



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

K.44

(02/2000)

SÉRIE K: PROTECTION CONTRE LES
PERTURBATIONS

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

Recommandation UIT-T K.44

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

RECOMMANDATION UIT-T K.44

ESSAIS D'IMMUNITÉ DES ÉQUIPEMENTS DE TÉLÉCOMMUNICATION EXPOSÉS AUX SURTENSIONS ET AUX SURINTENSITÉS – RECOMMANDATION FONDAMENTALE

Résumé

La présente Recommandation s'emploie à établir des méthodes d'essai 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.

Source

La Recommandation UIT-T K.44, élaborée par la Commission d'études 5 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 25 février 2000 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de la CMNT.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) 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.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études 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 la CMNT.

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.

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 responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2001

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	1
3	Définitions et abréviations	2
3.1	Définitions	2
3.2	Abréviations.....	5
3.3	Symboles.....	6
4	Conditions de surtensions et surintensités	6
5	Exigences d'immunité (fondamentale et renforcée).....	6
5.1	Exigence d'immunité fondamentale.....	6
5.2	Exigence d'immunité renforcée.....	7
6	Limites de l'équipement	7
7	Conditions d'essai	7
8	Coordination des dispositifs de protection.....	8
8.1	Généralités	8
8.2	Foudre	9
8.3	Induction par les lignes électriques, élévation du potentiel de terre et contact avec des lignes électriques	9
8.4	Dispositif de protection spécial d'essai	9
	8.4.1 Dispositif de protection de type commutable	9
	8.4.2 Dispositif de protection de type écrêteur	10
	8.4.3 Modules à étages multiples.....	10
9	Critères d'acceptation	10
10	Essais	10
10.1	Accès de type paires symétriques	13
	10.1.1 Surtension due à la foudre	13
	10.1.2 Surintensité due à la foudre	13
	10.1.3 Chute de tension dans le conducteur de mise à la terre	13
	10.1.4 Induction par les lignes électriques et élévation du potentiel de terre	13
	10.1.5 Contact avec les lignes électriques	14
10.2	Accès de type coaxial.....	14
	10.2.1 Surtension due à la foudre	14
	10.2.2 Surintensité due à la foudre	14
	10.2.3 Surintensité due à la foudre circulant sur le blindage.....	14
	10.2.4 Induction par les lignes électriques et élévation du potentiel de terre	14

	Page	
10.3	Accès de type alimentation électrique dédiée d.c. et a.c.	14
10.3.1	Surtension due à la foudre	14
10.3.2	Surintensité due à la foudre	14
10.3.3	Induction par les lignes électriques et élévation du potentiel de terre	14
10.3.4	Contact avec les lignes électriques	14
10.4	Accès de type alimentation secteur	15
10.4.1	Surtension due à la foudre	15
10.4.2	Surintensité due à la foudre	15
10.4.3	Elévation du potentiel de terre	15
10.4.4	Elévation du potentiel du neutre	15
	Annexe A – Présentation des essais	15
A.1	Introduction	15
A.2	Schémas de principe de l'équipement et des essais	15
A.2.1	Accès de l'équipement	15
A.2.2	Schéma des essais	16
A.3	Générateurs d'essai	17
A.4	Générateur de forme d'onde	19
A.5	Circuits d'essai comprenant des réseaux de couplage, de découplage et d'alimentation	19
A.5.1	Accès de type paire symétrique	20
A.5.2	Accès de type coaxial	20
A.5.3	Accès d'alimentation électrique dédiée a.c. ou d.c.	20
A.5.4	Accès de lignes électriques de secteur	20
A.6	Terminaisons	20
	Appendice I – Explications relatives aux conditions d'essai	33
I.1	Réalisation des essais	33
I.1.1	Généralités	33
I.1.2	Essais de surtension due à la foudre	33
I.1.3	Induction de courant par les lignes électriques	40
I.1.4	Contact avec des lignes électriques	43
I.1.5	Terminaisons et dispositifs de protection contre les surtensions sur les accès non soumis à l'essai	45
I.1.6	Connexions d'essai pour équipement mis à la terre et non mis à la terre	48
I.2	Gamme de niveaux d'essai de choc de foudre et d'induction par les lignes électriques	49
I.2.1	Choc de foudre	49
I.2.2	Niveau d'essai d'induction par les lignes électriques	49

	Page
I.3 Relation entre la Recommandation K.44 et les autres Recommandations de produit ou de famille de produits.....	50
Appendice II – Indications complémentaires à l'attention des constructeurs et des exploitants.....	52
II.1 Introduction.....	52
II.2 Coordination de la protection primaire.....	52
II.2.1 La protection primaire ne fonctionne pas.....	52
II.2.2 La protection primaire fonctionne.....	52
II.2.3 Principes de coordination.....	53
II.3 Tension au niveau du répartiteur principal appliquée à l'entrée de l'équipement.....	55
II.3.1 Généralités.....	55
II.3.2 Chute de tension dans le câble de mise à la terre du répartiteur principal.....	58
II.3.3 Essai de chute de tension de terre.....	59
II.4 Essai en courant sur les bornes d'accès du secteur.....	62
II.5 Elévation du potentiel de terre et du neutre.....	64
II.5.1 Généralités.....	64
II.5.2 Explication.....	64

Recommandation K.44

ESSAIS D'IMMUNITÉ DES ÉQUIPEMENTS DE TÉLÉCOMMUNICATION EXPOSÉS AUX SURTENSIONS ET AUX SURINTENSITÉS – RECOMMANDATION FONDAMENTALE

(Genève, 2000)

1 Domaine d'application

La présente Recommandation fondamentale décrit les essais 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 K.11 et K.39 consacrées aux aspects économiques et techniques généraux de la protection.

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

Les niveaux et les procédures d'essais 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 certains paragraphes de cette Recommandation diffèrent 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 Recommandation K.44 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 essais sont des essais 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 essais exige la prise en compte de toutes les conditions en présence, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'unité soumise à l'essai, susceptibles d'affecter les résultats.

La présente Recommandation ne traite pas des essais de décharge électrostatique 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.

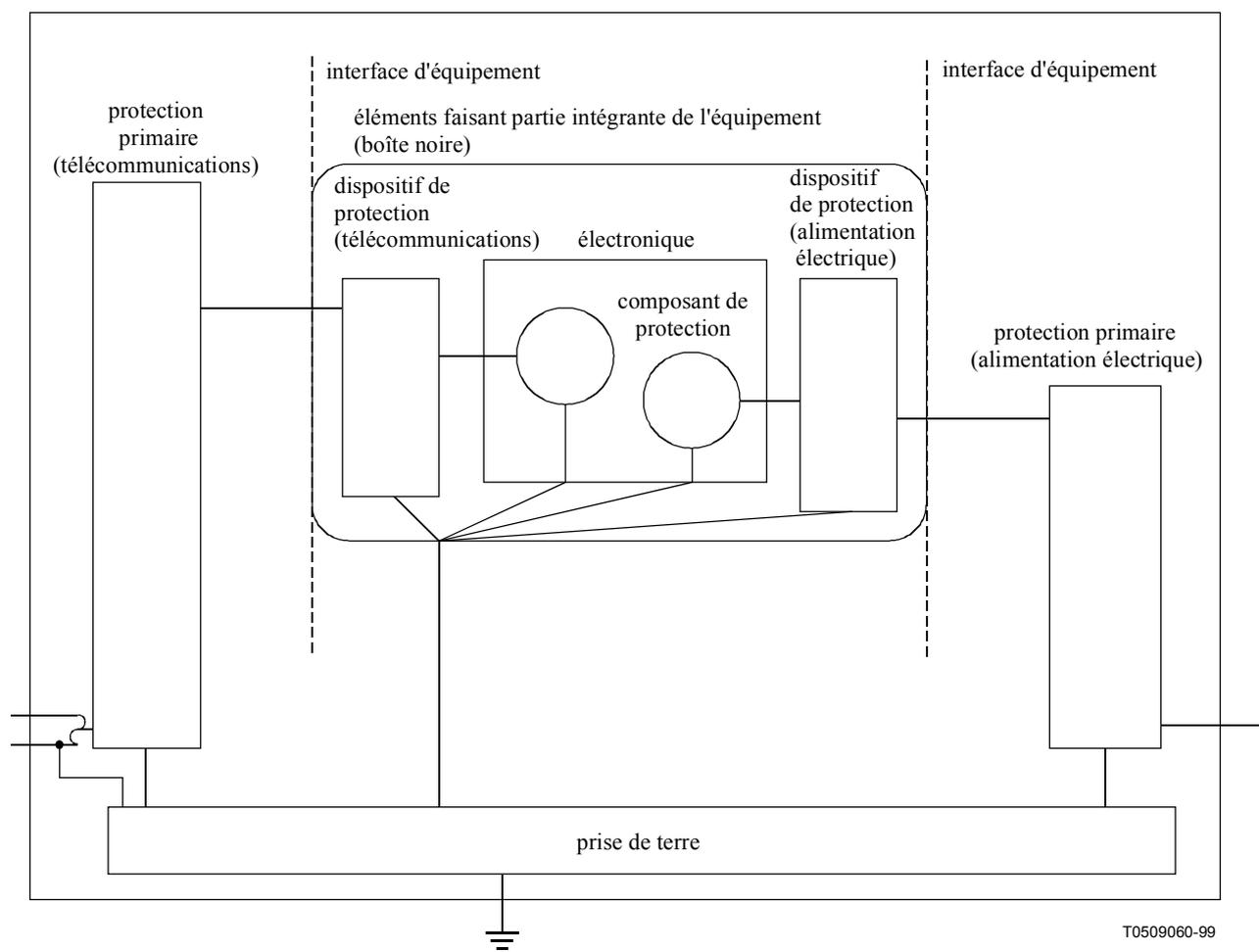
- Recommandation UIT-T K.11 (1993), *Principes de la protection contre les surtensions et les surintensités*.

- Recommandation UIT-T K.12 (2000), *Caractéristiques des parafoudres à gaz destinés à la protection des installations de télécommunication.*
- Recommandation UIT-T K.27 (1996), *Configurations équipotentielles et mise à la terre dans les bâtiments de télécommunication.*
- Recommandation UIT-T K.28 (1993), *Caractéristiques des modules de parasurtension à semi-conducteurs destinés à assurer la protection des installations de télécommunication.*
- Recommandation UIT-T K.39 (1996), *Evaluation des risques d'endommagement des installations de télécommunication par la foudre.*
- Recommandation UIT-T K.40 (1996), *Protection des centres de télécommunication contre les impulsions électromagnétiques dues à la foudre.*
- Publication 60060-1 de la CEI (1989), *Techniques des essais à haute tension. Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.*
- Publication 61000-4-2 de la CEI (1999), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques.*
- Publication 61000-4-5 de la CEI (1995), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc.*
- Publication 61643-1 de la CEI (1998), *Dispositifs de protection contre les surtensions connectés aux réseaux de distribution basse tension – Partie 1: Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essai.*

3 Définitions et abréviations

3.1 Définitions

Il convient de se référer à la Figure 1 pour mieux comprendre les différentes définitions. 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 1/K.44 – Exemple de disposition des éléments de protection

La présente Recommandation définit les termes suivants.

3.1.1 immunité: l'immunité aux surtensions et aux surintensités est la capacité d'un équipement ou d'installations de télécommunication à résister à une surtension ou une surintensité, jusqu'à un niveau spécifié, avec ou sans dégradation de l'équipement considéré.

NOTE – Les critères de dégradation sont énoncés au paragraphe 9.

3.1.2 dispositif de protection contre les surtensions (SPD, *surge protective device*): dispositif ayant pour but de limiter les surtensions et les surintensités transitoires de courte durée. Il peut consister en un composant unique ou de conception plus complexe, intégrant plusieurs fonctions. Il contient au moins un composant non linéaire.

3.1.3 protection primaire: pour protéger une interface d'un équipement, la protection primaire utilisant un SPD est installée à l'endroit où elle empêche la plus grande partie de l'énergie de se propager à travers l'équipement. Ce dispositif doit être accessible, amovible et raccordé à une liaison équipotentielle.

3.1.4 protection primaire agréée: un dispositif de protection primaire agréé désigne un type particulier de dispositif contre les surtensions utilisé afin de protéger un équipement sur la base d'un accord conclu entre le constructeur de l'équipement et l'opérateur du réseau. 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 ou spécification particulière. 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.

3.1.5 protection inhérente: la protection inhérente est la protection conférée à une interface d'équipement par ses caractéristiques intrinsèques, par une conception spécifique ou par des composants de protection appropriés.

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

3.1.7 énergie spécifique: l'énergie spécifique W_{sp} est une mesure de l'énergie générée par induction de courant ou par élévation du potentiel de terre à la fréquence du réseau électrique; elle est égale à l'énergie qui serait dissipée dans une résistance de 1 ohm. Elle est définie comme le carré de l'intensité du courant induit ($I_{a.c.}$), multiplié par le temps t , pendant lequel le courant circule:

$$W_{sp} = (I_{a.c.})^2 \times t \quad (3-1)$$

L'énergie spécifique d'un générateur d'essai est déterminée en mettant en court-circuit ses bornes de sortie.

3.1.8 élément de coordination: un élément de coordination est un élément situé entre la protection primaire et la protection inhérente, destiné à éviter que la protection inhérente n'empêche le fonctionnement de la protection primaire.

3.1.9 dispositif de protection spécial d'essai: le dispositif de protection spécial d'essai est un composant ou un circuit qui sert à remplacer la protection primaire agréée dans le but de vérifier la coordination. Il assure que la tension à l'entrée de l'équipement sera plus élevée pendant l'essai qu'en service et fournit un certain niveau de garantie quant à l'efficacité de la protection de l'équipement par l'adjonction d'une protection primaire.

3.1.10 alimentation électrique dédiée: une alimentation électrique dédiée est une alimentation électrique fournie par un câble spécifique à cette utilisation qui sort de l'enceinte du bâtiment.

3.1.11 accès/ports: un "accès" ou "port" est une interface particulière de l'équipement spécifié. L'équipement peut être muni de ports internes et externes. Un port externe est un port raccordé à des conducteurs métalliques qui sortent de l'enceinte du bâtiment ou de l'abri. Un port interne est un port raccordé à des conducteurs métalliques qui ne sortent pas de l'enceinte du bâtiment ou de l'abri.

3.1.12 coordination de la protection: tâche qui consiste 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.

3.1.13 équipement de l'installation du client (CPE, *customer premises equipment*): équipement destiné à être directement raccordé aux terminaisons d'un réseau public de télécommunication dans l'installation du client.

3.1.14 réseau d'accès (AN, *access network*): partie du réseau général de télécommunication qui est située entre un centre de télécommunication et le bâtiment abritant l'installation du client.

3.1.15 réseau de transmission (TN, *trunk network*): partie du réseau de télécommunication qui est située entre deux centres de télécommunication.

3.1.16 centre de télécommunication: un centre de télécommunication est une installation de télécommunication dont les configurations de mise à la terre et d'équipotentialité sont conformes à la Recommandation K.27.

3.2 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

a.c.	courant alternatif (<i>alternating current</i>)
AN	réseau d'accès (<i>access network</i>)
ANE	équipement du réseau d'accès (<i>access network equipment</i>)
CEI	Commission électrotechnique internationale
CL	commutateur local
CPE	équipement de l'installation du client (<i>customer premises equipment</i>)
d.c.	courant continu (<i>direct current</i>)
dpf	alimentation électrique dédiée (<i>dedicated power feed</i>)
ESD	décharge électrostatique (<i>electrostatic discharge</i>)
EUT	équipement sous test (<i>equipment under test</i>)
GDT	parafoudres à gaz (<i>gas discharge tube</i>)
LI	interface de ligne (<i>line interface</i>)
LT	terminaison de ligne (<i>line termination</i>)
MDF	répartiteur principal (<i>main distribution frame</i>)
MOV	varistances à oxyde métallique (<i>metal oxide varistor</i>)
NT	terminaison de réseau (<i>network termination</i>)
o/c	circuit ouvert (<i>open circuit</i>)
pfv	tension d'alimentation (<i>power feeding voltage</i>)
PTC	résistance à coefficient de température positif; thermistance à coefficient de température positif (<i>positive temperature coefficient resistor</i>)
RNIS	réseau numérique à intégration de services
RSE	équipement de commutation distant (<i>remote switching equipment</i>)
SPD	dispositif de protection contre les surtensions (<i>surge protective device</i>)
SPD	dispositif de protection contre les surtensions (<i>surge protection device</i>)
SSA	parafoudre à semi-conducteurs (<i>solid state arrester</i>)
TCE	équipement de centre de télécommunication (<i>telecommunication centre equipment</i>)
TN	réseau de transmission (<i>trunk network</i>)
UIT-T	Union internationale des télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications
USB	bus série universel (<i>universal serial bus</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 essais 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 composants 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 Exigences d'immunité (fondamentale et renforcée)

Les lignes de télécommunication, les lignes d'alimentation (dédiée) à distance et les lignes d'alimentation secteur sont plus ou moins affectées dans la pratique par la foudre et par les ouvrages électriques. La Recommandation 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 exigences peuvent varier en fonction de l'environnement considéré. Il incombe aux Administrations ou aux opérateurs de réseaux de choisir les exigences d'immunité appropriées dans les Recommandations de produit ou de famille de produits. Pour éviter la conception de nombreux types d'équipements, seules les exigences fondamentales et renforcées sont recommandées.

5.1 Exigence 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 exigence. 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 exigence.

5.2 Exigence d'immunité renforcée

Lorsque les exigences 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 d'exigences de qualité de service, les opérateurs de réseaux peuvent demander des exigences d'immunité renforcée.

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 accès 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 accès. Pour les besoins de ces essais, 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 composants 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 accès supplémentaires à tester, par ex. a, b, c, d, e et f, etc. et E pour la Terre.

7 Conditions d'essai

Les conditions ci-après s'appliquent à tous les essais décrits au paragraphe 10:

- 1) tous les essais sont des essais de type et se déroulent dans des conditions d'environnement standard de laboratoire, sauf spécification contraire formulée dans la Recommandation de produit ou de famille de produits;
- 2) les accès 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 accès uniques en paires symétriques 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 accès multiples en paires symétriques de caractéristiques différentes;
 - conducteur interne (âme) ou externe comme la tresse du blindage pour des accès en câbles coaxiaux;
 - dpf1 et dpf2 etc., pour des accès d'alimentation électrique dédiée;
 - L1, L2, L3 et N pour des accès au réseau électrique (secteur);
 - E pour la Terre;
- 3) l'équipement doit être soumis à l'essai dans tout mode de fonctionnement de durée non négligeable;
- 4) dans tous les cas où une tension, une intensité ou une énergie spécifique maximale est spécifiée, il convient de faire également des essais à des tensions, des intensités ou des énergies spécifiques plus basses si cela est nécessaire pour confirmer que les équipements résisteront effectivement à toute condition de sévérité inférieure à la limite supérieure indiquée.

NOTE – Les composants particuliers à prendre en considération pour les essais comprennent le dispositif de protection primaire, les dispositifs de protection inhérente de type commutable ou "foldback", les résistances 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;

- 5) il convient de répéter chaque essai autant de fois que l'indique la Recommandation de produit ou de famille de produits. Pour les essais de choc de foudre il faut inverser la polarité entre deux impulsions successives. L'intervalle de temps entre des essais consécutifs sur le même accès doit être d'environ une minute. Les tests doivent aussi être appliqués 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 d'essai de ce type consiste à vérifier la conformité de l'équipement lorsque toutes les impulsions sont appliquées à des résistances à la température de fonctionnement normale;
- 6) les essais d'induction par des lignes électriques doivent être effectués à la fréquence du réseau de distribution en courant alternatif ou à celle des lignes de traction électrique du pays dans lequel l'équipement sera utilisé;
- 7) un nouveau composant de protection primaire peut être utilisé après chaque séquence d'essais;
- 8) les accès doivent être testés avec un nombre fini d'accès non testés, de type identique ou différent, correctement raccordés, selon le cas, pour vérifier la conformité de l'équipement aux critères d'acceptation spécifiés. Un accès soumis à l'essai est 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 cette tension de test, il est possible d'effectuer l'essai sans cette terminaison. Les accès non testés doivent en règle générale être raccordés conformément aux conditions d'installation normale de l'équipement, si nécessaire, afin de démontrer que l'équipement résistera à la tension d'essai. Les différentes terminaisons envisageables doivent être prises en considération, par exemple avec ou sans protection primaire. Afin de simuler les conditions les plus défavorables, il peut s'avérer nécessaire de ne pas raccorder les accès non testés, ou de les raccorder ensemble avec ou sans mise à la terre, selon le cas. Le sous-paragraphe I.1.5 de l'Appendice I donne des indications supplémentaires concernant l'incidence des terminaisons;
- 9) les cartes doivent être soumises aux essais dans un ou dans plusieurs emplacements si nécessaire pour vérifier la conformité de l'équipement aux critères d'acceptation spécifiés;
- 10) si une carte est munie de deux ou davantage d'accès identiques, il suffit d'en soumettre un seul aux mêmes essais que pour un accès unique;
- 11) pour les tests transversaux, l'un des conducteurs doit être raccordé au générateur de surtensions et l'autre à la terre. Il faut ensuite répéter l'essai en intervertissant les deux conducteurs.

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 accès raccordés à des conducteurs métalliques externes, par des dispositifs de protection primaire tels que des parafoudres à gaz, 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 K.12 et K.28 ou de la publication CEI 61643-1.

La coordination entre les dispositifs de protection est indispensable pour assurer la compatibilité de l'équipement avec les protections primaires.

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;
- afin de vérifier que la coordination a été effective pour les surtensions dues à la foudre, un dispositif de protection spécial d'essai est utilisé à la place du dispositif de protection primaire pendant les essais de surtensions (voir 8.4). 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.

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

La protection inhérente intégrée à l'équipement 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.

La protection inhérente de l'équipement protège ce dernier contre les courants dus au contact avec les lignes électriques.

L'impédance d'entrée par rapport à la terre des deux accès 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 de l'essai d'induction peut être trop faible pour déclencher la protection primaire. Dans ce cas, il convient de faire attention à la quantité d'énergie susceptible d'être dissipée dans l'équipement.

8.4 Dispositif de protection spécial d'essai

Le dispositif de protection spécial d'essai doit avoir un comportement similaire à celui du dispositif de protection primaire agréée.

8.4.1 Dispositif de protection de type commutable

La tension d'amorçage statique du dispositif de protection spécial d'essai doit être égale à 1,15 fois la tension d'amorçage statique maximale spécifiée, valeur obtenue après essai de vieillissement, du dispositif de protection primaire agréée. 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 d'essai 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 d'essai 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 d'essai 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 d'essai dont les composants sont conformes aux indications des 8.4.1 et 8.4.2.

9 Critères d'acceptation

Deux critères d'acceptation sont reconnus:

- critère A – L'équipement doit supporter l'essai sans dégradation ni autre perturbation (telle qu'une altération du logiciel ou un mauvais fonctionnement des systèmes de protection contre les défauts) et doit fonctionner correctement dans les limites spécifiées après l'essai. Il n'est pas exigé que le fonctionnement soit correct pendant l'essai;
- critère B – Il ne doit pas se produire de risque d'incendie dans l'équipement suite aux essais. Toute dégradation, si elle se produit, ne doit affecter qu'une petite partie de l'équipement.

10 Essais

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

Certaines considérations justifiant les types d'essai 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 d'accès indiqués au Tableau 1 sont pris en considération.

Tableau 1/K.44 – Types d'accès

Type d'accès	Type d'essai	Exemple
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 d'accès RNIS au débit primaire
	Induction par des lignes électriques et élévation du potentiel de terre	
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	

Une récapitulation des essais applicables figure au Tableau 2. Les numéros de référence indiqués dans la colonne "Type d'accès", par exemple 10.1.2, renvoient au numéro de paragraphe approprié de la Recommandation K.44 qui traite de cet essai. Les lettres "na" signifient que l'essai est non applicable. L'expression "à l'étude" signifie que l'UIT-T poursuit l'étude de cet essai. Le mot "Unique" ou "Multiple" désigne le nombre d'accès soumis à l'essai. Dans le cas d'un essai sur accès unique, l'essai est appliqué à un seul accès. Dans le cas d'un essai sur accès multiples, la surtension ou surintensité est appliquée simultanément au nombre d'accès spécifié. La mention "Longitudinal" ou "Transversal" indique si la surtension ou surintensité est appliquée de manière longitudinale, c'est-à-dire entre les conducteurs de la ligne et la terre appelé aussi "en mode commun" ou encore de manière transversale, c'est-à-dire conducteur à conducteur, âme et tresse pour un câble coaxial, appelé aussi "en mode différentiel". Pour plus d'informations sur les essais d'immunité fondamentale ou renforcée, voir les indications contenues au paragraphe 5.

Tableau 2/K.44 – Essais applicables

Type d'essai	Nombre d'accès soumis simultanément à l'essai	Essai longitudinal/transversal	Protection primaire	Type d'accès			
				Accès paire symétrique	Accès coaxial	Accès alimentation dédiée	Accès alimentation secteur
Surtension due à la foudre	Unique	Longitudinal	Non	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1
		Transversal	Non	10.1.1.1	10.2.1 à l'étude	10.3.1	10.4.1
		Longitudinal	Oui	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1
		Transversal	Oui	10.1.1.1	10.2.1 à l'étude	10.3.1	10.4.1
	Multiple	Longitudinal	Non	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
		Longitudinal	Oui	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
Surintensité due à la foudre	Unique	Longitudinal	Non	10.1.2	n.a.	10.3.2	n.a.
		Transversal	Non	n.a.	10.2.2 à l'étude	n.a.	n.a.
			Oui	n.a.	n.a.	n.a.	10.4.2 à l'étude
	Multiple	Longitudinal	Oui	10.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
Surintensité due à la foudre sur le blindage	Unique	Longitudinal	Oui	n.a.	10.2.3 à l'étude	n.a.	n.a.
Chute de tension dans le conducteur de mise à la terre	Unique	Longitudinal	Non	10.1.3 à l'étude	n.a.	n.a.	n.a.
Courant induit par les lignes électriques et élévation du potentiel de terre	Unique	Longitudinal	Non	10.1.4	n.a.	10.3.3	10.4.3 à l'étude
		Transversal	Non	10.1.4	10.2.4 à l'étude	10.3.3	
		Longitudinal	Oui	10.1.4	n.a.	10.3.3	
		Transversal	Oui	10.1.4	10.2.4 à l'étude	10.3.3	
Elévation du potentiel du neutre	Unique	Longitudinal	Non	n.a.	n.a.	n.a.	10.4.4
Contact avec les lignes électriques	Unique	Longitudinal	Non	10.1.5	n.a.	10.3.4	n.a.
		Transversal	Non	10.1.5	n.a.	10.3.4	n.a.

10.1 Accès de type paires symétriques

10.1.1 Surtension due à la foudre

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

- si ce composant est amovible une exception du paragraphe 6 s'applique, il doit être déposé et remplacé par le dispositif de protection spécial d'essai pour les essais de protection inhérente et de coordination de la protection, voir 8.4;
- si ce composant n'est pas amovible, tous les essais sont réalisés avec le dispositif de protection fourni et le constructeur doit remettre un rapport indiquant que les essais de protection inhérente et de coordination de la protection ont été effectués, lors des essais de qualification, avec le dispositif de protection spécial d'essai.

10.1.1.1 Accès unique

L'essai de surtensions de type foudre sur un accès unique consiste à vérifier que chaque accès de l'équipement présente le niveau requis d'immunité aux surtensions. Des essais longitudinaux et transversaux doivent être effectués.

10.1.1.2 Accès multiples

L'essai de surcharge de type foudre sur accès multiples consiste à vérifier que l'équipement présente le niveau requis d'immunité lorsqu'une surtension se produit simultanément sur n accès 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 d'accès à soumettre simultanément à des essais doit être indiqué dans la Recommandation de produit ou de famille de produits.

10.1.2 Surintensité due à la foudre

L'essai de surintensité a pour objet de vérifier que l'équipement présente le niveau requis d'immunité inhérente lorsque des composants de protection à fort courant d'écoulement sont installés dans l'équipement afin de supprimer la nécessité de protection primaire. Cet essai 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. L'essai de surintensité doit être spécifié dans la Recommandation de produit ou de famille de produits.

10.1.3 Chute de tension dans le conducteur de mise à la terre

L'UIT-T envisage l'adoption d'un essai de chute de tension dans le conducteur de mise à la terre afin de simuler l'incidence de la circulation de forte surintensité dans les répartiteurs principaux et dans leurs circuits de mise à la terre (voir Appendice II, sous-paragraphe II.3.3).

10.1.4 Induction par les lignes électriques et élévation du potentiel de terre

Les essais longitudinaux et transversaux doivent être effectués.

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

- si ce composant est amovible une exception du paragraphe 6 s'applique, il doit être déposé et remplacé par le dispositif de protection spécial d'essai pour les essais de protection inhérente et de coordination de la protection, voir 8.4;

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

10.1.5 Contact avec les lignes électriques

Les essais longitudinaux et transversaux doivent être effectués.

10.2 Accès de type coaxial

L'UIT-T étudie actuellement les spécifications d'essai concernant les accès de type coaxial.

10.2.1 Surtension due à la foudre

L'essai de surtension due à la foudre consiste à vérifier que l'équipement présente le niveau requis d'immunité ou surtension.

10.2.2 Surintensité due à la foudre

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

10.2.3 Surintensité due à la foudre circulant sur le blindage

Cet essai vérifie la capacité de l'équipement à écouler de fortes intensités susceptibles de circuler sur le blindage du câble coaxial. Cet essai doit être effectué entre tous les blindages de câbles coaxiaux et les bornes de mise à la terre de l'équipement.

10.2.4 Induction par les lignes électriques et élévation du potentiel de terre

L'essai d'induction par les lignes électriques et d'élévation du potentiel de terre consiste à vérifier que l'équipement présente le niveau requis d'immunité.

10.3 Accès de type alimentation électrique dédiée d.c. et a.c.

10.3.1 Surtension due à la foudre

Les essais longitudinaux et transversaux doivent être effectués.

10.3.2 Surintensité due à la foudre

L'essai de la surintensité consiste à vérifier que l'équipement présente le niveau requis d'immunité inhérente en présence de composants de protection à fort courant d'écoulement installés à l'intérieur de l'équipement afin de supprimer la nécessité de protection primaire. Cet essai 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. L'essai de surintensité doit être spécifié dans les Recommandations de produit ou de famille de produits.

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

Les essais longitudinaux et transversaux doivent être effectués.

10.3.4 Contact avec les lignes électriques

Les essais longitudinaux et transversaux doivent être effectués.

10.4 Accès de type alimentation secteur

10.4.1 Surtension due à la foudre

Les essais longitudinaux et transversaux doivent être effectués.

10.4.2 Surintensité due à la foudre

L'UIT-T étudie actuellement la nécessité de définir un essai visant à vérifier la coordination de la protection de l'équipement avec celle d'un dispositif de protection primaire des lignes électriques. Il aura pour objectif de vérifier la coordination de la protection lorsque la foudre tombe directement sur le bâtiment, la ligne de télécommunication ou le câble d'alimentation électrique.

10.4.3 Elévation du potentiel de terre

L'UIT-T étudie actuellement la nécessité de définir un essai 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.

10.4.4 Elévation du potentiel du neutre

Cet essai 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 sous-paragraphe II.5 de l'Appendice II.

ANNEXE A

Présentation des essais

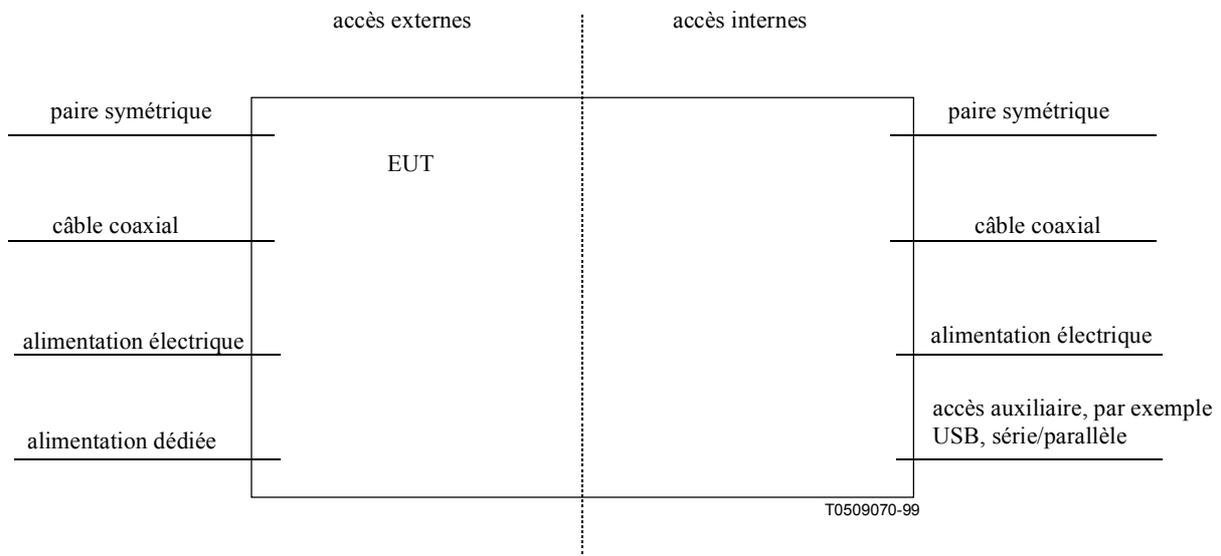
A.1 Introduction

Il faut veiller à ce que les essais 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 accès non soumis à l'essai et du raccordement à l'équipement sous test (EUT, *equipment under test*).

A.2 Schémas de principe de l'équipement et des essais

A.2.1 Accès de l'équipement

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



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

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

Figure A.2-1/K.44 – Accès de l'équipement

A.2.2 Schéma des essais

Le générateur de surtensions, l'alimentation, les éléments de couplage et de découplage, ainsi que l'équipement sous test sont raccordés conformément à la Figure A.2-2.

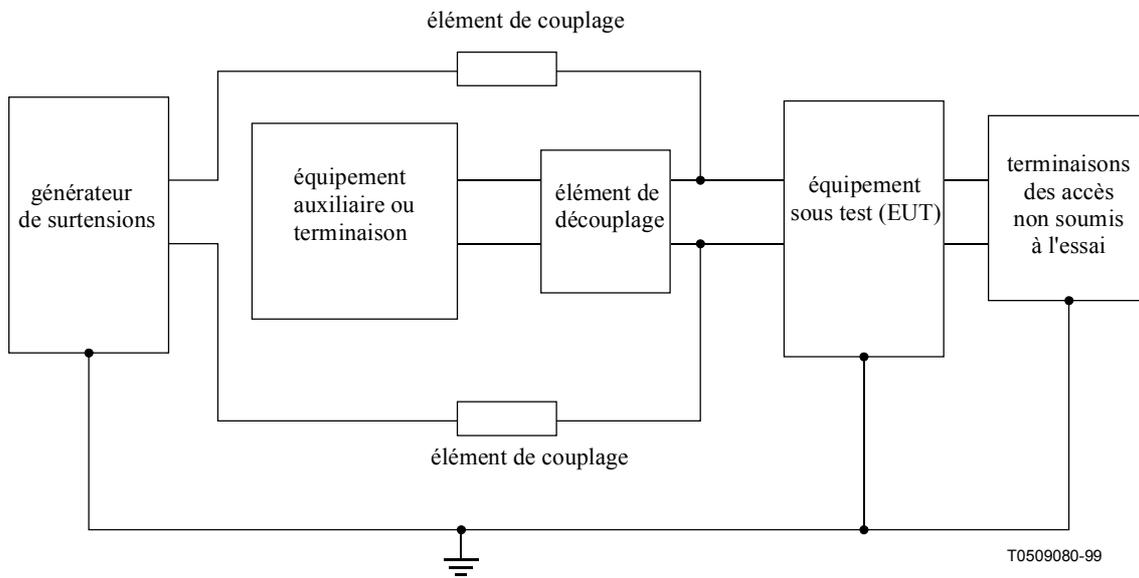


Figure A.2-2/K.44 – Schéma de principe d'un montage d'essai type

A.3 Générateurs d'essai

Les Figures A.3-1 à A.3-6 donnent des exemples de circuits de générateurs d'essai 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 d'essai peuvent être utilisés à condition qu'ils donnent des résultats identiques.

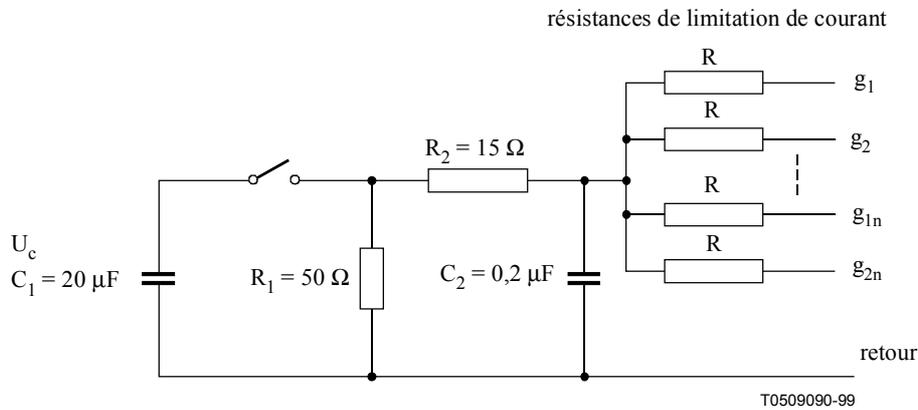


Figure A.3-1/K.44 – Générateur de surtension de forme 10/700 μs

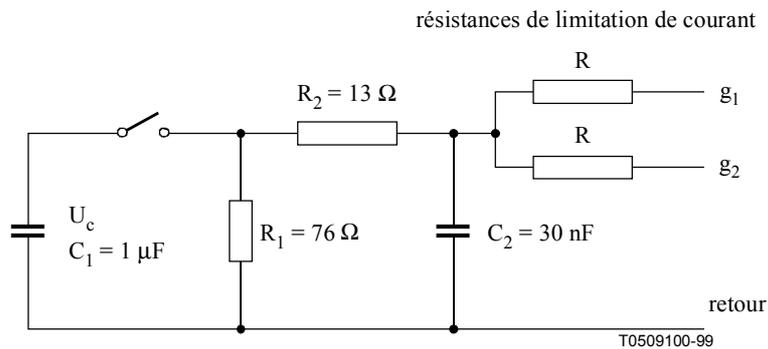
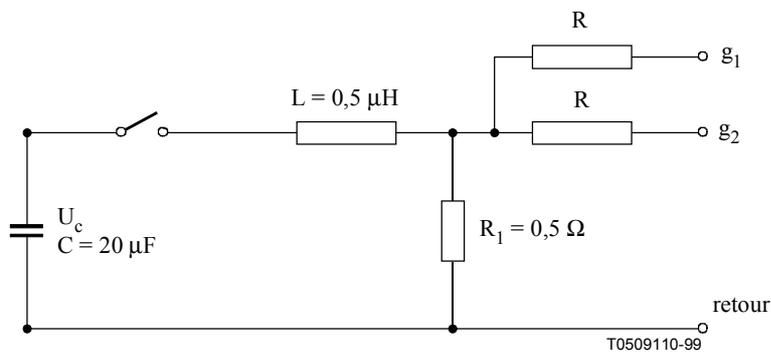


Figure A.3-2/K.44 – Générateur de surtension de forme 1,2/50 μs

Le générateur d'essai peut être un générateur d'ondes combinées conforme à la publication CEI 61000-4-5 (Figure A.3-5) ou un générateur équivalent de surtension de forme 1,2/50 μs.



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/K.44 – Générateur de surtension de forme 2/10 μs

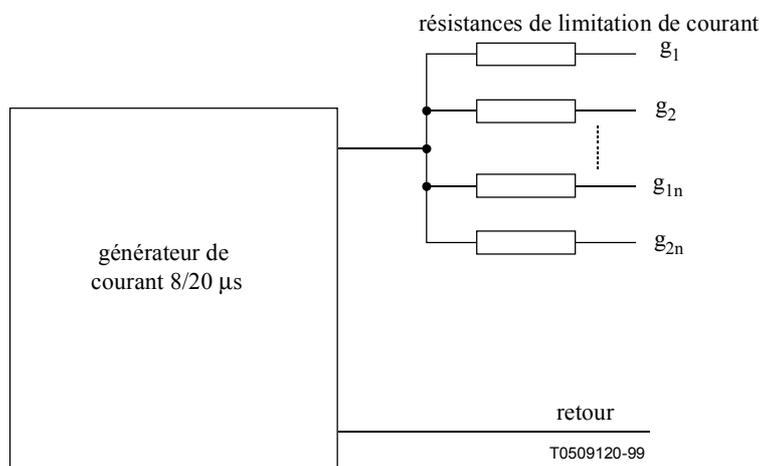


Figure A.3-4/K.44 – Générateur de surintensité de forme 8/20 μs

Le générateur d'essai peut être:

- un générateur d'ondes combinées conforme à la publication CEI 61000-4-5 (Figure A.3-5);
- ou un générateur équivalent de surtension de forme 8/20 μs .

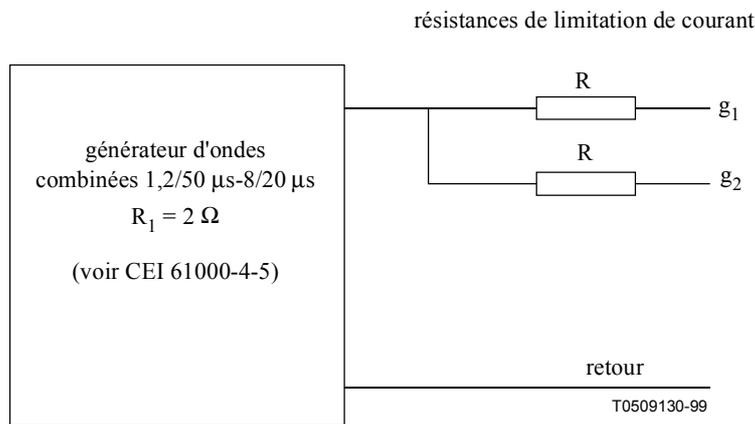
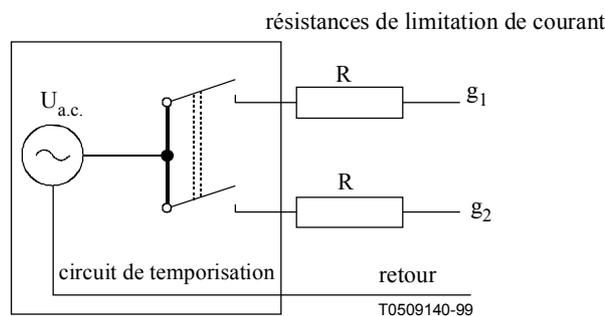


Figure A.3-5/K.44 – Générateur d'ondes combinées



En ce qui concerne la valeur de R, consulter le tableau d'essai 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/K.44 – 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 à la publication CEI 60060-1 afin d'obtenir des indications permettant de vérifier la forme d'onde obtenue.

A.5 Circuits d'essai comprenant des réseaux de couplage, de découplage et d'alimentation

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 d'essai 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 d'essai pour compenser la chute de tension dans les éléments de couplage.

Les éléments de découplage, éventuellement nécessaires, peuvent être constitués d'une impédance qui empêche l'énergie de la surtension d'entrer dans le simulateur de ligne (par exemple une résistance d'au moins 200 Ω pour circuits à paire symétrique, une inductance ou des selfs de blocage), tout en permettant l'alimentation électrique et la signalisation nécessaire à l'équipement sous test.

L'équipement est alimenté par le secteur ou par des lignes dédiées, via un réseau de découplage approprié, par exemple un transformateur d'isolement ou des selfs de blocage, etc.

Les figures des paragraphes A.5.1 à A.5.4 représentent les schémas de principe de raccordement du générateur à l'équipement sous test.

A.5.1 Accès de type paire symétrique

Voir Figures A.5.1-1 à A.5.1-3.

A.5.2 Accès de type coaxial

Voir Figures A.5.2-1 et A.5.2-2.

A.5.3 Accès d'alimentation électrique dédiée a.c ou d.c.

Voir Figures A.5.3-1 et A.5.3-2.

A.5.4 Accès de lignes électriques de secteur

Voir Figures A.5.4-1 et A.5.4-2.

A.6 Terminaisons

Voir Figure A.6-1.

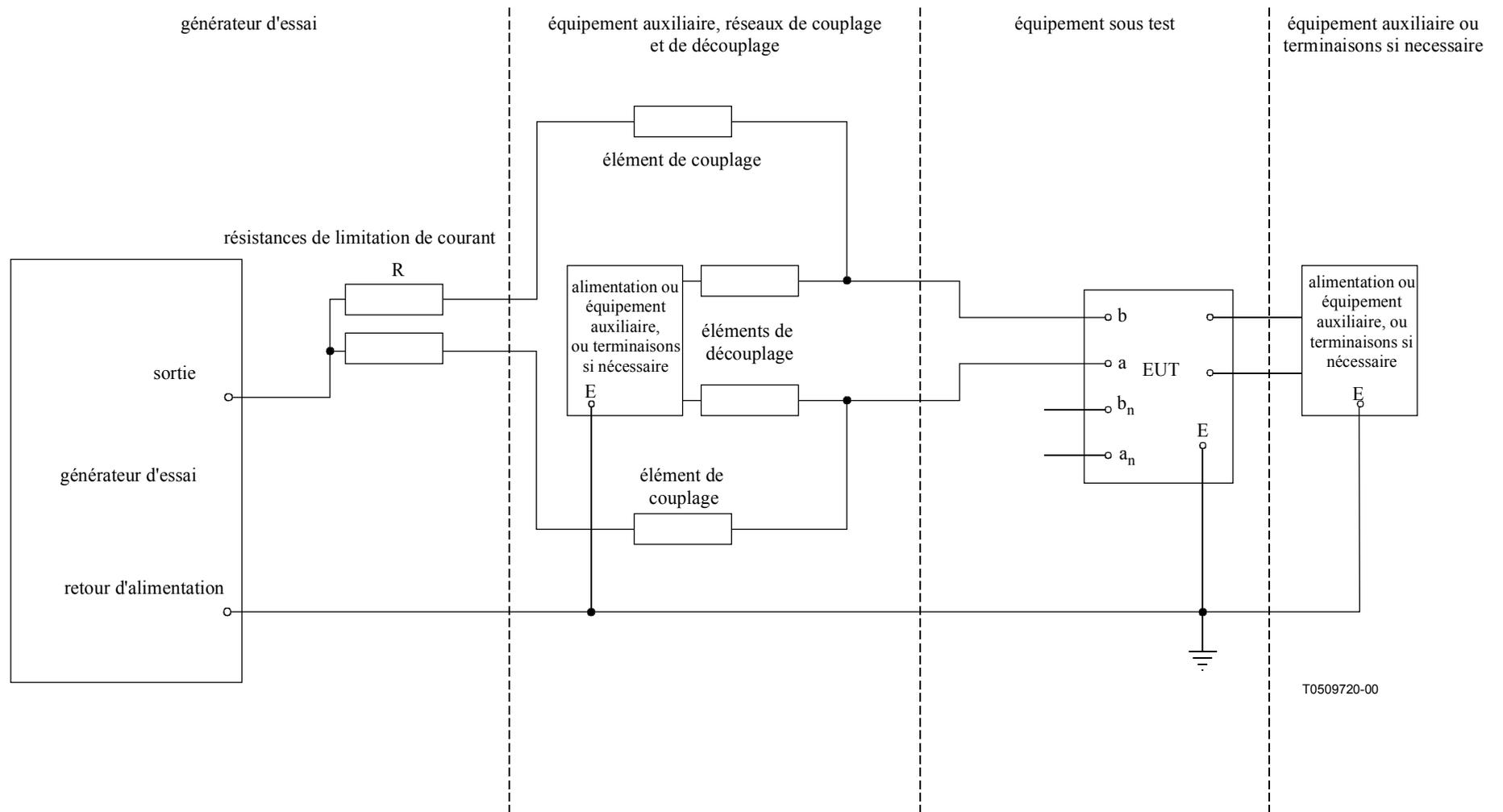


Figure A.5.1-1/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surtension ou surintensité longitudinales sur accès unique

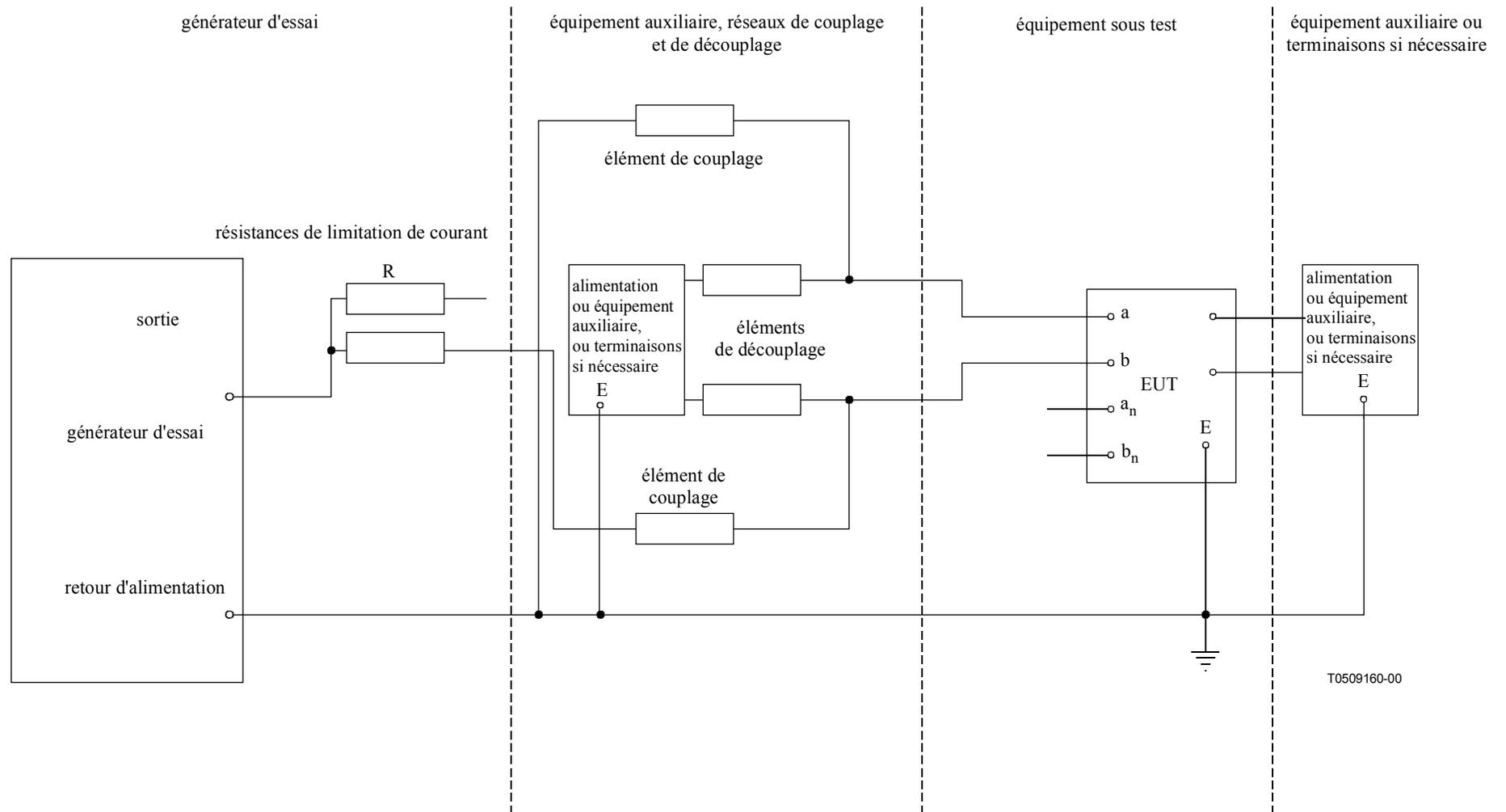


Figure A.5.1-2a/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surtension ou surintensité transversales sur un accès unique (entre la terminaison a et la terre)

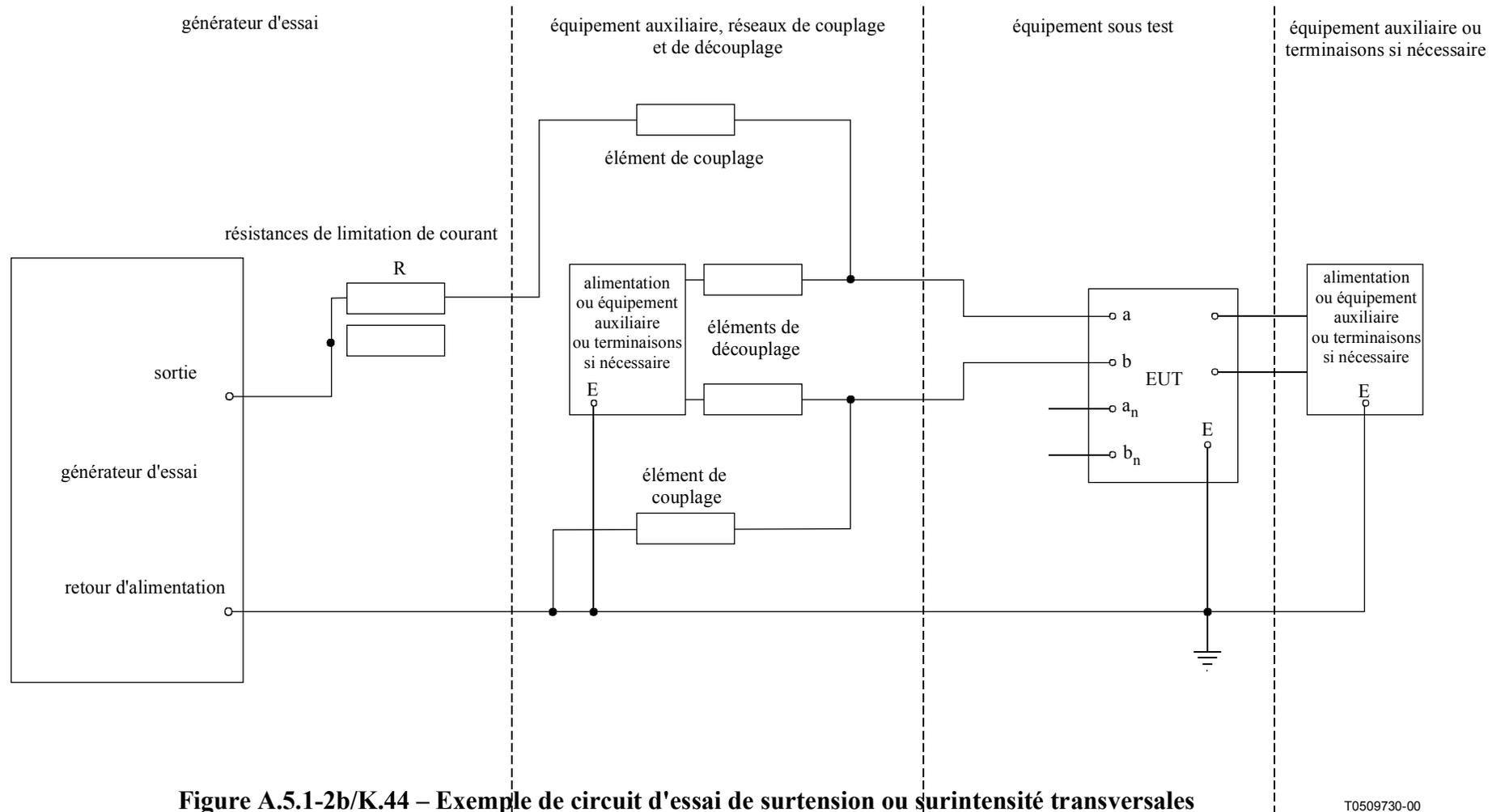


Figure A.5.1-2b/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surtension ou surintensité transversales sur un accès unique (entre le conducteur b et la terre)

T0509730-00

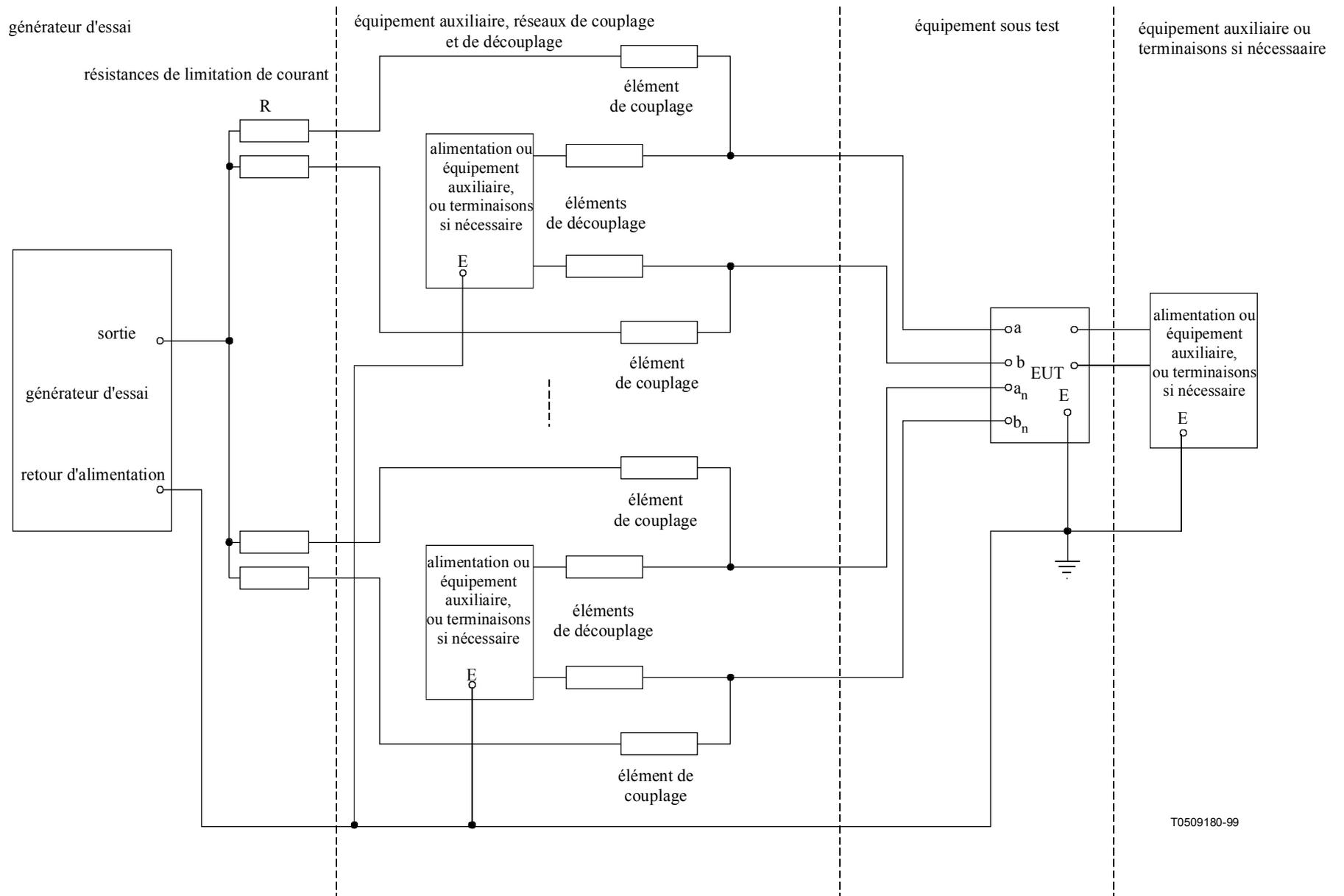


Figure A.5.1-3/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surtension ou surintensité longitudinales sur plusieurs accès à la fois

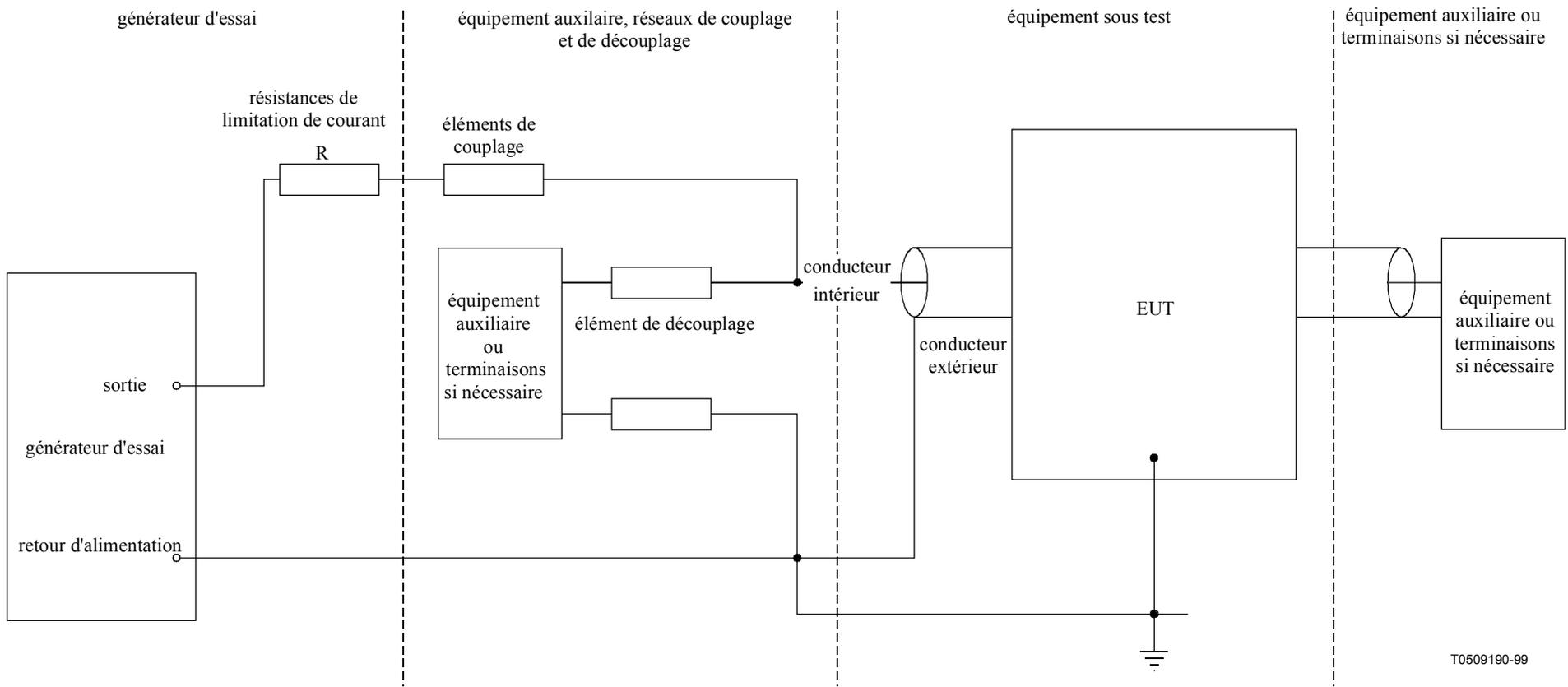


Figure A.5.2-1/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surtension ou surintensité transversales sur un accès unique

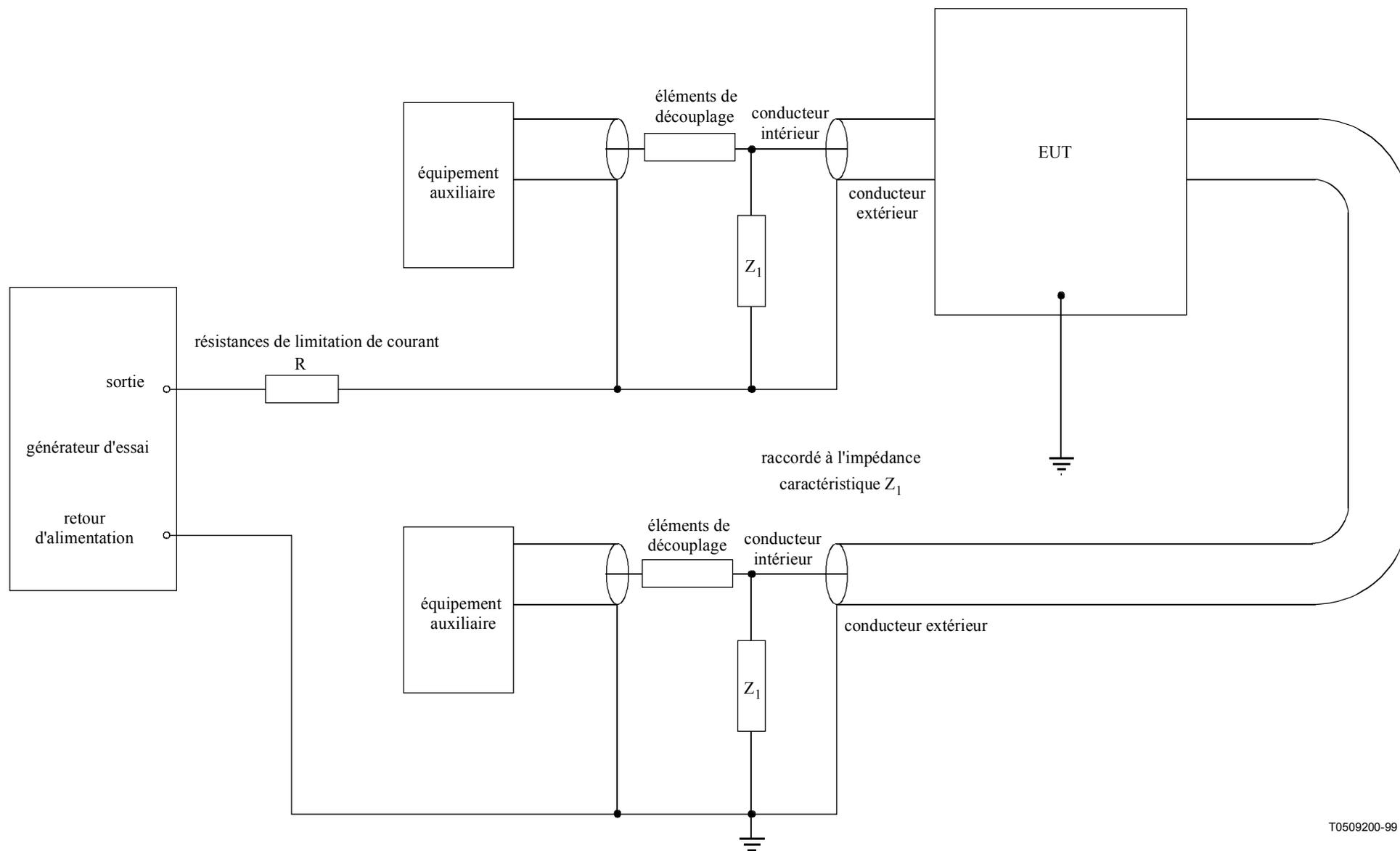


Figure A.5.2-2/K.44 – Exemple de circuit d'essai pour un essai de surtension sur le blindage

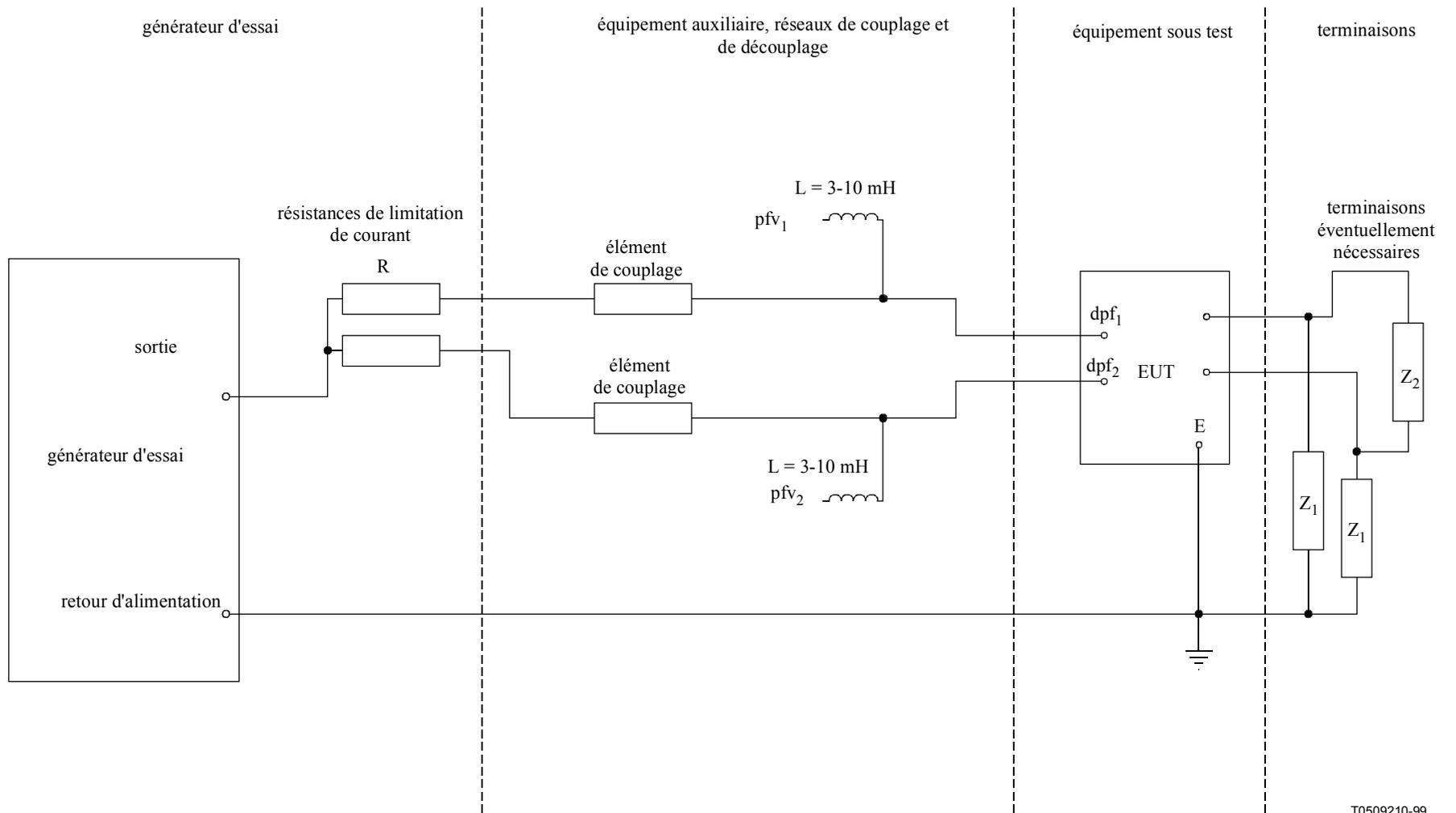
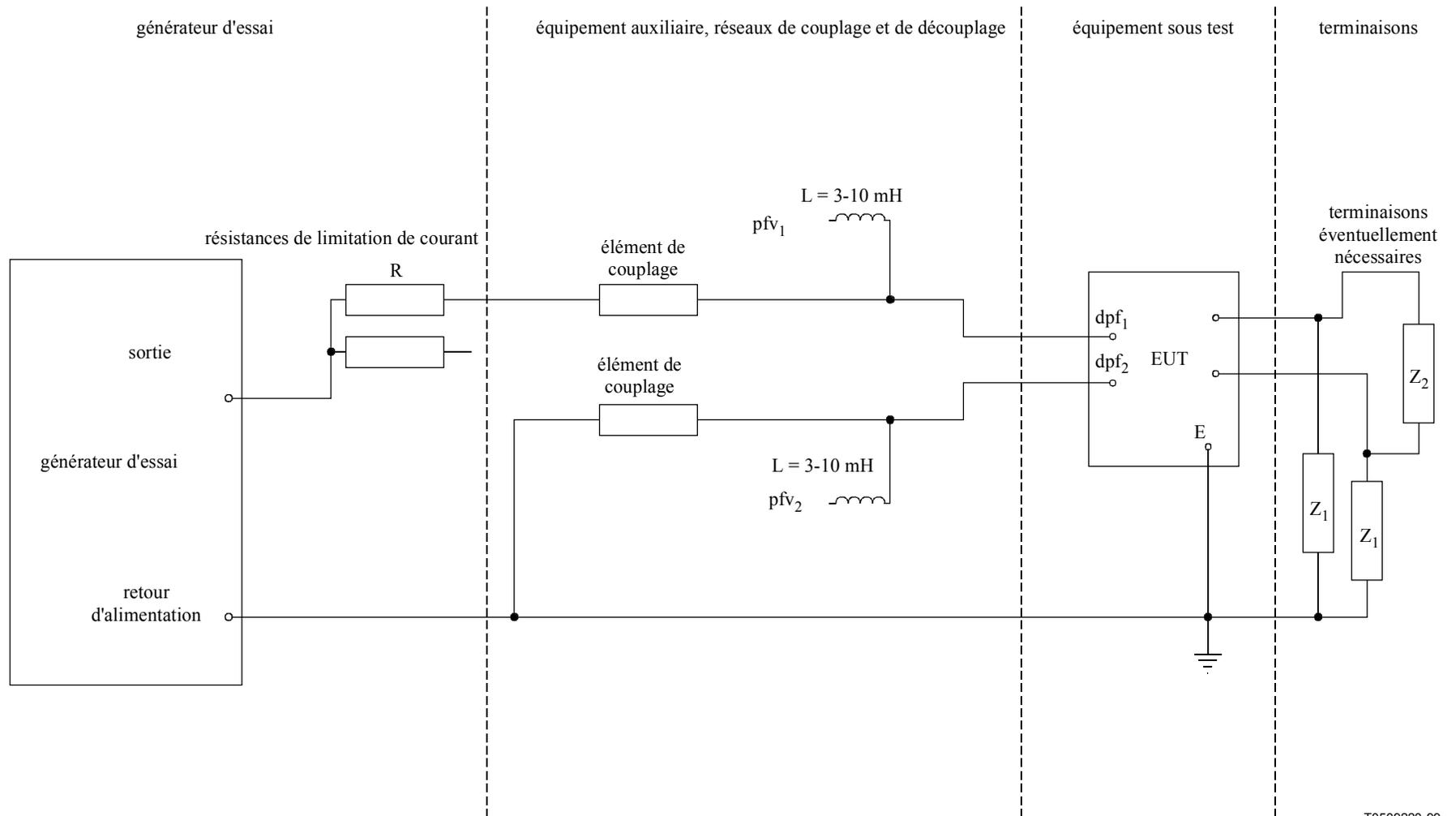


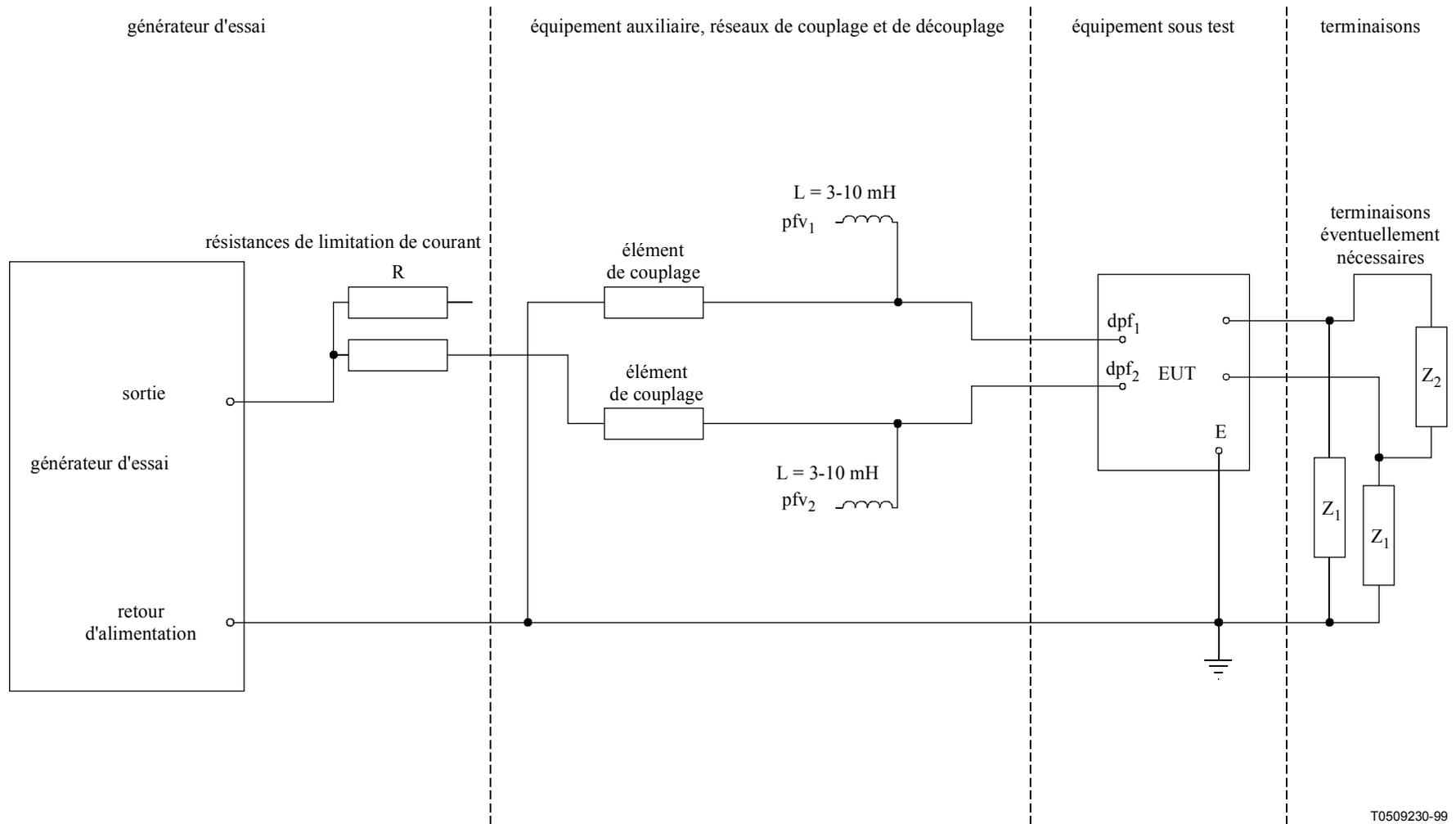
Figure A.5.3-1/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surtension ou surintensité longitudinales sur un accès unique

T0509210-99



T0509220-99

Figure A.5.3-2a/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surs tension ou surintensité transversales sur accès unique (dpf₂ à la terre)



T0509230-99

Figure A.5.3-2b/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surtension ou surintensité transversales sur accès unique (dpf_1 à la terre)

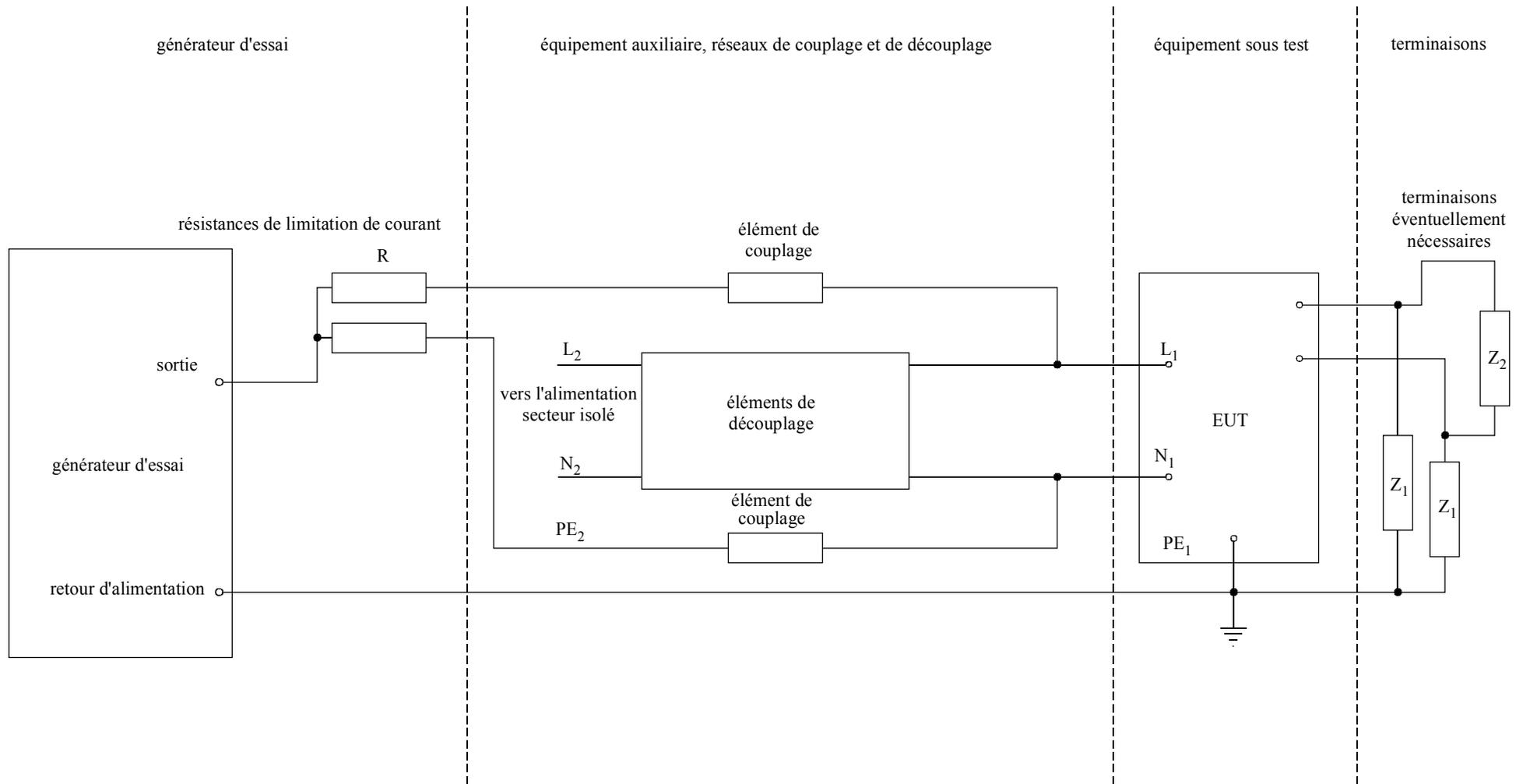
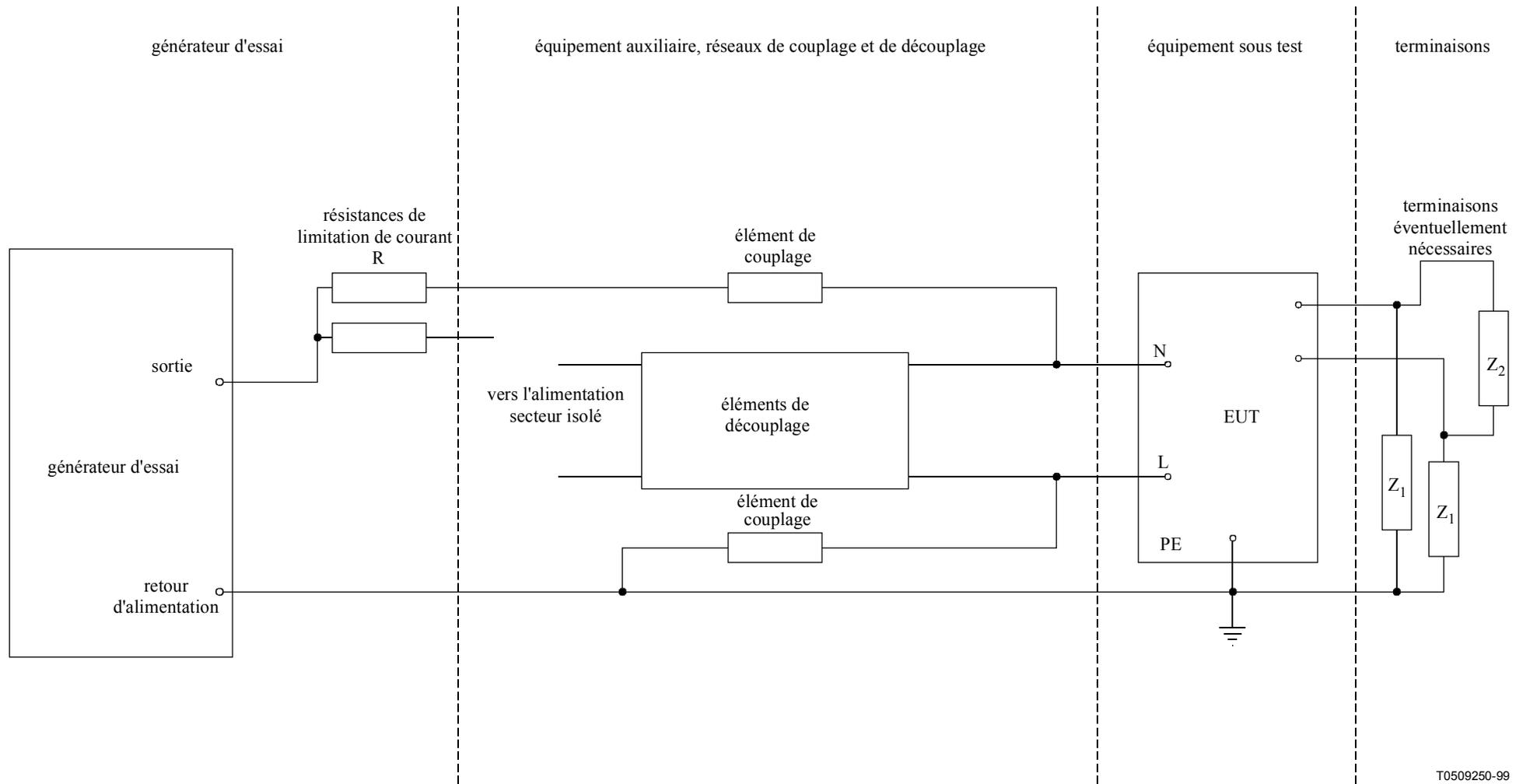
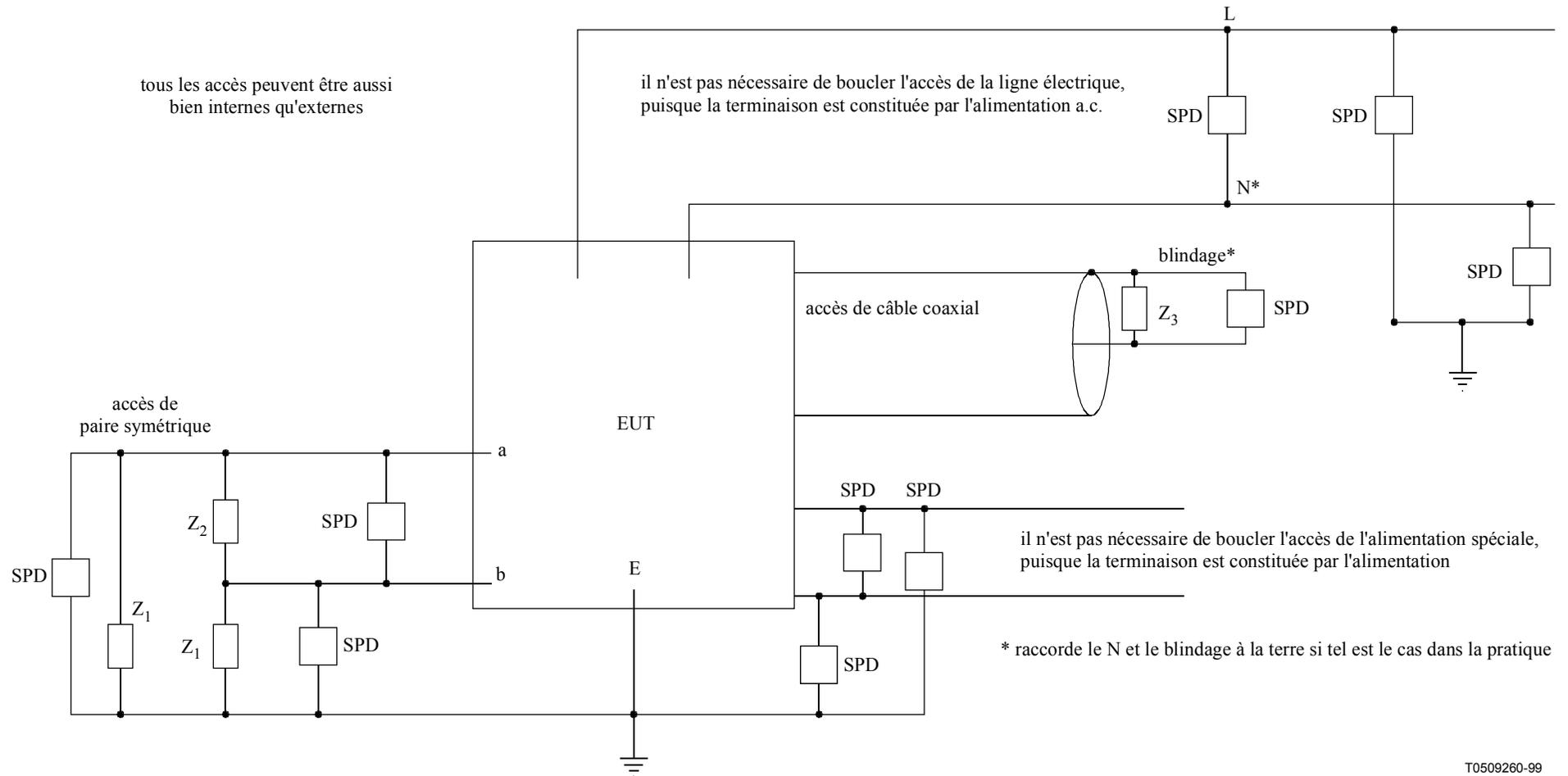


Figure A.5.4-1/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surtension ou surintensité longitudinales et d'élévation du potentiel du neutre



T0509250-99

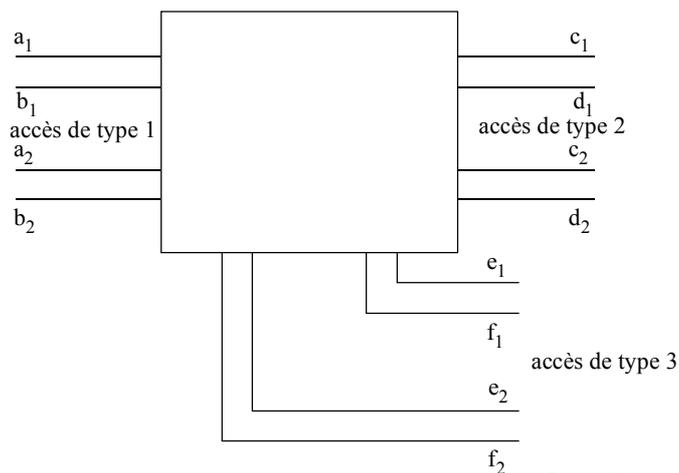
Figure A.5.4-2/K.44 – Exemple de circuit d'essai de surtension ou surintensité transversales



Z_1 , Z_2 et Z_3 désignent les terminaisons nominales pour un système ou un équipement associé en service.
Le dispositif SPD sert à simuler un chemin vers le sol.

T0509260-99

Figure A.6-1a/K.44 – Exemple de terminaison d'accès non soumis à l'essai au cours d'un essai sur un accès



Essai 1 – Essai a_1/b_1 sans terminaison.
 Essai 2 – Essai a_1/b_1 avec terminaison a_2/b_2 .
 Essai 3 – Essai a_1/b_1 avec terminaison c_1/d_1 .
 Essai 4 – Essai a_1/b_1 avec terminaison e_1/f_1 .
 etc.

T0509270-99

Figure A.6-1b/K.44 – Exemple de séquence de terminaison

APPENDICE I

Explications relatives aux conditions d'essai

I.1 Réalisation des essais

I.1.1 Généralités

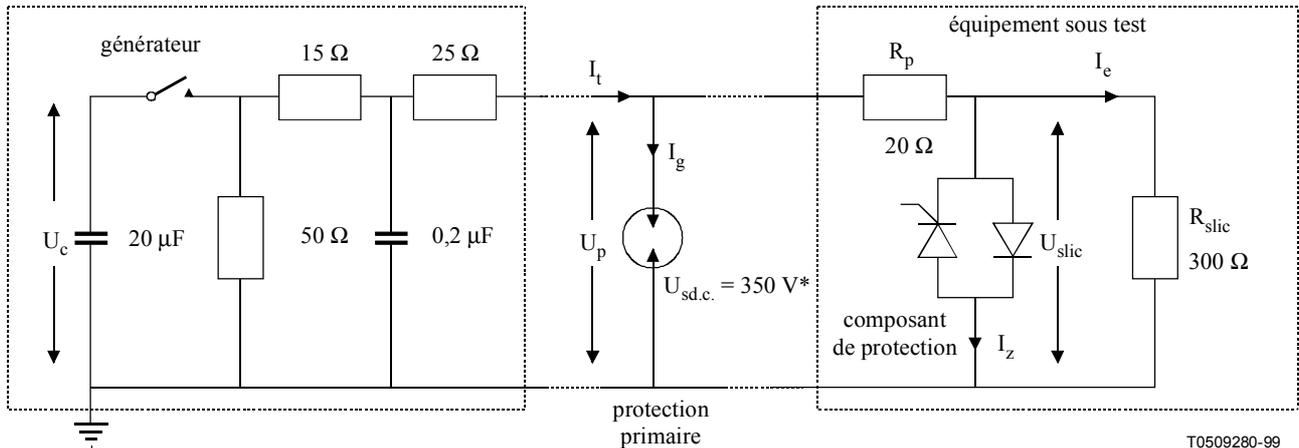
Afin de vérifier que l'équipement répond aux critères d'acceptation spécifiés à toutes les tensions et à toutes les intensités jusqu'au niveau d'essai maximal, il faut soit utiliser toute une gamme de tensions et d'intensités comprises entre 0 et le niveau maximal spécifié, soit procéder à des "essais intelligents". Les sous-paragraphes I.1.2 à I.1.4 donnent des indications concernant les "essais intelligents" destinés à réduire au minimum le nombre de niveaux d'essai tout en assurant que les essais appropriés sont effectués.

I.1.2 Essais de surtension due à la foudre

Il est nécessaire d'utiliser des tensions d'essai spécifiques pour vérifier qu'il n'existe aucune gamme de valeurs correspondant à une détérioration de l'équipement. Ces tensions d'essai 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 fusible de 20Ω et un dispositif de protection inhérente de type commutateur illustre le mode de détermination de ces tensions d'essai. Ce circuit de ligne indiqué à titre d'exemple ainsi que le générateur d'essai et le dispositif de protection primaire sont représentés à la Figure I.1-1. Hormis le générateur d'essai, 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. Le choix des composants du circuit est déterminé:

- par la tension maximale aux bornes du composant;
- par l'intensité maximale traversant le composant;
- par la puissance maximale qui sera absorbée par le composant (produit tension-courant intégré pendant la durée de l'impulsion).



* dispositif de protection spécial d'essai pour protecteur primaire 230 V.

NOTE – En pratique R_p peut varier entre 10 et 100 Ω tandis que R_{slic} peut également prendre des valeurs différentes.

Figure I.1-1/K.44 – 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 a fonctionné. 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 primaire. Les essais concernant ce circuit doivent être réalisés en supposant qu'il sera protégé par un parafoudre à gaz de 230 V de tension nominale. Le dispositif de protection primaire a été remplacé par un parafoudre à gaz caractérisé par une tension continue d'amorçage de 350 V, tel qu'indiqué au 8.4.1 (c'est-à-dire 300 V_{dcmx} du parafoudre à gaz de 230 V de tension nominale, multiplié par 1,15).

R_p désigne la résistance de protection. Sa valeur peut varier en fait de 10 à 100 Ω . Cette résistance assure une double fonction: premièrement elle est aussi conçue pour une fonction fusible en cas de contact des lignes électriques, afin d'éviter un incendie; deuxièmement, elle fait office de résistance tampon entre le dispositif de protection primaire et la protection inhérente, assurant ainsi la coordination de ces deux éléments. Elle constitue l'impédance d'entrée (résistive) de l'équipement sous test lorsque la protection inhérente est activée. On peut utiliser pour R_p une résistance, une résistance à coefficient de température positif (PTC, *positive temperature coefficient resistor*) ou un autre type de dispositif mixte. Dans certaines applications, R_p peut se situer au niveau du répartiteur principal, en association avec le dispositif de protection primaire. Il convient de signaler que l'installation de la résistance 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 séries.

R_e 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_e 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 PNPN. Lorsque des surtensions positives lui sont appliquées, la diode conduit le courant vers la terre, de telle sorte que la chute de tension est limitée à 1 ou 2 V.

Lors de l'application de surtensions négatives, le thyristor est passant dès que sa tension d'amorçage, généralement de l'ordre de 60 V, est dépassée. Après l'amorçage du thyristor la chute de tension est limitée à 1 ou 2 V.

Pour qu'une tension U_c se traduise par une valeur U_p comprise entre 0 et 69 V, aucun courant ne doit circuler (voir Figure I.1-2) et les tensions U_p et U_{slic} sont identiques. Ce point correspond à la sollicitation la plus intense du circuit d'interface de ligne d'abonné (SLIC, *subscriber line interface circuit*) et il convient alors d'appliquer dix surtensions de polarités alternées. Avec une tension U_c permettant d'atteindre une valeur $U_p = 70$ V, le dispositif de protection inhérente fonctionne et un courant circule à travers la résistance de 20 Ω (voir Figure I.1-3). Cela a pour effet de limiter à 70 V la tension aux bornes du circuit d'interface SLIC. La tension aux bornes de la résistance de 20 Ω et l'intensité qui circule dans la résistance augmenteront jusqu'à ce que la tension de charge tombe juste au-dessous du niveau d'activation de la protection primaire (voir Figure I.1-4). Cela correspond au point de sollicitation maximale de la résistance de 20 Ω et il convient alors d'appliquer dix surtensions de polarités alternées.

Lorsque la protection primaire est activée, la tension U_p tombe à une valeur faible (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 .

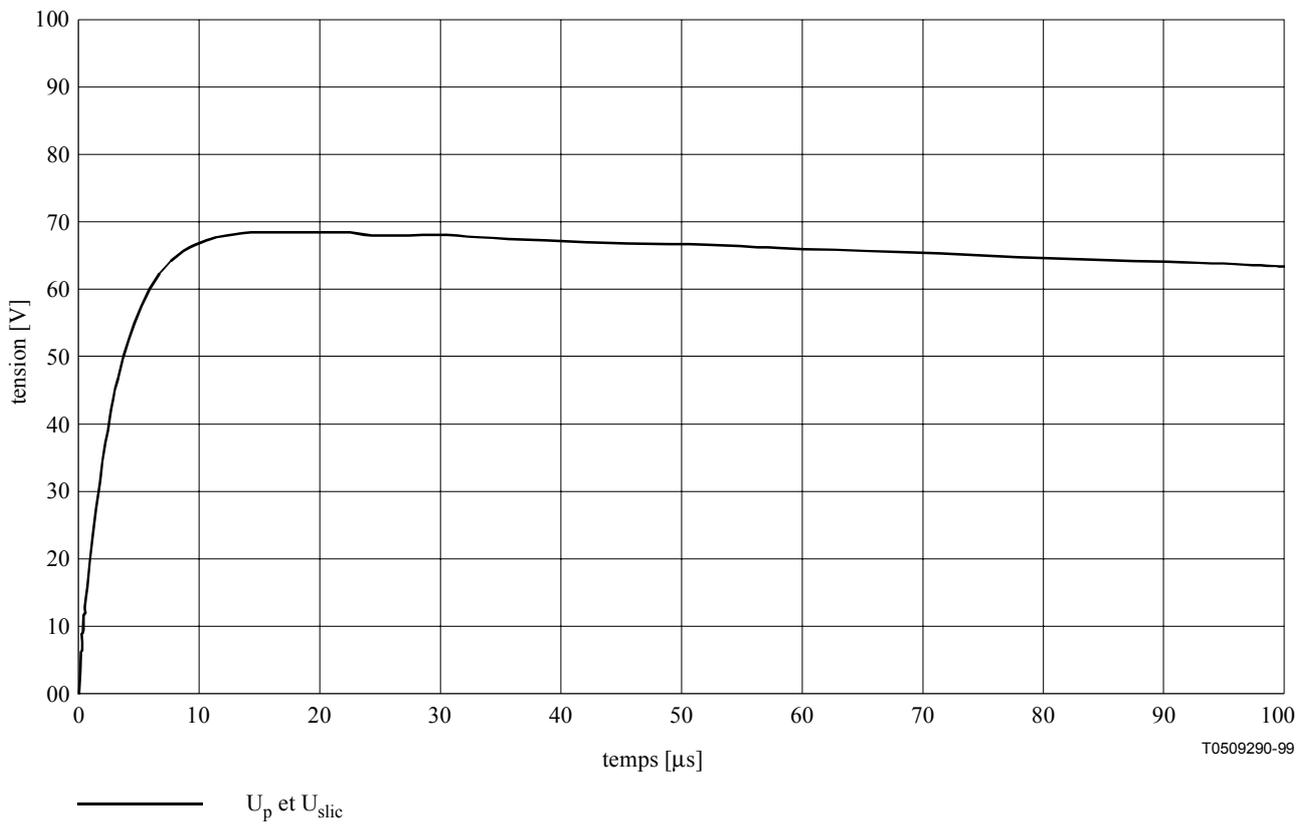


Figure I.1-2/K.44 – Tensions correspondant à une valeur U_c telle que $U_p = 69 \text{ V}$

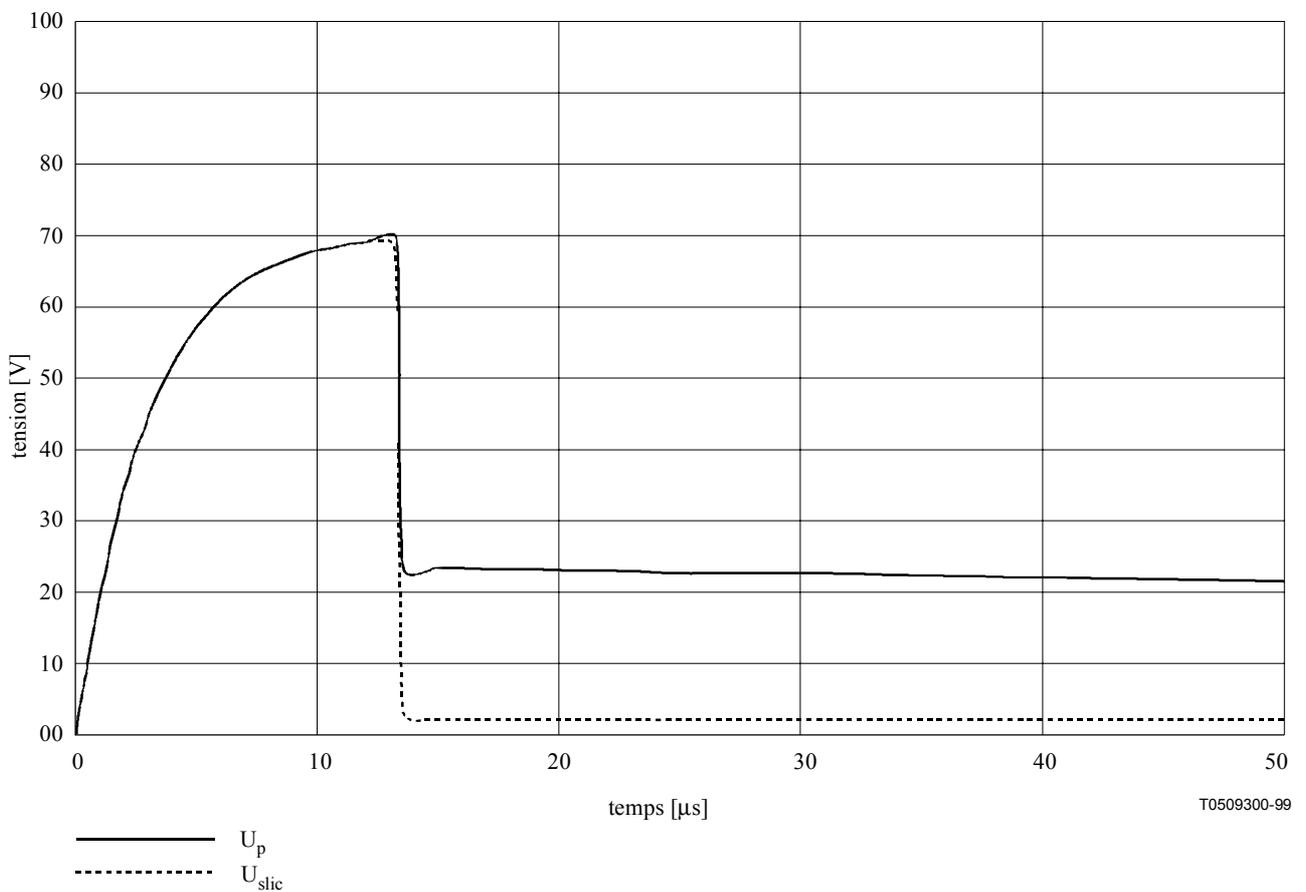


Figure I.1-3/K.44 – Tensions correspondant à une valeur U_c telle que $U_p = 70 \text{ V}$

La Figure I.1-4 représente la valeur maximale de l'onde de tension de forme 10/700 μs produite à l'entrée de l'équipement. La Figure I.1-5 correspond au fonctionnement du dispositif de protection pendant la partie décroissante de l'onde. La tension d'amorçage 10/700 μs désigne la valeur de U_p qu'il suffit d'atteindre pour déclencher le fonctionnement du dispositif de protection; par exemple, la tension d'amorçage 10/700 μs du dispositif de protection est de 420 V.

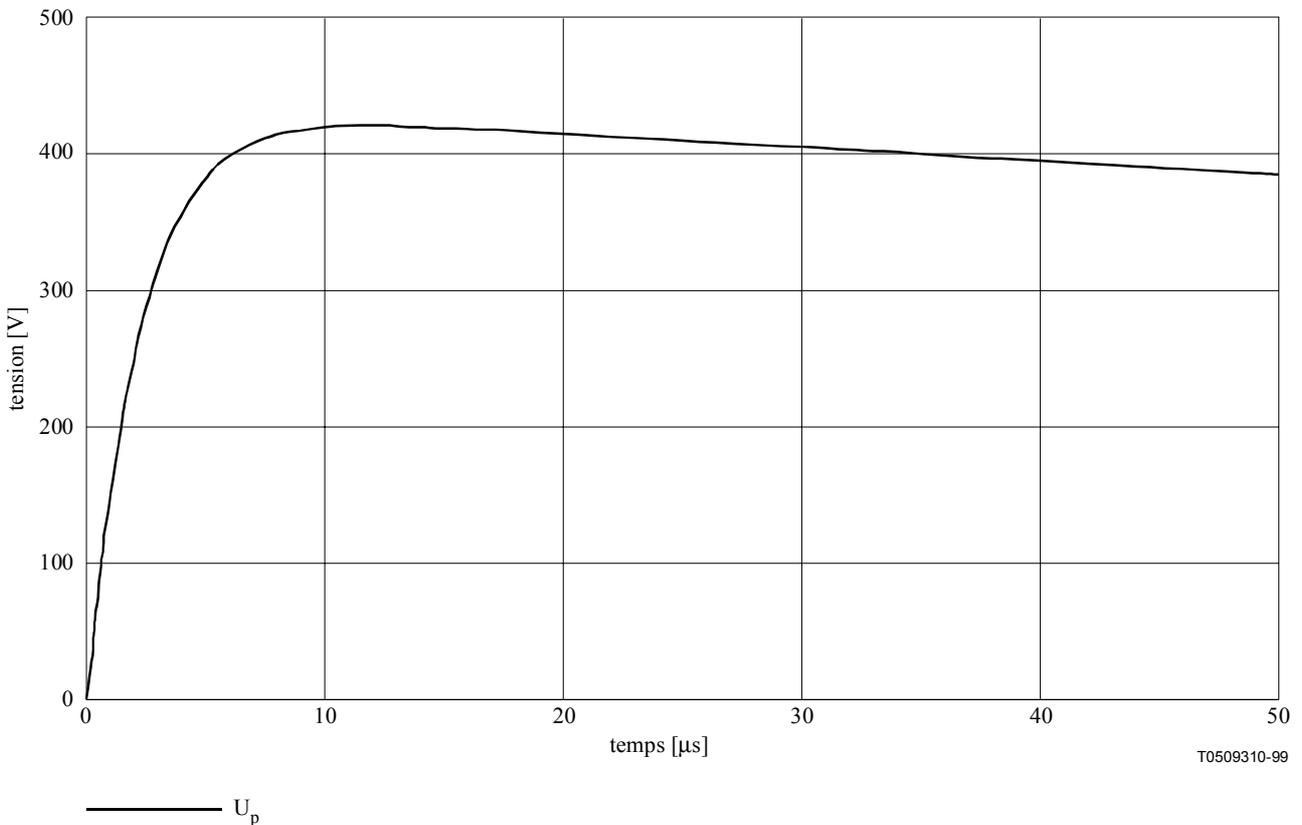


Figure I.1-4/K.44 – Tensions correspondant à une valeur U_c au niveau du point d'amorçage du parafoudre à gaz

La Figure I.1-5 représente la tension U_p mesurée aux bornes du dispositif de protection primaire, ainsi que la tension aux bornes de la résistance de 20 Ω , pour une tension de charge U_c de 1,3 kV et en présence d'un parafoudre à gaz caractérisé par une tension continue de claquage de 350 V (tension d'amorçage du dispositif de protection spécial d'essai 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 μs 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.

La Figure I.1-6 représente la tension U_p relevée aux bornes du dispositif de protection primaire ainsi que la chute de tension à travers la résistance de 20 Ω pour une résistance de charge U_c de 4 kV. La protection primaire a été activée au bout de 1,0 μs et la tension maximale aux bornes du parafoudre à gaz est de 635 V. Bien que la tension soit plus élevée, la quantité d'énergie transmise à l'équipement est plus faible.

La Figure I.1-7 représente la tension U_p mesurée aux bornes de la protection primaire et la tension aux bornes de la résistance de $20\ \Omega$ pour une tension de charge U_c de 10 kV. La protection primaire est activée après $0,38\ \mu\text{s}$ et la tension maximale aux bornes du parafoudre est de 692 V. Bien que la tension soit plus élevée, la quantité d'énergie transmise à l'équipement est plus faible.

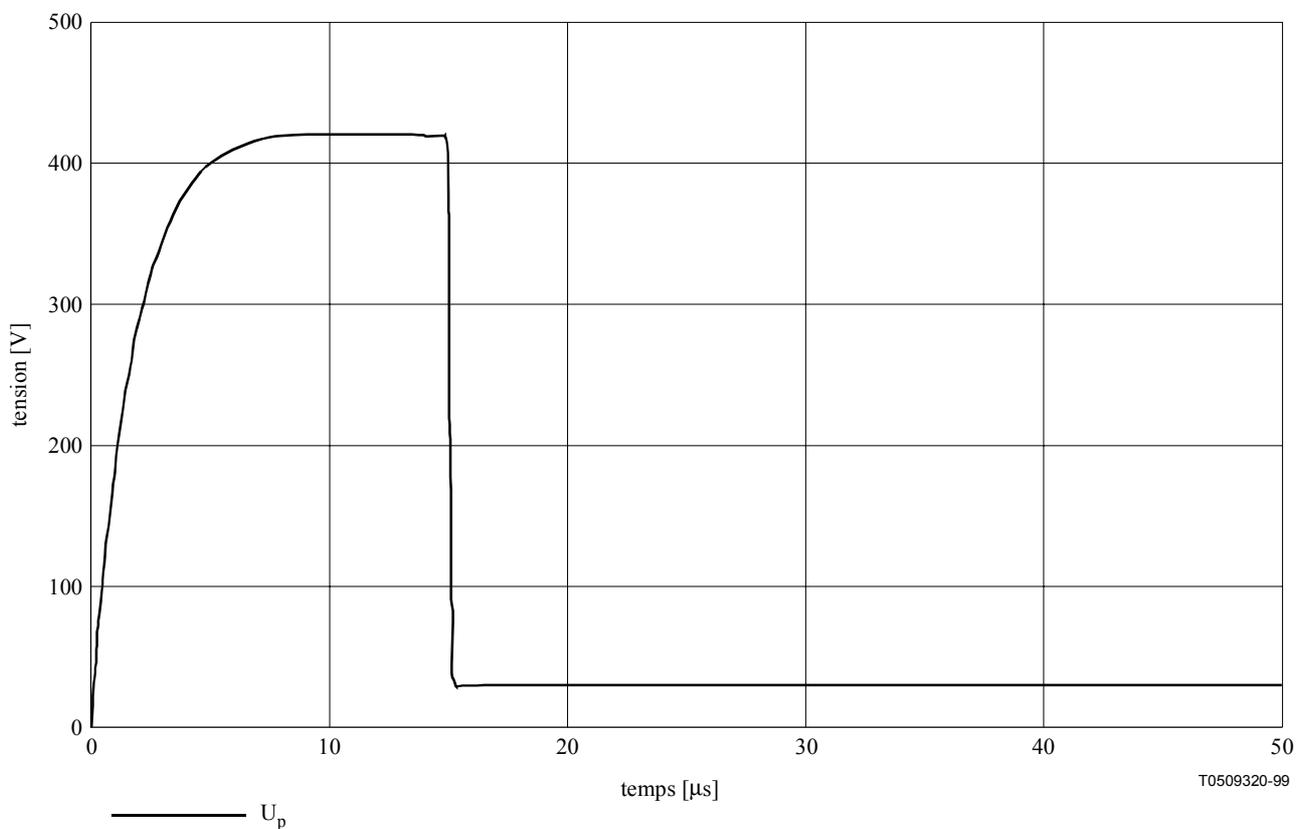


Figure I.1-5/K.44 – Tension U_p aux bornes de la protection spéciale d'essai pour une tension de charge U_c de 1 kV

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.

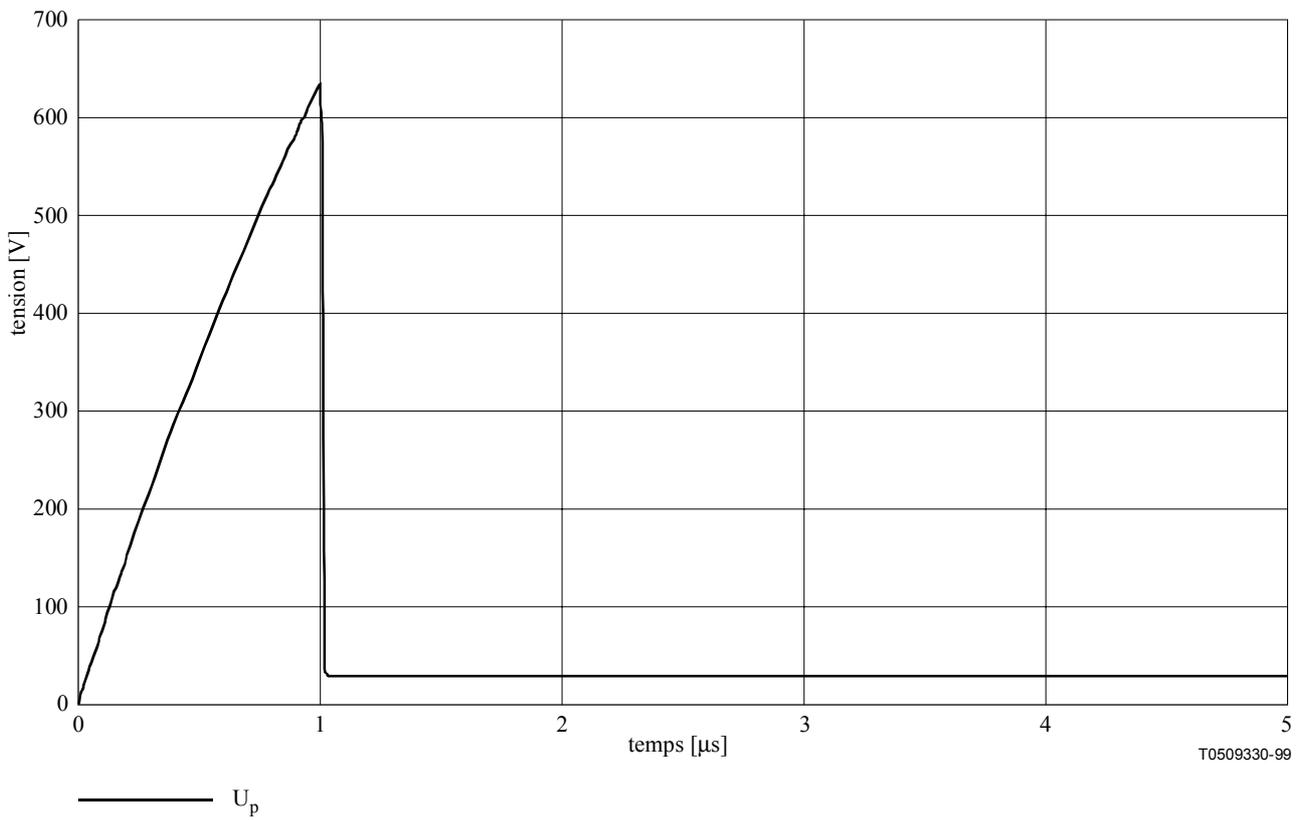


Figure I.1-6/K.44 – Tension U_p aux bornes du dispositif de protection spécial d'essai pour une tension de charge U_c de 4 kV

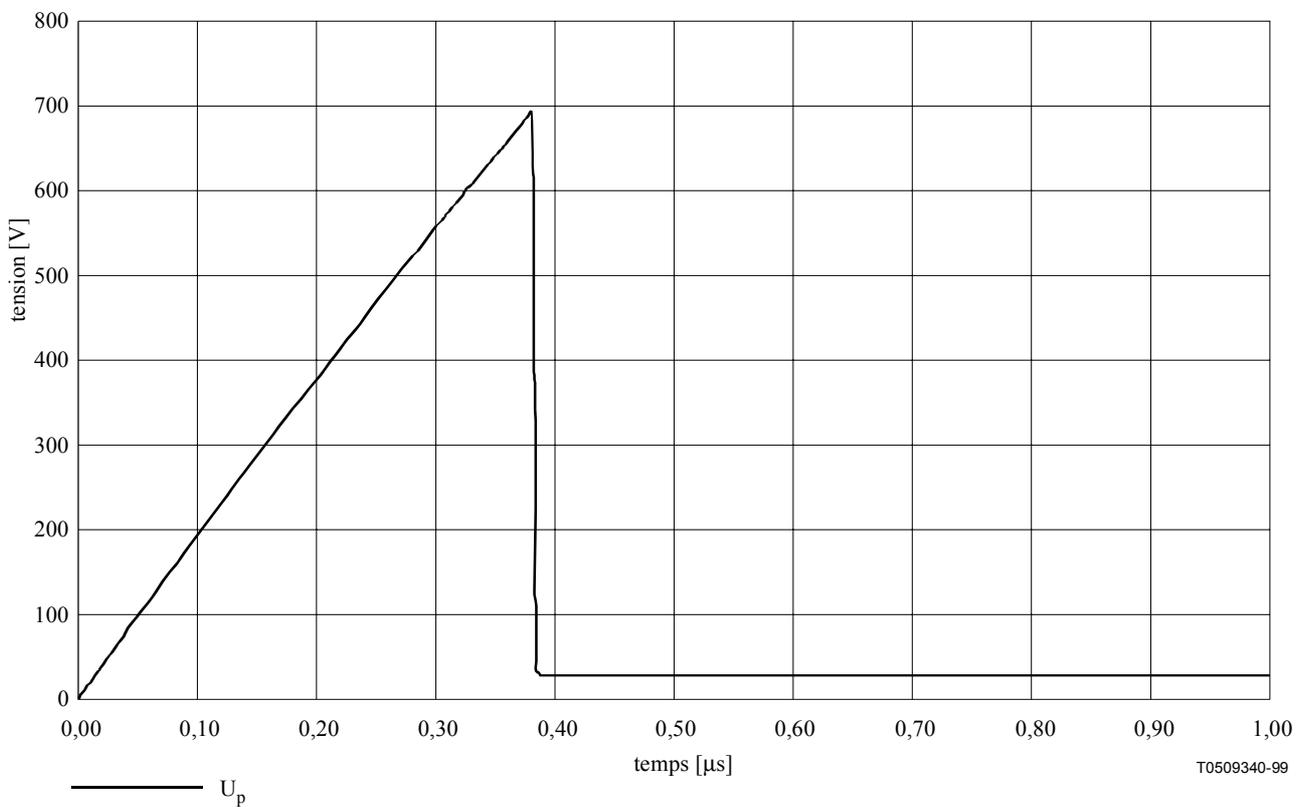


Figure I.1-7/K.44 – Tension U_p au bord du dispositif de protection spécial d'essai pour une tension de charge U_c de 10 kV

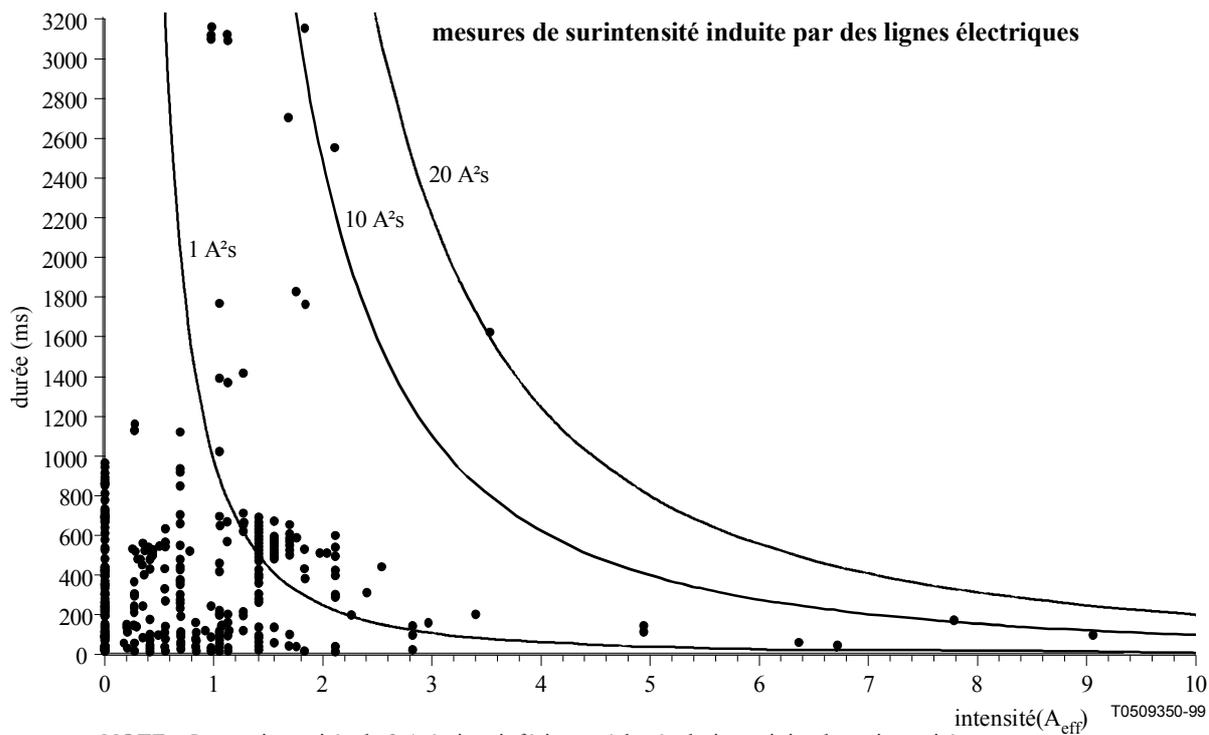
I.1.3 Induction de courant par les lignes électriques

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 600Ω en série, avec une capacité entre ligne et terre de $0,33 \mu\text{F}$ (tel qu'indiqué à la Figure I.1-9). Le téléphone est représenté par une résistance de 100Ω 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 de l'installation du client (CPE), 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 d'essai 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 durant des jours d'orage 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 énergies spécifiques pouvant atteindre $10\text{-}20 \text{ A}^2\text{s}$. La Figure I.1-8 représente des mesures d'induction par des lignes électriques réalisées en Australie.

Il a été estimé que ces surtensions accompagnées de niveaux élevés d'énergie spécifique constituaient des événements rares; aussi a-t-on décidé que l'essai d'induction, avec une protection primaire agréée, devrait simuler une surintensité ayant une énergie spécifique 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 d'essai disposaient seulement d'un circuit d'essai pour une tension maximale de 600 V, il a été convenu de fixer, pour l'essai d'induction correspondant à la spécification de base, cette tension maximale $U_{a.c.(\text{max})}$ à 600 V et d'allonger la durée de l'essai à 1 s.



NOTE – Les surintensités de 0 A étaient inférieures à la résolution minimale en intensité.

Figure I.1-8/K.44 – Essais d'induction par les lignes électriques – Mesures de surintensité réalisées en Australie

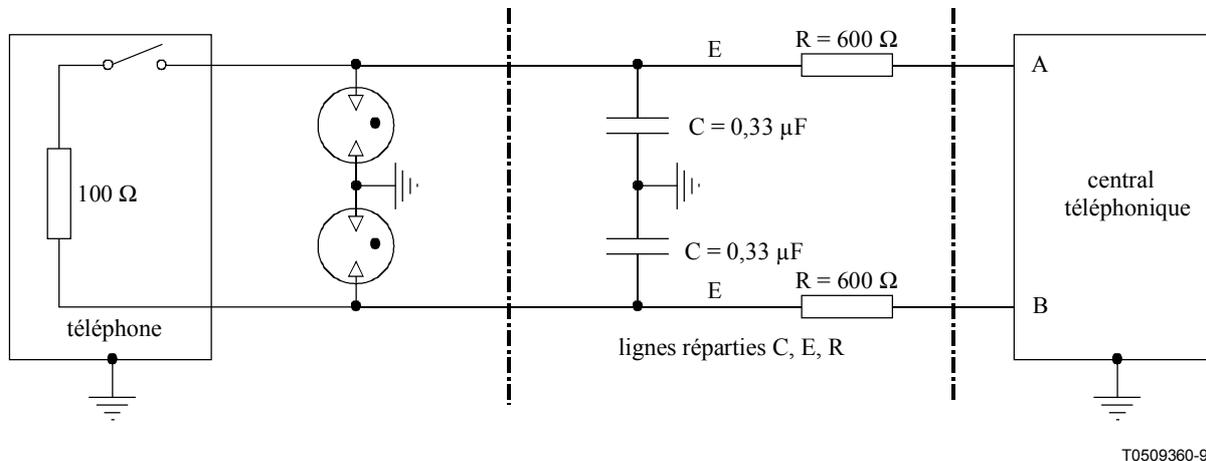


Figure I.1-9/K.44 – Circuit équivalent d'une ligne de télécommunication pendant une induction par les lignes électriques

Comme pour l'essai de surtension due à la foudre, il faut également prendre soin d'effectuer les essais 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 essais, les paramètres V_p , I_g 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 essais à mieux comprendre les

difficultés à résoudre pour procéder aux essais. Durant les essais d'homologation de type il n'est pas nécessaire de surveiller les paramètres internes de l'équipement.

Lorsqu'on augmente la tension d'essai, on constate que les dispositifs à commutation se déclenchent, tel qu'indiqué à la Figure I.1-11. 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 au point de sollicitation maximale du circuit SLIC d'interface de ligne d'abonné. Il convient d'appliquer cinq surtensions, avec une tension de générateur fixée à une valeur immédiatement inférieure à celle qui active la protection inhérente. On notera que, dans le cas d'une protection inhérente de type à écrêtage, la contrainte de la tension maximale se produit généralement pour des tensions de générateur immédiatement inférieures à celle qui active la protection primaire, c'est-à-dire l'intensité maximale qui traverse le dispositif de protection inhérente. Dans ce cas, cinq surtensions doivent être appliquées avec une tension de générateur fixée à une valeur immédiatement inférieure à celle qui active la protection primaire.

Lorsqu'on continue à augmenter la tension, on observe le basculement de la résistance PTC et l'amorçage de la protection primaire, tel qu'indiqué à la Figure I.1-12. Il est nécessaire d'appliquer cinq surtensions d'un niveau suffisant pour déclencher le fonctionnement de la résistance PTC, puis celui du dispositif de protection spécial d'essai, jusqu'à la fin de l'essai. Les surtensions doivent être espacées d'environ quinze minutes pour permettre le refroidissement de la résistance PTC.

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.

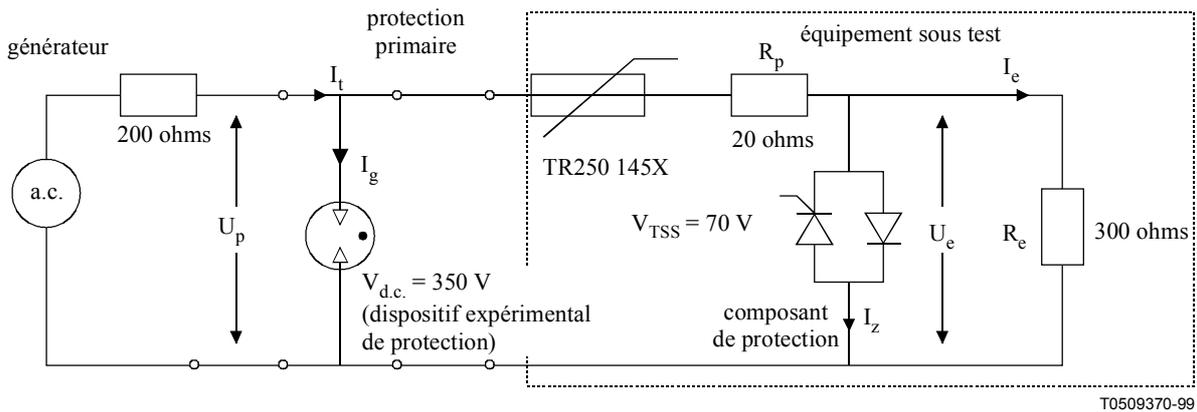


Figure I.1-10/K.44 – Exemple de circuit

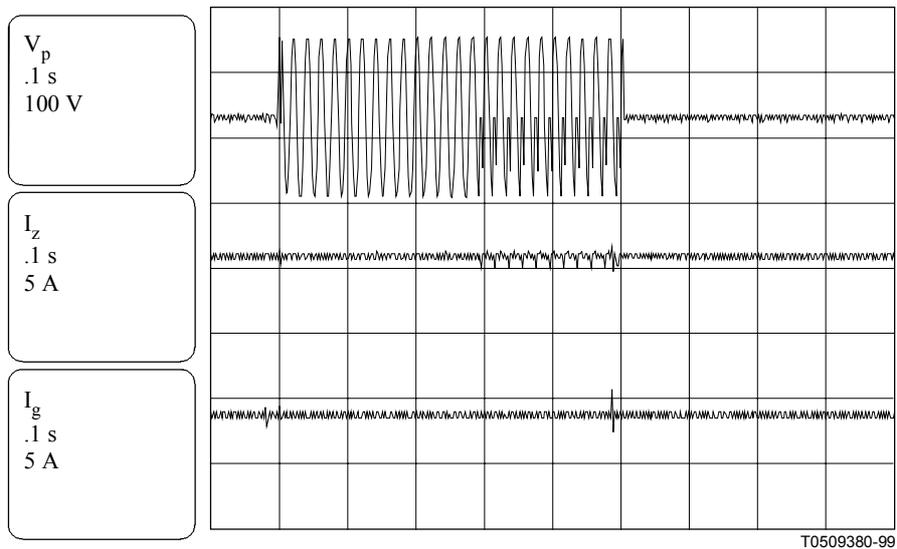


Figure I.1-11/K.44 – $U_{a.c.} = 102 V_{eff}$ (déclenchement du dispositif de protection inhérent à commutation)

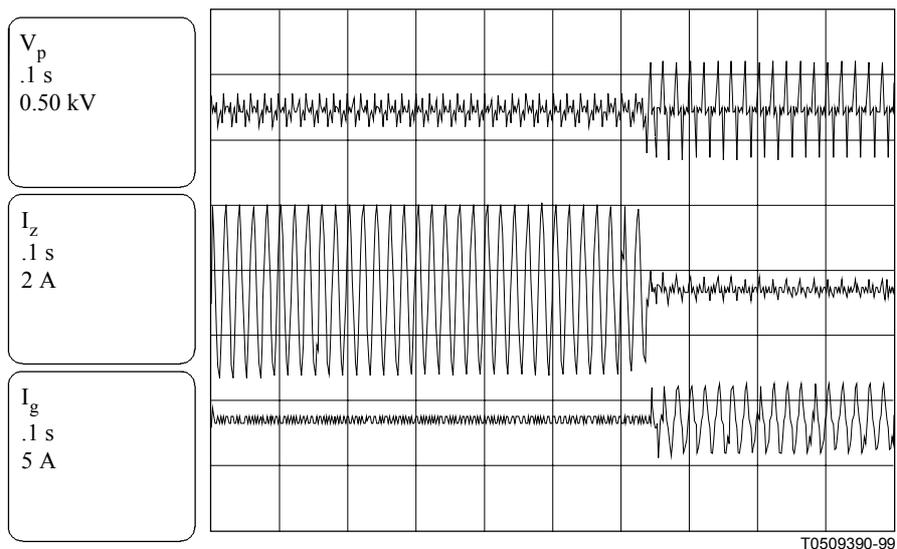


Figure I.1-12/K.44 – $U_{a.c.} = 366 V_{eff}$ (résistance PTC a basculé)

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 $240 V_{eff}$. La résistance mesurée entre la source et l'équipement est censée prendre une valeur comprise entre 10Ω et 1000Ω .

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 de l'installation du 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 limites 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 l'essai de la Figure I.1-13 par une résistance de 10 Ω . Le courant d'essai 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 Ω ;
- l'expérience montre en réalité que, avec des valeurs comprises entre 10 et 1000 Ω , 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 d'essai suivantes sont utilisées afin de garantir que les essais prennent en compte la situation la plus défavorable: 10 Ω , 20 Ω , 40 Ω , 80 Ω , 160 Ω , 320 Ω , 600 Ω et 1000 Ω .

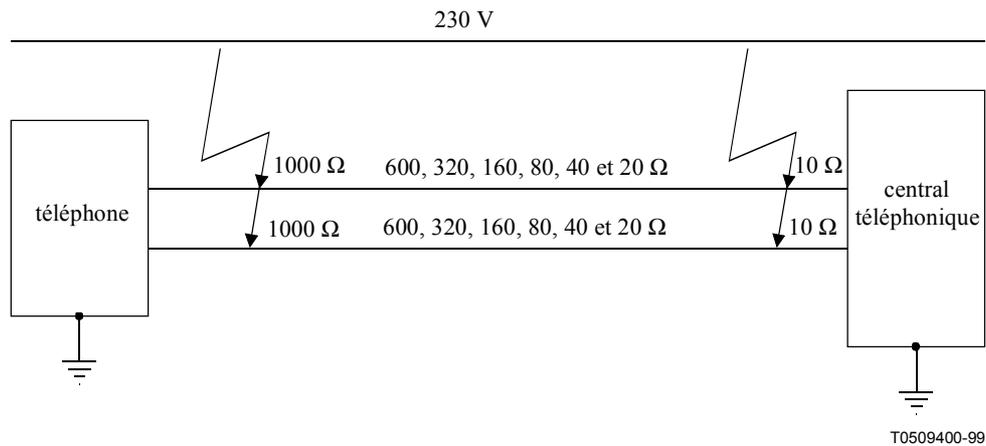


Figure I.1-13/K.44 – Phénomènes de contact des lignes électriques

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 essais de contact de lignes électriques. Toutefois, puisque la durée de ce type d'essai est de 15 minutes, il a été convenu que l'utilisation des huit résistances s'avérait 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 essais.

On connaît en principe deux méthodes applicables aux essais de contact de lignes électriques; elles reposent sur l'utilisation soit d'un élément fusible, soit d'une résistance PTC, monté en série avec la ligne. Dans un cas comme dans l'autre, la situation la plus défavorable, du point de vue de l'intégrité du circuit, consiste à utiliser la résistance d'essai 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.

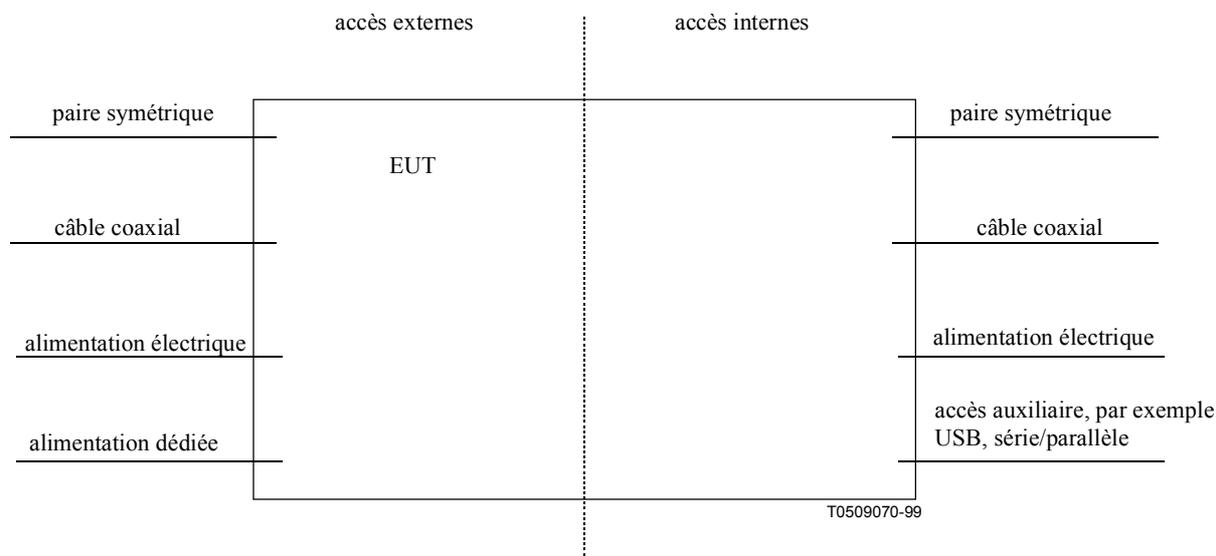
- a) Un élément fusible ou une résistance sont conçus pour subir un échauffement et une rupture, empêchant ainsi le passage d'une intensité excessive dans l'équipement. Lorsqu'il faut réduire les essais au minimum, il convient d'utiliser la résistance d'essai qui provoque la dissipation d'énergie maximale dans le circuit. S'il est établi que la résistance ne se contractera pas et ne rétablira pas le circuit une fois refroidie, l'essai peut être arrêté dès qu'il y a interruption du courant.
- b) 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 essais doivent être réduits au minimum, il convient d'utiliser la résistance d'essai qui provoque la dissipation d'énergie maximale dans le circuit, ainsi que la résistance de 10 Ω .

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 de l'essai. Toutefois, dans certains cas, le claquage de la résistance PTC a seulement commencé à la fin de l'essai, 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 de l'essai ou qu'aucun autre dispositif de ce type n'en modifiera le résultat, l'essai 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, l'essai doit porter sur toute la série de résistances.

I.1.5 Terminaisons et dispositifs de protection contre les surtensions sur les accès non soumis à l'essai

La Figure I.1-14 représente un exemple d'équipement complexe.



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

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

Figure I.1-14/K.44 – Accès de l'équipement

Cet équipement est muni d'accès externes et internes, dont l'incidence sur l'accès soumis à l'essai doit être étudiée. Dans la pratique les accès peuvent être raccordés à un équipement associé ou encore à une impédance ou une résistance de terminaison. Ces accès peuvent également être raccordés à un ou plusieurs dispositifs SPD. Il est nécessaire d'étudier le rôle des terminaisons et des dispositifs SPD au cours des essais; le raccordement à un équipement associé ou à un équipement distant ou l'adjonction de l'impédance ou de la résistance de terminaison appropriée permet de simuler une terminaison d'accès non soumis à l'essai. Le dispositif de protection contre les surtensions peut être à l'intérieur ou à l'extérieur de l'équipement sous test, comme de l'équipement associé. Il est possible de simuler les dispositifs SPD en raccordant l'accès à un dispositif approprié de ce type.

La Figure I.1-15 illustre une configuration d'essai possible.

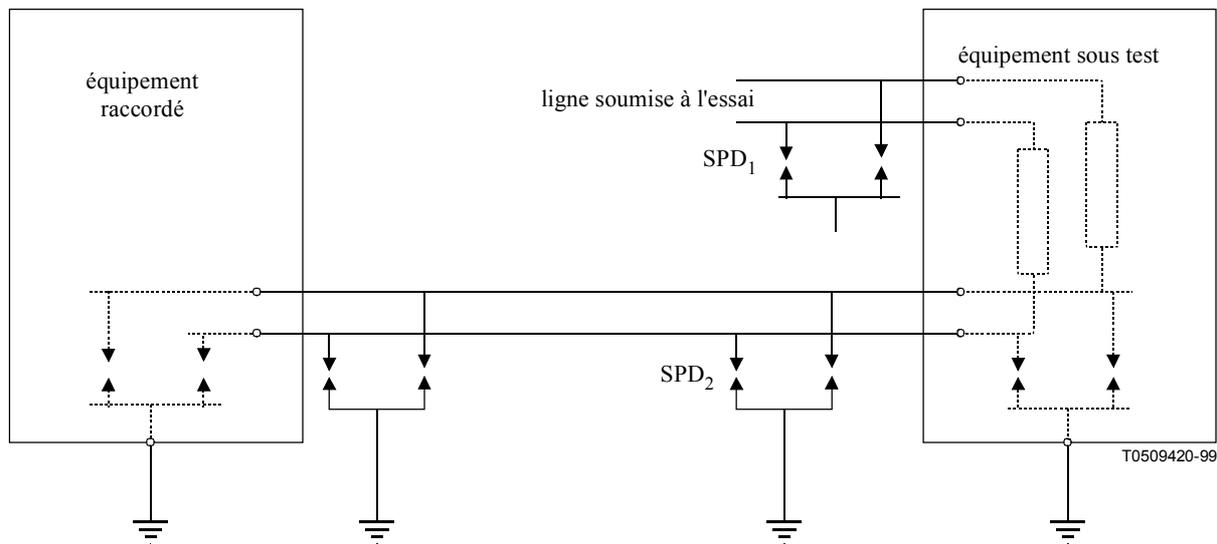


Figure I.1-15/K.44 – Terminaisons et dispositifs SPD raccordés à l'équipement

Les questions à envisager lors du raccordement de l'équipement à une terminaison ou de l'adjonction de dispositifs SPD sont les suivantes:

- 1) lorsqu'il peut y avoir un trajet à basse impédance entre l'accès soumis à l'essai et un accès non soumis à l'essai, le déclenchement en premier du dispositif de protection de l'entrée non soumise à l'essai est une éventualité à envisager. A cet effet, l'accès soumis à l'essai est équipé d'un dispositif de protection spécial d'essai, tandis que l'accès non soumis à l'essai 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 d'accès non soumis à l'essai, il convient d'installer une terminaison ou d'ajouter un dispositif SPD sur un seul type d'accès à la fois. En effet un trajet à basse impédance vers un type déterminé d'accès non soumis à l'essai risque d'empêcher le passage du courant vers un autre type d'accès non soumis à l'essai;
- 3) lorsqu'un accès est susceptible d'être raccordé à l'intérieur de l'équipement à un autre accès, par exemple dans certaines conditions d'utilisation ou lors d'une défaillance d'alimentation, il doit être testé en veillant à ce que l'autre accès soit muni d'une terminaison et d'une protection;
- 4) si l'équipement contient des composants à forte capacité d'écoulement, ce qui supprime le besoin de protection primaire, il faut enlever le parafoudre à gaz installé sur l'accès soumis à l'essai, et le remplacer par le dispositif de protection d'essai défini aux 8.2, 8.3 et 8.4 de façon à garantir la coordination effective des mesures de protection. Pendant les essais, le dispositif de protection intégrale doit rester en place pour les accès non soumis à l'essai. Si ce composant n'est pas amovible, tous les essais sont alors réalisés avec la protection prévue et le constructeur devra fournir un rapport indiquant que les essais de protection inhérente et de coordination ont été réalisés avec le dispositif de protection spécial d'essai au cours des épreuves de qualification;
- 5) il est parfois nécessaire de réaliser les essais en utilisant les quatre combinaisons suivantes de terminaisons et de dispositifs SPD sur les accès non soumis à l'essai:
 - a) absence de terminaison et de dispositif de protection;
 - b) absence de terminaison et ajout d'un dispositif de protection;
 - c) absence de dispositif de protection et ajout d'une terminaison;
 - d) ajout d'un dispositif de protection et d'une terminaison.

I.1.6 Connexions d'essai pour équipement mis à la terre et non mis à la terre

Voir Figures I.1-16 et I.1-17.

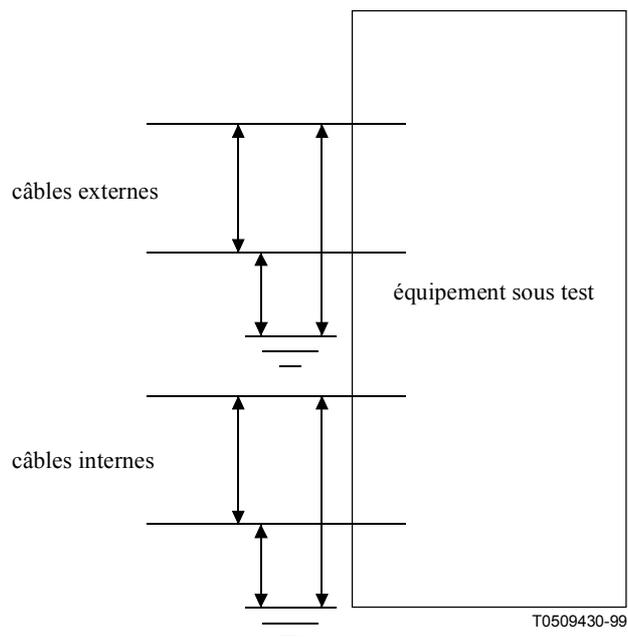


Figure I.1-16/K.44 – Connexions d'essai pour équipement mis à la terre

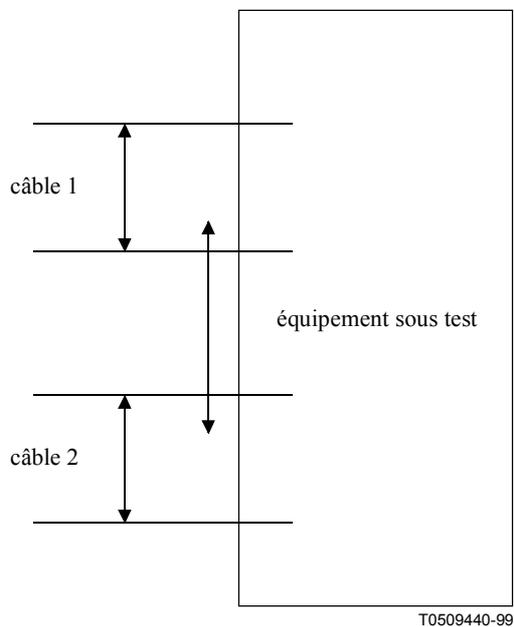


Figure I.1-17/K.44 – Connexions d'essai pour équipement non mis à la terre

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

I.2.1 Choc de foudre

I.2.1.1 Niveaux d'essai de la protection inhérente

Les Recommandations de produit pourraient utiliser pour les essais d'immunité inhérente des tensions de 1,0 kV à 5,0 kV. Traditionnellement une tension d'essai 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 de locaux d'abonné, 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 d'essai de coordination

Le niveau d'essai 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 d'essai facultatif pouvant atteindre 10,0 kV est admis. Le niveau d'essai 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 d'essai d'induction par les lignes électriques

I.2.2.1 Niveaux d'essai de protection inhérente

Jusqu'à présent, le niveau d'essai de protection inhérente a été fixé à $0,2 \text{ A}^2\text{s}$ pour les équipements placés dans les centres de télécommunication et les équipements de locaux d'abonné. Avec la libéralisation des locaux des clients, l'utilisation d'une protection primaire est moins certaine et le niveau d'essai de la protection inhérente est susceptible d'être relevé dans le cas des équipements locaux d'abonné (par exemple, $1,0 \text{ A}^2\text{s}$).

I.2.2.2 Niveaux d'essai de protection inhérente/de coordination

Jusqu'à présent, le niveau d'essai avec protection primaire installée était fixé à $1,0 \text{ A}^2\text{s}$. Un niveau d'essai renforcé de $10 \text{ A}^2\text{s}$ 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 (200Ω) ou de la nécessité d'une qualité de service élevée en raison de l'évolution des exigences réglementaires.

Par ailleurs, le choix d'une autre méthode de spécification des exigences concernant l'équipement peut s'avérer nécessaire. La Recommandation K.20 (1996) spécifiait une valeur $U_{c(\max)}$ de 600 V dans une résistance de 600Ω , 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_{eff} (voir Figure I.1-8). Des essais effectués sur une résistance ont montré que sa capacité de dissipation d'énergie spécifique diminue lorsque le courant augmente, pour une même valeur de l'énergie spécifique. Il faut donc réaliser l'essai de protection inhérente/coordination au niveau maximal d'intensité observé.

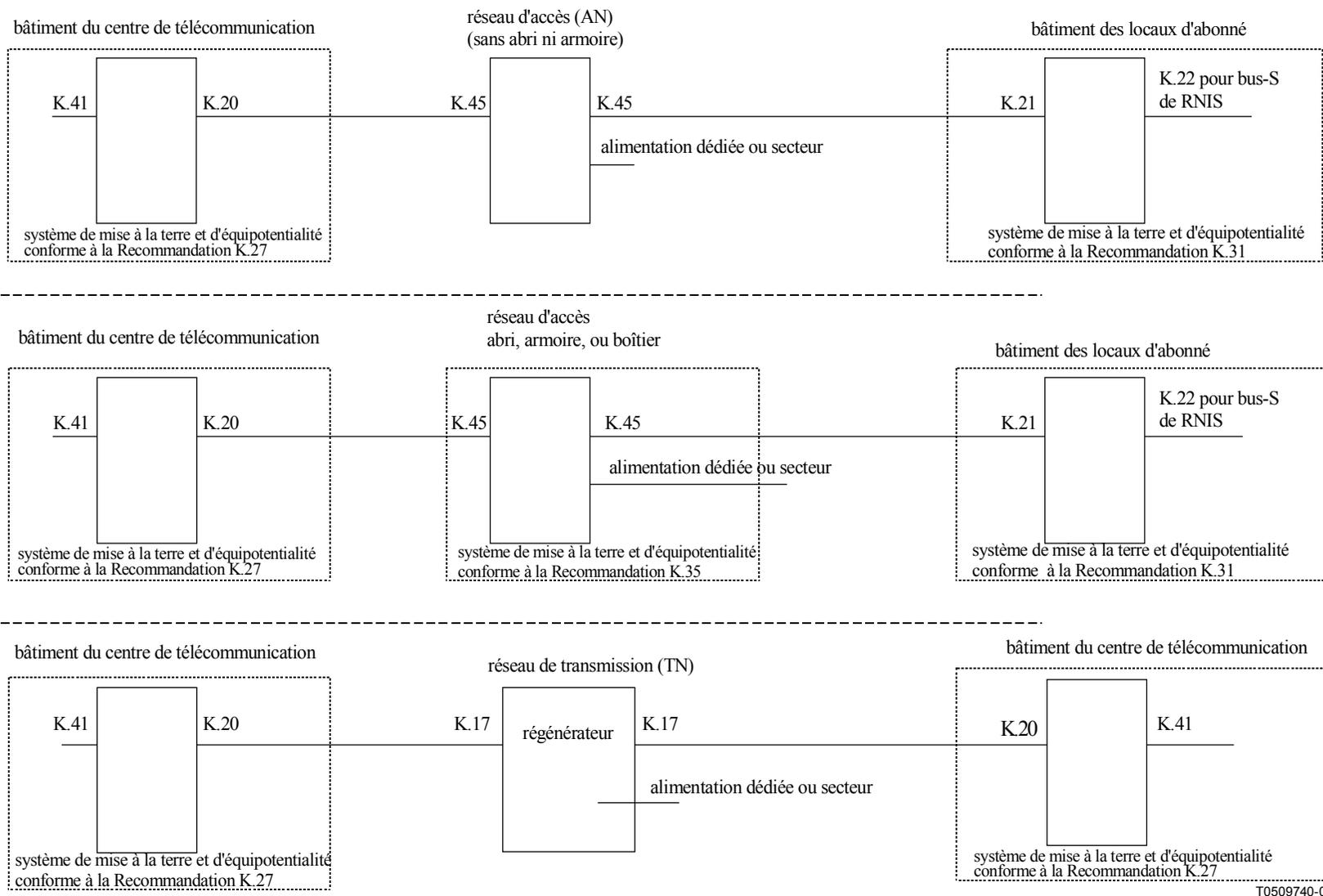
I.3 Relation entre la Recommandation K.44 et les autres Recommandations de produit ou de famille de produits

La Recommandation 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 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 K.21 concerne les équipements installés dans des locaux d'abonné, lorsque la qualité du système de mise à la terre et du réseau d'équipotentialité n'est pas suffisante. La résistance de terre risque d'être élevée et dans certains cas, le système de mise à la terre est inexistant.

La Recommandation K.45 se rapporte aux équipements installés entre le centre de télécommunication et le bâtiment des locaux d'abonné. 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.



T0509740-00

Figure I.3-1/K.44 – Exemple de configuration d'un réseau de télécommunication indiquant la délimitation du centre de télécommunication, du réseau d'accès et des locaux d'abonné

APPENDICE II

Indications complémentaires à l'attention des constructeurs et des exploitants

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 K.11 décrit les effets du fonctionnement de la protection primaire. Pour s'assurer de la coordination entre les composants 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 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 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 μ 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/ μ s. Deuxièmement, la tension continue d'amorçage, et donc la forme d'onde de tension

d'amorçage 10/700 μ s, peut varier fortement pour le même type de dispositif de protection. Par exemple, des variations de 180 V à 300 V (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 d'essai 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 d'essai spécial est de 345 V \pm 17 V. Celui-ci est utilisé pour les essais 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 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.

En règle générale, les dispositifs à courant de coupure élevée fonctionnent lentement et laissent subsister une tension résiduelle. Les dispositifs rapides à semi-conducteurs fonctionnent suffisamment vite, mais acceptent seulement des quantités d'énergie inférieures par comparaison aux dispositifs à courant de coupure élevée. Il est donc nécessaire d'installer un circuit à étages afin de réduire progressivement l'énergie produite par la surtension, jusqu'à un niveau qui n'est pas préjudiciable pour l'équipement. Ce type de protection constitue une protection multiétages.

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 fraction la plus destructrice de l'énergie produite est détournée vers le sol en ce point. Un dispositif de protection inhérente à l'intérieur de l'équipement sous test détourne l'énergie résiduelle 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 PNP 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 le sol 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 d'essai maximale sans risque de dommage. Au-dessus du niveau d'essai maximal, le protecteur primaire doit se déclencher par les surtensions dues à la foudre.

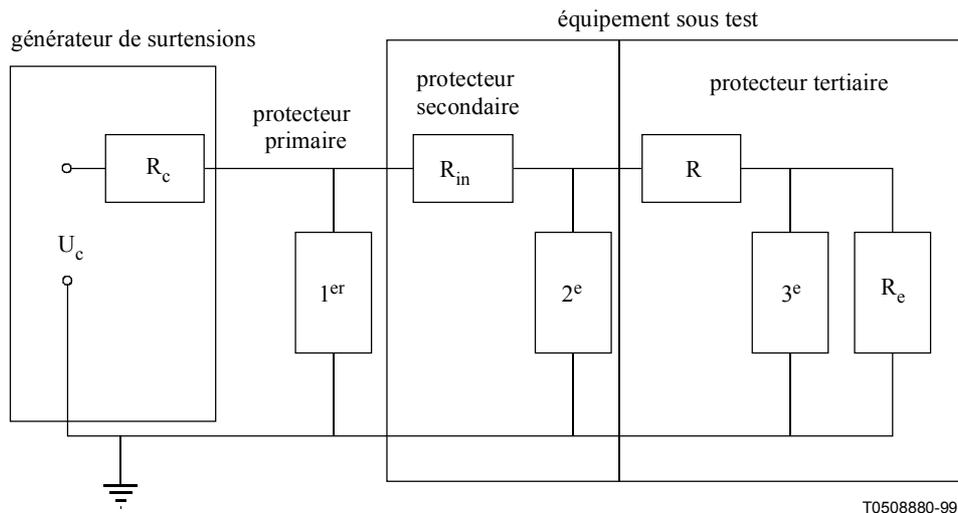


Figure II.2-1a/K.44 – Principe de protection en étapes

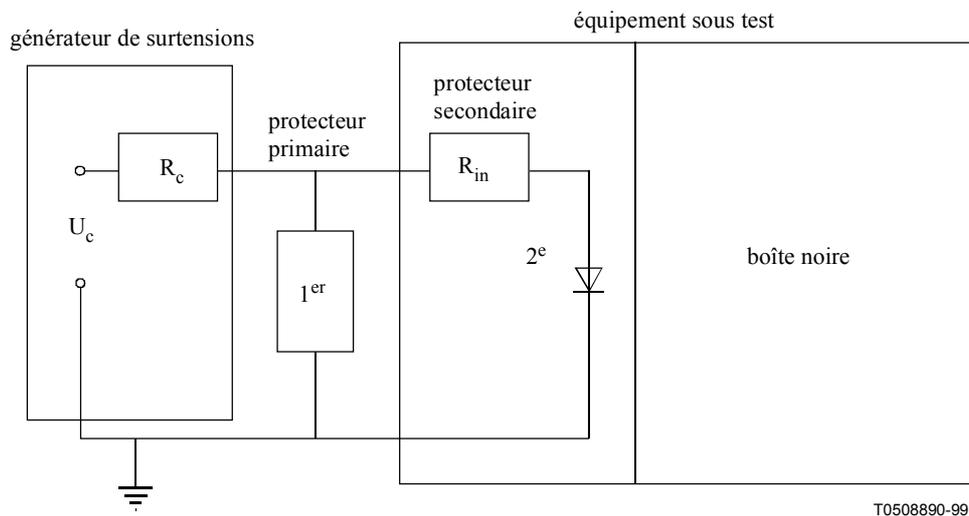


Figure II.2-1b/K.44 – Circuit équivalent après activation de la protection secondaire

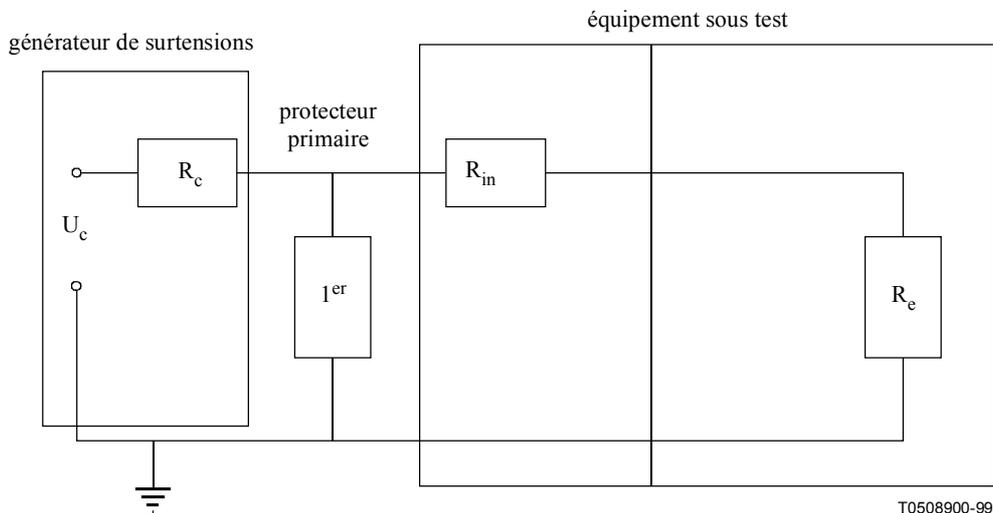


Figure II.2-1c/K.44 – Circuits robustes sans protection secondaire

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 de la vitesse d'augmentation dU/dt . Si R_p est connu, la simulation SPICE d'un signal transitoire permet de calculer la vitesse d'augmentation dU/dt de la tension U_{sj} . 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 m 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 μH . L'inductance totale résultante de 20 μH 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 forte surtension dU/dt créée par le déclenchement du parafoudre à gaz. Cette simulation met en évidence la nécessité d'utiliser un câble d'essai court entre le générateur de surtensions et l'équipement sous test, par exemple de moins de 2 m.

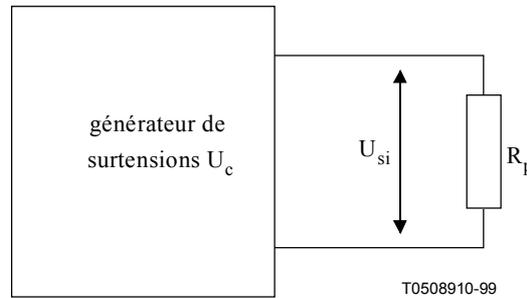


Figure II.3-1/K.44 – Modèle pour calculer le rapport dU/dt de la tension U_{si}

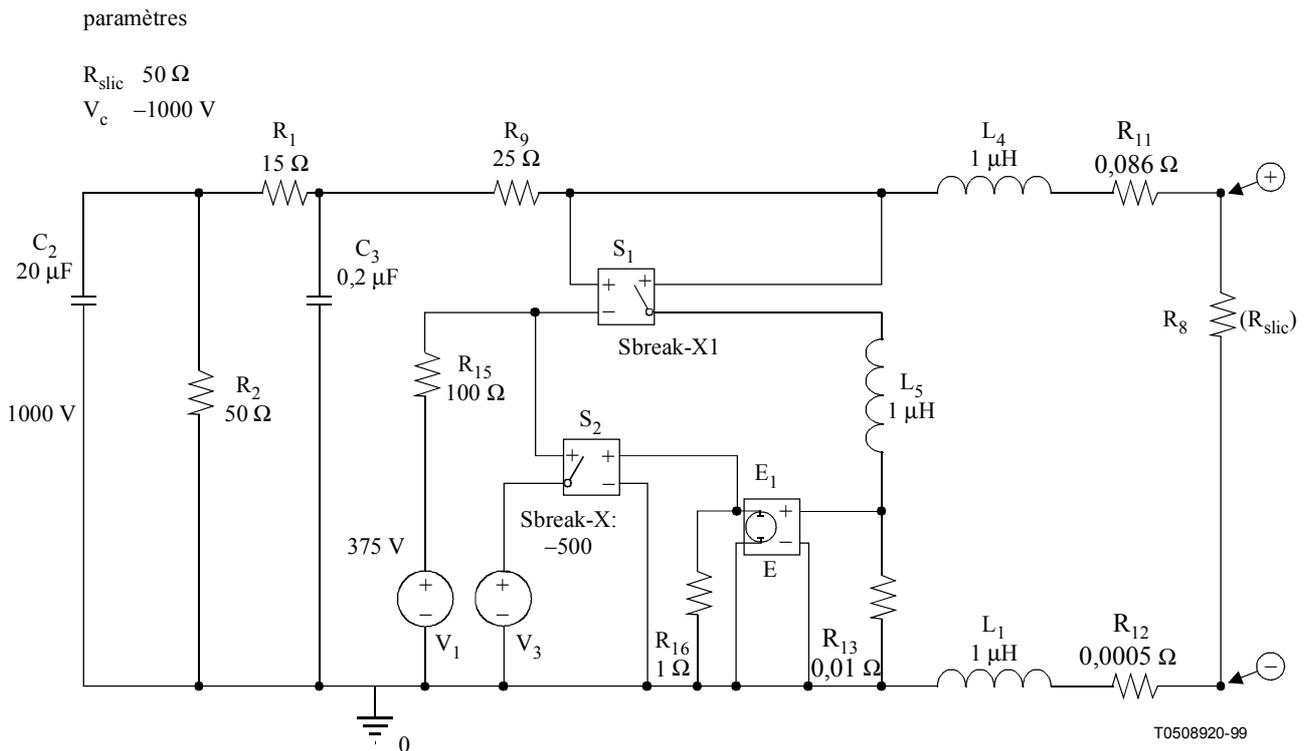


Figure II.3-2/K.44 – Modèle Pspice utilisé pour calculer la réduction de la tension à l'entrée de l'équipement due à l'impédance du câble du répartiteur principal

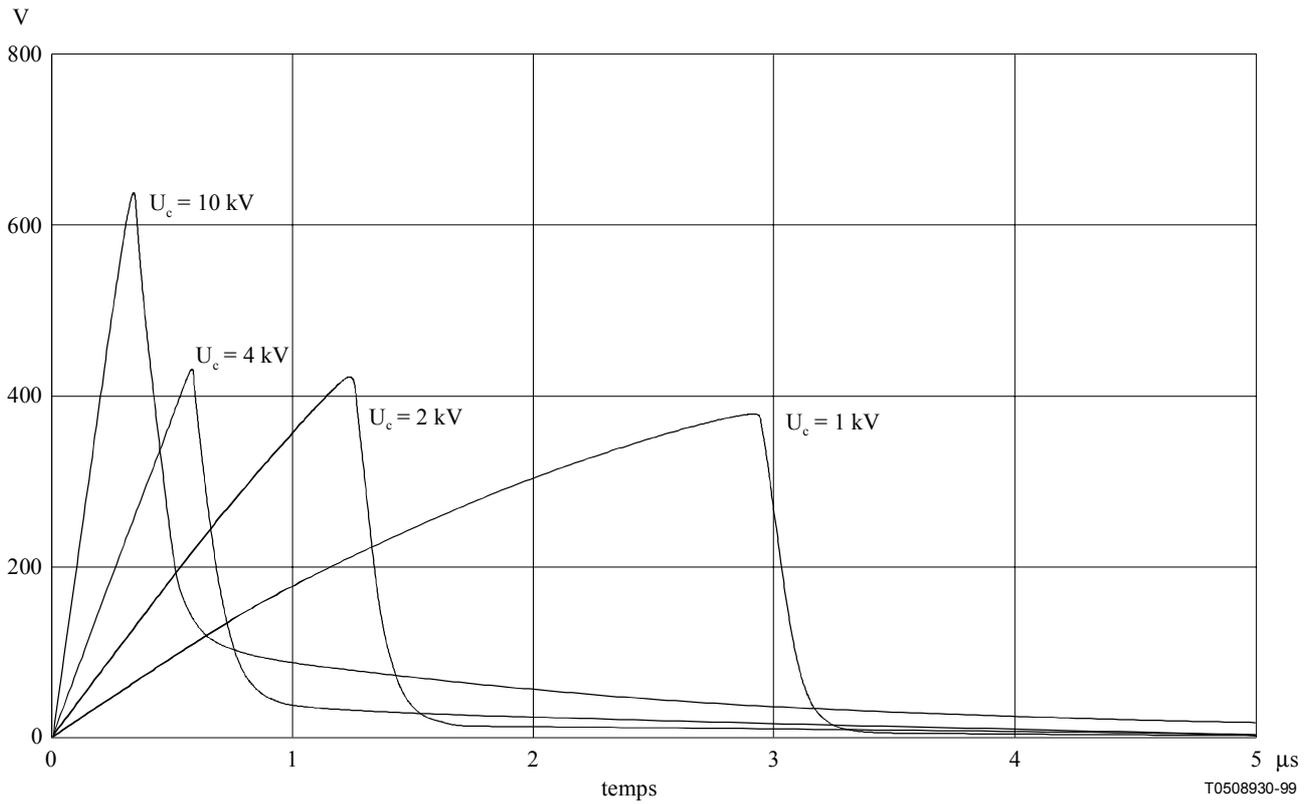


Figure II.3-3/K.44 – Câble du répartiteur principal de 1 m de long

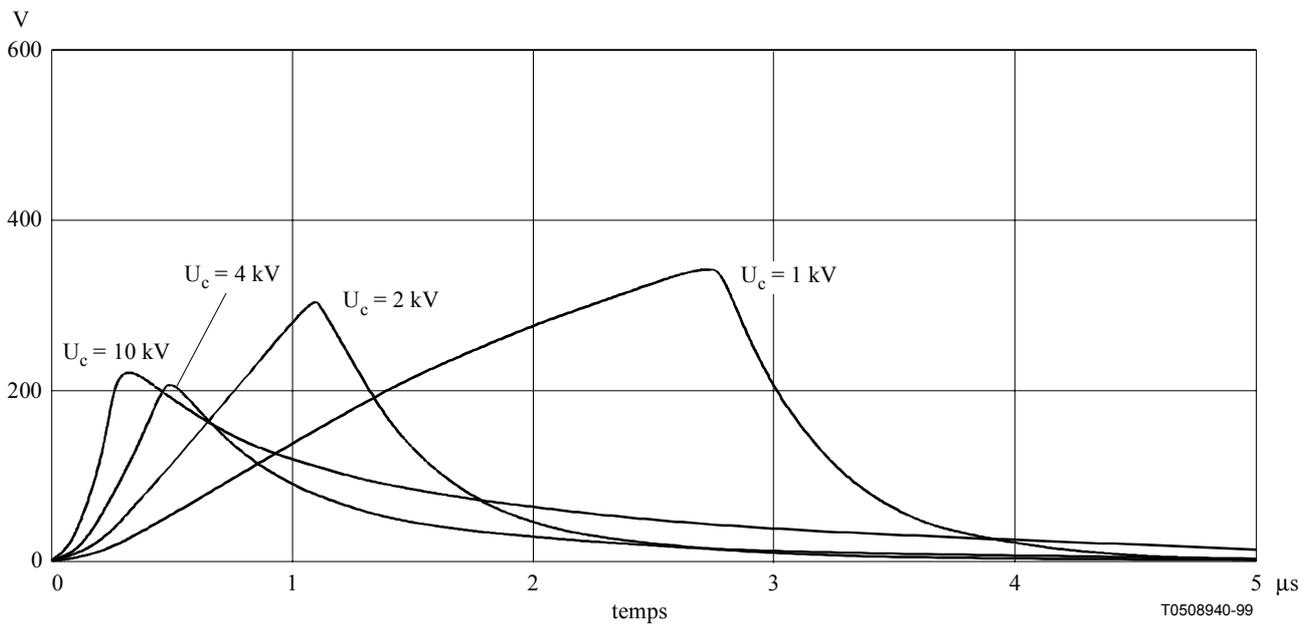


Figure II.3-4/K.44 – Câble du répartiteur principal de 10 m de long

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.

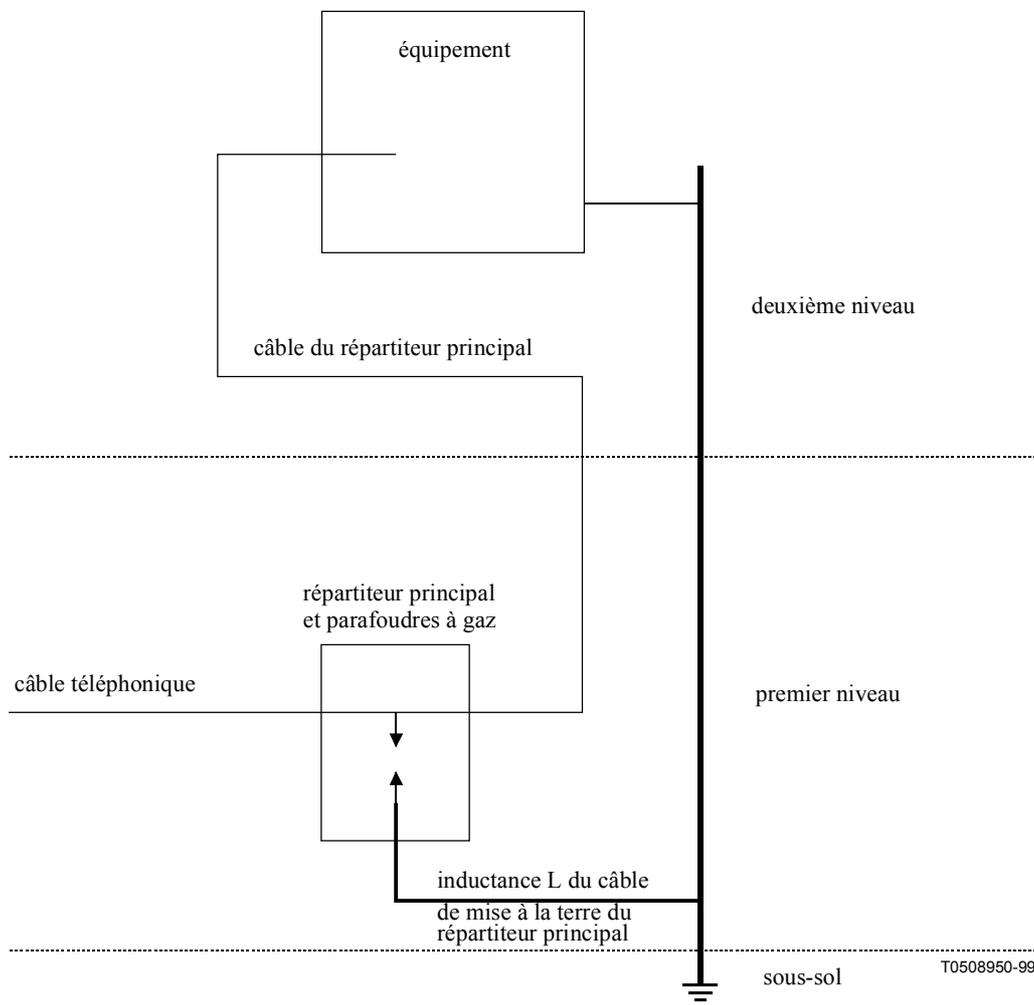


Figure II.3-5/K.44 – Inductance du câble de mise à la terre du répartiteur principal

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.

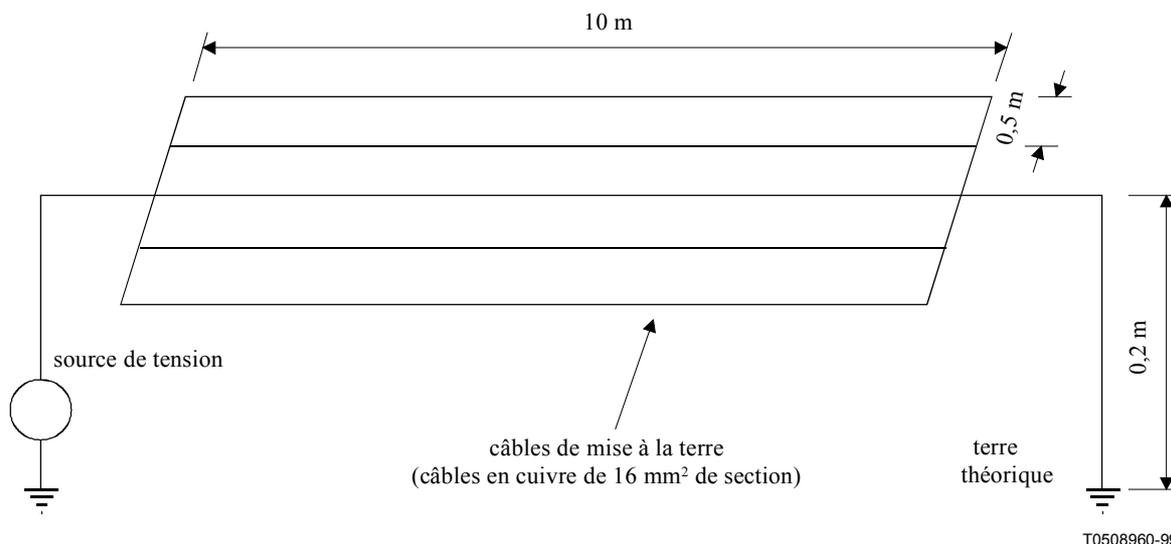


Figure II.3-6/K.44 – Utilisation de câbles multiples de mise à la terre afin de réduire l'impédance

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

Tableau II.3-1/K.44 – Inductance en fonction du nombre de conducteurs

N (nombre de conducteurs)	Inductance totale
1	10,89 μH
2	6,16 μH
3	4,39 μH
5	3,05 μH

II.3.3 Essai 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.

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

Plusieurs petits centraux téléphoniques installés dans des locaux d'abonné 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.

II.3.3.2 Exemple de problème de chute de tension de terre dans des locaux d'abonnés (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 \$ EU).

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 μ 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 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 d'essai 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.

Cet essai 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).

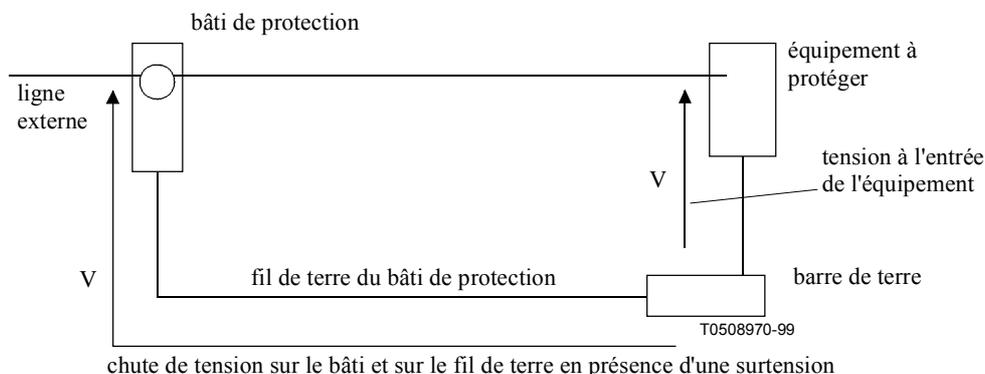


Figure II.3-7/K.44 – Chute de tension dans les fils de terre

Les indications du Tableau II.3-2 et les caractéristiques du générateur de la Figure II.3-9 correspondent à la surtension d'essai n° 4, décrite au 4.5.7, de la spécification Bellcore GR1089 CORE. L'essai Bellcore est largement utilisé en Amérique du Nord. Il comporte une tension maximale de crête en circuit ouvert de 2,5 kV.

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.

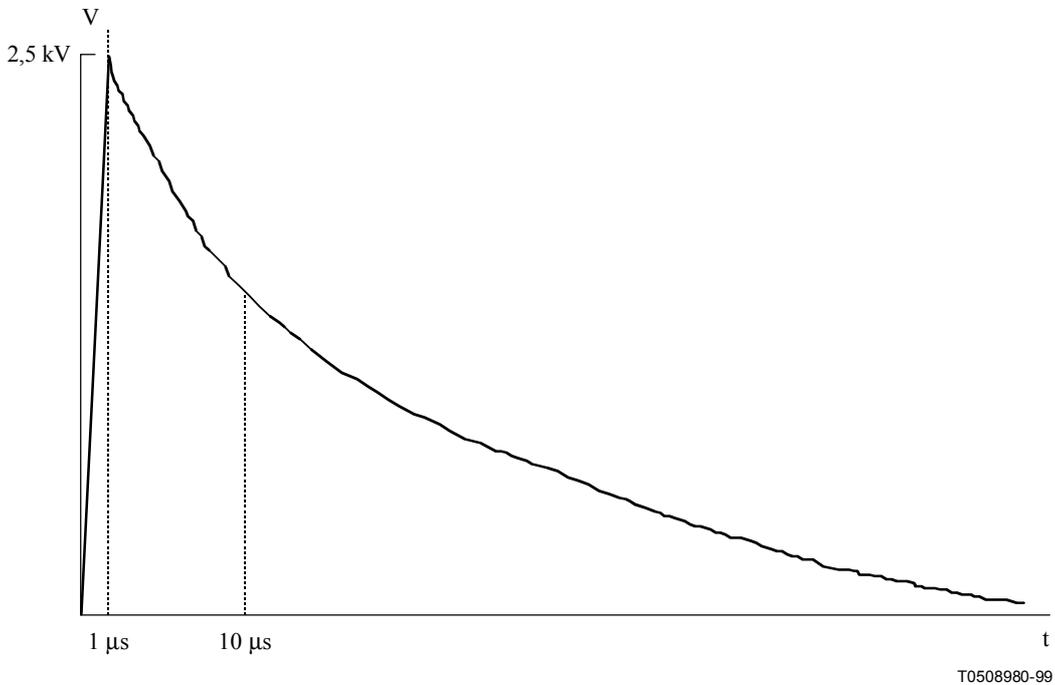


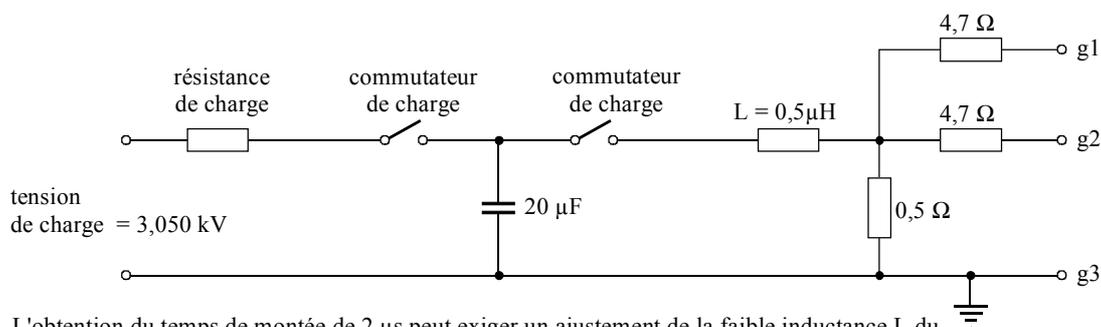
Figure II.3-8/K.44 – Chute de tension de terre

Le circuit décrit à la Figure II.3-9 produit une forme d'onde 2/10 µs et peut servir à reproduire cet effet.

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

Tableau II.3-2/K.44 – Tension d'essai

Description	$U_{c(max)}$
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)	Essai non requis. La tension à l'entrée de l'équipement est supposée inférieure à celle qui est observée pour les essais 1.1 et 1.2 du Tableau 1a/K.45.



L'obtention du temps de montée de 2 µs 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. T0508990-99

Figure II.3-9/K.44 – Générateur de courant de surcharges de 2/10 µs

Tableau II.3-3/K.44 – Essai de chute de tension de terre

Essai n°	Description de l'essai	Circuit d'essai	Niveau d'essai	Nombre d'essais	Protection primaire agréée	Critère d'acceptation	Observations
1.1	Chute de tension dans le fil de terre	Figures II.3-9 et A.5.1-1	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 et le point commun de mise à la terre.

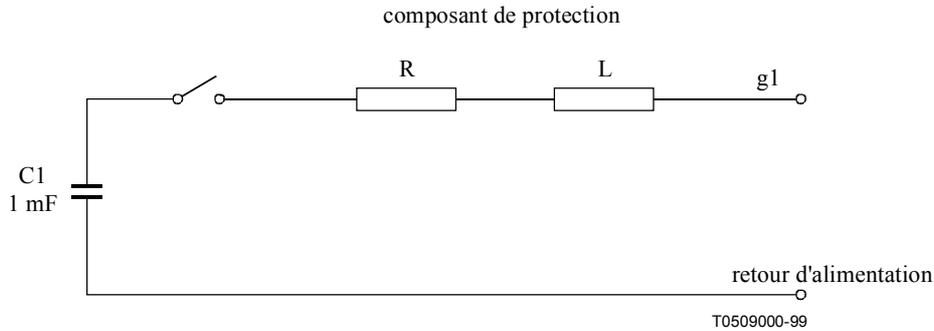
II.4 Essai en courant sur les bornes d'accès du secteur

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 µs utilisée jusqu'à présent pour les essais concernant les accès secteur. D'après des études récentes réalisées en Allemagne, le temps de descente à la demi-valeur de l'onde de courant pouvait atteindre 350 µs si la foudre tombait directement. Des essais effectués sur des alimentations électriques ont montré qu'un temps de descente de 350 µs pouvait effectivement provoquer des dommages, ce qui n'est pas le cas d'un temps de descente de 20 µs. Il a donc été suggéré d'utiliser une onde de forme 10/350 µs 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 cet essai. Ce test reste à l'étude. L'essai de coordination spécifié dans les recommandations de produit exige une onde de forme 8/20 µs.

Les caractéristiques de l'essai proposé figurent au Tableau II.4-1 ci-dessous.

Tableau II.4-1/K.44 – Essai de coordination pour les bornes d'accès du secteur visant à simuler un choc direct de la foudre sur le bâtiment ou l'abri

1.x.b	Essai transversal sur accès secteur Choc direct de foudre Coordination de la protection	Figures II.4-1 et II.4-2	$U_{c(max)} = 5 \text{ kA}$ par conducteur $R = 0,5 \Omega$ $L = 2 \mu\text{H}$	$U_{c(max)} = 5 \text{ kA}$ par conducteur $R = 0,5 \Omega$ $L = 2 \mu\text{H}$	5 de chaque polarité	Protection primaire agréée (secteur)	A A noter qu'un protecteur à commutation doit fonctionner à $U_c = U_{c(max)}$
-------	---	--------------------------	--	--	----------------------	--------------------------------------	---



l'obtention du temps de montée de 10μ peut exiger un ajustement de la petite inductance L du câblage, essentiellement de nature parasite. La tension de charge est ajustée pour obtenir la tension de sortie o/c requise.

Figure II.4-1/K.44 – Générateur de forme d'onde de surintensité de 10/350 μ s

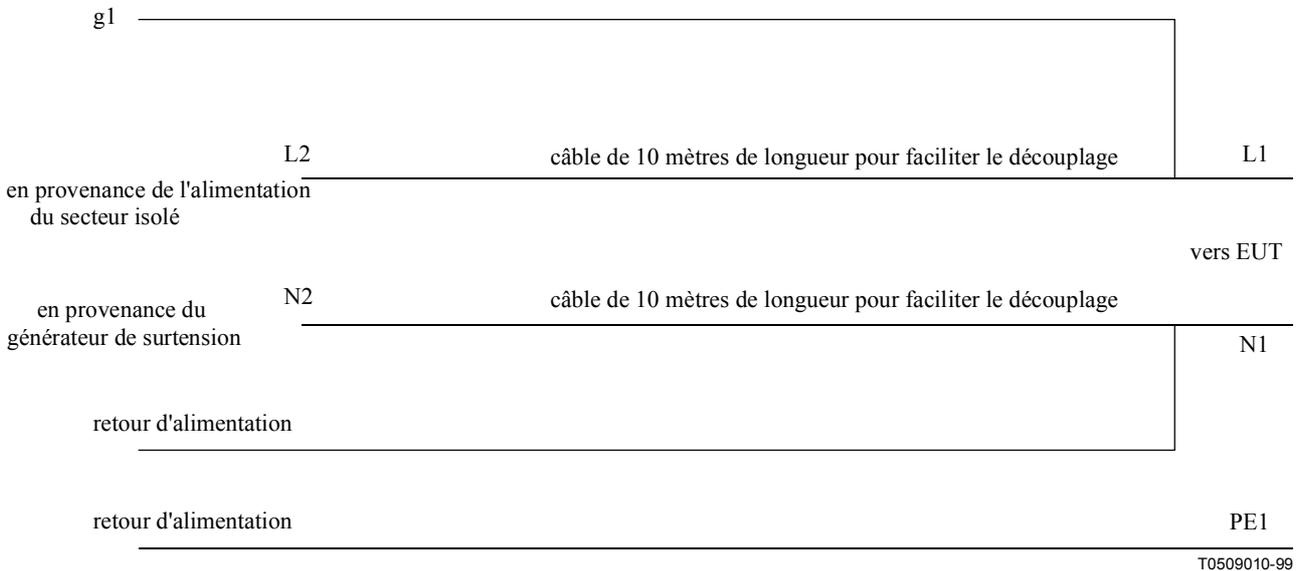


Figure II.4-2/K.44 – Circuit de couplage, de découplage et d'alimentation pour un essai de surtension transversale de forte intensité dans une borne d'accès d'alimentation secteur

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 parafoudres 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 du sol

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

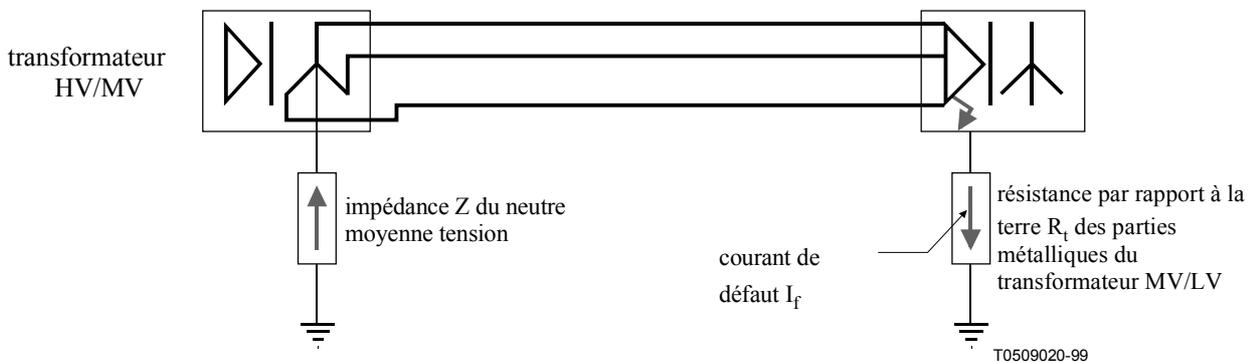


Figure II.5-1/K.44 – Facteurs dont dépend le courant de défaut

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 $ROEP = R_t \cdot I_f$. (Note – Basse tension: LV, *low voltage*.)

En France cette valeur ROEP 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 au sol 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.

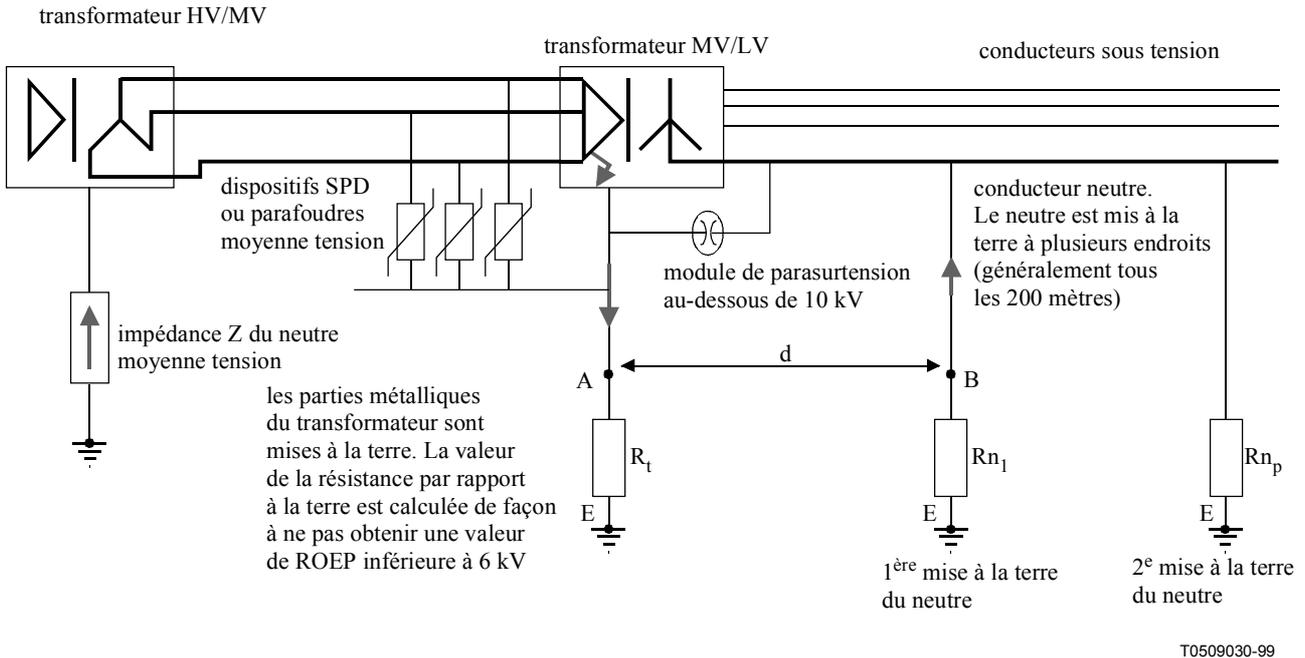


Figure II.5-2/K.44 – Couplage au neutre LV

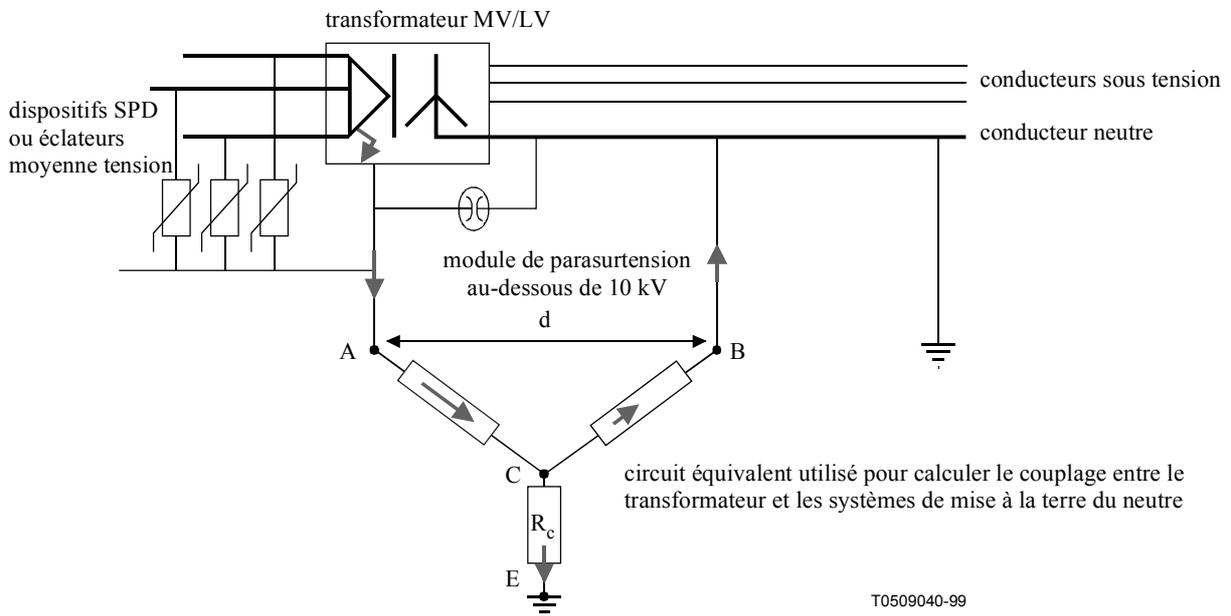


Figure II.5-3/K.44 – Conception de la mise à la terre visant à limiter l'élévation de potentiel ROEP

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.

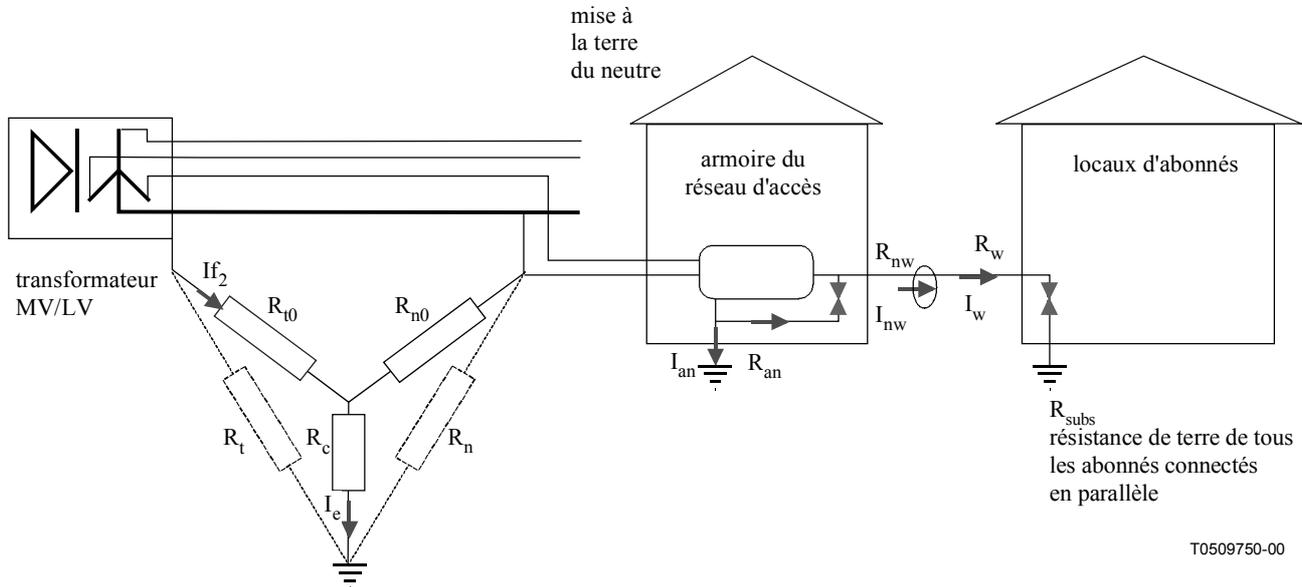


Figure II.5-4/K.44 – Mécanisme d'écoulement de courant à travers l'équipement

Les résultats du calcul, quand on suppose que:

- vingt-huit abonnés 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 Ω ;
- la résistance de terre de l'abri du réseau d'accès est 50 ohms;
- les caractéristiques du réseau d'alimentation sont: $Z = j40 \Omega$, $R_t = 30 \Omega$, $R_n = 15 \Omega$, $d = 8 \text{ m}$;
- la résistivité du sol est de 300 $\Omega \cdot \text{m}$;

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

Le courant peut aussi s'écouler soit directement à travers les composants de protection des lignes de télécommunication (s'ils ont été installés et en cas de claquage entre l'accès secteur et la terre de l'équipement) soit à travers l'équipement (claquage entre l'accès secteur et l'accès télécommunication) vers les locaux d'abonnés, 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 d'abonnés par un centre de télécommunication ou si l'on remplace le coffret d'équipement d'accès par des locaux d'abonnés.

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.

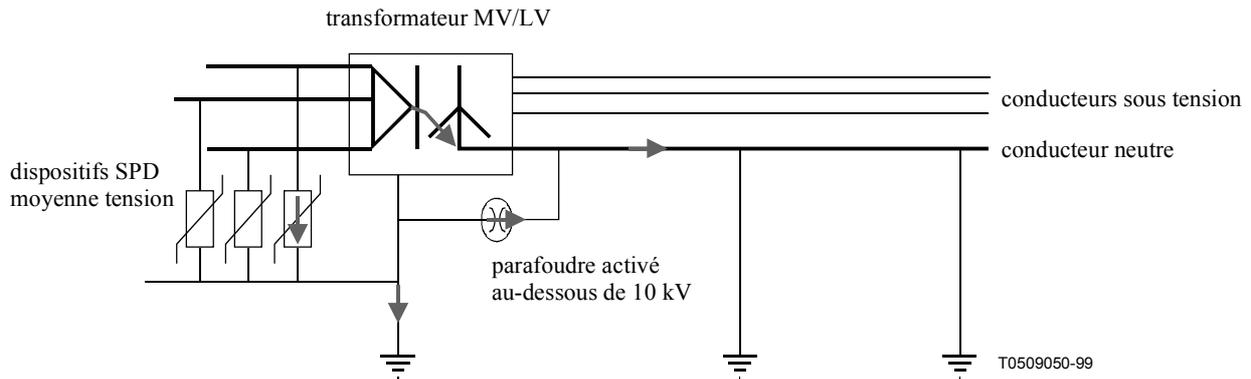


Figure II.5-5/K.44 – Transfert de la surtension sur le neutre

La surtension sera suivie du passage d'un courant 50 Hz significatif dans le cas 1, s'il y a utilisation de parafoudres, et dans toutes les situations dans le cas 2.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
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	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
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
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 et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication

18835

Imprimé en Suisse
Genève, 2001