



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**CCITT**

**K.27**

COMITÉ CONSULTATIF  
INTERNATIONAL  
TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE

**PROTECTION  
CONTRE LES PERTURBATIONS**

---

**CONFIGURATIONS ÉQUIPOTENTIELLES  
ET MISE À LA TERRE  
À L'INTÉRIEUR D'UN BÂTIMENT  
DE TÉLÉCOMMUNICATIONS**

**Recommandation K.27**

---



Genève, 1991

## AVANT-PROPOS

Le CCITT (Comité consultatif international télégraphique et téléphonique) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (UIT). Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée plénière du CCITT, qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études et approuve les Recommandations rédigées par ses Commissions d'études. Entre les Assemblées plénières, l'approbation des Recommandations par les membres du CCITT s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 2 du CCITT (Melbourne, 1988).

La Recommandation K.27, que l'on doit à la Commission d'études V, a été approuvée le 18 mars 1991 selon la procédure définie dans la Résolution n° 2.

---

## NOTE DU CCITT

Dans cette Recommandation, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une Administration de télécommunications qu'une exploitation privée reconnue de télécommunications.

© UIT 1991

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'éditeur.

## Recommandation K.27

### CONFIGURATIONS ÉQUIPOTENTIELLES ET MISE À LA TERRE À L'INTÉRIEUR D'UN BÂTIMENT DE TÉLÉCOMMUNICATIONS

#### 1 Introduction

Le Manuel du CCITT sur la «Mise à la terre des installations de télécommunication» [1] traite surtout de l'élévation du potentiel d'un bâtiment de télécommunications et de la réduction des chutes de tension associées, grâce à l'utilisation combinée de prises de terre, intentionnelles ou non. Toutefois, le passage des systèmes de télécommunications analogiques aux systèmes numériques complexes a mis en évidence des insuffisances dans les techniques de mise à la terre utilisées par le passé; ce qui explique le regain d'intérêt que connaissent les techniques d'équipotentialité et de mise à la terre, ainsi que leur incidence sur la compatibilité électromagnétique (CEM). Par conséquent, il est nécessaire de disposer d'une Recommandation du CCITT sur les configurations d'équipotentialité et sur la mise à la terre à l'intérieur d'un bâtiment de télécommunications.

Dans le domaine de la CEM, la réglementation restreignant les émissions électromagnétiques doit être respectée et, pour obtenir un fonctionnement acceptable, il faut que les équipements aient un certain niveau d'immunité. La compatibilité électromagnétique peut être obtenue grâce à la construction d'un réseau (ou d'une structure) de blindage conducteur commun, mis à la terre (réseau équipotentiel commun CBN). Le CBN est le principal réseau d'équipotentialité et de mise à la terre à l'intérieur du bâtiment. On peut le compléter en y reliant des structures de blindage imbriquées, par des connexions «à point unique». Ces structures de connexion à point unique seront dénommées: réseaux équipotentiels isolés (IBN). Dans un bâtiment de télécommunications, le réseau d'équipotentialité et de mise à la terre prend la forme du CBN, auquel l'équipement est relié par des connexions multiples (réseau équipotentiel maillé) ou par une connexion à point unique (IBN). Le choix de la configuration équipotentielle a une incidence importante sur la compatibilité électromagnétique. Une configuration équipotentielle précise permet un cheminement et une mise à la terre nets et structurés des câbles. Elle facilite le contrôle des émissions électromagnétiques et l'immunité, ce qui est particulièrement important pour les bâtiments qui contiennent les équipements récemment installés ou déjà en place. Ces méthodes (IBN et réseau maillé) sont comparées au § 6 ainsi que dans l'annexe A, où il sera également question de leurs caractéristiques en fonction de la fréquence. Au titre de sa fonction de blindage, le réseau d'équipotentialité et de mise à la terre permet d'assurer la sécurité des personnes, la protection contre la foudre et la réduction des décharges électrostatiques (DES).

Depuis la publication du Manuel sur la mise à la terre des installations de télécommunication en 1976, plusieurs configurations différentes d'équipotentialité et de mise à la terre ont été introduites; aussi est-il souhaitable d'encourager leur normalisation en définissant des versions génériques. Bien que les configurations soient différentes les unes des autres, elles ont plusieurs caractéristiques importantes en commun; elles sont décrites dans la présente Recommandation, qui en donne trois exemples.

#### 2 Portée

L'expérience en matière d'exploitation des centres de télécommunications montre que l'utilisation d'un réseau d'équipotentialité et de mise à la terre coordonné en fonction des caractéristiques des équipements et dispositifs de protection électrique offre les avantages suivants:

- elle favorise la sécurité des personnes et diminue les risques d'incendie;
- elle permet la signalisation avec retour par la terre;
- elle minimise les interruptions de service et les dommages causés aux équipements;
- elle minimise les émissions électromagnétiques par rayonnement et par conduction;
- elle réduit la sensibilité électromagnétique par rayonnement et par conduction;
- elle améliore la tolérance du système à la décharge d'énergie électrostatique et aux brouillages dus à la foudre.

Dans ce cadre, la présente Recommandation:

- a) est un guide sur la connexion équipotentielle et la mise à la terre des équipements de télécommunications dans les commutateurs téléphoniques et centres de commutation analogues destinés aux télécommunications;
- b) est censée respecter les règles de sécurité imposées par la CEI [2] ou par des organismes de normalisation nationaux pour les installations à fort courant alternatif;
- c) peut être utilisée pour l'installation de nouveaux centres de télécommunications et, si possible, pour l'extension et le remplacement de systèmes dans des centres existants;
- d) traite la question de la coordination avec la protection extérieure contre la foudre mais ne donne pas de précisions sur les mesures de protection destinées aux bâtiments de télécommunications;
- e) étudie l'importance du blindage dans les éléments constituant du bâtiment;
- f) examine le blindage assuré par les coffrets, par les chemins de câbles et par les tresses de câble;
- g) vise à encourager la planification de la CEM, qui devrait comporter des schémas d'équipotentialité et de mise à la terre tenant compte des essais d'installation et des diagnostics périodiques;
- h) elle ne contient pas:
  - les valeurs prescrites d'immunité aux surtensions transitoires et de tension de tenue de l'isolation aux ondes de choc;
  - les valeurs limites des émissions électromagnétiques par rayonnement et par conduction;
  - les techniques permettant de vérifier les réseaux d'équipotentialité et de mise à la terre et d'assurer leur maintenance.

### 3 Définitions

Dans la présente Recommandation, on utilise des définitions relatives à la mise à la terre qui sont déjà établies par la CEI [3], l'objectif visé étant de maintenir la conformité. A toutes fins utiles, elles sont reproduites au § 3.1. Des définitions propres aux installations de télécommunications, qui ne font pas l'objet de publications de la CEI, sont ajoutées au § 3.2.

#### 3.1 Définitions de la CEI

Les définitions ci-après sont tirées de la publication 50 de la CEI [3]. Le terme «réseau de terre» est défini au chapitre 604; tous les autres termes sont tirés du chapitre 826.

##### 3.1.1 terre

Masse conductrice de la terre, dont le potentiel électrique en chaque point est considéré, par convention, comme égal à zéro (dans certains pays, on utilise le terme anglais «ground» au lieu de «earth»).

##### 3.1.2 prise de terre

Corps conducteur ou ensemble de corps conducteurs en contact intime avec le sol et assurant une liaison électrique avec celui-ci.

##### 3.1.3 réseau de mise à la terre

Partie d'une installation de mise à la terre limitée aux prises de terre et à leurs interconnexions.

##### 3.1.4 borne principale de mise à la terre

Borne ou barre prévue pour la connexion aux dispositifs de mise à la terre de conducteurs de protection, y compris les conducteurs d'équipotentialité et, éventuellement, les conducteurs assurant une mise à la terre fonctionnelle.

### 3.1.5 **conducteur de mise à la terre**

Conducteur de protection reliant la borne ou barre de mise à la terre à la prise de terre.

### 3.1.6 **liaison équipotentielle**

Liaison électrique mettant au même potentiel, ou à des potentiels voisins, des éléments conducteurs exposés et des éléments conducteurs étrangers.

### 3.1.7 **conducteur d'équipotentialité**

Conducteur de protection assurant une liaison équipotentielle.

### 3.1.8 **conducteur neutre (N)**

Conducteur relié au point neutre d'un système et capable de contribuer à la transmission de l'énergie électrique.

### 3.1.9 **conducteur de protection (PE)**

Conducteur prescrit dans certaines mesures de protection contre les chocs électriques et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes:

- éléments conducteurs exposés;
- éléments conducteurs étrangers;
- borne principale de mise à la terre;
- prise de terre;
- point d'alimentation relié à la terre ou au point neutre artificiel.

### 3.1.10 **conducteur PEN**

Conducteur mis à la terre, assurant à la fois les fonctions de conducteur de protection et de conducteur neutre.

## 3.2 *Définitions des installations de mise à la terre de télécommunications*

### 3.2.1 **réseau équipotentiel (BN)**

Ensemble de structures conductrices interconnectées qui constituent un écran électromagnétique pour les systèmes électroniques et les personnes, de la fréquence zéro (courant continu) jusqu'aux fréquences radioélectriques basses. Le terme «écran électromagnétique» désigne toute structure permettant de dévier, de bloquer ou d'empêcher le passage de l'énergie électromagnétique. En général, un BN n'a pas besoin d'être relié à la terre mais tous les BN considérés dans la présente Recommandation seront connectés à la terre.

Les définitions ci-après des configurations de BN sont illustrées à la figure 1/K.27.

### 3.2.2 **réseau équipotentiel commun (CBN)**

Principal moyen de connexion d'équipotentialité et de la mise à la terre à l'intérieur d'un bâtiment de télécommunications. Il s'agit de l'ensemble des composants métalliques qui sont, intentionnellement ou non, interconnectés pour constituer le principal BN d'un bâtiment. Au nombre de ces composants figurent l'acier de construction ou les tiges du béton armé, les canalisations sanitaires métalliques, les conduits de distribution d'énergie électrique en courant alternatif, les conducteurs de protection, les chemins de câbles et les conducteurs de liaison équipotentielle. Le CBN a toujours une topologie maillée et est connecté au réseau de terre.

### 3.2.3 **réseau équipotentiel maillé (MBN)**

Réseau équipotentiel dans lequel les bâtis, baies et coffrets d'équipement associés et, en général, le conducteur de retour d'alimentation en courant continu, sont reliés au CBN ensemble ainsi qu'en des points multiples. Par conséquent, le MBN complète le CBN [voir la figure 1e)/K.27].

### 3.2.4 **réseau équipotentiel isolé (IBN)**

Réseau équipotentiel relié par un seul point de connexion au réseau équipotentiel commun ou à un autre réseau équipotentiel écarté. Tous les IBN considérés ici seront connectés à la terre par l'intermédiaire d'un seul point de connexion [voir les figures 1c)/K.27 et 1d)/K.27].

### 3.2.5 connexion à point unique (SCP)

Seul emplacement dans un IBN où une connexion est établie avec le CBN. En réalité, la SPC n'est pas un «point» mais doit être suffisamment large pour assurer la connexion des conducteurs. En général, la connexion à point unique prend la forme d'une barre omnibus en cuivre. S'il faut connecter l'écran du câble ou les conducteurs extérieurs de type coaxial à la SPC, celle-ci pourrait être un bâti doté d'une grille ou d'une structure en tôle métallique.

### 3.2.6 fenêtre SPC (SPCW)

Interface ou région de transition entre un IBN et le CBN. Elle mesure en général 2 m au maximum. La barre omnibus SPC (SPCB), ou le bâti, se situe dans cette région et constitue l'interface entre l'IBN et le CBN. Les conducteurs (par exemple, écrans de câble ou conducteurs de retour d'alimentation en courant continu) qui pénètrent un bloc système ou qui assurent la connexion avec l'IBN doivent entrer par l'intermédiaire de la SPCW et assurer la connexion avec la barre omnibus SPC ou avec le bâti [voir les figures 1c)/K.27 et 1d)/K.27].

### 3.2.7 IBN maillé

Type d'IBN dont les composants (par exemple, les bâtis d'équipement) sont interconnectés pour former une structure analogue à une maille. Pour ce faire, on peut utiliser, par exemple, des interconnexions multiples entre les rangées de coffrets ou connecter tous les bâtis d'équipement à une grille métallique («mat d'équipotentiel») sur laquelle repose l'équipement. Il va de soi que ce mat est isolé du CBN adjacent. Il peut comporter, le cas échéant, des extensions verticales le faisant ressembler à une cage de Faraday. Le pas de la grille est choisi en fonction de la gamme des fréquences de l'environnement électromagnétique [voir la figure 1d)/K.27].

### 3.2.8 IBN en étoile

Type d'IBN composé d'IBN groupés ou imbriqués qui partagent une connexion commune à point unique [voir la figure 1c)/K.27].

### 3.2.9 bloc système

Ensemble d'équipements dont les bâtis et éléments conducteurs associés forment un BN défini.

### 3.2.10 retour non relié directement à la terre d'alimentation en courant continu (c.c.-I)

Système d'alimentation à courant continu dans lequel le conducteur de retour est relié à un BN par une connexion à point unique. Des configurations plus complexes sont possibles: voir le § 5.2.

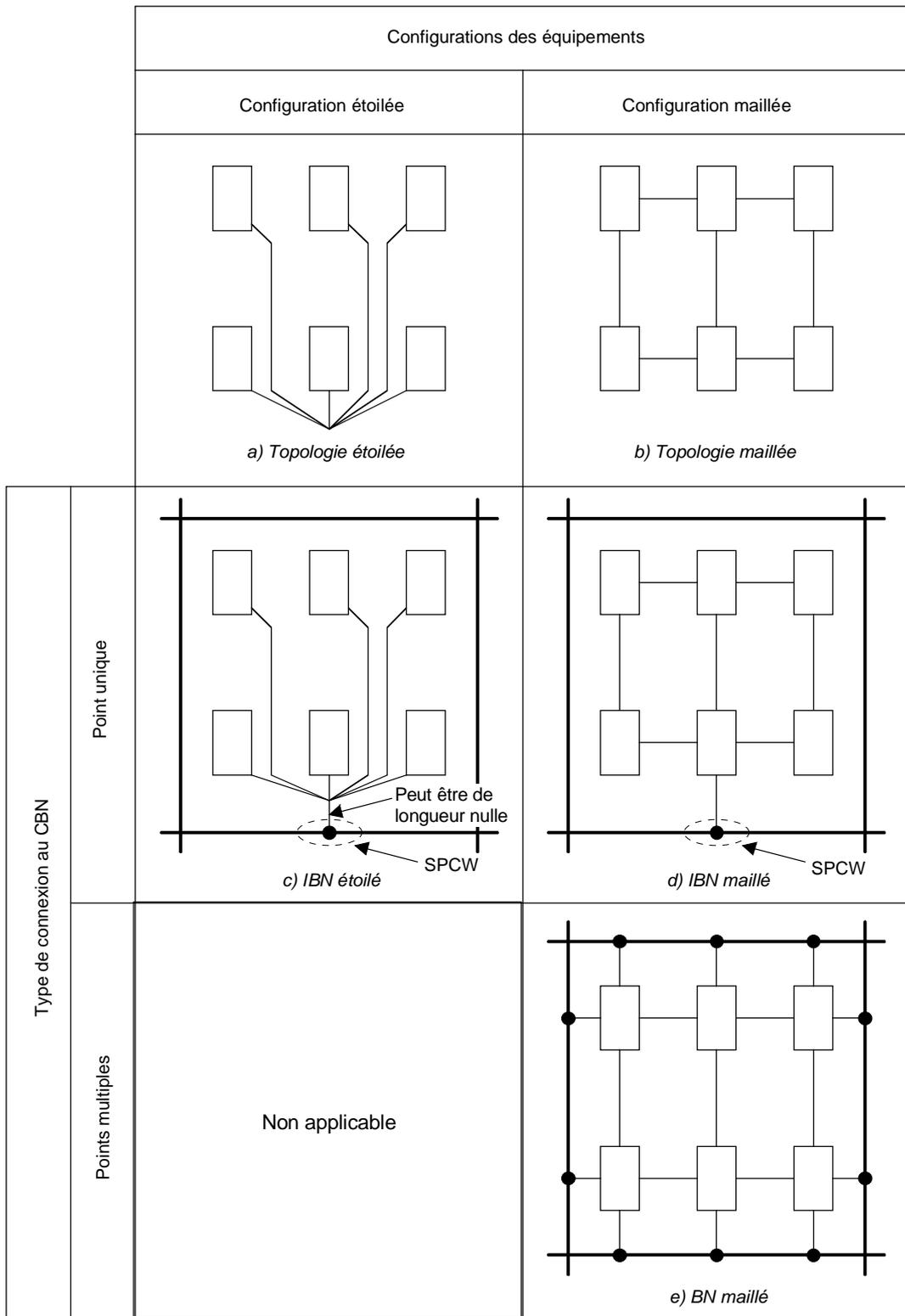
### 3.2.11 retour commun d'alimentation en courant continu (c.c.-C)

Système d'alimentation à courant continu dans lequel le conducteur de retour est connecté en de nombreux emplacements au BN avoisinant. Ce BN peut être un BN maillé (donnant lieu à un système MBN c.c.-C) ou un IBN (donnant lieu à un système IBN c.c.-C). Des configurations plus complexes sont possibles: voir le § 5.2.

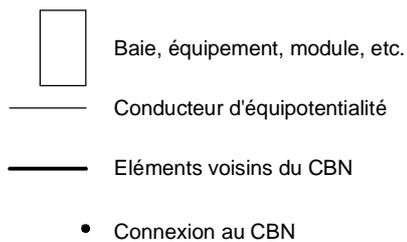
## 4 Principes de mise à la masse et de mise à la terre

### 4.1 *Résumé de la théorie*

L'établissement de liaisons équipotentielles et leur mise à la terre reviennent à la construction et à la maintenance de réseaux équipotentiels (BN), et à leur connexion à la terre. Dans la présente Recommandation, l'abréviation «BN» signifie qu'il existe une connexion avec la terre. De plus, BN désigne collectivement les CBN et les IBN.



T0505770-91



- BN Réseau d'équipotentialité
- CBN Réseau commun d'équipotentialité
- IBN Réseau isolé de mise à la masse
- SPCW Fenêtre de connexion à point unique

FIGURE 1/K.27

Connexion des configurations d'équipement au CBN

Un BN a pour fonction essentielle de veiller à protéger les personnes et les équipements contre les effets préjudiciables de l'énergie électromagnétique, depuis le courant continu jusqu'à la gamme des fréquences radioélectriques basses. Parmi les sources d'énergie types considérées, il y a lieu de citer la foudre mais aussi les défauts en lignes de transport d'énergie en courant alternatif ou continu. D'autres sources présentent généralement moins d'intérêt: les sources à régime quasi permanent telles que les harmoniques de signaux d'horloge provenant d'équipements numériques. Toutes ces sources seront désignées par le terme générique d'«émetteurs». Les personnes et les équipements qui subissent l'énergie des émetteurs seront qualifiés d'«éléments sensibles». Le couplage entre un émetteur particulier et tel ou tel élément sensible peut être caractérisé par une fonction de transfert. Un BN a pour fonction de ramener l'ampleur de la fonction de transfert à un niveau acceptable. Il faut, pour ce faire, une conception appropriée du CBN mais aussi des MBN et IBN associés à ce CBN. Les aspects théoriques et quantitatifs sont étudiés dans l'annexe A. Quant aux aspects pratiques, ils sont examinés ci-après.

Un BN doit aussi fonctionner comme conducteur de «retour» dans certaines applications de signalisation et comme trajet pour les surintensités de défaut. Compte tenu de sa capacité à écouler des courants importants, le BN continue à faire chuter rapidement la tension des circuits d'alimentation défaillants. De plus, le BN et sa connexion à la terre sont utilisés dans la signalisation «avec retour par la terre» (voir le § 4.5).

## 4.2 *Principes de mise en œuvre*

### 4.2.1 *Principes de mise en œuvre pour le CBN*

Les notions théoriques exposées dans l'annexe A sont confirmées par l'expérience pratique et permettent d'aboutir aux principes généraux indiqués ci-après. Il résulte de leur application que le nombre de conducteurs et d'interconnexions dans le CBN augmente jusqu'à l'obtention de l'écran approprié. S'agissant de l'importante question des chocs électriques, les principes de mise en œuvre ci-après concernent aussi bien l'atténuation des chocs électriques que le mauvais fonctionnement de l'équipement. Cette question des chocs électriques est étudiée plus avant au § 4.3.

- a) Tous les éléments du CBN doivent être interconnectés. Les interconnexions multiples qui donnent lieu à une maille en trois dimensions sont particulièrement recommandées. En augmentant le nombre de conducteurs CBN et leurs interconnexions, on accroît la capacité de blindage du CBN, d'où une augmentation de la limite des fréquences supérieures de cette capacité.
- b) Il est souhaitable que les points de sortie de tous les conducteurs du bâtiment (y compris le conducteur de mise à la terre) soient situés à proximité les uns des autres. En particulier, il convient que les dispositifs d'entrée d'alimentation en courant alternatif, les dispositifs d'entrée des câbles de télécommunications et le point d'entrée du conducteur de mise à la terre soient disposés à proximité les uns des autres.
- c) Le dispositif à prévoir doit normalement comporter une borne principale de mise à la terre située aussi près que possible des dispositifs d'entrée du câble de télécommunications et de l'alimentation en courant alternatif. La borne principale de mise à la terre doit servir à connecter:
  - une/des électrode(s) de mise à la terre par l'intermédiaire d'un conducteur aussi court que possible;
  - le conducteur neutre de l'alimentation en courant alternatif (dans les systèmes TN);
  - les écrans de câbles (à l'entrée du câble) soit directement, soit par des parafoudres ou par des condensateurs si des problèmes de corrosion l'imposent.
- d) Le CBN doit être connecté à la borne principale de mise à la terre. Il est souhaitable que la liaison entre le CBN et la borne principale de mise à la terre soit à conducteurs multiples.
- e) Pour améliorer la capacité d'écran du CBN, il est important que les éléments ci-après du CBN soient interconnectés:
  - 1) Structures métalliques du bâtiment y compris les poutrelles et l'armature du béton, lorsqu'elles sont accessibles.
  - 2) Corbeaux, tablettes, chemins, goulottes de câbles et tubes d'amenée de courant alternatif.

- f) Le couplage de surtensions transitoires vers le câblage intérieur (de signalisation ou de puissance) est, en général, limité lorsque les câbles sont acheminés très près des éléments CBN. Toutefois, dans le cas de sources de surtension externes, les intensités passant par le CBN seront généralement supérieures dans les conducteurs périphériques du CBN. Cela est particulièrement vrai pour les descentes de paratonnerre. Par conséquent, il est préférable d'éviter la pose de câbles à la périphérie du bâtiment. Si cela n'est pas possible, il peut être nécessaire d'utiliser des fourreaux métalliques enveloppant entièrement les câbles. En général, l'effet d'écran des tablettes (etc.) de câble est particulièrement utile, et les fourreaux ou tubes métalliques qui enveloppent entièrement les câbles offrent un écran presque parfait.
- g) Dans les gratte-ciel à structure en acier, on pourra peut-être tirer parti des effets d'écran procurés par la structure d'acier contre les coups de foudre partiels. S'agissant des câbles qui passent entre les étages, on obtient un écran maximal en plaçant les câbles près du centre du bâtiment. Toutefois, comme il en est question plus haut, les câbles enfermés dans des fourreaux métalliques peuvent être placés n'importe où.
- h) Lorsqu'il est possible d'utiliser une protection primaire contre les surtensions [4] sur les fils de télécommunication, la connexion à l'écran du câble, si ce conducteur existe, ainsi qu'au CBN environnant, doit normalement présenter une faible impédance.
- i) Des protecteurs contre les surtensions peuvent être prévus à l'entrée secteur, si le bâtiment de télécommunications est situé dans une zone où les lignes électriques sont exposées à la foudre. Ces protecteurs doivent normalement être connectés en faible impédance au CBN.
- j) Les connexions mécaniques d'un trajet de protection du CBN dont la continuité électrique est incertaine doivent être shuntées par des bretelles repérables par les inspecteurs. Ces bretelles doivent être conformes aux prescriptions de la CEI en matière de sécurité mais, pour les applications de CEM, il convient qu'elles aient une impédance faible.
- k) Le CBN facilite la liaison équipotentielle des écrans de câble ou des conducteurs extérieurs des câbles coaxiaux aux deux extrémités en assurant un trajet à basse impédance à la fois parallèle et proche des écrans de câble et des conducteurs extérieurs. En conséquence, la majeure partie du courant dû aux différences de potentiel est acheminée par les éléments hautement conducteurs du CBN. La déconnexion d'un seul conducteur écran de câble aux fins d'inspection devrait avoir une incidence minimale sur la répartition du courant dans le CBN.

#### 4.2.2 *Principes de mise en œuvre pour un BN maillé*

Un BN maillé se caractérise essentiellement par l'interconnexion, en de nombreux points, de coffrets et de baies de télécommunication et d'autres équipements électriques, mais aussi par des interconnexions multiples au CBN.

Si le conducteur extérieur d'une interconnexion de câbles coaxiaux entre équipements à BN maillé comporte de multiples connexions au CBN, il peut nécessiter un écran supplémentaire. Ainsi, si l'effet d'écran d'une tablette à câbles est insuffisant, on pourra utiliser en plus un câble coaxial blindé («triax»), des fourreaux fermés ou un tube.

Les méthodes de liaison équipotentielle, par ordre croissant de qualité CEM, sont les suivantes: le serrage sous vis, le soudage par points et la soudure électrique. Le niveau le plus élevé de protection CEM est procuré par les coffrets des équipements et par tous les boîtiers métalliques se trouvant à l'intérieur de ces coffrets.

Une contre-mesure éprouvée en cas d'émission ou réception indésirables d'énergie électromagnétique, notamment aux fréquences élevées, consiste à mettre sous écran complètement le circuit électronique. Une protection efficace des câbles, surtout lorsque l'écran prolonge celui des coffrets, dépend des matériaux utilisés, de la forme de l'écran et, en particulier, de la connexion de cet écran aux panneaux du coffret où il aboutit.

Il est facile d'ajouter un écran à une configuration de BN maillé. Un écran supplémentaire risque d'être nécessaire si l'on installe, par exemple, un émetteur de radiodiffusion à proximité.

Dans certaines situations, il peut être profitable d'étendre le BN maillé en reliant tous les bâtis des équipements d'un bloc système à une grille conductrice (mat d'équipotentiel) situé soit au-dessous soit au-dessus d'un ensemble de coffrets d'équipement. Cette utilisation facultative d'un mat d'équipotentiel est illustrée à la figure B-1/K.27.

#### 4.2.3 *Principes de mise en œuvre applicables à un IBN*

La principale caractéristique d'un IBN tient au fait qu'il est séparé du CBN environnant, à l'exception d'une connexion en un seul point, où les conducteurs pénètrent le bloc système par la région de transition entre l'IBN et le CBN (voir la définition de la SPCW).

Dans le cadre d'un IBN, l'importance des interconnexions multiples entre coffrets et baies, etc., dépend des caractéristiques de la distribution d'alimentation en courant continu et de l'interconnexion des signaux. Par exemple, si le conducteur de retour d'alimentation en courant continu comporte des connexions multiples aux bâtis des coffrets, il s'ensuit qu'une interconnexion multiple des bâtis de coffret et des baies est souhaitable, pour la raison suivante: elle permettra en général de réduire le couplage de surtensions en cas de défaut côté continu dans l'équipement relié à l'IBN.

Concernant les écrans des câbles à paires torsadées, si un écran est laissé en circuit ouvert à l'extrémité qui aboutit à l'équipement IBN, alors que l'autre extrémité est connectée au CBN, les surtensions présentes dans le CBN peuvent se traduire par des surtensions induites en mode commun sur les paires de ce câble. Si ces paires aboutissent à des dispositifs susceptibles de fonctionner de façon satisfaisante en présence d'un mode commun permanent (par exemple opto-isolateurs, transformateurs ou para-surtensions), et si ces dispositifs peuvent également résister aux surtensions en mode commun, il peut alors être intéressant que la protection électrostatique soit assurée par un écran à circuit ouvert.

Dans le cas du câble coaxial, le conducteur extérieur aboutira nécessairement aux circuits d'interface à chaque extrémité. Pour isoler ce conducteur, on peut utiliser des circuits d'interface contenant des transformateurs ou des opto-isolateurs. Si un câble à écran ou un guide d'ondes entre dans l'IBN à partir du CBN, la méthode la plus efficace consiste, en règle générale, à relier chaque extrémité du conducteur écran ou du guide d'ondes au bâti de l'équipement et à relier cet écran ou ce guide d'ondes à la connexion en un seul point.

#### 4.3 *Protection contre les chocs électriques*

Lorsqu'un BN comporte de nombreuses interconnexions et qu'il est connecté à la terre, il est très peu probable que des tensions importantes se produisent entre éléments métalliques adjacents. Il faut, toutefois, prendre des mesures supplémentaires, surtout en ce qui concerne la distribution d'énergie à courant alternatif (voir le § 5.1). La CEI [2] étudie la protection contre les chocs électriques, et les installations doivent être conformes aux normes élaborées par cette Recommandation.

#### 4.4 *Protection contre la foudre*

Un CBN conforme aux dispositions du § 4.2.1 doit assurer une protection adéquate contre les surtensions dues à la foudre parvenant au bâtiment, sur des conducteurs tels que les écrans des câbles et les lignes d'alimentation en énergie. Toutefois, si un coup de foudre direct frappe le bâtiment, il se peut que le CBN n'offre pas de protection suffisante. Par conséquent, les bâtiments qui ne disposent pas de structures ou d'armatures en acier peuvent avoir besoin d'une protection externe contre la foudre, surtout si le bâtiment possède un pylône radio sur son toit. Pour les mesures de protection contre les effets d'un coup de foudre direct sur un bâtiment, il convient de se reporter aux normes de la CEI [5]. Lorsqu'il y a lieu de réduire encore le risque, il peut être nécessaire de renforcer ces mesures de protection, par exemple par des faux-plafonds conducteurs, par un espacement plus étroit entre les descentes de paratonnerre, par l'interconnexion de l'armature des bâtiments en béton et par l'interconnexion des éléments métalliques de façade. Il est bon d'introduire tous les éléments conducteurs des services, par exemple les câbles et les conduites, au même endroit du bâtiment et à proximité les uns des autres.

#### 4.5 *Mise à la terre fonctionnelle*

Les techniques de télécommunications ont parfois recours à des circuits de signalisation avec retour par la terre, par exemple les lignes avec déclenchement par la terre, les connexions intercentral à trois fils, etc. Les équipements reliés par ces circuits ont besoin d'une mise à la terre fonctionnelle. La gamme des fréquences de signalisation est habituellement déterminée par la résistance du chemin de courant. Les prises de terre fournissent la plus grande partie de cette résistance. La performance du réseau de terre relié à la borne de terre principale est généralement suffisante pour les besoins de la signalisation [1].

## 5 Distribution de l'énergie

La distribution de l'énergie (courants alternatif et continu) dans un bâtiment de télécommunications devrait être conçue de façon à limiter le couplage avec d'autres circuits:

- dû à une impédance mutuelle de conducteurs utilisés en partage;
- dû à un couplage par inductance mutuelle (surtout en cas de courts-circuits);
- dû à des impédances de montage en source commune.

### 5.1 Distribution d'énergie en courant alternatif

Il est recommandé que le système de distribution d'énergie en courant alternatif dans un bâtiment de télécommunications soit du type TN-S, comme le spécifie la CEI [2]. Il ne faut donc pas qu'il y ait de conducteur PEN dans le bâtiment. Si le conducteur neutre est relié à la borne de terre principale, il est traité de la même façon que les conducteurs actifs. Par conséquent, un réseau d'alimentation triphasé est, matériellement, une installation à cinq fils (L1, L2, L3, N, PE).

On sait que des systèmes tant de type TT que de type IT sont utilisés pour la distribution générale de l'énergie. Toutefois, la présente Recommandation ne traite pas entièrement de la mise en liaison équipotentielle et de la mise à la terre de tels systèmes. Si l'énergie est livrée à un bâtiment de télécommunications par l'intermédiaire d'un réseau de distribution TT ou IT, un transformateur de séparation réservé à ce bâtiment permet l'installation TN-S recommandée. D'autres méthodes non fondées sur l'utilisation d'un transformateur de séparation sont à l'étude. Les systèmes de type IT font l'objet d'un complément d'étude.

Pour éviter les brouillages causés par les champs magnétiques des courants sur les câbles électriques, il est habituel d'espacer de 10 cm au moins les câbles de télécommunications des câbles de transport d'énergie sans conducteur écran, même si les deux types de câbles ont une protection partielle, telle que la structure de support métallique recommandée.

### 5.2 Distribution d'énergie en courant continu

Dans les bâtiments de télécommunications, le courant continu est en général fourni par une centrale électrique à courant continu, dont l'extrémité positive est reliée au CBN. On choisit cette polarité pour minimiser la corrosion dans l'installation extérieure des câbles. Des exceptions sont possibles pour certains systèmes de transmission.

Le conducteur de retour par la terre du courant continu peut être relié au BN environnant en un seul point. Dans ce cas, on parlera de système à «retour non relié directement à la terre d'alimentation en courant continu» (c.c.-I).

En variante, le retour d'alimentation en courant continu peut être relié au BN en plusieurs points (dans ce cas, une partie du courant continu sera acheminée par le BN). Ce système sera appelé «retour commun d'alimentation en courant continu vers le BN» et désigné par le sigle «c.c.-C-BN». Comme exemples de configurations types, il y a lieu de citer le c.c.-C-CBN (retour d'alimentation commun en courant continu vers le CBN) et le c.c.-C-IBN (retour d'alimentation commun en courant continu vers un IBN seulement). De plus, un retour d'alimentation en courant continu pourra, par exemple, traverser à la fois le CBN et un IBN, et être commun vers le CBN mais séparé de l'IBN. On utilise alors l'abréviation «c.c.-C-BN: c.c.-I-IBN». Ces configurations sont étudiées dans l'annexe B. D'autres interconnexions plus compliquées de BN et de retours d'alimentation en courant continu sont également utilisées.

L'avantage d'un système c.c.-C-BN tient au fait qu'il ne peut pas admettre un mode commun d'alimentation en courant continu; il ne peut donc pas se produire de couplage indésirable par l'intermédiaire de ce mode. En revanche, il y aura couplage entre le BN et l'alimentation en courant continu. Le système c.c.-I-IBN est intéressant parce qu'il évite le couplage BN-alimentation en courant continu. Toutefois, ce système admet le mode commun et peut introduire un couplage indésirable. Le choix entre les deux systèmes dépend de la stratégie globale de conception. Quelques recommandations sont indiquées ci-après.

On peut utiliser une alimentation c.c.-C-CBN dans des systèmes où le couplage alimentation en courant continu CBN a été minimisé, grâce aux mesures suivantes:

- les conducteurs d'alimentation en courant continu ont une section importante, leur permettant d'acheminer des courants élevés sans augmentation excessive de la température;
- la chute de tension pour un courant de charge maximal est faible;
- l'impédance de source ainsi que l'impédance mutuelle entre les diverses branches du système d'alimentation en courant continu sont faibles.

L'utilisation d'une alimentation c.c.-I se traduit par un couplage beaucoup plus faible d'alimentation en courant continu CBN et s'avère préférable dans les réseaux de distribution en courant continu conçus avec les éléments suivants:

- charges réparties dans plusieurs équipements électroniques (c'est-à-dire batterie d'accumulateurs utilisés en partage); et
- charges sensibles aux transitoires se produisant en cas de courts-circuits.

## **6 Comparaison entre les installations à IBN et à BN maillé**

L'installation d'équipements dans un IBN est avantageuse car elle permet d'obtenir un degré de protection élevé de l'alimentation en courant continu, qui se mesure en dizaines de kilohertz, ou peut-être en centaines de kilohertz, en fonction de la taille de l'IBN (voir le § A.1.2). En effet, dans cette gamme de fréquences, la connexion à point unique entre l'IBN et le CBN donne lieu à un courant négligeable entre le CBN et l'IBN. Certains autocommutateurs numériques sont conçus spécialement en vue d'être installés dans un IBN.

A l'heure actuelle, on utilise aussi bien des IBN maillés que des IBN étoilés. Le § B.2 décrit un IBN maillé sous la forme d'un «mat d'équipotentiel», et le § B.3 un système IBN étoilé. On a également utilisé avec succès des IBN maillés avec interconnexions clairsemées (il en est question dans le § B.3).

Pour limiter le risque des chocs électriques entre un IBN et le CBN environnant, il faut limiter la taille de l'IBN (aussi bien dans le sens horizontal que dans le sens vertical). Il faut imposer une largeur minimale aux sections de passage formant limite entre IBN et CBN.

Les inconvénients de l'installation de l'IBN résident dans les restrictions imposées à l'acheminement des câbles et à la dépense supplémentaire (par rapport au BN maillé) que suppose la maintenance de l'isolation.

Il est avantageux d'installer des équipements dans une configuration BN maillée dans la mesure où les bâtis d'équipement peuvent être connectés au CBN environnant sans aucune restriction. De plus, les câbles à écran et les câbles coaxiaux peuvent être acheminés et leurs conducteurs écrans ou extérieurs être connectés aux châssis des coffrets sans aucune restriction. S'il y a eu coordination entre la conception du CBN et la susceptibilité des équipements, le CBN assure une protection jusqu'à plusieurs mégahertz. La configuration en BN maillé comporte en outre des avantages sur le plan de la maintenance (voir le paragraphe suivant).

Cette configuration présente toutefois un inconvénient: il faut disposer de procédures quantitatives concernant la conception mais aussi de données appropriées concernant l'immunité des équipements.

## **7 Maintenance des réseaux équipotentiels**

Parmi les avantages de la configuration en BN maillé, il y a lieu de signaler que les petites modifications qui se produisent dans le CBN n'affectent que faiblement, en général, sa capacité d'écran. De plus, lorsque cela est nécessaire, on peut prévoir un écran supplémentaire en ajoutant d'autres conducteurs (par exemple, conducteurs de liaison équipotentielle, tablettes de câbles et tubes). Ces modifications sont habituellement simples.

La maintenance des systèmes IBN est beaucoup plus difficile car il se peut que, du fait de l'activité qu'il exerce, un technicien procède à des interconnexions involontaires entre IBN et CBN, modifiant ainsi la connexion à point unique recherchée et introduisant des surintensités dans l'IBN. Dans le même ordre d'idées, il faut mentionner la maintenance des systèmes d'énergie c.c.-I. La vérification d'une connexion à un point unique dans un système c.c.-I est facilitée si cette connexion est faite avec un conducteur autour duquel on peut serrer une pince ampèremétrique. La constatation d'une intensité nulle confirme la connexion à un point unique.

Il est recommandé de procéder à une vérification systématique de toutes les configurations équipotentielles et de toutes les connexions de mise à la terre à l'intérieur d'un bâtiment de télécommunications.

## 8 Configurations de connexion d'équipements au CBN – Exemples

La configuration équipotentielle utilisée dépend du type d'équipement à relier au CBN.

Trois exemples sont décrits dans l'annexe B:

- BN maillé (voir le § B.1).
- IBN maillé avec configuration de mat équipotentiel (voir le § B.2).
- BN étoilé ou à mailles lâches avec isolation du retour d'alimentation en courant continu (voir le § B.3).

### ANNEXE A

(à la Recommandation K.27)

#### **Théorie résumée des réseaux de liaison équipotentielle et de mise à la terre**

##### A.1 *Aperçu général*

Les notions théoriques de base du blindage s'appliquent à l'ensemble du spectre électromagnétique qui s'étend jusqu'aux micro-ondes. Ces notions fondamentales sont représentées, pour l'essentiel, par le modèle de circuit décrit à la figure A-1a)/K.27. La description des sources d'énergie en tant qu'«émetteurs» et des équipements (et des personnes) en tant qu'«éléments sensibles» est tirée de Keiser [6]. Sur la figure A-1a)/K.27,  $V_{em}$  représente le domaine fréquentiel de l'émetteur (par exemple, transformée de Laplace ou de Fourier) et  $Z_{em}$  est l'impédance de source de l'émetteur. L'élément sensible est représenté par son impédance  $Z_{su}$ . L'interaction électromagnétique entre l'émetteur et l'élément sensible est représentée par un réseau à deux accès (accès A, avec les bornes A0 et A1 et accès B, avec les bornes B0 et B1). Sur cette même figure, ces deux accès sont représentés par un réseau en T mais une représentation en  $\pi$  est souvent utile et constitue un équivalent de Norton de l'émetteur.

Bien que la figure A-1a)/K.27 constitue une simplification de la réalité, elle offre généralement un modèle approprié pour telle ou telle paire d'émetteur-élément sensible. De plus, elle peut servir comme point de départ chaque fois qu'il faut disposer d'un modèle plus complexe.

La figure A-1a)/K.27 explique les deux principales stratégies utilisées pour augmenter le blindage de l'élément sensible par rapport à l'émetteur, à savoir celles du «court-circuit» et du «circuit ouvert». Il est évident que si  $Z_C$  est nul, aucune énergie issue de l'émetteur  $V_{em}$  ne peut atteindre l'élément sensible et  $V_{su} = 0$ . L'énergie provenant de l'émetteur est «réfléchi par le court-circuit» et se dissipe dans les composantes résistives de  $Z_{em}$  et  $Z_A$ . (L'énergie peut également être renvoyée à la source mais cet aspect n'est pas important dans ce contexte.) De même, il est évident que si  $Z_A$  ou  $Z_B$  ont une valeur infinie (c'est-à-dire circuit ouvert), aucune grandeur d'énergie de l'émetteur n'atteindra l'élément sensible (ici encore,  $V_{su} = 0$ ). Dans ce cas, l'énergie à la sortie de l'émetteur est réfléchi par le circuit ouvert. Supposons que  $Z_B$  soit le circuit ouvert. On a alors  $Z_B = \infty$  et l'énergie se dissipera dans les composantes résistives de  $Z_{em}$ ,  $Z_A$  et  $Z_C$ . A noter qu'en général  $V_{su}$  et toutes les impédances sont des fonctions de la fréquence.

Le réseau à deux accès de la figure A-1a)/K.27 (A1, A0, B1, B0) sera le réseau de blindage par rapport à un émetteur et à un élément sensible précis. Si l'on choisissait un émetteur ou un élément sensible différent, de nouvelles fonctions d'impédance  $Z_A$ ,  $Z_B$  et  $Z_C$  s'appliqueraient.

La fonction de transfert du domaine fréquentiel est une caractéristique extrêmement utile du réseau de blindage. Dans le cas présent, la fonction de transfert  $T(\omega)$  sera définie par  $I_{su}(\omega)/V_{em}(\omega)$  ou  $V_{su}(\omega)/V_{em}(\omega)$ . Par conséquent,  $T(\omega)$ , tel qu'il est défini ici, est fonction de  $Z_{em}$  et  $Z_{su}$  ainsi que de  $Z_A$ ,  $Z_B$  et  $Z_C$ .

En résumé, pour chaque paire émetteur-élément sensible, il existe une fonction de transfert  $T(\omega)$  qui caractérise le réseau de blindage.

Pour en revenir aux stratégies de blindage, il convient de noter, d'une manière générale, qu'il n'est pas possible d'obtenir des courts-circuits et des circuits ouverts parfaits puisque les meilleurs modèles possèdent, respectivement, une inductance et une capacitance. Par conséquent, au lieu d'un blindage parfait, on peut au mieux obtenir une fonction de transfert  $T(\omega)$  dont la valeur est inférieure à la valeur prescrite dans une gamme de fréquences déterminée.

#### A.1.1 Application aux BN en général

Dans les réseaux de liaison équipotentielle types, les composantes résistives sont petites et, s'agissant des transitoires dont les spectres sont compris entre 1 kHz et 1 MHz, le réseau de blindage est essentiellement inductif. La représentation générale de la figure A-1a)/K.27 se résume donc à la figure A-1b)/K.27. Comme cela est indiqué plus haut, les valeurs spécifiques des composantes dépendent de telle ou telle paire d'émetteur-élément sensible. Toutefois, dans la figure A-1b)/K.27,  $L_A$ ,  $L_B$  et  $L_C$  sont des constantes et ne sont pas fonction de la fréquence. L'observation qui suit revêt une importance fondamentale: en augmentant le nombre de conducteurs et d'interconnexions dans le BN (notamment dans la région comprise entre l'émetteur et l'élément sensible) on réduira en général  $L_C$  et, partant, la fonction de transfert du BN par rapport à cette paire émetteur-élément sensible. Dans le cas limite, l'élément sensible pourrait bénéficier d'un blindage presque complet s'il était enfermé dans un boîtier métallique (c'est-à-dire une cage de Faraday).

Un élément sensible peut être caractérisé par un «seuil de sensibilité»  $I_{sut}(\omega)$ , ou  $V_{sut}(\omega)$ . On partira de l'hypothèse d'une excitation sinusoïdale mais la théorie suivante peut être adaptée à l'excitation par impulsions. A titre d'exemple, prenons comme élément sensible un équipement dont le bâti est connecté au CBN en plusieurs points. L'un de ces points sera le point de mesure. Supposons que la connexion CBN au point de mesure soit réalisée à l'aide d'un conducteur autour duquel on peut fixer des transformateurs-pinces pour mesurer l'excitation et le courant. On considère que le courant au point de mesure est sinusoïdal avec une fréquence angulaire  $\omega$  et une amplitude  $I_{su}(\omega)$ . [ $I_{su}(\omega)$  réel et positif].

Supposons que pour chaque  $\omega$ ,  $I_{su}(\omega)$  soit tel que l'équipement fonctionne normalement pour les  $I_{su}(\omega)$  qui satisfont l'expression:

$$I_{su}(\omega) < I_{sut}(\omega) \quad \text{pour } \omega_1 < \omega < \omega_2$$

mais qu'il fonctionne de façon anormale si  $I_{su}(\omega)$  ne satisfait pas cette inégalité. Dans ces conditions,  $I_{sut}(\omega)$  est le seuil de sensibilité de l'équipement pour la gamme de fréquences  $[\omega_1, \omega_2]$ , pour ce point de mesure et cette configuration de connexion spécifique.

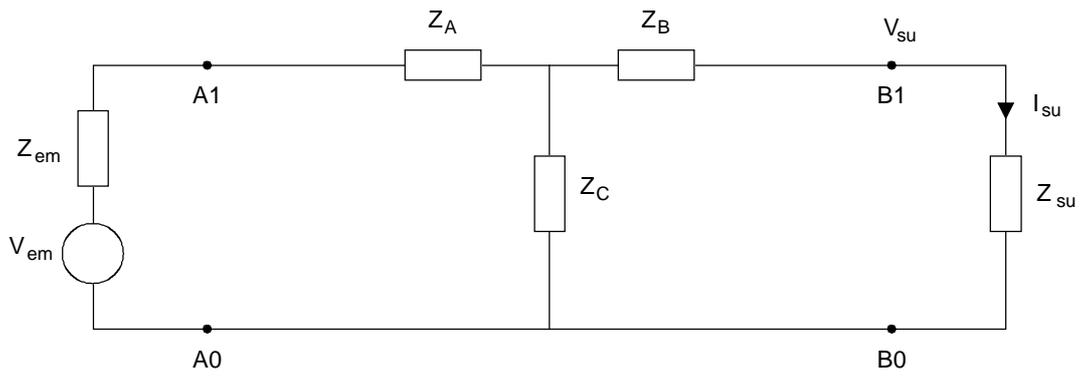
De plus, examinons les caractéristiques de l'émetteur le moins favorable (par exemple, considérons que  $V_{em}$  est le cas le plus défavorable); la conception d'un réseau d'équipotentialité et de mise à la terre peut désormais être exprimée comme suit sur le plan quantitatif: pour chaque paire émetteur-élément sensible concernée, la fonction de transfert du réseau doit satisfaire l'inégalité suivante:

$$|T(\omega)V_{em}(\omega)| < I_{sut}(\omega) \quad \text{pour } \omega_1 < \omega < \omega_2 \quad \text{où } \omega_1 \text{ et } \omega_2 \text{ spécifient la gamme de fréquences pertinente. En général, } \omega_1 \sim 0 \text{ et } \omega_2 \sim 1 \text{ MHz.}$$

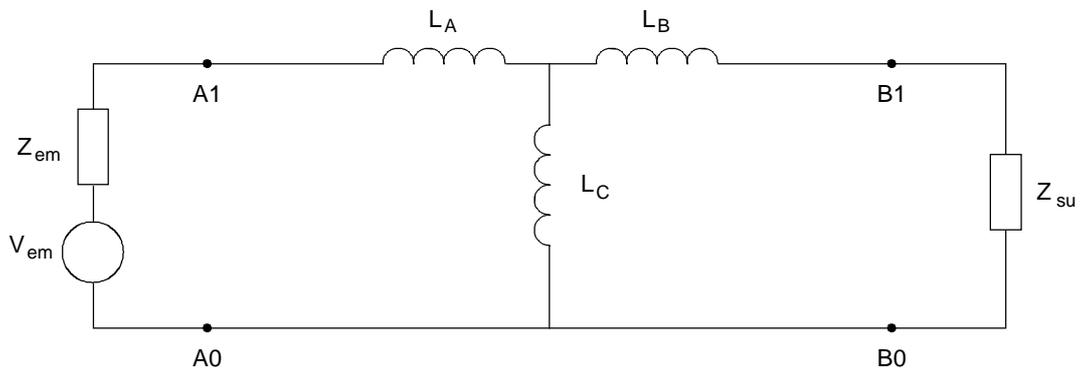
A noter que  $I_{sut}(\omega)$  s'applique spécifiquement à un point de mesure donné et à la configuration particulière des interconnexions équipement-CBN. Il peut ne pas s'appliquer si l'équipement ou ses interconnexions sont modifiés.

### A.1.2 *Quelques éléments importants des IBN*

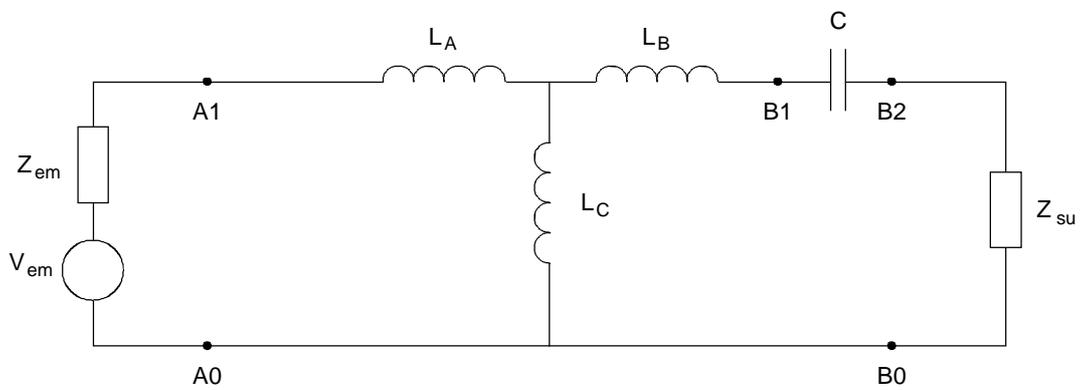
Les réseaux équipotentiels isolés utilisent une stratégie de blindage de circuit ouvert. Toutefois, comme ils sont toujours installés à l'intérieur d'un CBN, les stratégies de court-circuit et de circuit ouvert fonctionnent en cascade comme cela est indiqué à la figure A-1c)/K.27. Dans ce contexte, le nœud B2 pourrait, par exemple, représenter le bâti d'un équipement ( $Z_{su}$ ) qui est isolé, sauf pour la connexion à point unique au CBN, au nœud B0. Le nœud B1 représente toute la structure métallique avoisinant le CBN. Le condensateur C représente la capacité entre le bâti de l'équipement et le CBN environnant. La figure A-1c)/K.27 montre clairement qu'aux basses fréquences  $|T(\omega)|$  sera faible (il a une valeur zéro pour  $\omega = 0$ ); mais, à une fréquence suffisamment élevée, on relèvera une ou plusieurs résonances où  $|T(\omega)|$  atteindra sa valeur maximale. A proximité de ces fréquences de résonance, le blindage sera médiocre. Toutefois, s'il n'existe pas d'émetteurs importants dans ces régions spectrales, ou si l'équipement comporte un blindage supplémentaire efficace dans ces régions spectrales, aucun mauvais fonctionnement ne se produira.



a) *Modèle fondamental de blindage*



b) *Modèle de blindage pour couplage intra-CBN*



c) *Modèle de blindage pour couplage CBN-IBN*

T0505780-91

FIGURE A-1/K.27

## ANNEXE B

(à la Recommandation K.27)

### Exemples de configurations équipotentielles

#### B.1 *BN maillé*

Un BN maillé est un BN doté de multiples interconnexions, où les bâtis d'équipement constituent une extension du CBN. Dans cet exemple, représenté à la figure B-1/K.27, le système d'alimentation en courant continu est de type c.c.-C-MBN.

##### B.1.1 *Composantes d'un BN maillé*

Dans les BN maillés, la présence de nombreuses interconnexions entre les éléments conducteurs ci-après est recommandée:

- coffrets et tablettes de câble des équipements de télécommunications et des équipements périphériques,
- bâtis de tous les systèmes logés à l'intérieur du bâtiment de télécommunications,
- conducteur de protection PE du réseau d'alimentation en courant alternatif du type TN-S,
- toutes les parties métalliques qui, conformément aux publications de la CEI [2], doivent être reliées au conducteur de protection (PE),
- la borne de terre principale, y compris les conducteurs de terre et les prises de terre,
- chaque conducteur de retour d'alimentation en courant continu sur toute sa longueur.

La configuration du BN maillé se caractérise généralement par des interconnexions multiples entre le CBN et chaque conducteur de retour d'alimentation en courant continu sur toute sa longueur. Le conducteur de retour d'alimentation en courant continu peut assurer les fonctions de conducteur de protection (PE) dans le cas de systèmes associés à des prises ou à des charges en courant alternatif, sous réserve que la continuité et la fiabilité soient conformes aux publications de la CEI [2].

##### B.1.2 *Objectifs nominaux globaux*

Les prescriptions de sécurité priment sur toutes les autres prescriptions. Pour garantir la continuité des conducteurs de liaison équipotentielle, il faut utiliser des méthodes de connexion fiables, par exemple le sertissage, le soudage etc. Toutefois, s'il y a plusieurs possibilités permettant de satisfaire aux prescriptions de sécurité, il faudra recourir à celle qui permet de mieux se conformer aux exigences en matière de CEM.

###### B.1.2.1 *Installations qui n'ont pas trait aux télécommunications*

Dans tout le bâtiment des télécommunications, on utilisera obligatoirement le réseau d'alimentation en courant alternatif du type TN-S [2]. Il faut pour cela, sauf à la borne de mise à la terre principale pour une transition TN-C vers TN-S à l'entrée du bâtiment, que le conducteur neutre (N) et le conducteur de protection (PE) ne soient reliés nulle part dans le bâtiment, ni dans un équipement connecté de façon permanente, ni dans un équipement relié par prise de courant.

###### B.1.2.2 *Systèmes et équipements de télécommunications*

Les équipements de télécommunications avec circuits électroniques sont, en général, dotés d'une surface métallisée utilisée comme «référence de potentiel» et qui surplombe largement la surface des cartes imprimées. Si ces cartes sont munies de connecteurs, on utilise un certain nombre de broches pour les interconnecter avec les conducteurs adjacents, avec les fonds de panier ou avec les cartes-mères. L'interconnexion au BN maillé s'établit à cette interface par l'intermédiaire des bâtis d'équipement, des tiroirs, etc.

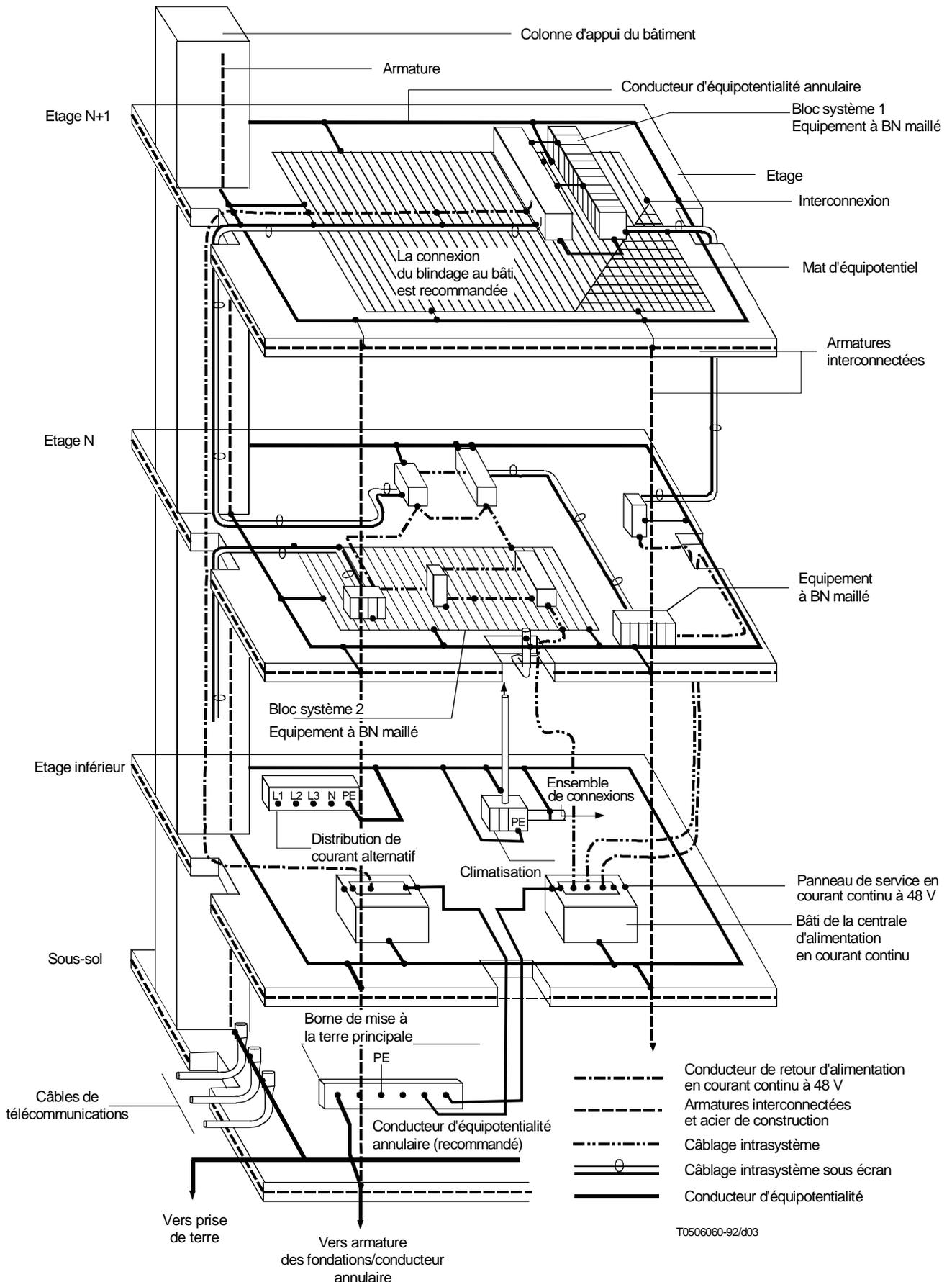


FIGURE B-1/K.27

Installation en BN maillé à l'intérieur d'un bâtiment de télécommunications

Les baies d'équipement doivent être interconnectées par des conducteurs à faible impédance ou par des barres de cuivre. Etant donné que la technique du BN maillé prévoit généralement d'incorporer le conducteur de retour à courant continu dans le CBN, les amenées ou les barres peuvent servir de retour d'alimentation en courant continu. Les amenées ou les barres de chaque rangée doivent être interconnectées au moyen de connexions les plus courtes possible afin de réduire au minimum l'inductance. Un ou plusieurs conducteurs de retour d'alimentation en continu peuvent servir à connecter le système au coffret commun de distribution centralisée ou à un tableau de distribution intermédiaire. Il est recommandé que ces conducteurs se présentent par paires et se trouvent à proximité des conducteurs d'alimentation en courant continu négatif correspondants afin de réduire les boucles de couplage et d'améliorer la CEM. Les conducteurs d'alimentation en courant continu de petite section doivent normalement être torsadés.

Les convertisseurs c.c./c.c. sont en général dotés d'un seul conducteur d'entrée et d'un seul conducteur de sortie, reliés au BN maillé. Il peut y avoir des exceptions pour certains équipements.

Il est préférable de mettre en œuvre un réseau indépendant d'alimentation en courant alternatif du type TN-S [2], alimenté à partir du réseau en courant continu par des convertisseurs c.c./c.a.

Une fixation large du système au sol et aux murs permet, en général, de shunter suffisamment les capacités parasites pour obtenir un fonctionnement acceptable du système au point de vue de la CEM.

### B.1.3 Câblage

En ce qui concerne la CEM, les câbles peuvent se comporter comme des antennes et véhiculer, avec des modes communs, une énergie parasite vers des équipements autrement bien conçus. Ce phénomène et la propagation en mode commun peuvent être atténués par un cheminement et par un blindage appropriés.

Le cheminement des câbles à l'intérieur du bâtiment doit être proche des éléments conducteurs du CBN et suivre l'itinéraire le plus court. On utilisera systématiquement le blindage constitué par l'interconnexion des tablettes, des chemins, des goulottes, etc. de câbles. Cet écran n'est efficace que s'il est continu.

### B.1.4 Performances CEM

Le montage de l'équipement en configuration de BN maillé conçu de manière adéquate, ainsi que l'utilisation d'un réseau d'alimentation en courant continu avec retour commun au BN maillé (c'est-à-dire c.c.-C-MBN), sont réputés procurer des performances CEM acceptables.

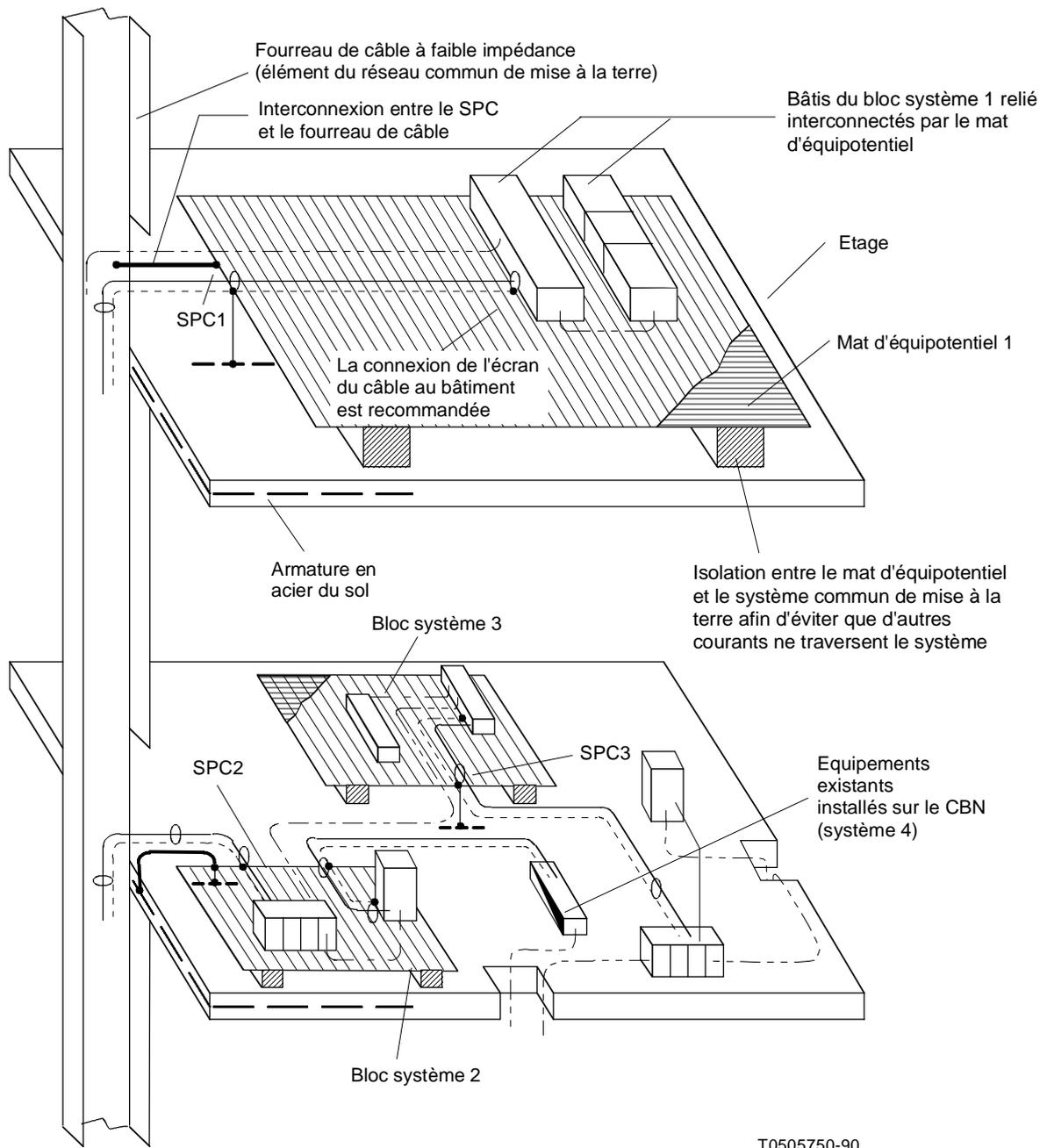
L'introduction de conducteurs de retour d'alimentation en courant continu dans le BN maillé limite les chutes de tension causées par les courts-circuits dans le réseau d'alimentation en courant continu.

## B.2 IBN maillé avec configuration de mat d'équipotentiel

On peut obtenir un blindage de haut niveau en connectant tous les bâtis d'équipement à l'intérieur d'un bloc système dans une configuration à mat d'équipotentiel. Cette configuration est isolée du CBN environnant. On obtient ainsi un type très efficace d'IBN maillé, illustré à la figure B-2/K.27.

Les objectifs techniques de cette méthode d'installation sont les suivants:

- a) empêcher que des courants circulent du CBN vers le mat d'équipotentiel ou dans toute autre partie du bloc système;
- b) faire en sorte que les caractéristiques de CEM soient satisfaisantes, moyennant le contrôle de l'interconnexion des blocs systèmes;
- c) prévoir des installations de liaison équipotentielle et de câblage qui permettent:
  - une planification systématique de la CEM;
  - l'utilisation de méthodes de mesure de CEM bien définies et reproductibles.



- SPC Connexion à point unique
- Liaison équipotentielle
- Armature en acier
- - - Câblage intrasystème ou intersystèmes sans écran
- - - O Câblage intrasystème ou intersystèmes sous écran

Les points (—●—) le long du mat d'équipotentiel indiquent la position de sa SPC.

Les câbles intersystèmes entrant dans un bloc système doivent le faire à proximité de la SPC.

*Remarque 1* – Les blocs système 1, 2 et 3 sont de nouvelles installations se conformant à la méthode à IBN maillé. Ils peuvent être reliés à des installations existantes (système 4) faisant appel à n'importe quelle méthode de liaison équipotentielle.

*Remarque 2* – La SPC est la seule interface métallique entre l'IBN maillé et le CBN. Elle doit être directement reliée à l'armature du sol. Tous les câbles conduisant au système entrent par ce point. Tous les conducteurs qui sont reliés à l'IBN maillé doivent être connectés à la SPC (par exemple, conducteur écran du câble, retour de batterie d'accumulateurs, etc.).

FIGURE B-2/K.27  
IBN maillé avec mat d'équipotentiel

### B.2.1 Configuration de l'équipement

Le bloc système comporte des équipements que les sociétés d'exploitation et le (les) fabricant(s) ont décidé de connecter à l'IBN maillé [figure 1d)/K.27]. (Il faut remarquer que ce genre d'accord facilite l'attribution des responsabilités au fournisseur ou à l'exploitant.)

Les équipements périphériques sont les équipements situés hors des limites du bloc système mais qui, du point de vue fonctionnel, dépendent d'une connexion à l'IBN.

Les équipements assurant la climatisation, l'éclairage, etc. sont considérés comme extérieurs au bloc système et peuvent être installés ou exploités dans le cadre du CBN du bâtiment.

Toutefois, il est recommandé de prendre des dispositions pour ce qui suit:

- mise à la terre de protection;
- alimentation en courant alternatif;
- alimentation en courant continu allant jusqu'à la SPC, avec un ou plusieurs conducteurs de retour d'alimentation en courant continu intégrés dans le CBN (c.c.-C-CBN).

#### B.2.1.1 Connexion à point unique (SPC)

Il est recommandé d'établir la SPC à proximité du système, pour qu'elle soit la seule connexion entre l'IBN et le CBN.

#### B.2.1.2 Câblage

Tous les conducteurs et câbles reliés au bloc système passeront près de la SPC (c'est-à-dire par la fenêtre-SPC). La structure métallique proche du bloc système doit être reliée à la SPC pour éviter les chocs électriques ou les décharges si le bâtiment est frappé par la foudre. L'installation d'un répartiteur principal à la SPC est recommandée car cela facilite la connexion des protections du câble à la SPC. Il est recommandé que les écrans de tous les câbles passant par la SPC soient connectés à celle-ci.

Les autres câbles traversant la zone de l'IBN doivent être tenus à distance suffisante des câbles reliés à la SPC et au bloc système.

#### B.2.1.3 Equipement alimenté par des sources à courant alternatif extérieures

On pourra utiliser sans restriction les équipements conformes à la certification CEI de classe II (pas de connexion PE) à l'intérieur de la zone du bloc système ou à sa périphérie.

Les équipements conformes à la certification CEI de classe I (fondés sur les méthodes de protection PE) sont alimentés par l'intermédiaire de transformateurs de séparation de circuits, s'ils ne sont pas reliés à des convertisseurs c.c./c.a ou à des socles réseau appartenant au bloc système.

### B.2.2 Caractéristiques de la CEM

Le montage de l'équipement en configuration IBN maillé conçu de manière adéquate, ainsi que l'utilisation d'un réseau d'alimentation en courant continu avec retour commun à l'IBN maillé (c'est-à-dire c.c.-C-IBN) sont réputés procurer des performances CEM acceptables.

### B.3 IBN en étoile ou IBN à maille lâche avec isolation du retour d'alimentation en courant continu

Dans cette configuration, le commutateur est connecté de manière à former un IBN étoilé ou un IBN maillé (voir la figure 1/K.27). Le coffret et les panneaux métalliques sont les principales composantes de cet IBN (il n'y a pas de mat d'équipotentiel). Ce type d'IBN (étoilé ou maillé) sera appelé «IBN-bâti». La topologie maillée est constituée généralement par les interconnexions aux croisements de travée des tablettes de câbles. Il en résulte un IBN à «maille lâche». L'interconnexion à point unique entre un «IBN-bâti» et le CBN se fait à la barre omnibus de la SPC (SPCB), située dans la fenêtre SPC (SPCW). La dimension fixe de la SPCW permet à la SPCB d'avoir une section suffisante pour connecter les conducteurs, tout en limitant les chutes de tension aux bornes de la SPCB en cas de surtensions dues à la foudre ou de défauts en ligne du réseau d'alimentation en énergie.

Un exemple de cette configuration (sous sa forme étoilée) est représenté à la figure B-3/K.27. La section amenée en courant continu à la sortie de la centrale d'alimentation en énergie électrique est isolée (c'est-à-dire du type c.c.-I-CBN). Cette amenée se subdivise en amenée c.c.-I-IBN qui dessert l'équipement à IBN-bâti (le bloc système) et amenée c.c.-C-CBN qui dessert l'équipement à BN maillé. Pour la dérivation alimentant l'équipement à BN maillé, une connexion est établie à la SPCB entre le retour d'alimentation en courant continu et le CBN. Au-delà de la SPCW, cette dérivation est de type c.c.-C-CBN (c'est-à-dire qu'elle comporte des connexions multiples au CBN). Le câble d'amenée du courant continu vers l'équipement IBN-bâti n'a pas besoin de passer par la SPCW puisqu'il est isolé dans l'IBN-bâti. Toutefois, il est préférable que la plus grande partie de ce câble soit située à proximité des conducteurs de liaison équipotentielle car cela permettra de limiter les surtensions de part et d'autre des écrans d'isolement des convertisseurs c.c./c.c. où aboutit l'amenée du courant continu.

Pour résumer, les principales caractéristiques du système sont les suivantes:

- l'IBN-bâti est isolé du CBN environnant;
- l'IBN-bâti n'est connecté au CBN qu'à la SPCB;
- le retour d'alimentation en courant continu est isolé dans l'IBN-bâti et cet isolement se retrouve entre la centrale d'alimentation en énergie et la SPCW.

Les systèmes de ce type (configurations étoilées et maillées) offrent des caractéristiques intéressantes du point de vue de la CEM.

On notera que l'exemple choisi montre comment ce réseau d'équipotentialité et de mise à la terre associe, dans un même bâtiment, des systèmes utilisant des IBN et des BN maillés. On y voit aussi comment tous les systèmes peuvent partager une installation d'alimentation en courant continu.

### B.3.1 Configuration du retour d'alimentation en courant continu

Dans le système d'alimentation en courant continu, la dérivation IBN-bâti et la dérivation centrale d'alimentation sont isolées, de sorte qu'il ne se produit aucun couplage direct à partir du CBN dans ces dérivations. Toutefois, des surtensions (par exemple, surtensions dues à la foudre et courts-circuits) se produisant dans la dérivation c.c.-C-CBN (qui alimente l'équipement à BN maillé) peuvent passer par couplage *indirect* dans l'équipement IBN-bâti, par l'intermédiaire de l'impédance de source commune existant dans la centrale d'alimentation en énergie et dans la section c.c.-I-CBN. Cette impédance est maintenue à une valeur faible lorsque les conducteurs à  $-48$  V et les conducteurs de retour d'alimentation en courant continu sont installés très près les uns des autres.

Le conducteur de liaison équipotentielle reliant la SPCB au bâti de la centrale d'alimentation en énergie est placé à proximité de tous les conducteurs d'alimentation en courant continu dans la section c.c.-I-CBN. On peut ainsi réduire les surtensions en mode commun de l'alimentation en courant continu dans la centrale d'alimentation en énergie et assurer la relève des pannes en cas d'un défaut entre les conducteurs à  $-48$  V et le bâti de cette centrale.

### B.3.2 Installation du système

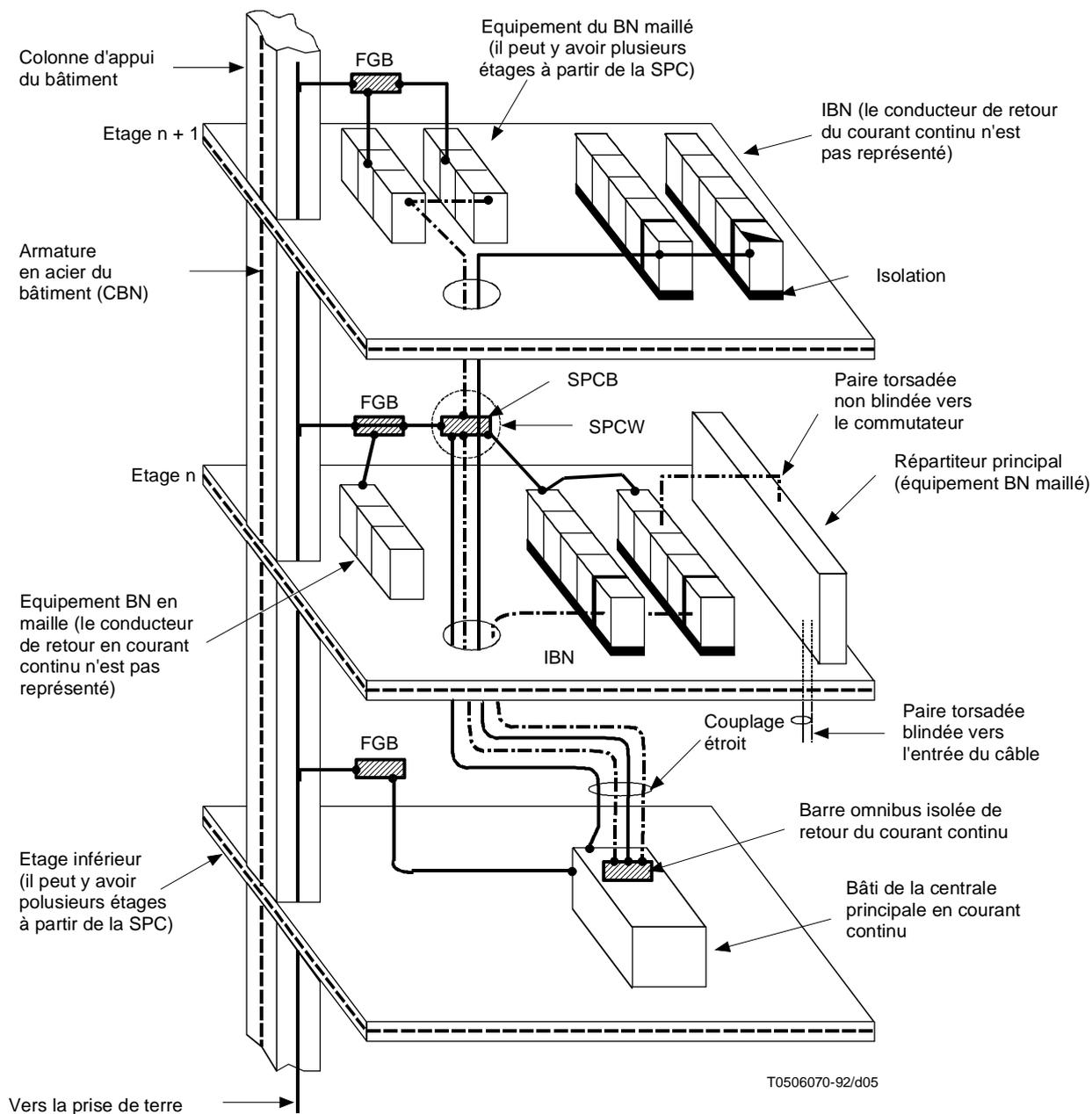
Les écrans de câble issus de l'extérieur de l'IBN et aboutissant à celui-ci (c'est-à-dire sur le bloc système) devront:

- a) être reliés à l'IBN-bâti et en aucun autre point (ces câbles ne doivent pas s'étendre sur plus d'un étage à partir de la SPC);
- b) être reliés à l'IBN-bâti, à la SPCB et, à l'extérieur du bloc système, au CBN.

Les sous-systèmes qui font partie du bloc système doivent être placés au même étage que la SPC du système principal. Cela permet d'éviter des différences de potentiel excessives entre les extrémités de l'IBN et le CBN voisin.

Les équipements périphériques qui utiliseront un IBN et seront situés un étage plus haut ou plus bas par rapport à la SPC du système principal utiliseront une SPC particulière au même étage. Ces équipements seront alimentés par l'intermédiaire d'écrans d'isolement, c'est-à-dire par l'utilisation de convertisseurs c.c./c.c. ou c.a./c.c.

L'écran d'isolement à l'intérieur de tout équipement de puissance en courant continu doit présenter une rigidité diélectrique suffisante pour répondre aux spécifications locales. L'installation et le câblage des convertisseurs doivent être conformes à ces prescriptions d'isolement.



- Armatures interconnectées et acier de construction
- ===== Conducteur d'équipotentialité
- - - - - Conducteur de retour du courant continu (+48 V)  
(le conducteur à -48 V, qui n'est pas représenté, est parallèle à ce conducteur)
- ..... Câblage intrasystème ou intersystèmes
- FGB Barre de mise à la terre de l'étage (partie de CBN)
- SPCB Barre de connexion à point unique
- SPCW Fenêtre de connexion à point unique

FIGURE B-3/K.27

**IBN étoilé avec isolation du conducteur de retour d'énergie en courant continu**

Le bâti des équipements ainsi que les structures métalliques d'un CBN situé à moins de 2 m d'un IBN doivent être reliés à la SPCB pour des raisons de sécurité du personnel.

L'installation d'autres équipements dans le bâtiment des télécommunications en utilisant la configuration BN maillée est conforme aux techniques décrites au § B.1, avec ou sans conducteur isolé de retour d'alimentation en courant continu.

### B.3.3 *Maintenabilité des réseaux équipotentiels isolés*

Pour assurer l'isolement, il faut une installation et une maintenance soigneuses des IBN. De même, l'utilisation d'un retour d'alimentation en courant continu isolé peut exiger un contrôle permanent de l'isolement du système, en particulier si les travaux de maintenance sont effectués sur des configurations différentes ou mixtes par le même personnel. Une interruption de l'isolement pendant les travaux de maintenance ou consécutive à ces travaux, peut entraîner des interruptions du fonctionnement du système, voire des dommages matériels lorsque des décharges électriques se produisent ou en cas de défauts en ligne d'alimentation.

### **Références**

- [1] Manuel du CCITT *La mise à la terre des installations de télécommunication*, Genève, 1976.
- [2] Publication 364 de la CEI *Installations électriques des bâtiments*.  
Publication 364-4-41 de la CEI *Protection contre les chocs électriques*, 1982.  
Publication 364-5-54 de la CEI *Mises à la terre et conducteurs de protection*, 1980, Modification n° 1, 1982.
- [3] Publication 50 de la CEI *Vocabulaire électrotechnique international*, chapitre 826, 1982 et chapitre 604, 1987.
- [4] Recommandation du CCITT *Résistance des équipements de commutation aux surtensions et aux surintensités*, Rec. K.20, Livre bleu, tome IX, Genève, 1989.
- [5] Publication 1024 de la CEI *Protection des structures contre la foudre*.  
Publication 1024-1 de la CEI *Principes généraux*, 1990, première partie.
- [6] KEISER (B.): *Principles of electromagnetic compatibility*, 3<sup>e</sup> édition, Artech, 1987.



