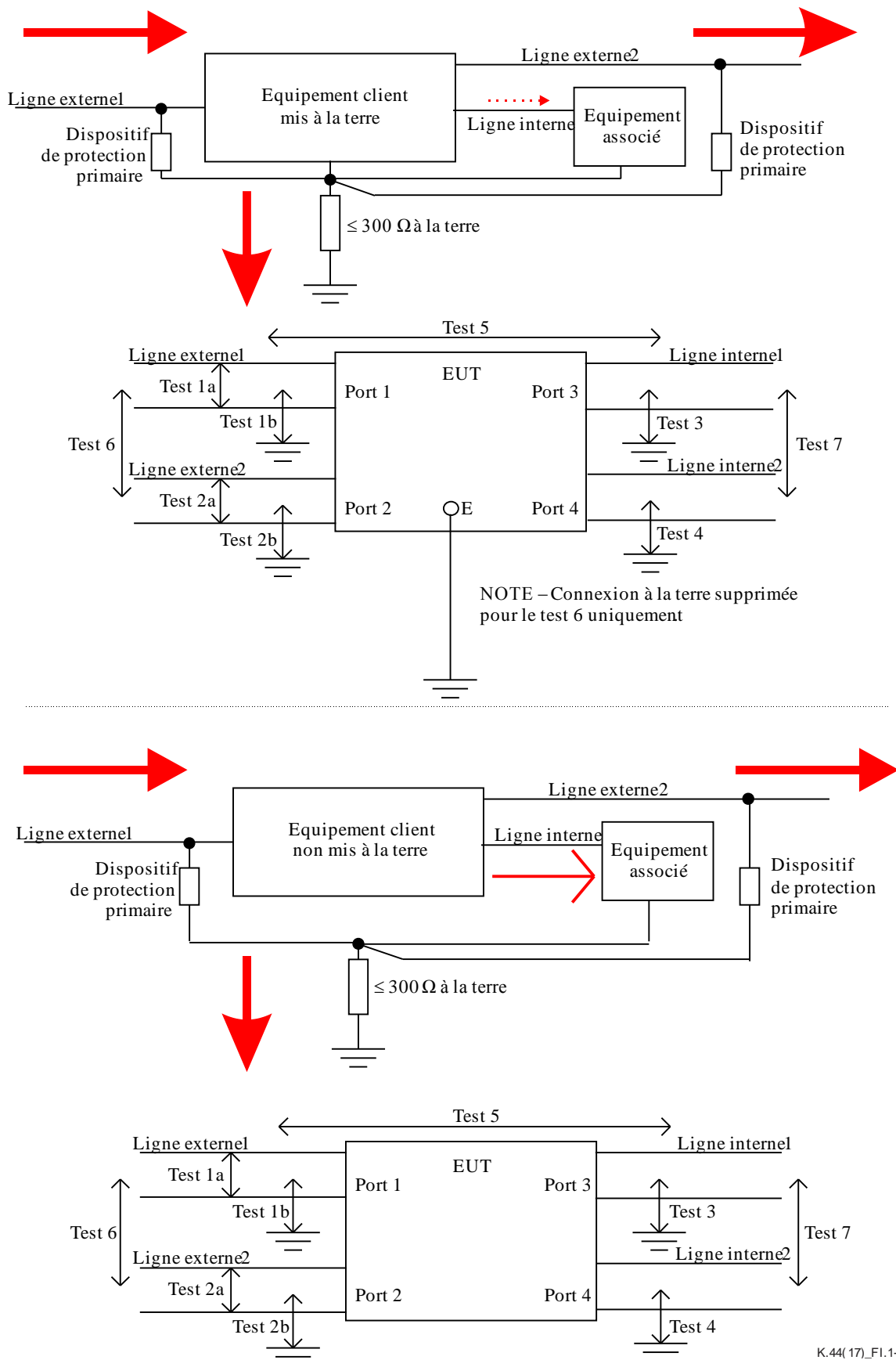


Figure I.1-18 – Schéma pour un équipement client

### I.1.5.2 Terminaisons et dispositifs de protection contre les surtensions sur les ports non soumis au test

La Figure A.2-1 donne les différents ports que peut présenter un équipement complexe.

Cet équipement est muni de ports externes et de ports internes, dont l'incidence sur le port soumis au test doit être étudiée. L'équipement sous test (EUT) peut être raccordé à un équipement auxiliaire dans le même bâtiment, par des câbles internes, ou à un équipement situé dans un autre bâtiment, par des câbles externes. Des dispositifs de protection contre les surtensions (SPD) peuvent être utilisés sur les deux types de ports, voir la Figure I.1-19.

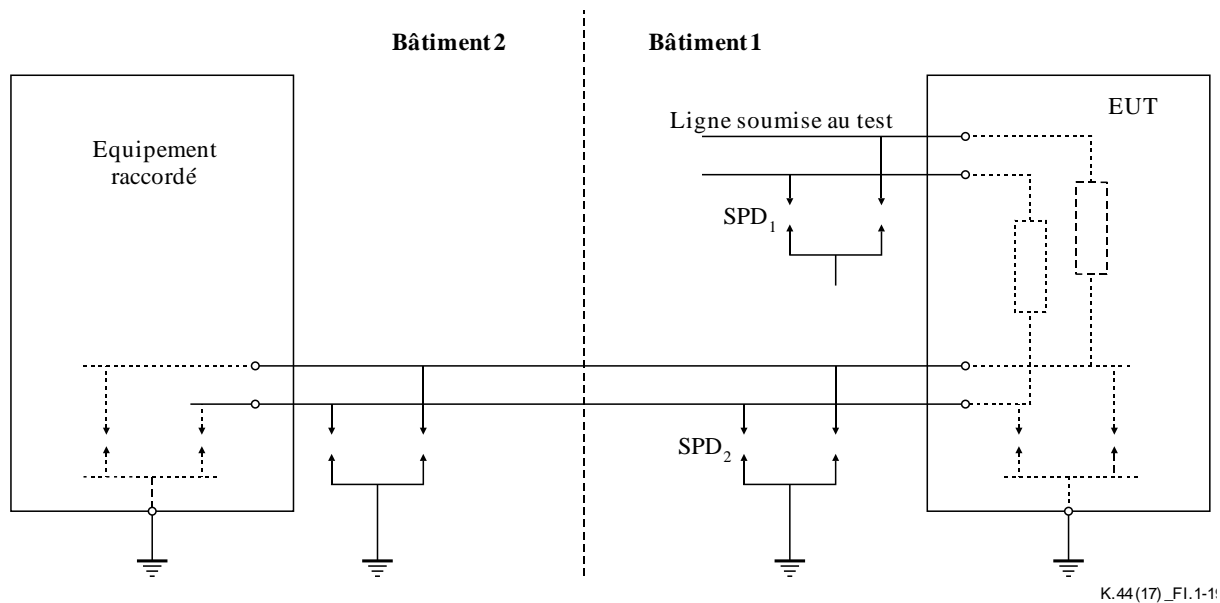


Figure I.1-19 – Terminaisons et dispositifs SPD raccordés à l'équipement

Pendant les tests, les ports devront d'une part être raccordés à un équipement auxiliaire ou encore à une impédance ou une résistance de terminaison et d'autre part être successivement raccordés à la terre par un élément de couplage. Il est nécessaire de tenir compte des différences entre les ports externes et les ports internes. Les ports internes sont raccordés à un équipement dont la référence de terre est la même que celle de l'équipement sous test. Les ports externes sont quant à eux raccordés à un équipement avec une référence de terre différente, se trouvant par exemple dans un autre bâtiment. Autrement dit, le courant peut entrer par un certain port externe et sortir par un autre port externe.

Il faut prendre en considération les points suivants lors du raccordement de l'équipement à une terminaison ou de la mise à la terre d'un port:

- 1) lorsqu'il peut y avoir un trajet à basse impédance entre le port soumis au test et un port non soumis au test, le déclenchement en premier du dispositif de protection du port non soumis au test est une éventualité à envisager. A cet effet, le port soumis au test est équipé d'un dispositif de protection spécial de test, tandis que le port non soumis au test est muni d'un dispositif de protection dont la tension continue d'amorçage correspond à la valeur minimale admise;
- 2) en présence de plusieurs types de port non soumis au test, il convient d'installer une terminaison ou d'ajouter un dispositif SPD sur un seul type de port à la fois. En effet un trajet à basse impédance vers un type déterminé de port non soumis au test risque d'empêcher le passage du courant vers un autre type de port non soumis au test;

- 3) lorsqu'un port est susceptible d'être raccordé en interne à un autre port, par exemple dans certaines conditions d'utilisation ou lors d'une défaillance d'alimentation, cet autre port doit être muni d'une terminaison et d'une protection lors de la réalisation de tests sur le premier port;
- 4) si l'équipement contient des éléments de protection à forte capacité d'écoulement, ce qui supprime le besoin de protection primaire, il faut enlever le parafoudre à gaz installé sur le port soumis au test, et le remplacer par le dispositif de protection de test (voir § 8.2, § 8.3 et § 8.4) de façon à garantir que la coordination des mesures de protection est effective. Pendant les tests, le dispositif de protection intégré doit rester en place pour les ports non soumis au test. Si cet élément n'est pas amovible, tous les tests sont alors réalisés avec la protection prévue et le constructeur devra fournir un rapport indiquant que les tests de protection inhérente et de coordination ont été réalisés avec le dispositif de protection spécial de test au cours des tests de qualification;
- 5) il est parfois nécessaire de réaliser les tests en utilisant les trois combinaisons suivantes de terminaison et de mise à la terre des ports non soumis au test:
  - a) absence de terminaison et de mise à la terre;
  - b) absence de mise à la terre et ajout d'une terminaison;
  - c) mise à la terre et ajout d'une terminaison.

Pour les tests entre deux ports, il faut envisager, comme deuxième port:

- 1) d'autres conducteurs/paires du type de port soumis au test;
- 2) des conducteurs/paires d'autres types de port.

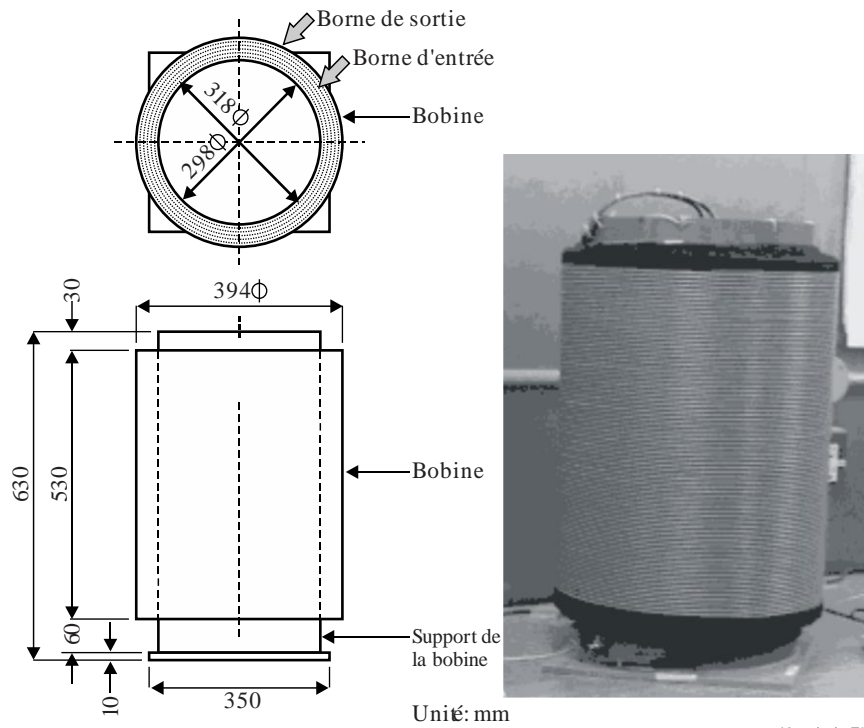
## **I.1.6 Réseaux de découplage**

### **I.1.6.1 Inductance de découplage**

Les informations suivantes portent sur une bobine d'induction de 20 mH en mode commun pouvant être utilisée pour le découplage de ports de type paire symétrique, tel que le propose la norme [CEI 61000-4-5]. Ce découplage peut aussi être assuré par des résistances, et cette solution est préférable.

L'élément de découplage a une incidence sur les transmissions des réseaux à haut débit en raison de sa résistance, de sa capacité et de son inductance. Le présent paragraphe traite d'une bobine d'arrêt en mode commun de 20 mH, décrite dans la norme [CEI 61000-4-5] en vue de son utilisation en tant que bobine d'induction. Cette norme ne donne toutefois pas les détails concernant cette bobine, bien que ses caractéristiques dépendent de la configuration dans laquelle elle se trouve.

La Figure I.1-20 montre la configuration et la taille de la bobine décrite. Les spécifications des éléments de la bobine sont résumées dans le Tableau I.1-1. Afin d'éviter la saturation de l'inductance et de réduire la capacité parasite, la bobine considérée est une bobine à air. L'impédance en fonction de la fréquence pour le mode commun est donnée dans la Figure I.1-21. Cette impédance est supérieure à 1 k $\Omega$  entre 10 kHz et 200 kHz. L'impédance en mode normal est donnée dans la Figure I.1-22. Elle est d'environ 120  $\Omega$ . Les Figures I.1-23 et I.1-24 donnent respectivement l'inductance et l'affaiblissement de transmission en fonction de la fréquence. Un phénomène de résonance se produit autour de 46 kHz, mais l'affaiblissement de transmission est inférieur à 5 dB pour les fréquences inférieures à 1 MHz.

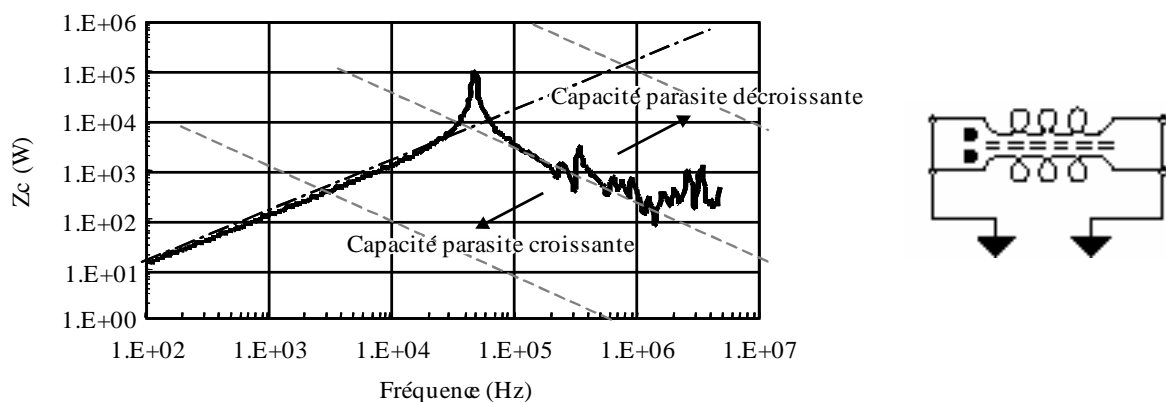


K.44(17) FI.1-21

Figure I.1-20 – Configuration, taille et aperçu d'une bobine de 20 mH

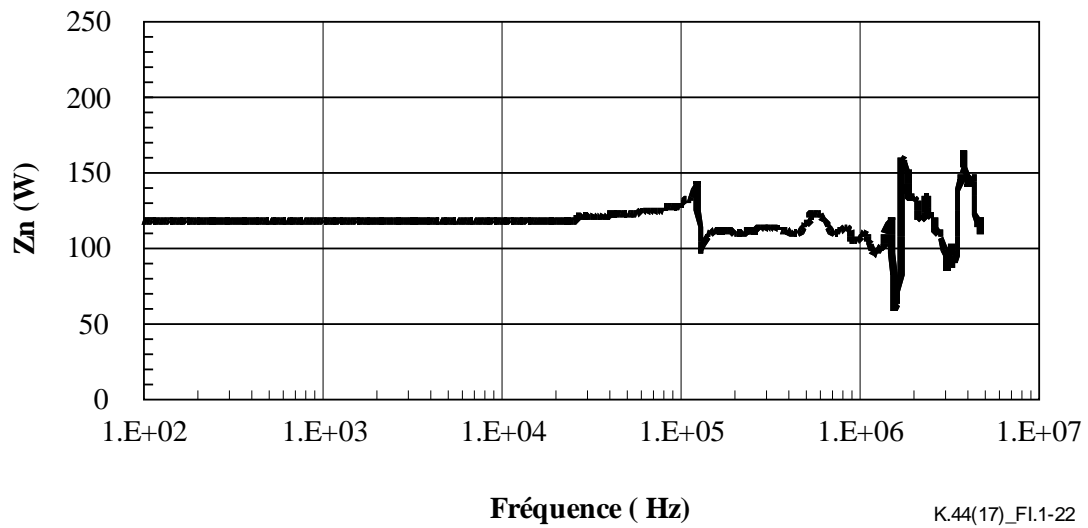
Tableau I.1-1 – Spécifications de la bobine

Élément		Spécifications
Fil	Matériau	Cuivre
	Section transversale	2 mm <sup>2</sup>
Enroulement		Une paire de lignes enroulées ensemble
Tours		48 tours × 7 couches
Inductance		20 mH (mode commun)

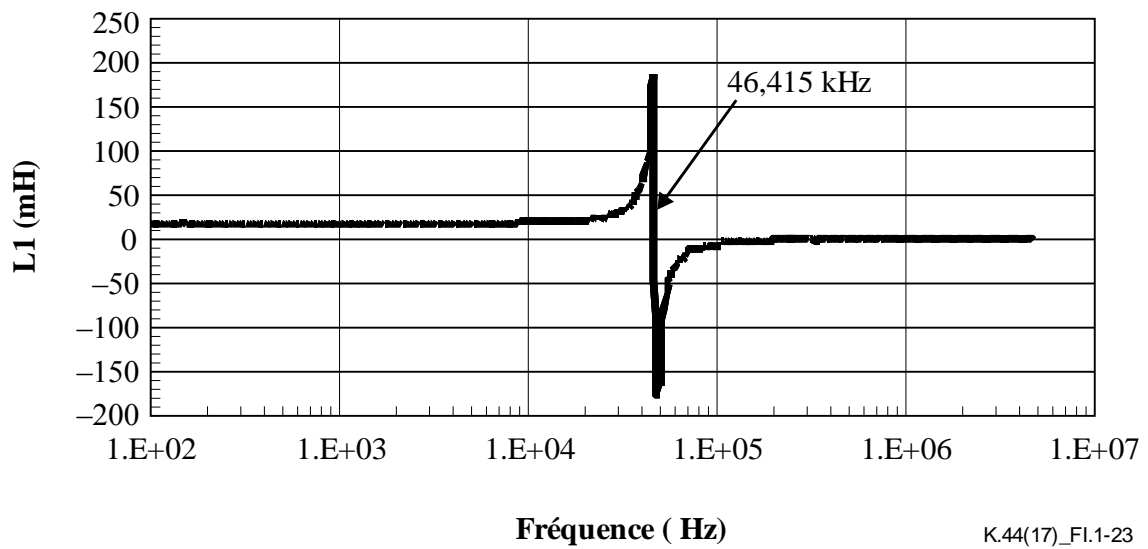


K.44(17)\_FI.1-21

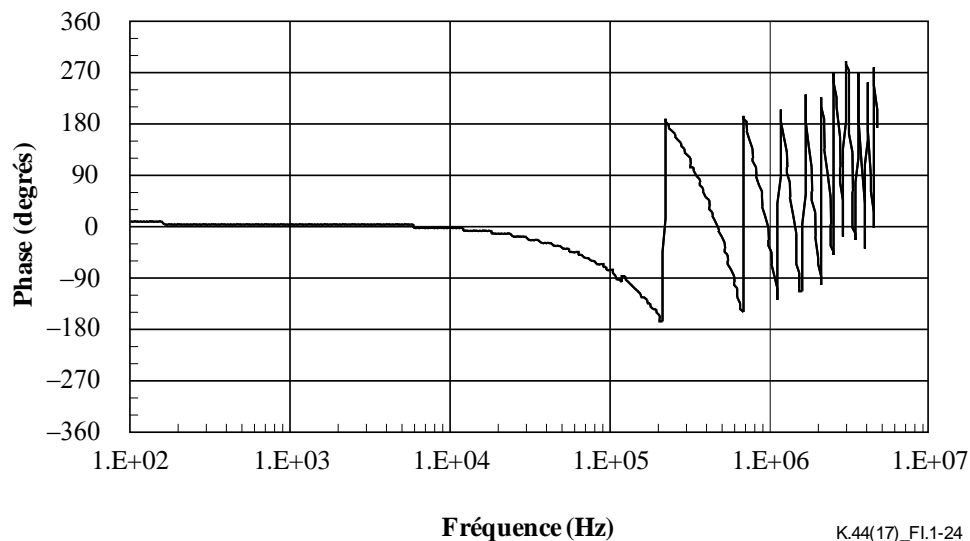
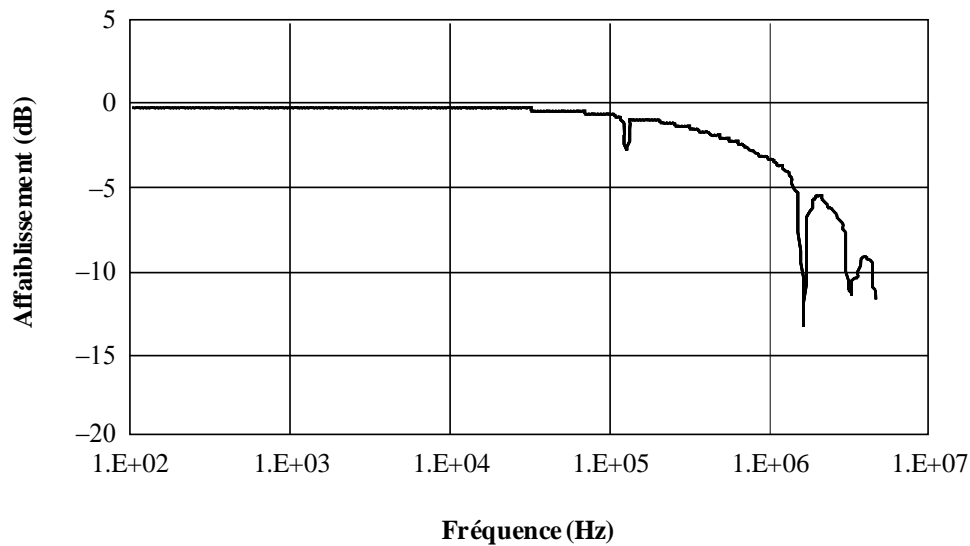
Figure I.1-21 – Impédance en mode commun



**Figure I.1-22 – Impédance en mode normal**



**Figure I.1-23 – Inductance en fonction de la fréquence**



K.44(17)\_F1.1-24

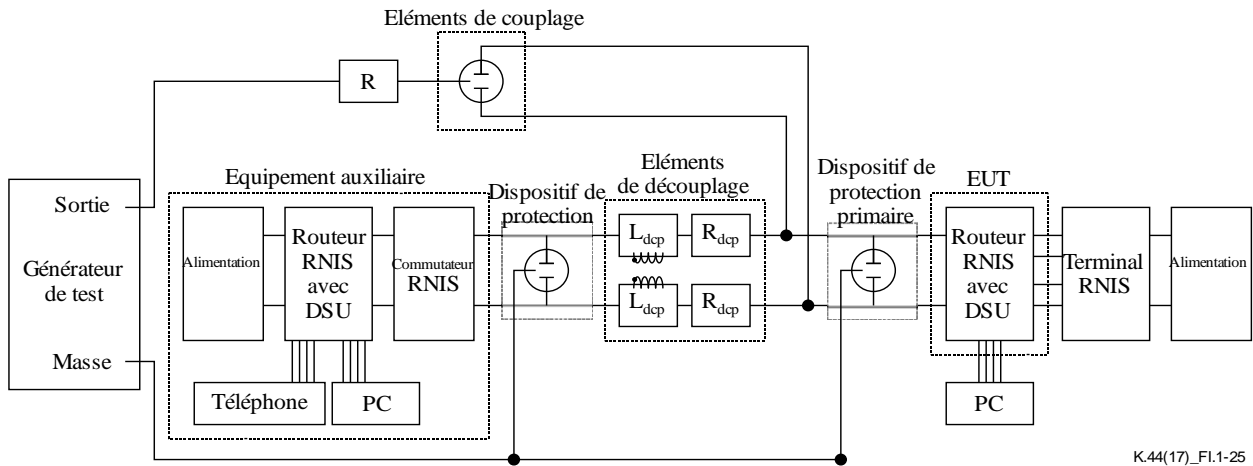
**Figure I.1-24 – Affaiblissement de transmission en fonction de la fréquence**

### **I.1.6.2 Effets de l'inductance et de la résistance des éléments de découplage sur les circuits numériques**

Les caractéristiques de transmission ont été mesurées en utilisant un routeur RNIS et un modem VDSL. La Figure I.1-25 montre le montage de l'équipement RNIS utilisé pour le test. Il s'agit du montage pour un test de surtension port-terre, établi sur la base de la Figure A.5-1. L'équipement utilisé lors de cette expérience est décrit dans le Tableau I.1-2. Les combinaisons de  $L_{dcp}$  et de  $R_{dcp}$  ainsi que les résultats sont résumés dans le Tableau I.1-3. Dans tous les cas, les téléphones numériques ainsi que les PC étaient connectés.

Le montage de l'équipement VDSL utilisé pour le test est représenté dans les Figures I.1-26 et I.1-27. Les spécifications du modem VDSL testé sont résumées dans le Tableau I.1-4. Les résultats correspondant aux différentes méthodes de découplage figurent dans le Tableau I.1-5. Il peut être constaté que, pour les méthodes de découplage 4 et 5, le débit est légèrement réduit. La ligne 6 représente le cas où l'on n'utilise pas d'élément de découplage, mais seulement un câble Cat-5 d'une longueur de deux mètres, afin de mettre en évidence le débit correspondant à une situation normale.





K.44(17)\_F1.1-25

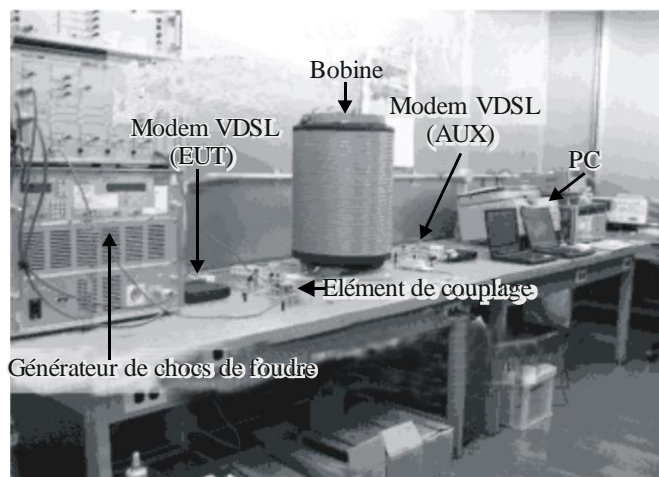
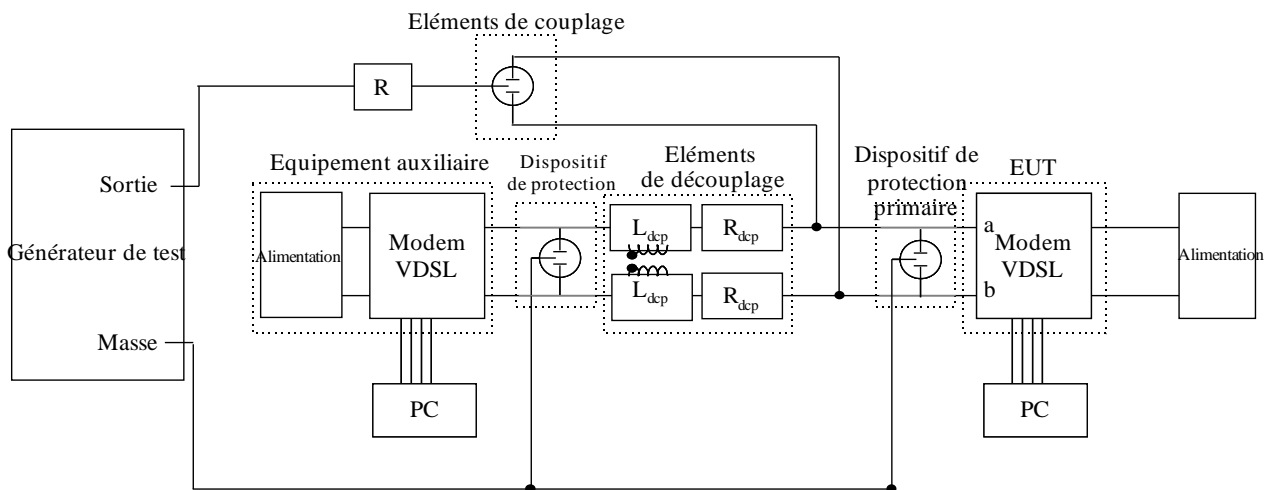
Figure I.1-25 – Montage de l'équipement RNIS utilisé pour le test

Tableau I.1-2 – Equipement RNIS

Élément	Equipement
Téléphone numérique (côté EUT)	S-1000 (NTT)
Téléphone numérique (côté AUX)	DC-R2100 (NTT)
Routeur RNIS (EUT)	MN128-SOHO (NTT-ME)
Routeur RNIS (côté AUX)	MN128-SOHO (NTT-ME)
Commutateur RNIS	I64-4LINES et iNet-U2-LINES
Générateur de test	PSURGE 4.1 (HAEFELY)

Tableau I.1-3 – Élément de découplage et résultats

Cas	$L_{dcp}$ (mH)	$R_{dcp}$ ( $\Omega$ )	Résultat
1	–	50	Bon
2	–	100	Bon
3	–	200	Bon
4	20	–	Bon
5	20	200	Bon



K.44(17)F1.1-26

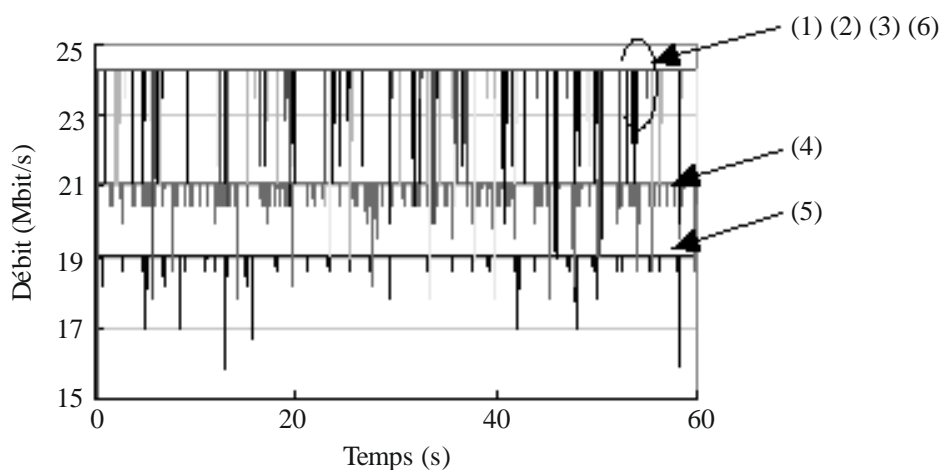
Figure I.1-26 – Montage de l'équipement VDSL utilisé pour le test

Tableau I.1-4 – Spécifications du modem VDSL

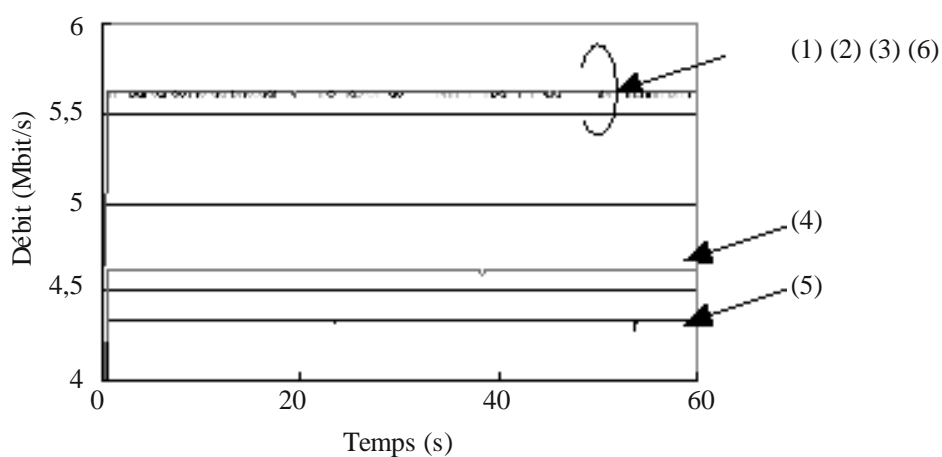
Élément	VDSL
Modulation	DMT
Communication	Duplex intégral (TDD)
Débit	28,8 Mbit/s 51,2 Mbit/s/6,4 Mbit/s
Bande attribuée	1,5 Mbit/s et moins, unités de 64 kbit/s 1,5 Mbit/s et plus, unités de 1 Mbit/s
Distance de transmission	300 m (28,8 Mbit/s) 300 m (51,2 Mbit/s/6,4 Mbit/s) 1 km (13 Mbit/s)
Correction d'erreur	Correction d'erreur pour le bruit impulsionnel, etc.
Répartiteurs	Nécessaires

**Tableau I.1-5 – Elément de découplage et résultats**

Cas	$L_{dcp}$ (mH)	$R_{dcp}$ ( $\Omega$ )	Débit moyen (Mbit/s)	
			Côté maître	Côté esclave
1	–	50	24	5,6
2	–	100	24	5,6
3	–	200	24	5,6
4	20	–	21	4,6
5	20	200	19	4,3
6	–	–	24	5,6



**a) Côté maître**



**b) Côté esclave**

K.44(17)\_Fl.1-27

**Figure I.1-27 – Résultats des mesures de débit**

### I.1.7 Test d'un port de type alimentation secteur

Il peut régner une certaine confusion quant aux tests qu'il est nécessaire de réaliser (entre A et N et entre A/N et E) pour les différents systèmes. Dans le cas d'un système d'alimentation secteur où le neutre est mis à la terre dans les locaux client, on peut penser qu'il n'est pas nécessaire de réaliser les tests entre A/N et la terre. Dans le cas des systèmes où le neutre n'est pas mis à la terre, on peut penser que le test entre A et N devrait être réalisé avec le générateur non mis à la terre. La Figure I.1-28 illustre ces deux cas. Dans chacun d'eux, une surtension entre A et N occasionne à la fois une surtension transversale/différentielle et une surtension port-terre pour l'EUT et ses circuits secondaires. A des fins de reproductibilité et pour permettre la réalisation de tests identiques pour différents systèmes d'alimentation, il est préférable d'effectuer le test transversal/différentiel sans surtension port-terre et le test port-terre sans surtension transversale/différentielle. Pour cela, on utilisera les circuits de test décrits dans les Figures A.6.4-1 (pour les surtensions transversales/différentielles), A.6.4-2 (pour les surtensions port-terre) et A.6.4-3 (pour les surtensions port-port).

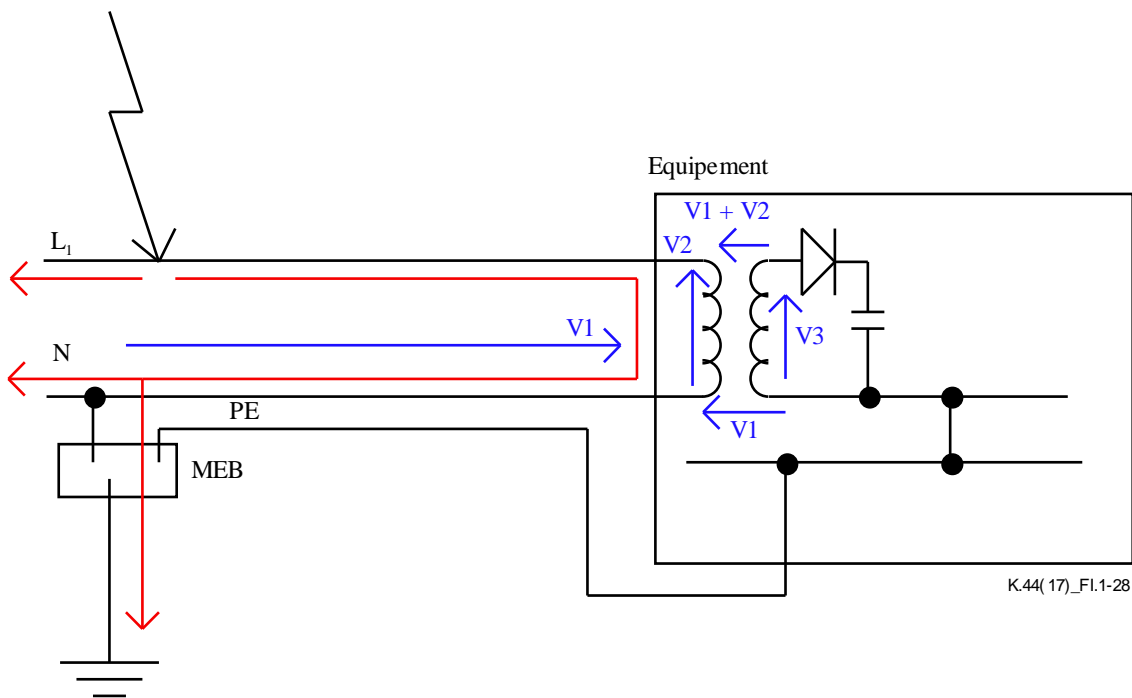
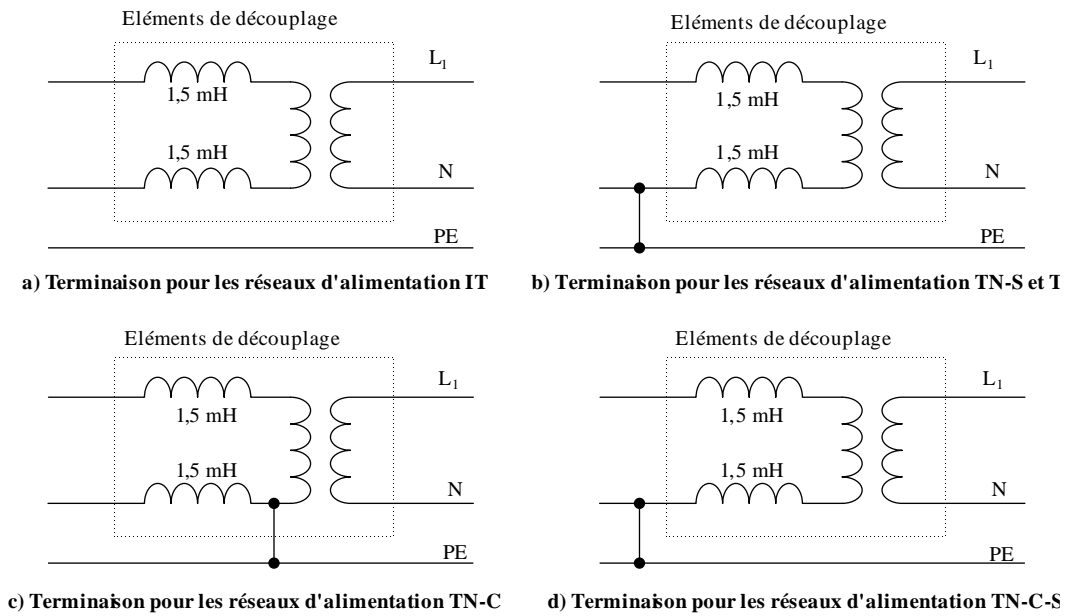
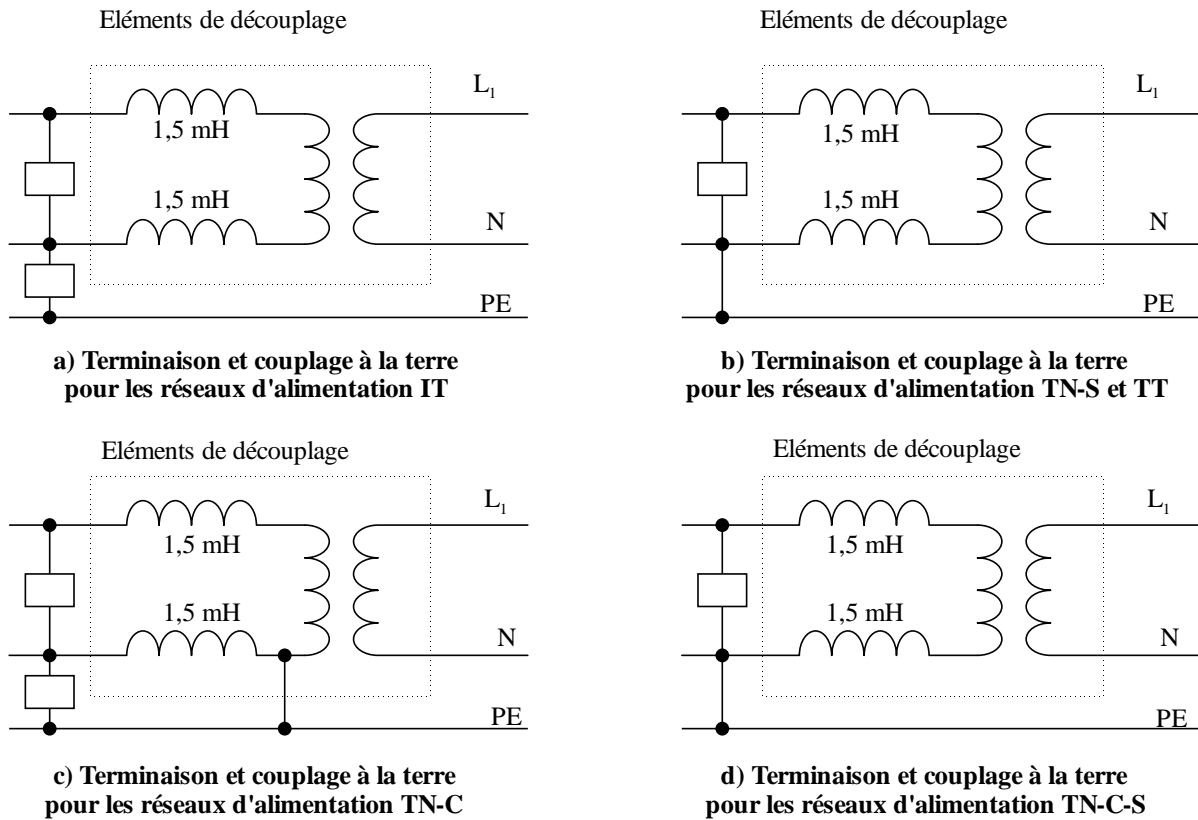


Figure I.1-28 – Effets d'une surtension entre A et N sur l'équipement



K.44(17)\_F1.1-29

**Figure I.1-29 – Terminaisons pour les ports de type alimentation secteur**



K.44(17)\_F1.1-30

**Figure I.1-30 – Terminaison et couplage à la terre pour les ports de type alimentation secteur**

Pour les besoins des tests à un niveau global, il est recommandé d'utiliser la Figure I.1-29a pour la terminaison des ports de type alimentation secteur non testés et la Figure I.1-30b pour coupler à la terre les ports de type alimentation secteur non testés.

## **I.2 Gamme de niveaux de test de choc de foudre et d'induction par les lignes électriques**

### **I.2.1 Choc de foudre**

#### **I.2.1.1 Niveaux de test de la protection inhérente**

Les Recommandations de produit pourraient utiliser pour les tests d'immunité inhérente des tensions de 1,0 kV à 5,0 kV. Traditionnellement, une tension de test de 1,0 kV était utilisée dans le cas des grands bâtiments de télécommunication. En effet la plupart des surtensions sont inférieures à 1,0 kV et, s'il y a lieu, l'installation de dispositif de protection primaire fiable sur les répartiteurs principaux s'avère relativement simple. Un niveau pouvant atteindre 5,0 kV pourrait être envisagé dans le cas d'équipements des locaux client, dans la mesure où ils se trouvent dans un environnement nettement moins contrôlé, tandis que l'installation de parafoudres à gaz est beaucoup plus difficile.

#### **I.2.1.2 Niveaux de test de coordination**

Le niveau de test maximal relatif aux spécifications de coordination était jusqu'à présent de 4,0 kV. Toutefois, des mesures effectuées récemment ont démontré la possibilité de surtensions supérieures à 7,0 kV. Un niveau de test facultatif pouvant atteindre 10,0 kV est admis. Le niveau de test plus élevé se caractérise par une plus forte valeur du rapport  $dU/dt$ . Il en résulte une tension d'amorçage plus élevée du dispositif de protection primaire et des courants de charge capacitive plus élevés dans l'équipement.

### **I.2.2 Niveau de test d'induction par les lignes électriques**

#### **I.2.2.1 Niveaux de test de protection inhérente**

Jusqu'à présent, le niveau de test de protection inhérente a été fixé à 0,2 A<sup>2</sup>s pour les équipements placés dans les centres de télécommunication et les équipements des locaux client. Avec la libéralisation des locaux client, l'utilisation d'une protection primaire est moins certaine et le niveau de test de la protection inhérente est susceptible d'être relevé dans le cas des équipements des locaux client (par exemple, 1,0 A<sup>2</sup>s).

#### **I.2.2.2 Niveaux de test de protection inhérente/de coordination**

Jusqu'à présent, le niveau de test avec protection primaire installée était fixé à 1,0 A<sup>2</sup>s. Un niveau de test renforcé de 10 A<sup>2</sup>s a été introduit pour tenir compte de l'existence dans certains pays de niveaux plus élevés de courants induits par les lignes électriques, de l'intensité maximale des courants induits dans des lignes courtes (200 Ω) ou de la nécessité d'une qualité de service élevée en raison de l'évolution des prescriptions réglementaires.

Par ailleurs, le choix d'une autre méthode de spécification des prescriptions concernant l'équipement peut s'avérer nécessaire. La Recommandation [UIT-T K.20] spécifie une valeur  $U_{c(max)}$  de 600 V dans une résistance de 600 Ω, pendant une seconde. D'après des mesures réalisées, le courant de défaut circule pendant 0 à 3,2 secondes, et l'intensité qui traverse un circuit de télécommunication peut varier de 0 à 9 A<sub>rms</sub>, voir Figure I.1-8. Des tests effectués sur une résistance ont montré que sa capacité de dissipation d'énergie  $I^2t$  diminue lorsque le courant augmente, pour une même valeur de  $I^2t$ . Il faut donc réaliser le test de protection inhérente/coordination au niveau maximal d'intensité observé.

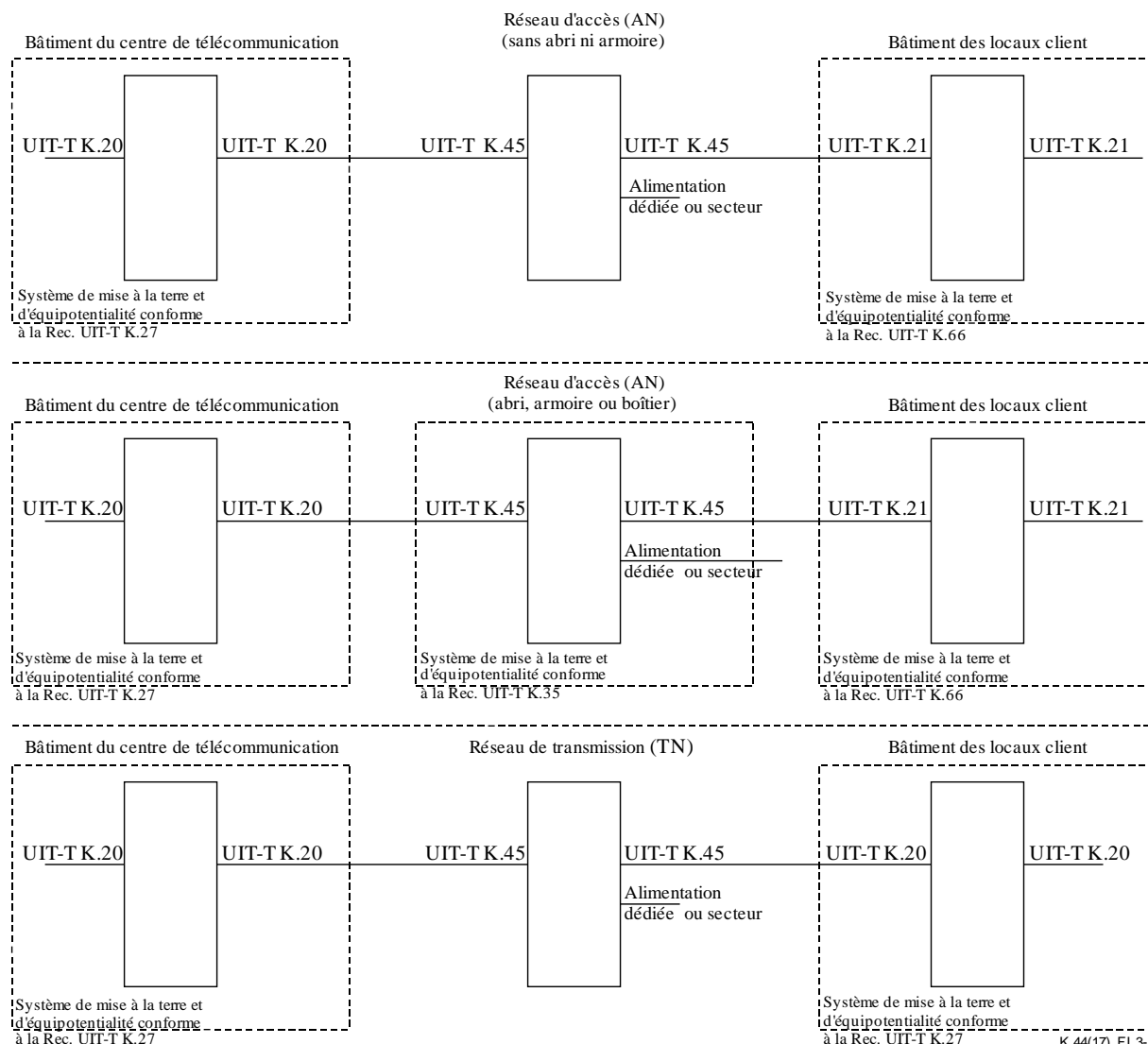
## **I.3 Relation entre la présente Recommandation et les autres Recommandations de produit ou de famille de produits**

La Recommandation [UIT-T K.20] concerne les équipements installés dans un centre de télécommunication. La présence d'un système approprié de mise à la terre et d'une structure métallique décrite dans la Recommandation [UIT-T K.27] crée des conditions environnementales dans lesquelles les équipements ne sont pas très exposés aux surcharges. Toutefois, en raison du nombre important de câbles de télécommunication, l'intensité totale qui pénètre dans le bâtiment est importante.

La Recommandation [UIT-T K.21] concerne les équipements installés dans des locaux client. Il est supposé que la mise à la terre et le réseau d'équipotentialité ont été mis en oeuvre selon les bonnes pratiques décrites dans la Recommandation [b-UIT-T K. 66]. L'équipement de télécommunication peut être endommagé si les services de télécommunication et les services d'alimentation ne sont pas reliés à une liaison équipotentielle. En cas de détérioration, il conviendrait de considérer les §§ 5 et II.6 afin de mettre en oeuvre les solutions appropriées qui y sont présentées.

La Recommandation [UIT-T K.45] se rapporte aux équipements installés entre le centre de télécommunication et les locaux client. La qualité du système de mise à la terre est inférieure à celle d'un centre de télécommunication, mais le système est contrôlé par l'exploitant. Le fait que la petite dimension de cette structure permette une équipotentialité idéale présente certains avantages.

La Figure I.3-1 montre quelle Recommandation appliquer en fonction de l'emplacement de l'équipement. S'il est utilisé à plusieurs endroits, l'équipement doit être testé conformément aux différentes Recommandations pertinentes.



**Figure I.3-1 – Exemple de configuration d'un réseau de télécommunication indiquant la délimitation du centre de télécommunication, du réseau d'accès / de transmission et des locaux client**

## Appendice II

### Indications complémentaires à l'attention des constructeurs et des exploitants

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

#### II.1 Introduction

L'UIT-T poursuit l'étude des indications suivantes. Le présent appendice vise à informer les constructeurs et les exploitants ainsi qu'à favoriser l'étude de ces questions.

#### II.2 Coordination de la protection primaire

La Recommandation [UIT-T K.11] décrit les effets du fonctionnement de la protection primaire. Pour s'assurer de la coordination entre les éléments de protection et l'équipement, il est nécessaire de vérifier que:

- 1) l'équipement ne sera pas endommagé par des tensions correspondant à la situation la plus défavorable susceptibles d'apparaître entre les bornes d'entrée, ainsi qu'entre une borne d'entrée et la terre de référence de l'équipement;
- 2) l'équipement ne sera pas endommagé ou perturbé par le fonctionnement du dispositif de protection primaire dans tout l'intervalle de variation des surtensions.

Le fonctionnement du dispositif de protection primaire de type commutateur a deux effets:

- il limite la tension maximale appliquée à l'équipement et donc l'intensité maximale à laquelle l'équipement doit résister, selon son impédance interne;
- il crée une variation très rapide de la tension et de l'intensité, se traduisant par des phénomènes inductifs ou capacitifs susceptibles d'atteindre des éléments sensibles de l'équipement, qui ne sont apparemment pas exposés aux tensions présentes sur la ligne.

##### II.2.1 La protection primaire ne fonctionne pas

Aux surtensions pour lesquelles la protection primaire n'est pas activée, il convient de vérifier l'intensité des courants susceptibles de passer par le câblage interne. Les fortes intensités qui circulent dans le câblage interne peuvent perturber d'autres équipements. La Recommandation [UIT-T K.27] décrit le système de mise à la terre et d'équipotentialité à l'intérieur d'un bâtiment de télécommunication, tandis que la Recommandation [UIT-T K.11] traite de la coordination avec les dispositifs de protection électrique.

##### II.2.2 La protection primaire fonctionne

La simulation des surtensions dues à la foudre exige que l'on tienne compte particulièrement des éléments suivants:

- variation éventuelle de la tension d'amorçage des parafoudres à gaz en fonction de la vitesse de montée en tension;
- différences de potentiel apparues entre le bâti de protection et un câble de mise à la terre en raison de l'intensité du courant;
- la rapidité de l'augmentation de la tension ( $dU/dt$ ), due au fonctionnement du parafoudre à gaz, qui peut endommager des composants vulnérables ou provoquer un défaut de fonctionnement (verrouillage de l'équipement ou altération des données mises en mémoire).

La vérification de la coordination avec la protection primaire, doit soigneusement tenir compte des principes de fonctionnement du parafoudre à gaz. Premièrement, la tension d'amorçage du parafoudre à gaz, avec une onde de forme 10/700  $\mu$ s, telle qu'indiquée à la Figure I.1-4, dépasse généralement la tension continue d'amorçage, mais s'avère généralement inférieure à la valeur de 1 kV/ $\mu$ s.



Deuxièmement, la tension continue d'amorçage, et donc la forme d'onde de tension d'amorçage 10/700  $\mu$ s, peut varier fortement pour le même type de dispositif de protection. Par exemple, des variations de 180 V à 300 V Recommandation [UIT-T K.12] sont admises pour la tension continue d'amorçage d'un parafoudre à gaz à 230 V de tension nominale.

Pour ces différentes raisons, le contrôle de la coordination avec la protection primaire s'effectue en remplaçant le dispositif de protection primaire agréée par un dispositif de protection de test spécial. La tension continue d'amorçage de ce dernier peut être égale à 1,15 fois la tension continue d'amorçage maximale spécifiée du dispositif de protection primaire agréée. La tolérance concernant la tension d'amorçage est de  $\pm 5\%$ . Dans le cas d'un dispositif de protection primaire à 230 V, la tension d'amorçage du dispositif de protection de test spécial est de 345 V  $\pm 17$  V. Celui-ci est utilisé pour les tests de choc de foudre, de tension induite par les lignes électriques et de contact de lignes électriques. Sa caractéristique doit être identique à celle du dispositif de protection primaire agréée.

### II.2.3 Principes de coordination

Aux termes de la Recommandation [UIT-T K.11]:

- il n'existe aucun dispositif dont les caractéristiques soient telles qu'il supprime théoriquement toutes les tensions ou intensités associées aux perturbations;
- il faut parfois utiliser plusieurs dispositifs de protection.

Certains dispositifs de protection présentent une tension d'écrêtage plus grande pour les vitesses de montée élevées. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'utiliser un circuit de protection multiétages, afin de réduire progressivement la contrainte liée à la surtension jusqu'à un niveau qui ne soit pas préjudiciable pour l'équipement.

La Figure II.2-1a illustre le principe de fonctionnement de la protection au moyen d'un circuit à étages.

Un dispositif de protection primaire est installé en périphérie, par exemple au niveau d'un répartiteur principal extérieur à l'équipement sous test. La plus grande partie de la surintensité est détournée vers la terre en ce point. Un dispositif de protection inhérente à l'intérieur de l'équipement sous test détourne le courant laissé passé du dispositif de protection primaire. On peut également prévoir un troisième dispositif de protection, à l'intérieur de l'équipement sous test, intégré à la boîte noire.

Il importe de prévoir une résistance entre les dispositifs de protection, de façon à ne pas les relier directement les uns aux autres, et de telle sorte que le circuit présente l'aspect d'une échelle. Compte tenu de la coordination requise entre les dispositifs de protection primaire et inhérente, il convient de prévoir une résistance  $R_{in}$ ; celle-ci est virtuellement identique à la résistance d'entrée de l'équipement sous test, dès lors que le dispositif de protection inhérente – par exemple un dispositif de type thyristor ou une diode – est activé et relie  $R_{in}$  à la terre. La Figure II.2-1b représente le circuit équivalent lorsque la protection inhérente est activée. En l'absence de résistance entre le dispositif de protection primaire et la protection inhérente, le seul dispositif activé sera celui dont la tension de fonctionnement est la plus faible. Dans ce cas, le dispositif de protection inhérente est le seul à fonctionner et empêche le protecteur primaire de se déclencher: il n'y a donc pas de coordination. La présence de  $R_{in}$  est nécessaire pour provoquer aux bornes du protecteur primaire une augmentation de tension suffisante pour l'activer.

La difficulté vient du fait que le dispositif de protection inhérente se déclenche généralement à une tension inférieure à celle du protecteur primaire au niveau du répartiteur principal. Dans un premier temps, le courant pénètre dans la boîte noire et produit une tension aux bornes du dispositif de protection inhérente, lequel est alors activé. Ensuite le courant qui passe par la résistance  $R_{in}$  et par le dispositif de protection inhérente crée la tension observée aux bornes du protecteur primaire.

Le dispositif de protection inhérente a donc une fonction essentielle et non accessoire, puisqu'il se déclenche généralement avant le protecteur primaire et protège les composants suivants. La chute de tension aux bornes de la résistance de coordination, due au passage du courant dans le dispositif de

protection inhérente, active alors le protecteur primaire qui détourne vers la terre la plus grande partie de l'énergie produite par la surtension.

Dans le cas d'un circuit traditionnel utilisant un gros transformateur ou une bobine à l'intérieur de l'équipement sous test, l'absence de tout dispositif de protection inhérente est possible. La somme des deux résistances  $R_{in} + R_e$  est suffisamment élevée pour que le dispositif de protection primaire se déclenche avant qu'une intensité excessive ne pénètre l'équipement sous test. La Figure II.2-1c représente un circuit équivalent de ce type.

En présence d'un dispositif de protection inhérente, par exemple un dispositif SPD à semi-conducteurs installé dans l'équipement sous test, celui-ci se déclenche généralement plus vite que le dispositif de protection primaire installé au niveau du répartiteur principal. S'il n'y a pas de résistance entre les dispositifs de protection primaire et inhérente, le déclenchement de ce dernier perturbe le fonctionnement du protecteur primaire. On obtient une coordination des dispositifs de protection lorsque ces derniers sont séparés par une résistance suffisante, de telle sorte que la chute de tension aux bornes de la résistance permette à la protection primaire de fonctionner correctement. Grâce à une conception adéquate de la coordination, l'équipement sous test peut être soumis à la tension de test maximale sans risque de dommage. Au-dessus du niveau de test maximal, le protecteur primaire doit se déclencher par les surtensions dues à la foudre.

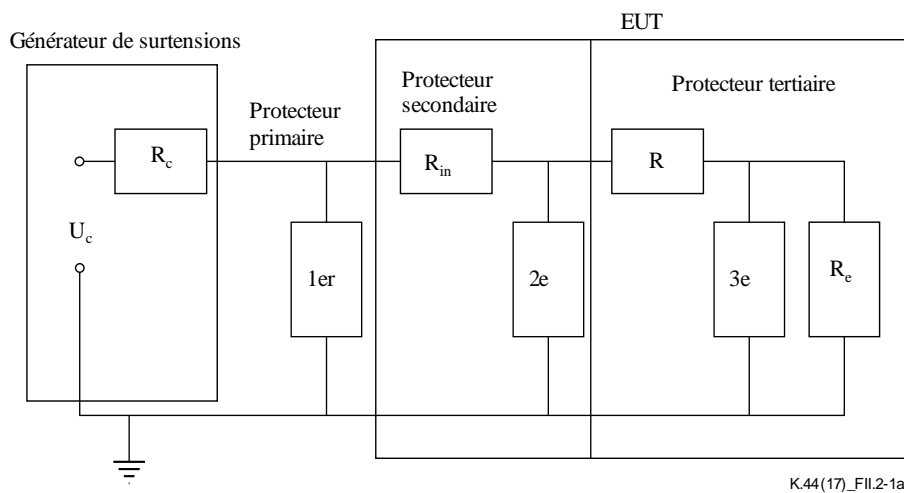


Figure II.2-1a – Principe de protection en étapes

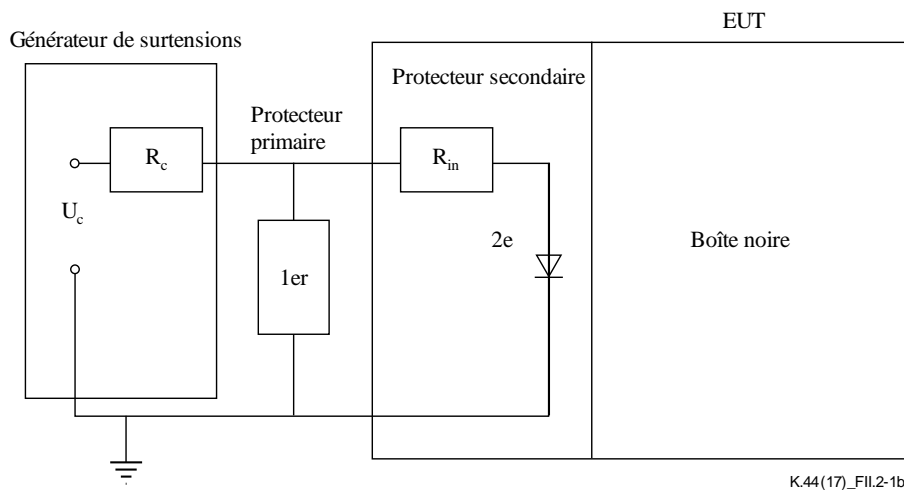
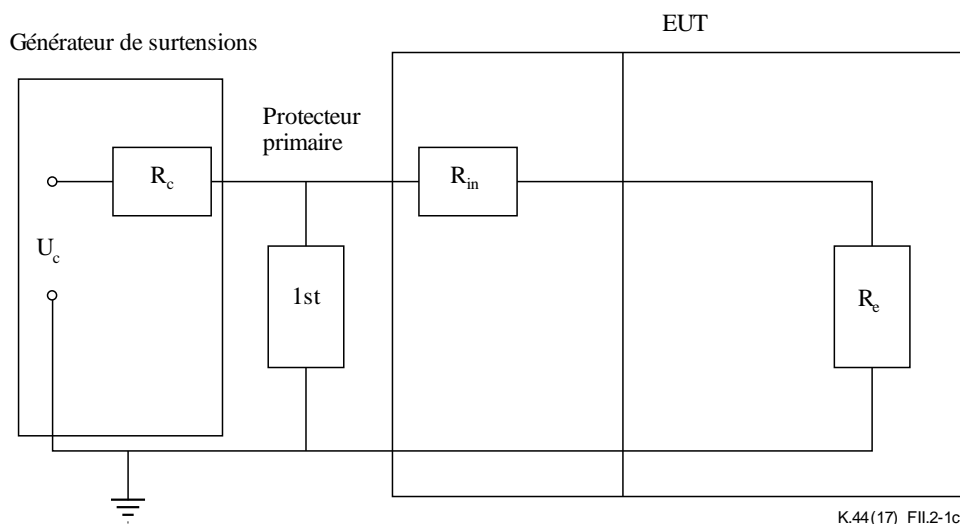


Figure II.2-1b – Circuit équivalent après activation de la protection secondaire



**Figure II.2-1c – Circuits robustes sans protection secondaire**

#### II.2.4 Tests de coordination de dispositifs SPD à commutation et à écrêtage

La publication [b-CEI 62305-4] contient des informations sur la théorie de la coordination. On indique ci-après les tests particuliers qu'il faut réaliser pour vérifier la coordination.

Il existe quatre combinaisons de dispositifs SPD, représentées sur la Figure II.2-2.

**Figure II.2-2a:** concernant la coordination des dispositifs SPD de la Figure II.2-2a, il faut réaliser les tests suivants:

- 1) tension  $U_c$  telle que la forme d'onde soit juste au-dessous de la tension d'amorçage de la protection primaire (contrainte liée à la surtension maximale pour la protection inhérente);
- 2) tension  $U_c$  mise à  $U_{c(max)}$  (dV/dt correspondant au cas le plus défavorable et intensité de crête maximale dans la protection inhérente).

**Figure II.2-2b:** concernant la coordination des dispositifs SPD de la Figure II.2-2b, il faut réaliser les tests suivants:

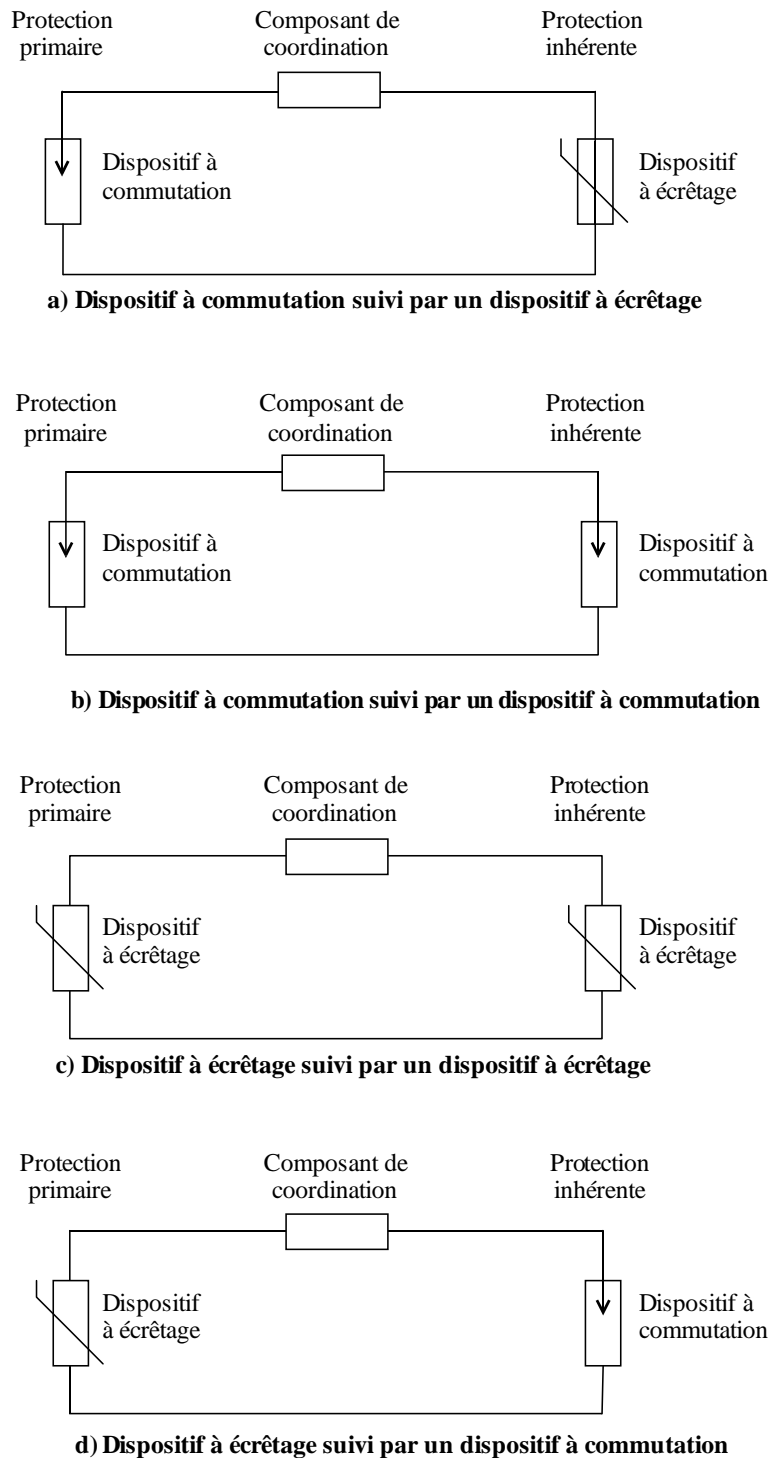
- 1) tension  $U_c$  telle que la forme d'onde soit juste au-dessous de la tension d'amorçage de la protection inhérente (contrainte liée à la surtension maximale dans les composants du circuit en aval de la protection inhérente);
- 2) tension  $U_c$  telle que la forme d'onde soit juste au-dessous de la tension d'amorçage de la protection primaire (contrainte liée à la surtension maximale pour la protection inhérente);
- 3) tension  $U_c$  mise à  $U_{c(max)}$  (dV/dt correspondant au cas le plus défavorable et intensité de crête maximale dans la protection inhérente).

**Figure II.2-2c:** concernant la coordination des dispositifs SPD de la Figure II.2-2c, il faut réaliser les tests suivants:

- 1) tension  $U_c$  mise à  $U_{c(max)}$  (dV/dt correspondant au cas le plus défavorable et intensité de crête maximale dans la protection inhérente).

**Figure II.2-2d:** concernant la coordination des dispositifs SPD de la Figure II.2-2d, il faut réaliser les tests suivants:

- 1) tension  $U_c$  telle que la forme d'onde soit juste au-dessous de la tension d'amorçage de la protection inhérente (contrainte liée à la surtension maximale dans les composants du circuit en aval de la protection inhérente);
- 2) tension  $U_c$  mise à  $U_{c(max)}$  (dV/dt correspondant au cas le plus défavorable et intensité de crête maximale dans la protection inhérente).



K.44(17)\_FII.2-2

**Figure II.2-2 – Combinaisons de dispositifs SPD**

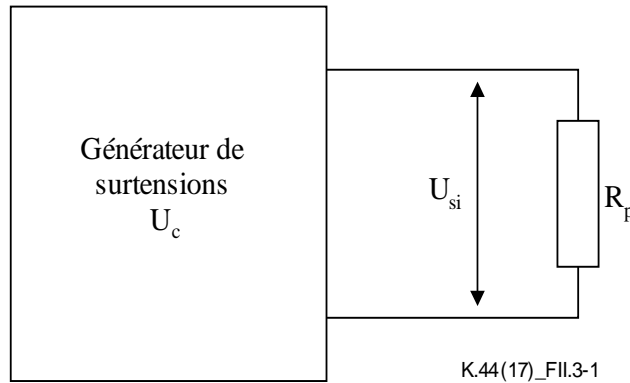
## II.3 Tension au niveau du répartiteur principal appliquée à l'entrée de l'équipement

### II.3.1 Généralités

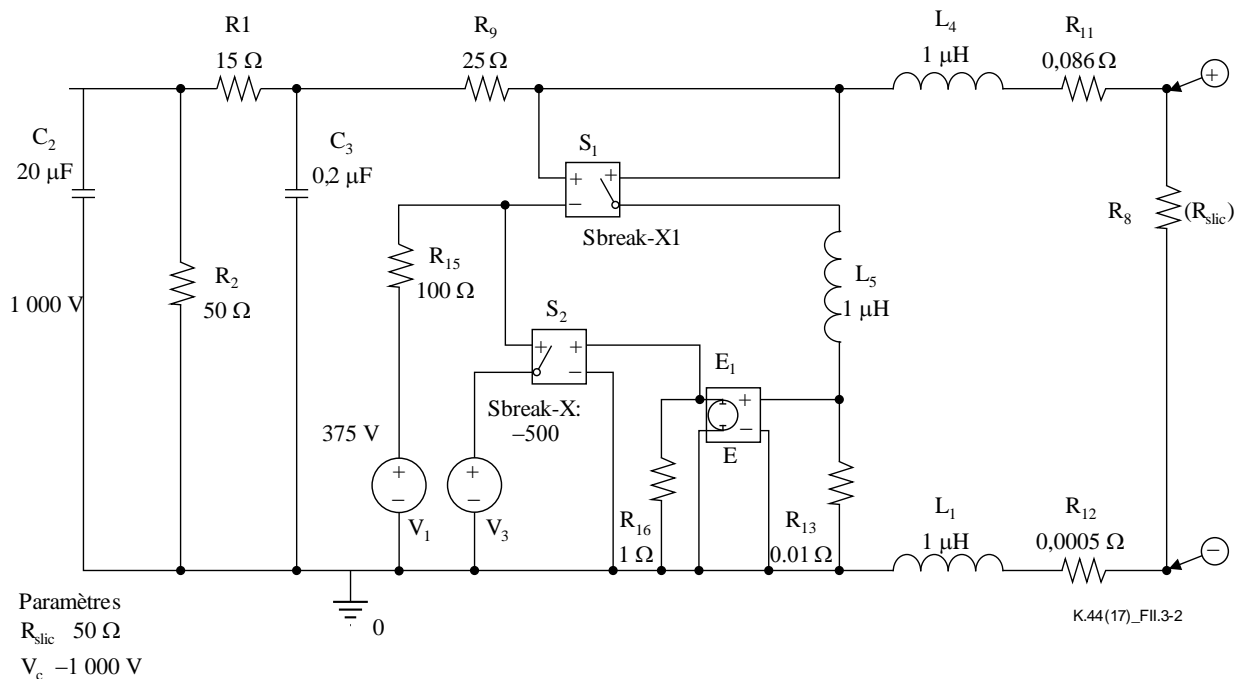
La tension d'amorçage d'un parafoudre à gaz dépend du rapport  $dU/dt$ . Si  $R_p$  est connu, la simulation SPICE d'un signal transitoire permet de calculer le rapport  $dU/dt$  de la tension  $U_{si}$ . Les données concernant la tension d'amorçage en fonction de  $dU/dt$  contenues dans la fiche technique du parafoudre à gaz permettent de simuler la valeur réelle de la tension d'amorçage dans chaque situation. La Figure II.3-3 donne les résultats de la simulation pour une longueur d'un m de câble, entre le parafoudre à gaz et l'équipement, et pour une longueur d'un mètre de câble de mise à la terre du

répartiteur. On constate que le parafoudre à gaz fonctionne à une tension plus élevée en un laps de temps plus court lorsque  $U_c$  est élevé. Si  $U_c$  est faible, le parafoudre à gaz se déclenche à une tension plus basse et au bout d'un laps de temps plus long.

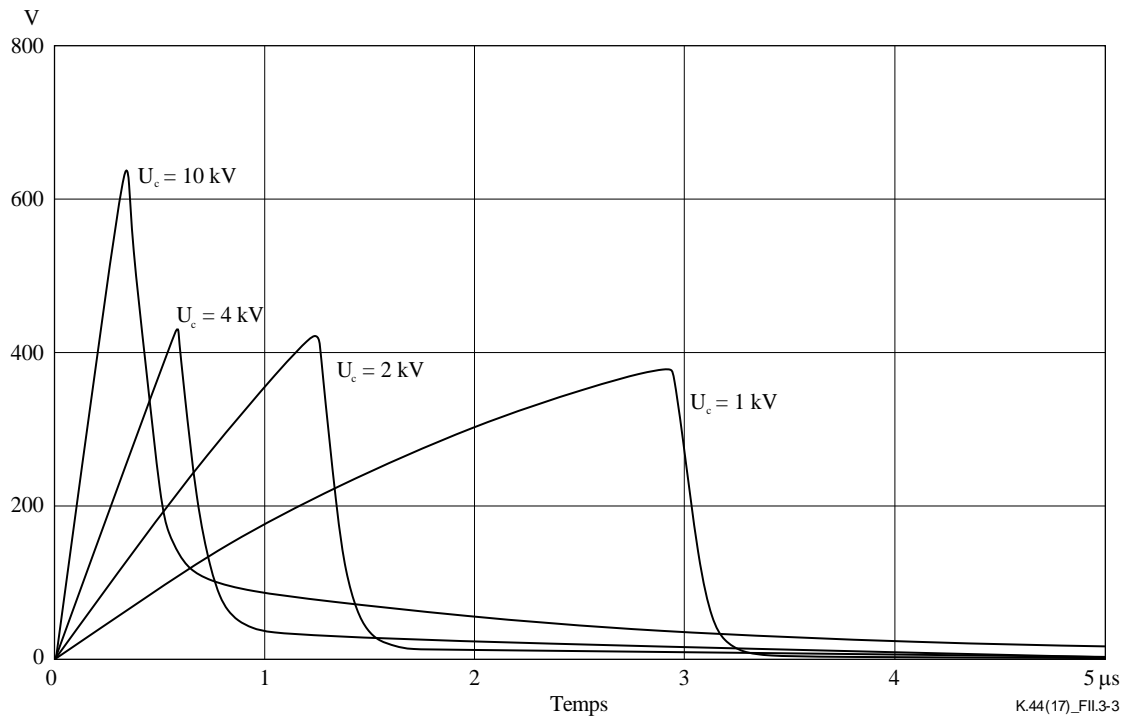
La Figure II.3-4 représente les résultats d'une simulation identique, mais avec 10 m de câble entre le parafoudre à gaz et l'équipement, et 10 m de câble de mise à la terre. Les inductances respectives de ces deux longueurs de câble sont d'environ 10  $\mu\text{H}$ . L'inductance totale résultante de 20  $\mu\text{H}$  peut constituer un filtre passe-bas efficace pour la tension résiduelle rapide créée par le fonctionnement du parafoudre à gaz. Le câble du répartiteur supprime la surtension rapide créée par le déclenchement du parafoudre à gaz. Cette simulation met en évidence la nécessité d'utiliser un câble de test court entre le générateur de surtensions et l'équipement sous test, par exemple de moins de 2 m.



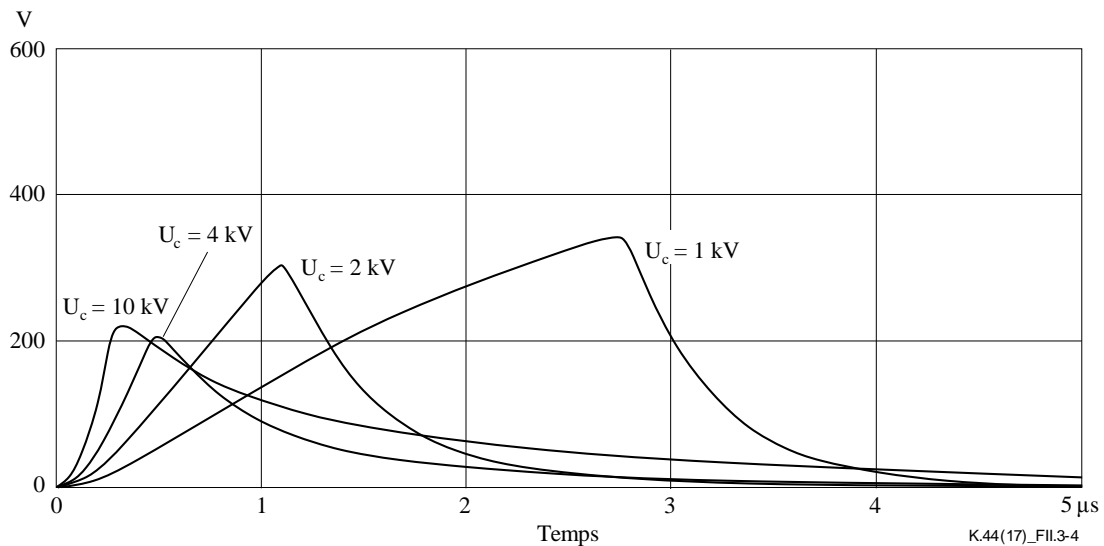
**Figure II.3-1 – Modèle pour calculer le rapport  $dU/dt$  de la tension  $U_{si}$**



**Figure II.3-2 – Modèle SPICE utilisé pour calculer la réduction de la tension à l'entrée de l'équipement due à l'impédance du câble du répartiteur principal**



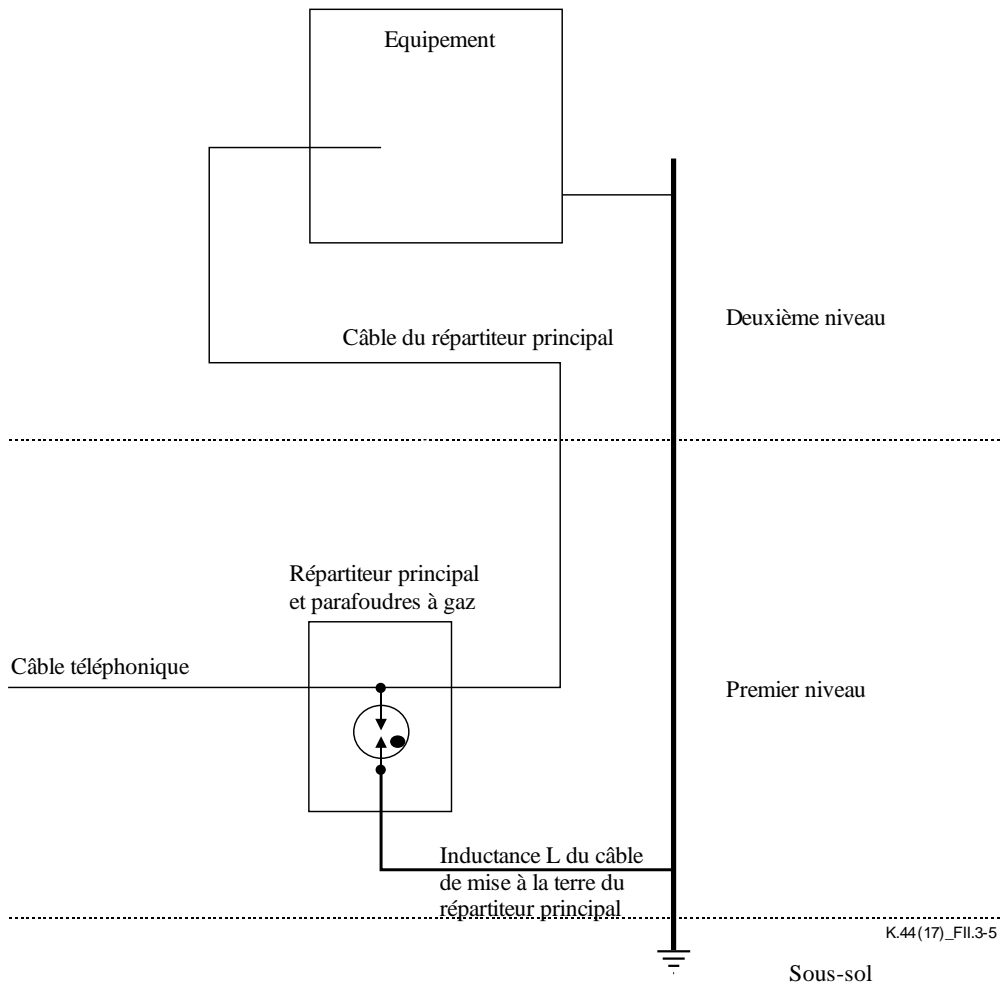
**Figure II.3-3 – Câble du répartiteur principal de 1 m de long**



**Figure II.3-4 – Câble du répartiteur principal de 10 m de long**

### II.3.2 Chute de tension dans le câble de mise à la terre du répartiteur principal

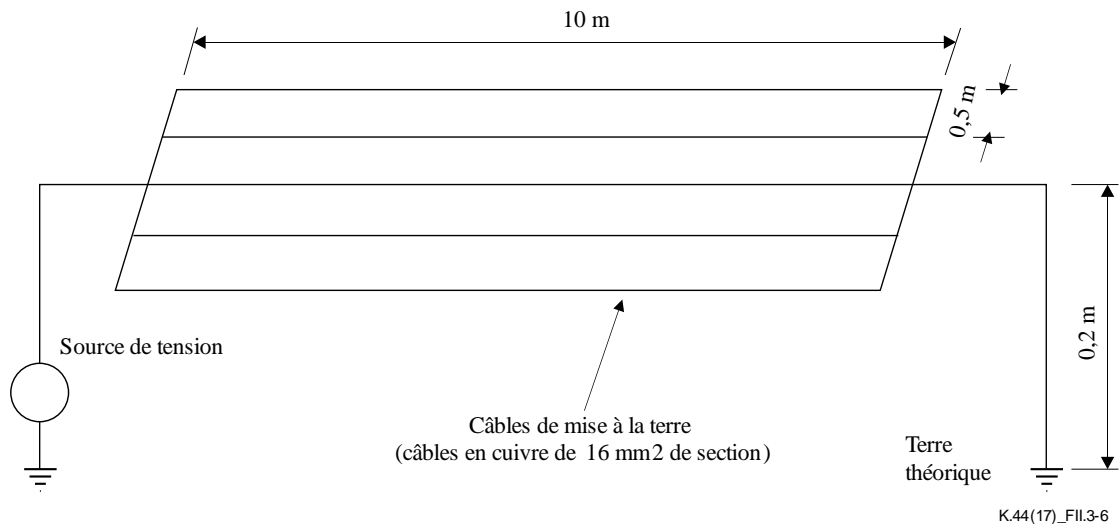
L'inductance de la portion de câble issue du répartiteur principal, comprise entre le protecteur primaire et l'équipement sous test, a un effet bénéfique en ce qui concerne les surtensions rapides, alors que l'inductance du câble de mise à la terre du répartiteur principal a un effet inverse. Il en est particulièrement ainsi si l'on tient compte du fait que le courant issu de tous les parafoudres à gaz qui se sont déclenchés passe dans le câble de mise à la terre du répartiteur principal. L'inductance est fonction de la longueur du câble, mais ne varie pas beaucoup si l'on en modifie le diamètre. Puisque le câble de mise à la terre du répartiteur principal ne peut avoir une longueur nulle, il y a toujours une inductance. La chute de tension créée par le câble de mise à la terre du répartiteur est due à la surintensité consécutive au déclenchement du parafoudre à gaz. La chute de tension du câble de mise à la terre du répartiteur apparaît à l'entrée de l'équipement, de telle sorte qu'il faut installer une configuration équipotentielle dont l'inductance et la résistance seront réduites au minimum. La Figure II.3-5 va permettre de localiser l'inductance du câble de mise à la terre du répartiteur principal.



**Figure II.3-5 – Inductance du câble de mise à la terre du répartiteur principal**

Lorsque le câble de mise à la terre du répartiteur principal a une longueur importante, tel qu'indiqué à la Figure II.3-5, il convient d'installer une configuration à connexions multiples ou maillée.

Les câbles multiples qui ne sont pas connectés ensemble, mais séparément, réduiront l'inductance dans une proportion de  $1/N$  si  $N$  est le nombre de câbles. Voir Figure II.3-6.



**Figure II.3-6 – Utilisation de câbles multiples de mise à la terre afin de réduire l'impédance**

Le Tableau II.3-1 indique les inductances calculées sur la base de la simulation ACCUFIELD.

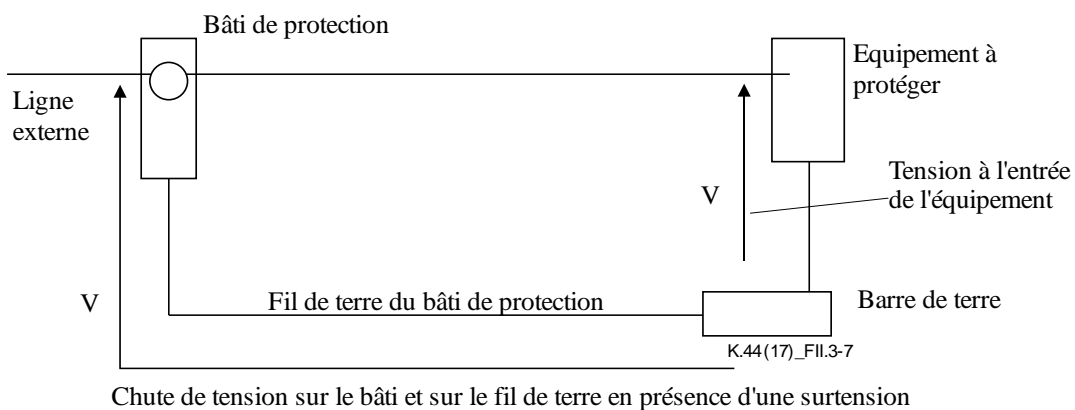
**Tableau II.3-1 – Inductance en fonction du nombre de conducteurs**

N (nombre de conducteurs)	Inductance totale
1	10,89 $\mu\text{H}$
2	6,16 $\mu\text{H}$
3	4,39 $\mu\text{H}$
5	3,05 $\mu\text{H}$

### II.3.3 Test de chute de tension de terre

Lorsqu'il existe un bâti de protection externe ou un fil de mise à la terre qui relie le bâti à la barre de mise à la terre, les fortes intensités qui passent dans le bâti de protection ou le fil de mise à la terre provoqueront une chute de tension à l'entrée de l'équipement, tel qu'indiqué à la Figure II.3-7.

Des dommages consécutifs à une chute de tension de terre ont été observés au Royaume-Uni et en Australie.



**Figure II.3-7 – Chute de tension dans les fils de terre**

#### II.3.3.1 Exemple de problème de chute de tension de terre (Royaume-Uni)

Plusieurs petits centraux téléphoniques installés dans des locaux client ont subi des dommages dus à la différence de potentiel créée par les câbles de mise à la terre des équipements de protection et de commutation. La liaison de protection suivait généralement un trajet indirect vers la borne principale de mise à la terre. La terre de protection de l'équipement était reliée à celle du système d'alimentation et donc à la borne de terre principale. A cause de différences d'impédance, une forte chute de potentiel apparaissait entre les terminaisons de ligne et la terre de protection de l'équipement; il en résultait la détérioration de ce dernier due à la formation d'un petit arc entre le circuit et le châssis; la solution a consisté à relier la protection aussi près que possible de l'équipement, au moyen de dispositifs de protection ayant une tension de déclenchement continue appropriée, pour empêcher l'apparition de la tension de secteur sur la ligne même, en cas de défaut de la terre d'équipement. Un autre problème a été rencontré dans le cas d'équipements correctement mis à la terre avec ce qui semblait être de courts câbles reliés au point commun de mise à la terre, c'est-à-dire similaires à plusieurs milliers d'autres installations, et une résistance à la terre très faible entre le répartiteur MDF et la borne MET. La foudre endommageait l'équipement malgré la présence de dispositifs de protection appropriés. Une étude plus poussée a montré que la liaison entre les blocs MDF et le câble de terre montant était constituée d'un fil de terre de la forme d'un petit tire-bouchon, ce qui créait une grande impédance en cas de surintensité et, par conséquent, une importante chute de tension de terre. Le problème est résolu lorsque l'on rectifie la connexion avec la terre. Tout élément présentant une impédance supérieure à environ 20  $\Omega$  peut provoquer ce problème, donc même une petite inductance peut poser problème.



### **II.3.3.2 Exemple de problème de chute de tension de terre dans des locaux client (Australie)**

De nombreux cas de dommages dus à la foudre subis par des petits centraux téléphoniques installés chez les clients ont été observés en Australie à la suite des différences de potentiel apparues entre les lignes de télécommunication et l'alimentation électrique, du fait de la longueur du câble de liaison entre le bâti de protection et la borne de terre principale. Lorsqu'il n'a pas été possible de réduire la longueur du fil de liaison à moins de quelques mètres, il a fallu munir l'équipement d'un élément de protection combinée protégeant à la fois les câbles de télécommunication et les câbles d'alimentation électrique. Or, ces éléments de protection sont très coûteux – de l'ordre de 150 dollars EU l'élément à dix paires (ligne de télécommunication). Le prix des éléments à paire simple peut descendre jusqu'à 15 dollars EU. Il convient de noter qu'il est primordial que l'élément de protection choisi dispose d'une liaison équipotentielle complète avec la terre entre la protection du port de télécommunication et la protection de la ligne électrique. Tous les éléments ne présentent pas forcément cette liaison équipotentielle.

### **II.3.3.3 Exemple de problème de chute de tension de terre au niveau d'un centre de télécommunication (Australie)**

Telstra a constaté une détérioration des équipements installés dans un centre de télécommunication, alors qu'ils étaient protégés par un dispositif de protection primaire. L'examen de ces incidents a révélé qu'un claquage se produisait entre les câbles issus du répartiteur et le châssis de l'équipement. Pour une forme d'onde 10/700  $\mu$ s la tension de claquage entre le fil et le châssis était d'environ 1,5 kV. Cela met clairement en évidence la possibilité d'une chute de tension de terre d'au moins 1,5 kV dans les conditions réelles. Au lieu de modifier le câblage de terre du central téléphonique, un autre équipement était utilisé pour assurer cette fonction. La mise à la terre de ces centraux est conforme aux indications de la Recommandation [UIT-T K.27] et l'équipement constitue un réseau équipotentiel de type isolé (IBN, *isolated bonding network*). Il est nécessaire de concilier les besoins propres aux pratiques d'installation, à l'immunité des équipements et à l'adjonction d'une protection externe.

### **II.3.3.4 Exemple de test d'immunité aux chutes de tension dans la terre**

Tel qu'indiqué au § II.3.2, la tension la plus importante apparaît lorsqu'on utilise un seul câble de terre pour relier le bâti de protection à la barre de terre. La chute de tension de terre est moins problématique dans le bâti de protection, en raison des deux conducteurs parallèles descendants qu'il comporte, comme en présence de plusieurs câbles de terre reliant le bâti à la barre.

Ce test ne s'applique pas dès lors que l'on se trouve dans au moins un des cas suivants:

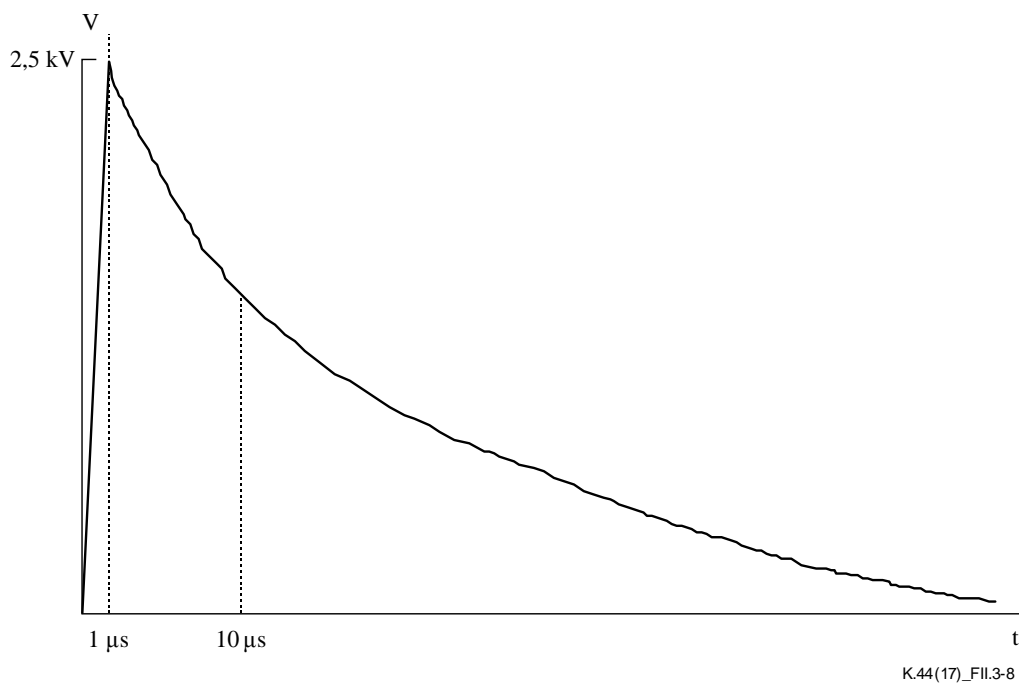
- le conducteur de référence de terre est relié à la base du bâti de protection;
- le bâti de protection et l'équipement sont reliés par des câbles blindés;
- utilisation d'un réseau équipotentiel maillé (Mesh BN);
- le bâti de protection est directement relié au réseau équipotentiel commun (CBN, *common bonding network*) par des conducteurs de longueur réduite (< 1 m).

Les indications du Tableau II.3-2 et les caractéristiques du générateur de la Figure II.3-9 correspondent à la surtension de test n° 4, décrite dans le Tableau 4-2 et au § 4.6.6 de la spécification [b-GR-1089]. Le test Telcordia, largement utilisé en Amérique du Nord, comporte une tension maximale de crête en circuit ouvert de 2,5 kV.

**Tableau II.3-2 – Tension de test**

Description	U <sub>c(max)</sub>
Grand bâti externe, avec un petit nombre de conducteurs descendants ou un long fil de terre (< 10 m) à l'intérieur d'un bâtiment ou d'un abri de grande dimension	2,5 kV
Bâti extérieur à l'intérieur d'une armoire, avec un fil de terre unique de longueur moyenne (< 3 m)	1,5 kV
Petit bâti externe avec fil de terre court (< 0,5 m)	Test non requis. La tension à l'entrée de l'équipement est supposée inférieure à celle qui est observée pour les tests 2.1 et 2.2 dans le Tableau 2a de la Recommandation en matière d'immunité qui s'applique (par exemple, [UIT-T K.20], [UIT-T K.21] ou [UIT-T K.45]).

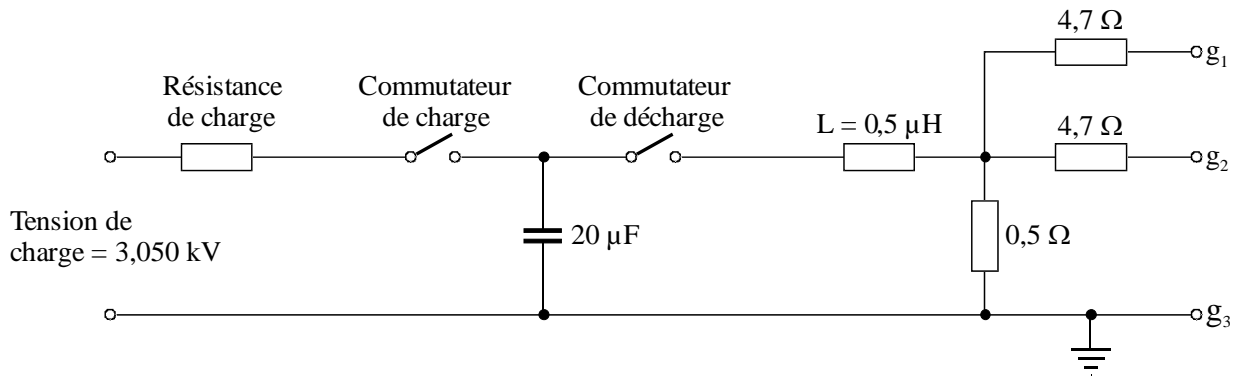
La valeur approximative de la surtension produite par une surintensité circulant dans un fil de mise à la masse est indiquée à la Figure II.3-8.



**Figure II.3-8 – Chute de tension de terre**

Le circuit décrit à la Figure II.3-9 produit une forme d'onde 2/10  $\mu\text{s}$  et peut servir à reproduire cet effet.

La valeur approximative de la tension susceptible d'être observée est indiquée au Tableau II.3-3.



L'obtention du temps de montée de 2  $\mu\text{s}$  peut exiger un ajustement de la faible inductance L du câblage, essentiellement de nature parasite. La tension de charge est ajustée afin d'obtenir la tension de sortie o/c requise.

K.44(17)\_Fil.3-9

**Figure II.3-9 – Générateur de surintensités 2/10  $\mu\text{s}$**

**Tableau II.3-3 – Test de chute de tension de terre**

Test n°	Description du test	Circuit de test	Niveau de test	Nombre de tests	Protection primaire agréée	Critère d'acceptation	Observations
1.1	Chute de tension dans le fil de terre	Figures II.3-9 et A.5-1	Voir Tableau II.3-2	5	5 de chaque polarité	A	Applicable uniquement aux équipements comportant un grand bâti de protection ou un câble de terre unique entre la protection primaire et le point commun de mise à la terre.

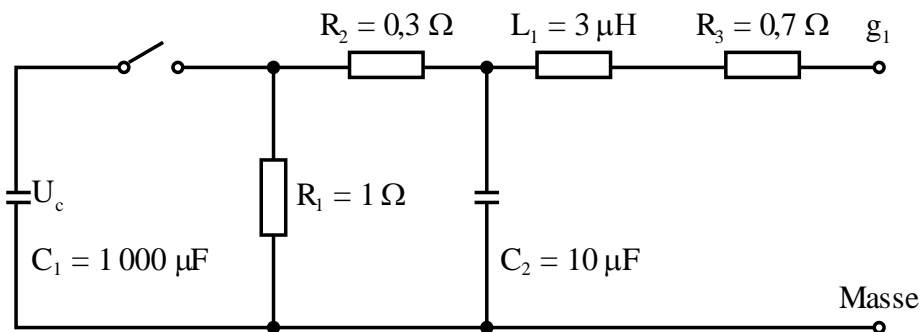
#### II.4 Test en courant sur les ports alimentation secteur

Lorsque la foudre frappe un bâtiment ou un local contenant des équipements de télécommunication, l'onde de courant est nettement prolongée par comparaison à l'onde de forme 8/20  $\mu\text{s}$  utilisée jusqu'à présent pour les tests concernant les ports alimentation secteur. D'après des études réalisées en Allemagne, le temps de descente à la demi-valeur de l'onde de courant pouvait atteindre 350  $\mu\text{s}$  si la foudre tombait directement. Un exemple, tiré de [b-Manuel UIT-T], montre que les temps de descente en cas de surtensions sur les lignes électriques peuvent être longs. Des tests effectués sur des alimentations électriques en mode commutation ont montré qu'un temps de descente de 350  $\mu\text{s}$  pouvait provoquer des dommages, ce qui n'est pas le cas d'un temps de descente de 20  $\mu\text{s}$ . Aucun document ne traite de ces dommages. Il a donc été suggéré d'utiliser une onde de forme 10/350  $\mu\text{s}$  pour vérifier la coordination de la protection primaire avec l'équipement sous test. Cette proposition a été examinée au sein de l'UIT-T, mais il n'a pas été possible de parvenir à un accord quant à ce test. Ce test reste à l'étude. Le test de coordination spécifié dans les Recommandations de produit exige une onde de forme 8/20  $\mu\text{s}$ .

Les caractéristiques du test proposé figurent au Tableau II.4-1.

**Tableau II.4-1 – Test de coordination pour les ports alimentation secteur visant à simuler un choc direct de la foudre sur le bâtiment ou l'abri**

Test n°	Description du test	Circuit de test	Niveau de test	Nombre de tests	Protection primaire agréée	Critère d'acceptation
1.x.a	Coordination L-N pour les ports alimentation secteur en cas de choc direct de la foudre	Figures II.4-1 et A.6.4-1	$I_{(max)} = 10 \text{ kA}$ $R = 0 \Omega$	5 de chaque polarité	Protection primaire agréée (secteur)	A A noter qu'un dispositif de protection à commutation doit fonctionner à $I_{(max)}$
1.x.b	Coordination L+N-E pour les ports alimentation secteur en cas de choc direct de la foudre	Figures II.4-1 et A.6.4-2	$I_{(max(L+N))} = 10 \text{ kA}$ $R = 0 \Omega$	5 de chaque polarité	Protection primaire agréée (secteur)	A A noter qu'un dispositif de protection à commutation doit fonctionner à $I_{(max)}$



NOTE – L'obtention du temps de montée correct peut exiger un ajustement de  $L_1$ .

K.44(17)\_FII.4-1

**Figure II.4-1 – Générateur de surintensités 10/350 µs**

## II.5 Elévation du potentiel de terre et du neutre

### II.5.1 Généralités

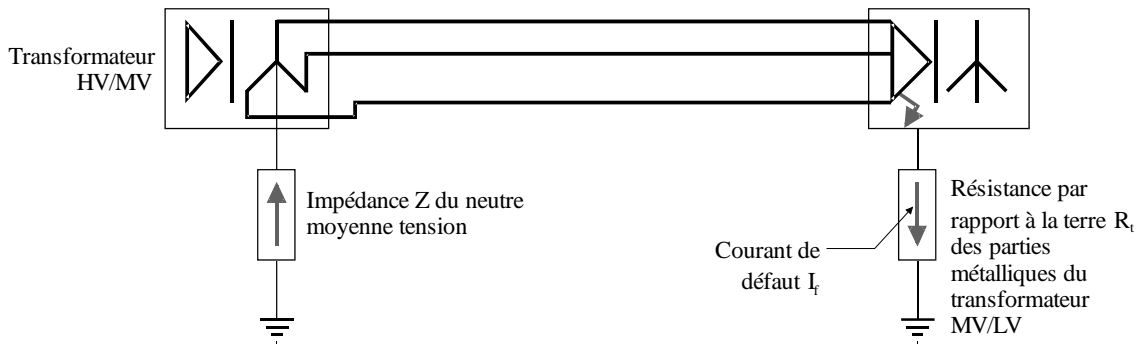
Suivant la conception du réseau public de distribution basse tension, la centrale électrique basse tension est exposée à certains risques d'élévation du potentiel du neutre et de transfert des surtensions dues à la foudre.

### II.5.2 Explication

On observe généralement une élévation du potentiel de la terre et du neutre en cas de rupture de l'isolation du transformateur MV/LV ou de déclenchement des éclateurs pour empêcher la destruction du transformateur du fait des courants induits par la foudre ou lorsque celle-ci frappe directement la ligne. Il en résulte essentiellement le passage d'un courant à 50 Hz et une élévation du potentiel de terre.

### II.5.2.1 Elévation du potentiel de terre

Il faut en premier lieu déterminer comment limiter l'élévation de potentiel de terre (EPR, *earth potential rise*) en cas de dérangement affectant la centrale électrique. Voir Figure II.5-1.



K.44(17)\_FII.5-1

Figure II.5-1 – Facteurs dont dépend le courant de défaut

Le courant de défaut  $I_f$  correspondant à la situation la plus défavorable est déterminé en négligeant l'impédance de ligne HV et le couplage entre le point de mise à la terre des parties métalliques du transformateur et les autres systèmes de mise à la terre tels que la terre du neutre.

$$I_f = U / \sqrt{3 \cdot (Z + R_t)}$$

avec U: tension entre les conducteurs actifs moyenne tension.

L'élévation du potentiel de terre au niveau du transformateur MV/LV est donnée par la formule  $EPR = R_t \cdot I_f$ . (basse tension: LV, *low voltage*.)

En France cette valeur EPR est limitée à 6 kV.

### II.5.2.2 Elévation du potentiel du neutre

#### II.5.2.2.1 Couplage entre le transformateur et les systèmes de mise à la terre du neutre

Du fait de la conception de la mise à la terre du neutre, l'élévation de son potentiel est due à un phénomène de couplage conductif en cas de connexion accidentelle à la terre de la ligne moyenne tension.

Les règlements nationaux peuvent fixer des limites à cette élévation du potentiel du neutre (par exemple 1500 V, en France). Voir Figures II.5-2 et II.5-3.

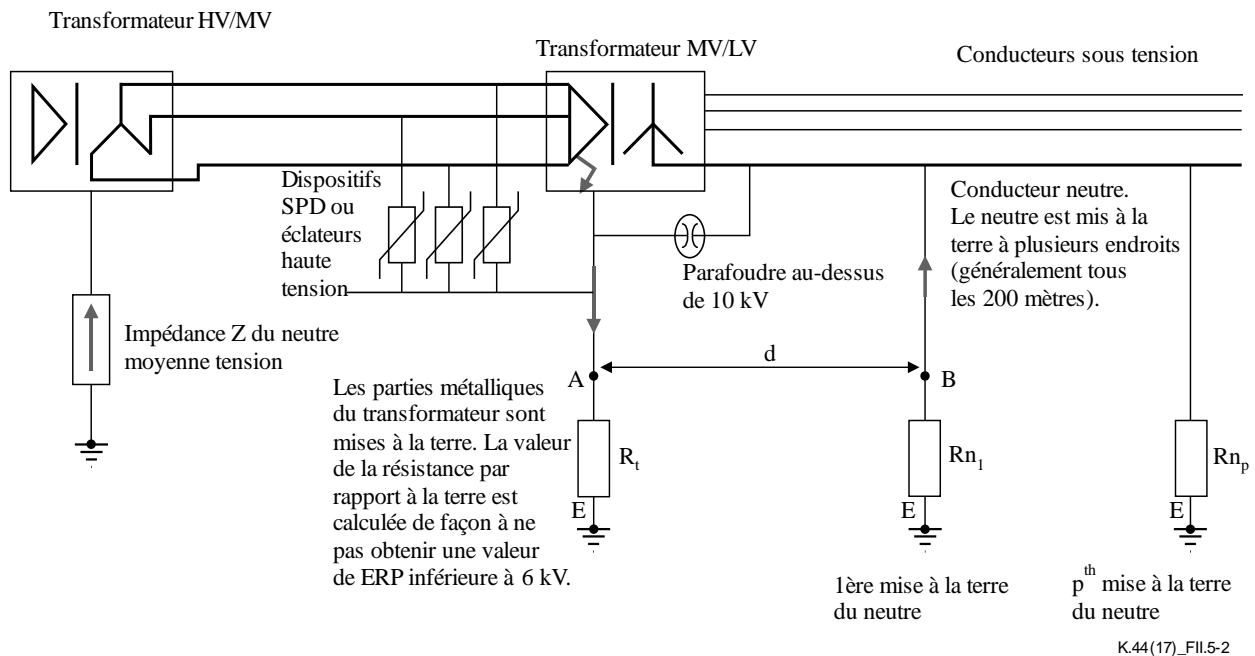


Figure II.5-2 – Couplage au neutre LV

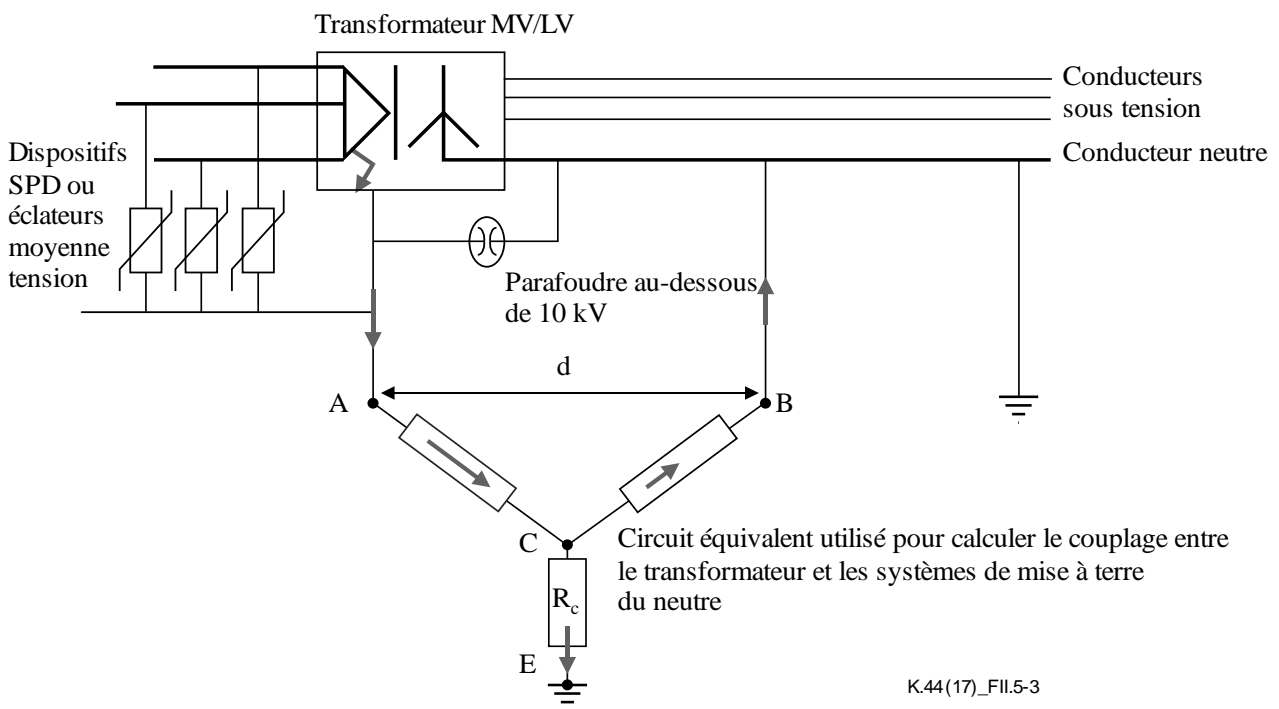


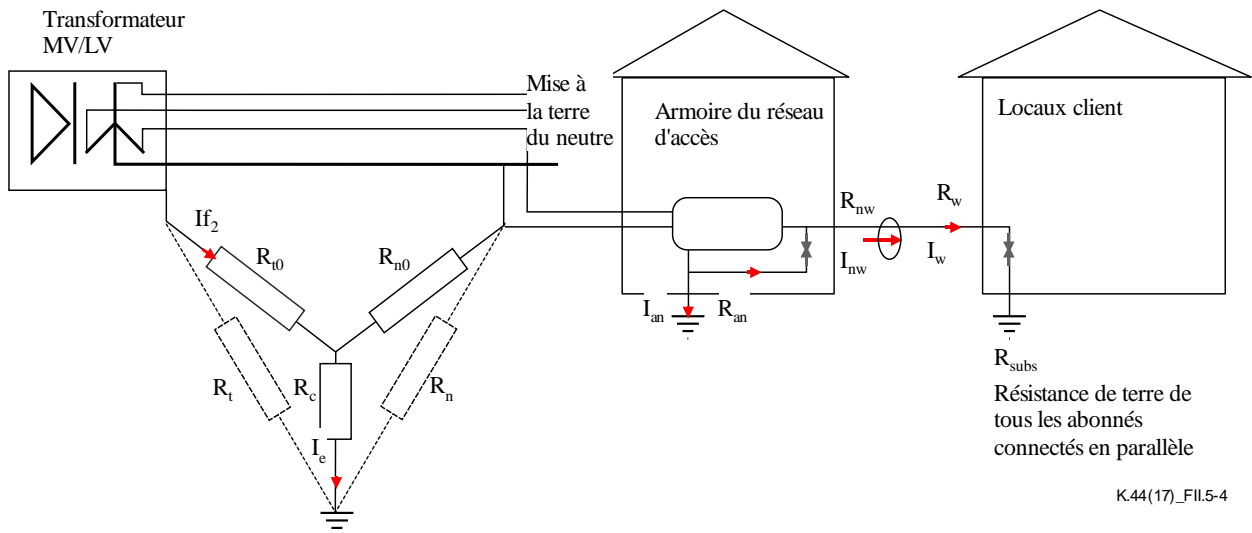
Figure II.5-3 – Conception de la mise à la terre visant à limiter l'élévation de potentiel EPR

La résistance de couplage  $R_c = \rho \cdot l / 2 \cdot \pi \cdot d$  est ajustée en modifiant  $d$  de façon à obtenir une élévation du potentiel de terre inférieure à 1500 V ou un rapport de couplage ( $V_{AE}/V_{BE}$ ) inférieur à 15% en présence d'un défaut.

Lorsque le sol a une forte résistivité, les valeurs observées de la résistance risquent de différer des valeurs calculées et l'élévation du potentiel de terre peut dépasser 1500 V.

### II.5.2.3 Courants qui peuvent s'écouler à travers l'équipement

Voir Figure II.5-4.



**Figure II.5-4 – Mécanisme d'écoulement de courant à travers l'équipement**

Les résultats du calcul, quand on suppose que:

- vingt-huit clients sont raccordés à des lignes de télécommunication similaires (longueur 5 km, diamètre du fil 0,4 mm);
- la résistance équivalente de leurs systèmes de mise à la terre mis en parallèle est 2  $\Omega$ ;
- la résistance de terre de l'armoire du réseau d'accès est 50 ohms;
- les caractéristiques du réseau d'alimentation sont:  $Z = j40 \Omega$ ,  $R_t = 30 \Omega$ ,  $R_n = 15 \Omega$ ,  $d = 8$  m;
- la résistivité du sol est de 300  $\Omega$ .m;

montrent que plusieurs dizaines d'ampères peuvent circuler à travers l'équipement (claquage entre le port secteur et la terre de l'équipement) vers le système de mise à la terre de l'armoire du réseau d'accès.

Le courant peut aussi s'écouler soit directement à travers les éléments de protection des lignes de télécommunication (s'ils ont été installés et en cas de claquage entre le port secteur et la terre de l'équipement) soit à travers l'équipement (claquage entre le port externe de type alimentation secteur et le port externe de télécommunication) vers les locaux client,  $I_w$  est d'environ 1 A.

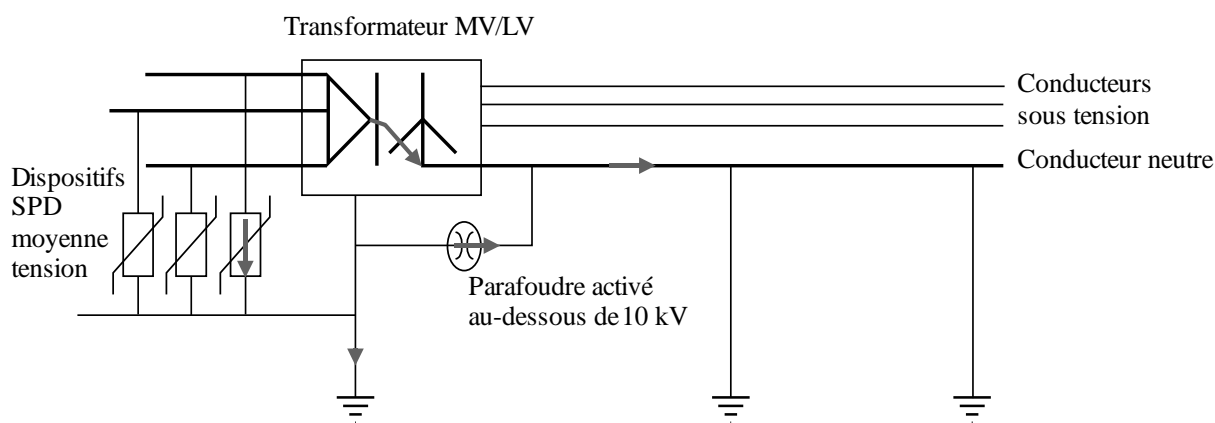
Noter que le calcul est basé sur le même principe si l'on remplace dans la Figure II.5-4 les locaux client par un centre de télécommunication ou si l'on remplace l'armoire du réseau d'accès par des locaux client.

### II.5.2.4 Transfert de surtension

Des transferts de surtensions directs ou provoqués par la foudre, depuis les lignes moyenne tension vers les lignes basse tension peuvent se produire principalement dans les cas suivants:

- 1) le claquage de l'isolement du transformateur est évité en détournant la surtension au moyen d'un parafoudre;
- 2) il y a rupture de l'isolement du transformateur entre les enroulements moyenne tension et basse tension.

Voir Figure II.5-5.



K.44(17)\_FII.5-5

**Figure II.5-5 – Transfert de la surtension sur le neutre**

La surtension sera suivie du passage d'un courant 50 Hz significatif dans le cas 1, s'il y a utilisation d'éclateurs, et dans toutes les situations dans le cas 2.

## II.6 Prescriptions spéciales d'immunité

Le paragraphe 5.3 indique quand il est nécessaire d'appliquer des prescriptions spéciales d'immunité.

Le Tableau II.6-1 indique les prescriptions spéciales qui sont appliquées pour garantir la sécurité et l'immunité en cas d'impossibilité d'établir une liaison équipotentielle.

Ces prescriptions spéciales viennent compléter les tests renforcés de la Recommandation UIT-T K.21 ou UIT-T K.45 et s'appliquent aux équipements dotés ou non de dispositifs SPD mis à la terre.

Pour garantir la sécurité du client, sans une mise à la terre et une équipotentialité adéquates, l'équipement doit comporter un isolement port-port comme indiqué dans le Tableau II.6-1. Pour garantir la sécurité dans le cas de dispositifs SPD mis à la terre, une mise à la terre et une équipotentialité adéquates sont nécessaires.



**Tableau II.6-1a – Conditions de test spécial de choc dû à la foudre sur des ports raccordés à des câbles à paires symétriques externes**

Test n°	Description du test	Circuit de test et forme d'onde (voir les Figures indiquées dans l'Annexe A)	Niveaux de test spécial (voir aussi les §§ 5 et 7)	Nombre de tests	Protection primaire	Critères d'acceptation	Observations
2.1.2a	Port unique, foudre, coordination, transversal	A.3-1 et A.6.1-1 (a et b) 10/700 µs	$U_{c(max)} = 4 \text{ kV}$ $R = 25 \Omega$ $R_1 = 100 \Omega$	5 de chaque polarité	Dispositif de protection spécial de test, voir § 8.4/K.44	A Lorsque le test est réalisé avec $U_c = U_{c(max)}$ , le dispositif de protection spécial de test doit être en fonctionnement. Bien sûr, il peut aussi fonctionner pour des tension $U_c < U_{c(max)}$ .	Lorsque l'équipement contient des composants transportant des courants élevés permettant de se passer de protection primaire, voir § 10.1.1. Les tests des ports Ethernet sont à l'étude.
2.1.2b	Port unique, foudre, coordination, port-terre	A.3-1 et A.6.1-2 10/700 µs	$U_{c(max)} = 13 \text{ kV}$ $R = 25 \Omega$ $R_1 = 100 \Omega$				
2.1.2c	Port unique, foudre, coordination, port-port externe	A.3-1 et A.6.1-3 10/700 µs	$U_{c(max)} = 13 \text{ kV}$ $R = 25 \Omega$ $R_1 = 100 \Omega$				

**Tableau II.6-1b – Conditions de test spécial de choc dû à la foudre sur des ports de type alimentation secteur**

Test n°	Description du test	Circuit de test et forme d'onde (voir les Figures indiquées dans l'Annexe A)	Niveaux de test spécial (voir aussi les §§ 5 et 7)	Nombre de tests	Protection primaire	Critères d'acceptation	Observations
5.1.1a	Foudre, protection inhérente, transversal	A.3-5 et A.6.4-1 onde combinée	$U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$ $R = 0 \Omega$	5 de chaque polarité	Aucune Lors d'un test port externe-port de type paire symétrique, il convient d'ajouter par ailleurs un STP/dispositif de protection primaire au niveau du port non testé. $R1 = 100 \Omega$ pour le port non testé.	A	
5.1.1b	Foudre, protection inhérente, port-terre	A.3-5 et A.6.4-2 onde combinée	$U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$ $R = 0 \Omega$				
5.1.1c	Foudre, protection inhérente, port-port externe	A.3-5 et A.6.4-3 onde combinée	$U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$ $R = 0 \Omega$				

**Tableau II.6-1c – Conditions de test spécial de choc dû à la foudre sur des ports raccordés à des câbles internes**

Test n°	Description du test	Circuit de test et forme d'onde (voir les Figures indiquées dans l'Annexe A)	Niveaux de test spécial (voir aussi les §§ 5 et 7)	Nombre de tests	Protection primaire	Critères d'acceptation	Observations
7.1	Câble non blindé	Ligne POTS interne transversal/différentiel Figures A.3-5 et A.6.6-1 (a et b) Onde combinée $R = 2 \Omega$	$U_{c(max)} = 4 \text{ kV} (10 \text{ A}^2\text{s})$  OU  $U_{c(max)} = 8 \text{ kV} (10 \text{ A}^2\text{s})$	5 de chaque polarité	Aucune	A	S'applique uniquement aux ports POTS.
		Figures A.3-1 et A.6.6-1 (a et b) 10/700 $\mu\text{s}$ $R = 25 \Omega$					
		Ligne POTS interne vers la terre Figures A.3-5 et A.6.5-1. Onde combinée $R = 10 \Omega$ Figures A.3-1 et 6.5-1 10/700 $\mu\text{s}$ $R = 25 \Omega$	ET  $U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$  $U_{c(max)} = 13 \text{ kV}$				
7.2	Port de type câble blindé (y compris les ports de type câble coaxial)	Figures A.3-5 (générateur d'ondes combinées 1,2/50-8/20) et A.6.5-2 $R = 0 \Omega$	$U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$	Alternance de $\pm 5$ surtensions (60 s entre deux surtensions successives)	Aucune	A	(Des tests pour des niveaux de tension inférieurs sont aussi nécessaires – voir le paragraphe 7.3 de [UIT-T K.44].)
NOTE – S'il n'est pas relié à la terre, envelopper l'équipement dans une feuille métallique que l'on connectera à la masse.							

## **II.7 Combustion vive dans un équipement conforme à la Recommandation UIT-T K.21**

Un opérateur de réseau a rencontré un problème avec un départ de feu dans un équipement conforme à la Recommandation [UIT-T K.21]. Il a été possible de reproduire ce problème en effectuant un test de contact avec des lignes électrique sur un équipement ayant préalablement été soumis au test d'induction par les lignes électriques. Il a été montré par la suite que le test d'induction par les lignes électriques endommageait la thermistance PTC, mais pas suffisamment pour que cela soit détecté lors des tests de fonctionnement.

Afin de détecter cette détérioration, il est recommandé de réaliser le test 2.3.1a (4.3.1a) de la Recommandation [UIT-T K.21], en utilisant une résistance de test de 20  $\Omega$ , sur les ports ayant été soumis au préalable au test de protection inhérente pour l'induction par les lignes électriques.

## **II.8 Ethernet**

### **II.8.1 Isolement**

La protection de nombreuses pièces des équipements repose sur le fait que leur isolement présente une tension de tenue supérieure aux chocs électriques que le système est susceptible de subir. Comme exemple issu d'un domaine autre que les télécommunications, il est possible de citer la tension de tenue d'un enroulement de moteur par rapport au rotor ou au stator métallique. L'isolement assure une séparation entre deux éléments conducteurs ayant des potentiels électriques différents. Il est constitué de trois caractéristiques:

- l'isolation: matériau isolant interposé entre deux parties conductrices;
- la ligne de fuite: plus courte distance le long de la surface d'un matériau isolant entre deux parties conductrices;
- la distance d'isolement: plus courte distance dans l'air entre deux parties conductrices.

Les distances d'isolement sont calculées de sorte que la différence de potentiel maximale estimée n'entraîne pas de claquage dans l'air. Les lignes de fuite sont calculées afin que la différence de potentiel maximale estimée et le degré de pollution n'occasionnent pas de contournement ou de claquage (cheminement) au niveau de la surface de l'isolant.

L'épaisseur de l'isolant solide est choisie de sorte que la différence de potentiel maximale ne provoque pas de claquage. Dans les transformateurs, l'isolant solide sépare deux enroulements ou plus. Les transformateurs peuvent être utilisés dans les circuits de ports de type interface afin de garantir l'isolement, l'adaptation d'impédance ou les deux. Le port de signal le plus courant dont l'isolement est assuré par un transformateur est le port Ethernet.

La coordination de l'isolement désigne la procédure de conception visant à obtenir une tension d'isolement supérieure à la différence de potentiel maximale estimée entre les circuits séparés. En ce qui concerne les transformateurs, la tension assignée d'isolement est généralement exprimée par une tension a.c. RMS. Pour les ports d'équipements pouvant être l'objet de chocs électriques dus à la foudre, il est plus approprié d'utiliser la tension assignée de choc. Le choc standard utilisé pour les tests est une onde de forme 1,2/50  $\mu$ s. Un générateur d'ondes combinées 1,2/50-8/20 peut être utilisé pour les tests d'isolement.

Suite au test, on mesure la résistance d'isolement du port [b-CEI 60950-1], [b-IEEE 802.3]. La prescription type impose une résistance d'isolement supérieure à 2 M $\Omega$  pour une tension de 500 V d.c. Les fabricants et les acheteurs peuvent convenir de tensions de test différentes.

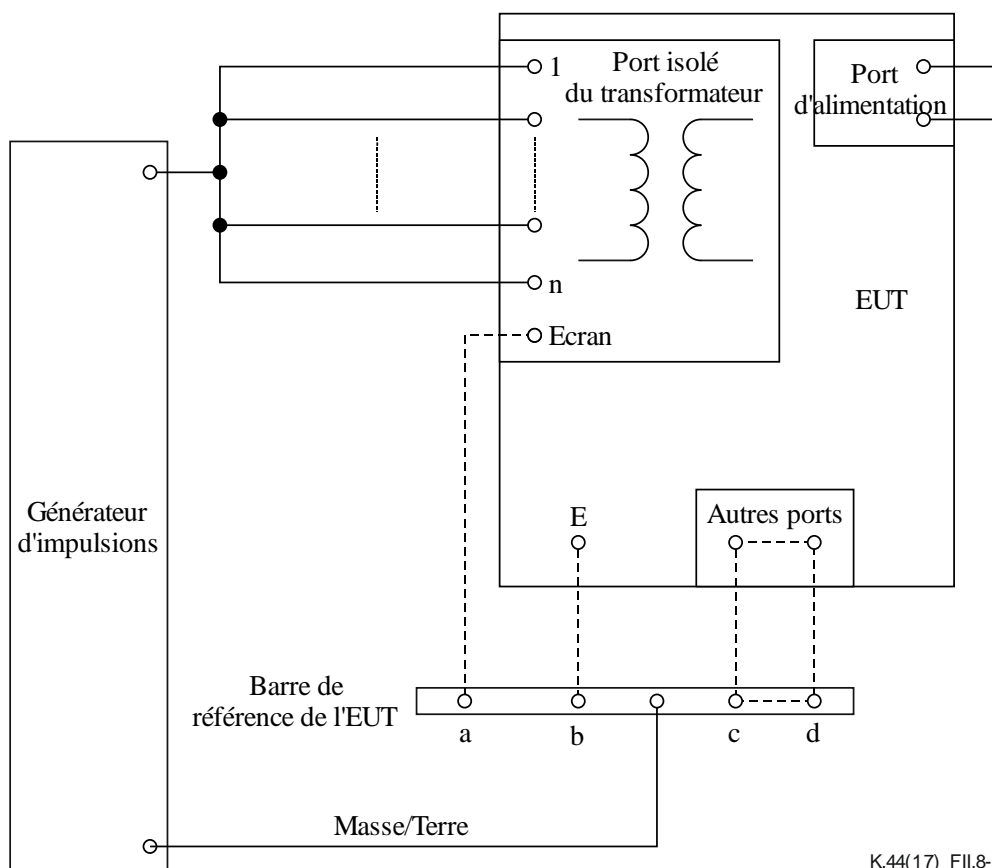
### **II.8.2 Ports Ethernet**

La norme IEEE portant sur les ports Ethernet [b-IEEE 802.3] utilise des tensions d'isolement de 1,5 kV RMS, 2,25 kV d.c. et un choc de 2,4 kV de forme 1,2/50  $\mu$ s. Ces niveaux de tension concernent l'environnement A de la norme IEEE [b-IEEE 802.3]. Cet environnement correspond au

cas où un réseau ou segment LAN, ainsi que tous ses équipements associés interconnectés, s'inscrit en totalité dans un unique réseau d'alimentation basse tension et se situe au sein d'un unique bâtiment. Dans de nombreux pays, les bâtiments sont pourvus de deux réseaux d'alimentation secteur basse tension, de sorte que les appareils à forte puissance peuvent être connectés entre ces deux réseaux. Dans la norme IEEE [b-IEEE 802.3], il est considéré que ce cas constitue tout de même un réseau d'alimentation basse tension unique.

D'après la norme [b-IEEE 802.3], la surtension correspondant au niveau de test d'isolement de base devrait être de 2,4 kV et de forme 1,2/50. Les niveaux de test maximaux des Recommandations de l'UIT-T sont généralement de 6 kV. Pour garantir la coordination de l'isolement pour une surtension transitoire de 6 kV, la barrière par contournement doit présenter une tension assignée de choc renforcée d'environ 8 kV.

Le test de résistance électrique de l'isolement peut être effectué alors que l'équipement n'est pas sous tension étant donné que cela n'entraîne pas de différence notable en ce qui concerne la tenue de l'isolement. Des tests doivent ensuite être réalisés afin de contrôler la valeur de la résistance d'isolement et de vérifier que l'équipement satisfait toujours les exigences de fonctionnement qui le concernent. La vérification de la tension assignée de choc est relativement simple. La surtension est appliquée aux bornes du port Ethernet utilisées pour le signal et l'alimentation. La masse est reliée aux parties de l'équipement électriquement isolées accessibles. Ces parties peuvent être l'écran de protection du câble Ethernet, la borne de terre fonctionnelle ou de terre de protection, toute autre borne d'un port de signal ou encore les bornes du port d'alimentation. La Figure II.8-1 montre le montage de ce test. Les dispositifs utilisant une alimentation PoE et ayant un seul port pour le câble UTP<sub>E</sub> ne comportent pas de borne de terre de référence adéquate et devraient donc être enveloppés dans une feuille métallique lorsqu'ils sont testés.



K.44(17)\_FII.8-1

**Figure II.8-1 – Circuit de base pour le contrôle de la tension assignée de choc d'un port Ethernet**

### **II.8.3 Surtensions Ethernet**

Une connexion LAN Ethernet est directe; elle relie un équipement à un autre et est limitée à 100 m.

#### **II.8.3.1 Choc de foudre**

Dans la plupart des cas, les surtensions dues à la foudre pénètrent dans l'équipement par induction, pour élévation du potentiel de terre ou à travers une barrière par contournement en série. Elles sont par nature longitudinales/en mode commun. La tenue face aux surtensions longitudinales/en mode commun est contrôlée au moyen du circuit A.6.7-4. Les surtensions transversales/différentielles proviennent généralement du fonctionnement d'un limiteur de tension qui convertit la surtension, voir § II.8.4. Les fabricants ne signalent généralement pas l'utilisation d'éléments SPC en parallèle avec la barrière par contournement du port Ethernet et, souvent, des dispositifs SPD externes sont ajoutés car on estime généralement qu'ils protégeront le port. Afin de faire face aux surtensions transversales/différentielles provoquées par ces inconnues, les fabricants peuvent inclure une protection contre ces surtensions pour les ports Ethernet qui reposent uniquement sur une protection contre les surtensions longitudinales/en mode commun assurée par la coordination de l'isolement. Il convient de vérifier la protection des équipements alimentés par PoE (alimentation sur Ethernet) contre les surtensions pouvant se produire entre les paires d'alimentation au moyen du circuit de test A.6.7-2.

#### **II.8.3.2 Défaillance du réseau électrique**

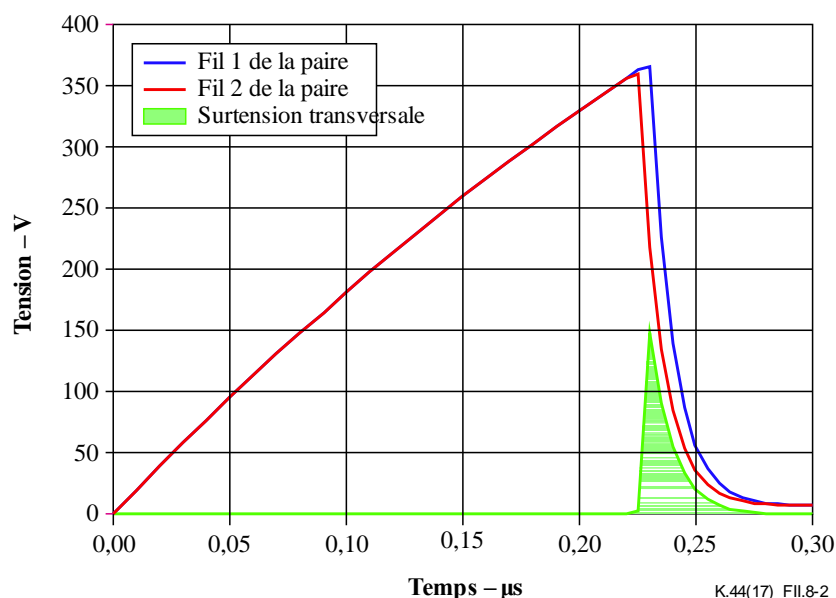
La longueur réduite des câbles LAN implique que les tensions a.c. induites en raison de défaillances du réseau a.c. seront vraisemblablement faibles. Un contact direct avec l'alimentation a.c. du bâtiment est possible par le biais d'une connexion directe ou suite à une défaillance au niveau de la barrière par contournement d'une source d'alimentation. Si le port répond aux exigences concernant la valeur de sa résistance d'isolement avec une tension de test supérieure à la tension de crête de l'alimentation secteur a.c. locale, les tests de contact électrique ne sont pas réalisés.

#### **II.8.3.3 Câbles à paire torsadée non blindée Ethernet (UTP<sub>E</sub>) et à paire torsadée blindée Ethernet (STP<sub>E</sub>)**

En ce qui concerne la méthode de test dont il est question dans ce paragraphe, on part du principe que des câbles UTP<sub>E</sub> sont utilisés. Les ports Ethernet équipés d'une connexion pour écran de protection sont testés afin de détecter l'éventualité d'un claquage de l'isolement entre la borne de l'écran de protection et les autres bornes. Si l'utilisation de câbles STP<sub>E</sub> est imposée, que les ports Ethernet connectés comportent une connexion pour écran de protection et que tous les dispositifs SPD connectés assurent la continuité de l'écran, alors le montage considéré peut être testé comme pour le cas d'un câble sous écran.

### **II.8.4 Eléments SPC et dispositifs SPD**

La conception de certains équipements comprend des éléments SPC visant à protéger la barrière par contournement contre les surtensions transitoires longitudinales/en mode commun ainsi que les paires de signaux et d'alimentation contre les surtensions transitoires transversales/différentielles. Les chocs de nature transversale/différentielle seront causés par le fonctionnement asynchrone des éléments SPC placés en parallèle avec la barrière par contournement. La Figure II.8-2 illustre ce phénomène. L'élément SPC de type commutateur du fil 1 (en rouge) se déclenche en premier lorsque la tension augmente. L'élément SPC de type commutateur du fil 2 (en bleu) se déclenche plus tard car sa tension limite est plus grande. Ce décalage temporel résulte en une surtension transitoire transversale/différentielle entre le fil 1 et le fil 2 de 150 V, correspondant à l'aire hachurée en vert.



**Figure II.8-2 – Surtension transitoire transversale/différentielle causée par le fonctionnement asynchrone des éléments SPC**

Les formes d'onde sont plus complexes dans le cas d'une paire de fils torsadée en raison du couplage. Néanmoins, on constatera également l'apparition d'une surtension transitoire transversale/différentielle entre le fil 1 et le fil 2.

Les éléments SPC placés entre les fils (qui ne sont pas en parallèle avec la barrière par contournement) ne devraient pas avoir d'incidence sur les tests d'isolement. Ceux qui sont placés en parallèle avec la barrière par contournement conduiront le courant dès lors que leur tension de seuil est dépassée. Pour permettre le fonctionnement des éléments SPC au cours des tests d'isolement, il convient d'ajouter des résistances d'égalisation et de limitation de courant au niveau de la sortie du générateur. On installera quatre résistances pour les ports qui utilisent seulement deux des paires torsadées et huit pour ceux qui en utilisent quatre. Les dispositifs SPD externes peuvent avoir le même effet que les éléments SPC des ports. Les Figures A.6.7-1 à A.6.7-4 indiquent les positions et les valeurs de ces résistances.

### II.8.5 Barrière par contournement en série

Lorsqu'un équipement est assorti d'un adaptateur électrique de classe II, il convient de tester l'ensemble constitué de l'équipement et de l'adaptateur. Ce test combiné est nécessaire car la tension d'isolement résultante peut être inférieure à la simple somme de celle du port Ethernet et du port de type alimentation secteur de l'adaptateur. La répartition de la tension entre les deux barrières par contournement en série peut être difficile à prévoir en raison de la distribution dynamique et statique de la tension et doit par conséquent être mesurée.

Les ports Ethernet comportant des éléments SPC en parallèle avec la barrière par contournement peuvent dévier de manière efficace l'ensemble de la tension de test vers la barrière par contournement de l'adaptateur au cours du fonctionnement de ces éléments. Dans ce cas, il conviendrait d'évaluer la barrière par contournement de l'adaptateur en fonction de la tension totale aux bornes des ports. De la même manière, si un port Ethernet reposant uniquement sur l'isolement est connecté à un port doté d'un élément SPC en parallèle avec la barrière par contournement, l'ensemble de la tension induite serait répercutée aux bornes du port Ethernet reposant uniquement sur l'isolement. Dans ce cas, il conviendrait d'évaluer ce port en fonction de tension totale aux bornes des ports. Le cas de ports Ethernet mixtes est l'objet d'autres complications: les surtensions transitoires transversales/différentielles générées par un port doté d'un élément SPC peuvent endommager les autres ports. Les dispositifs SPD externes

connectés à une terre locale et non au noeud de référence du circuit secondaire peuvent produire des surtensions dans les ports de l'équipement en raison de tensions EPR locales.

En résumé, les ports Ethernet dotés d'éléments SPC ou auxquels des dispositifs SPD sont reliés peuvent accroître les niveaux de contrainte sur l'adaptateur électrique et les ports Ethernet associés. L'augmentation de la tension de la barrière par contournement en fonction de la tension totale aux bornes des ports empêche un éventuel claquage de l'isolement. En ce qui concerne les ports Ethernet, l'ajout d'éléments SPC entre les fils d'une paire et les paires pour l'alimentation PoE réduirait la formation de surtensions transitoires transversales/différentielles.

## II.8.6 Augmentation de la tension assignée de choc

Deux techniques sont généralement utilisées pour augmenter la tension: une barrière par contournement en ligne de tension plus élevée ou un dispositif SPD Ethernet conçu spécialement dans ce but.

### II.8.6.1 Barrière par contournement en ligne de tension plus élevée

Pour mettre en oeuvre cette solution, on utilise des transformateurs d'isolement en série dont la tension nominale est supérieure à celle du port Ethernet de l'équipement. De nouveau, cela revient à placer deux barrières par contournement en série. Afin d'éviter les problèmes liés à la répartition de la tension, les transformateurs en série peuvent être dotés d'un écran de protection entre les enroulements pour assurer un découplage capacitif avec le port Ethernet de l'équipement. On trouvera le schéma de base de cette solution dans la Figure II.8-3.

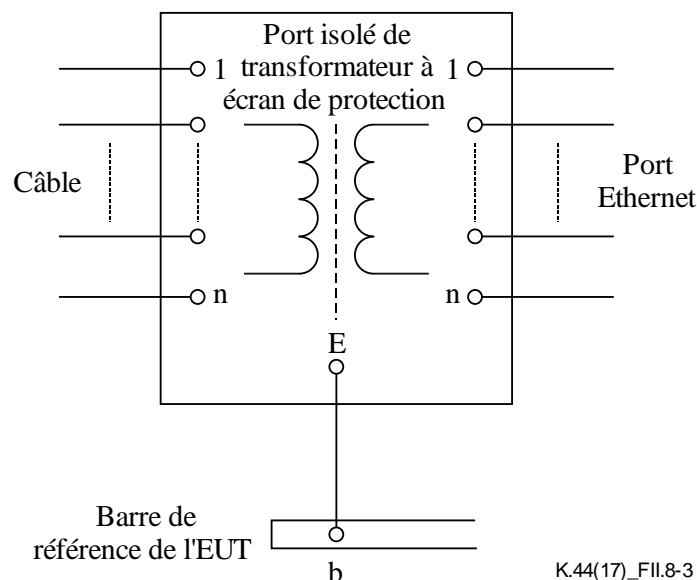


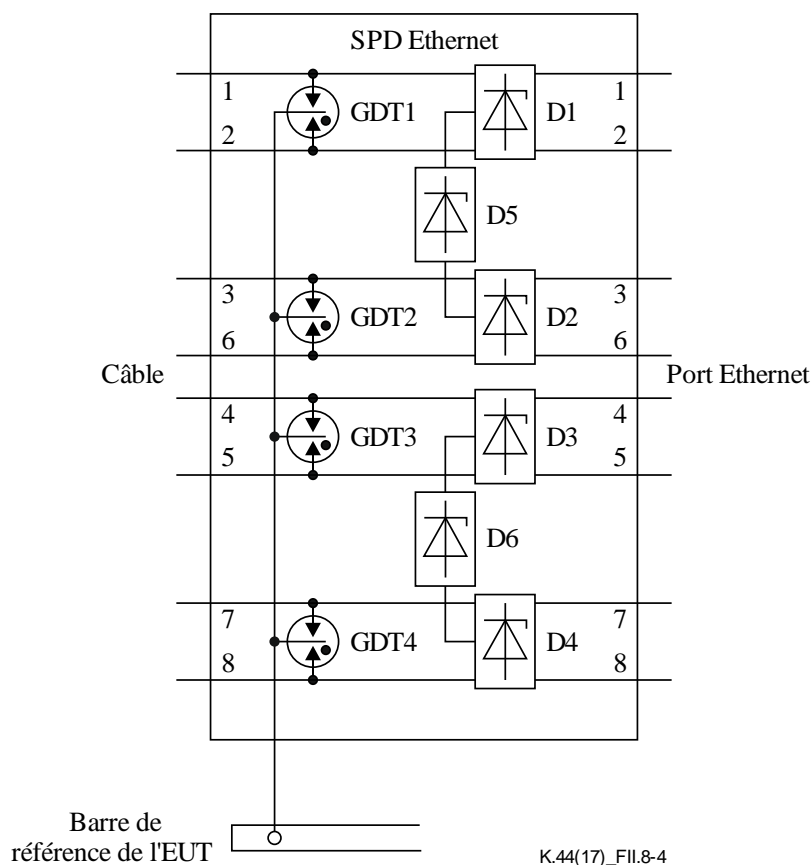
Figure II.8-3 – Isolement par transformateur en ligne à écran de protection

Il est aussi possible d'utiliser des éléments SPC du côté du port Ethernet afin de limiter la tension maximale longitudinale/en mode commun.

### II.8.6.2 Dispositif SPD Ethernet

Un dispositif SPD soigneusement conçu peut permettre de surmonter les problèmes dus au déclenchement des éléments SPC. La Figure II.8-4 contient le schéma d'un tel montage.





**Figure II.8-4 – Schéma d'un dispositif SPD Ethernet**

Les éléments SPC de type parafoudre à gaz (GDT1, GDT2, GDT3 et GDT4) sont placés en parallèle avec l'isolement. Des parafoudres à gaz à trois électrodes à chambre commune servent à limiter la formation de surtensions transitoires transversales/différentielles sur chaque paire torsadée. Un montage à parafoudres à gaz plus complexe pourrait permettre de limiter les surtensions transitoires entre les paires d'alimentation PoE, mais, dans la figure ci-dessus, ce sont les réseaux de protection D5 et D6 qui limitent ces surtensions. Les surtensions transitoires entre les fils d'une paire torsadée sont limitées par les réseaux de protection D1 à D4. Si les parafoudres à gaz se déclenchent dans des conditions de contact avec des lignes électriques a.c., il convient de les faire précéder d'une protection contre les surintensités en entrée placée en série.

Les techniques conventionnelles de conception des dispositifs de protection primaire des services POTS ne conviennent généralement pas dans le cas d'une utilisation Ethernet pour les raisons mentionnées ici et au § II.8.3.

## Bibliographie

- [b-UIT-T K.46] Recommandation UIT-T K.46 (2012), *Protection des lignes de télécommunication à conducteurs métalliques symétriques contre les surtensions induites par la foudre.*
- [b-UIT-T K.50] Recommandation UIT-T K.50 (2016), *Limites de sécurité des tensions et courants de fonctionnement des systèmes de télécommunication alimentés à travers le réseau.*
- [b-UIT-T K.66] Recommandation UIT-T K.66 (2011), *Protection des locaux clients contre les surtensions.*
- [b-UIT-T K.82] Recommandation UIT-T K.82 (2010), *Caractéristiques des dispositifs à semi-conducteurs et à auto-rétablissement pour la protection des installations de télécommunication contre les surintensités.*
- [b-UIT-T K.98] Recommandation UIT-T K.98 (2014), *Guide sur la protection contre les surtensions des équipements de télécommunication installés dans les locaux d'abonné.*
- [b-Manuel UIT-T] Manuel UIT-T (2004), *Mesures d'atténuation des effets des perturbations électromagnétiques dans les installations de télécommunication*, UIT, Genève.  
<<http://www.itu.int/publ/T-HDB-EMC.6-2004/en>>
- [b-GR-1089] Telcordia Technologies, GR-1089-CORE – Electromagnetic Compatibility and Electrical Safety – Generic Criteria for Network Telecommunications Equipment.  
<<http://telecom-info.telcordia.com/site/cgi/ido/newcust.pl?page=idosearch&docnum=GR-1089&>>
- [b-CEI 60050-151] CEI 60050-151 Amd. 1 (2012), *Amendement 1 – Vocabulaire électrotechnique international – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/9999912210?OpenDocument](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/9999912210?OpenDocument)>
- [b-CEI 60950-1] CEI 60950-1 (2005), *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Prescriptions générales.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/035320>>
- [b-CEI 61643-21] CEI 61643-21 (2000), *Parafoudres basse tension – Partie 21: parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essai*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/026430>>
- [b-CEI 62305-4] CEI 62305-4 (2010), *Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf>>
- [b-IEEE 802.3] IEEE Std 802.3<sup>TM</sup>-2015, *IEEE Standard for Ethernet*  
<<http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>>



## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
<b>Série K</b>	<b>Protection contre les perturbations</b>
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication