


 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 1/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

<b>Titre du document :</b> Guide de choix des schémas de liaison à la terre dans les ouvrages HTA/BT.	CEA/DEN/CAD/DPIE/SMCP/GE DO 232 29/09/09  09PPZR000377 diffusé le : 29/09/09
--	--

<b>Champ d'application et résumé :</b> Ce guide est une aide à la définition du schéma de liaison à la terre dans le cadre d'un projet d'ouvrage HTA/BT. Ce document est basé sur les différentes normes et décrets en vigueur et sur le retour d'expérience du Service Technique.
---

Destinataires internes CEA	Destinataires externes CEA


Historique des évolutions d'indice		
Indice	Date	Commentaires / Objet de l'évolution d'indice
A	09/07/2009	Edition originale - Contrat Global de Services

Nom	Contrat Global de Services	DPIE/SMCP/GE
Visa	 Contrat Global de Services CGS – CEA Cadarache	
	<b>RÉDACTION</b>	<b>APPROBATION</b>

En l'absence d'accord ou de contrat, la diffusion des informations contenues dans ce document auprès d'un organisme tiers extérieur au CEA est soumise à l'accord du Directeur de la Direction de l'Énergie Nucléaire.


Cadre de réalisation du document.
Durée d'archivage : voir tableau de gestion

CLASSIFICATION				
DR	CC	CD	SD	sans
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 2/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMES ET REGLEMENTATION .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>PROBLEMATIQUE GENERALE .....</b>	<b>4</b>
3.1	Evolution des installations électriques .....	4
3.2	Perturbations des systèmes électroniques.....	5
<b>4</b>	<b>LES SLT ET LA PROTECTION DES PERSONNES .....</b>	<b>5</b>
4.1	Codification en BT .....	5
4.2	Analyse du schéma Neutre à la terre TT.....	7
4.3	Analyse du schéma Neutre Isolé IT .....	8
4.4	Analyse du schéma Mise au neutre TN .....	9
4.4.1	Le schéma TNC .....	10
4.4.2	Le schéma TNS .....	11
<b>5</b>	<b>METHODOLOGIE POUR CHOISIR UN SLT .....</b>	<b>11</b>
5.1	Protection contre les chocs électriques.....	12
5.2	Protection contre les risques d'incendie.....	12
5.3	Disponibilité de l'alimentation.....	12
5.4	Protection contre les surtensions .....	13
5.5	Protection contre les perturbations électromagnétiques.....	14
5.6	Contraintes de mise en œuvre.....	14
<b>6</b>	<b>TABLEAU DES RECOMMANDATIONS D'EMPLOI PAR NATURE .....</b>	<b>14</b>
6.1	Selon la nature du réseau.....	14
6.2	Selon la nature des récepteurs .....	15
6.3	Applications particulières .....	15
6.4	Tableau de synthèse générale.....	17
<b>7</b>	<b>LES SLT RETENUS POUR LE CEA CADARACHE .....</b>	<b>18</b>
7.1	Classification des bâtiments .....	18
7.2	Architecture de la distribution électrique .....	18
7.3	Recommandation relative aux CPI.....	19
<b>8</b>	<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>20</b>

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 3/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

## 1 INTRODUCTION

Sur le site de Cadarache, le schéma généralement adopté est le schéma isolé avec neutre distribué et masses à la terre sans pour cela intégrer une logique d'ensemble.

→ Des dispositions particulières ont été adoptées, en particulier la réduction de la section du conducteur de neutre ainsi que celle du conducteur de protection, voire même l'absence de ce dernier dans certains cas et, pour compenser ces réductions (ou absences), des DDR ont été mis en place au niveau des TGBT et ce, comme palliatifs à ces incohérences.

Les conséquences de ces choix, dans l'absolu techniquement discutables, entraînent :

- Contraintes thermiques non maîtrisées en particulier du fait de l'existence d'équipements perturbateurs (variateurs, etc.),
- Absence, ou grande difficulté à assurer la sélectivité verticale sur défaut terre,
- Déclenchements multiples et « par sympathie » entre dispositifs alors qu'un seul départ est en défaut,
- Surveillance et élimination des défauts d'isolement par les équipes de maintenance souvent ardues compte-tenu de la complexité et de l'étendue des installations.

Ces choix de conception illustrent bien « ce qu'il faut éviter de faire » et justifient grandement la création de ce guide. Ce guide est donc vu comme une aide à la définition du Schéma de Liaison à la Terre (SLT) d'un ouvrage HTA/BT. Ce document étant basé sur le retour d'expérience du Service Technique.


D'autre part, le but de ce document n'est pas de réécrire la NF C 15-100 mais de synthétiser les divers SLT et ce, dans un contexte de projet de poste HTA/BT.

## 2 NORMES ET REGLEMENTATION

Le schéma de liaison à la terre retenu sera conforme aux normes, règlements et décrets en vigueur, tous applicables sur le site du CEA Cadarache, et en particulier :

- Le Décret 88-1056 du 14/11/88 concernant la protection des Travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques (version modifiée par les Décrets 95-608 du 6 mai 95 et 2001-532 du 20 juin 2001 et la circulaire d'application DRT 89-2 du 6 février 89 du Décret du 14/11/88 (C.F. brochure ED 723 de l'INRS - Institut de Recherche sur la Sécurité - disponible sur le site <http://www.inrs.fr>)
- La Norme NF C 15-100 : Installations électriques à basse-tension
- Les normes CEI 60364 : Installations électriques à basse tension – Partie 1 : Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions

**Nota** : l'ancienne dénomination « *régime de neutre* » est à proscrire.

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 4/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

### 3 **PROBLEMATIQUE GENERALE**

#### 3.1 **Evolution des installations électriques**

Dans les années 60, le secteur tertiaire était très peu développé, les usines, généralement importantes étaient situées le plus souvent à proximité des postes sources. Les industriels avaient comme principal souci le fonctionnement de leurs usines. Disposant d'un service électrique compétent, ils allaient être séduits par le neutre isolé (le Décret du 14 novembre 1962 a fortement participé à sa promotion).

Petit à petit, la sécurité qu'apporte ce régime l'a fait adopter par le législateur dans les installations tertiaires où la sûreté est primordiale, les hôpitaux par exemple.


En 1990, l'énergie électrique est devenue indispensable dans les logements, le tertiaire et l'industrie. La distribution publique a fait de gros progrès en terme de disponibilité mais celle-ci n'est toujours pas suffisante d'où l'utilisation de groupes électrogènes et d'alimentations sans interruption :

- Le résidentiel n'accepte plus les coupures de courant,
- Le tertiaire est devenu gros consommateur d'informatique
- L'industrie s'installe en zone rurale, elle est grosse consommatrice d'automatismes et utilise de plus en plus les convertisseurs statiques (variateurs de vitesse par ex.).

Le développement des systèmes numériques, y compris l'informatique répartie, exige aujourd'hui de faire cohabiter sans gêne « courant fort » et « courant faible » et, en d'autres termes la compatibilité électromagnétique (CEM) devient indispensable. C'est le choc des cultures techniques :

- L'électricien est gêné par les harmoniques des convertisseurs statiques. Ces harmoniques provoquent des échauffements au niveau des transformateurs, détruit les condensateurs et fait circuler des courant anormaux dans les neutres,
- L'électronicien place des filtres devant ses produits, lesquels ne résistent pas toujours aux surtensions mais font baisser l'isolement des réseaux,
- Les fabricants de lampes d'éclairage ignorent les problèmes que posent les courants de mise sous tension, les harmoniques, les hautes fréquences générées par certains ballasts électroniques,
- L'informaticien s'inquiète de l'équipotentialité des masses et de parasites conduits et rayonnés.

En conclusion, ces spécialistes ont quelquefois du mal à se comprendre, n'ont pas nécessairement des démarches cohérentes... et peu nombreux sont ceux qui connaissent les SLT, leurs avantages et inconvénients face à l'évolution des techniques comme évoqué ci-dessus.

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 5/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

### 3.2 Perturbations des systèmes électroniques

Les perturbations électromagnétiques rencontrées sont de nature très variées :

- Permanentes ou occasionnelles,
- Basse ou haute fréquence,
- Conduites ou rayonnées,
- De mode commun ou différentiel,
- D'origine externe ou interne au réseau BT.

Là aussi, le choix du SLT ne sera pas neutre vis-à-vis :


- De la sensibilité aux perturbations,
- De la génération des perturbations,
- Des effets sur les courants faibles.

## 4 LES SLT ET LA PROTECTION DES PERSONNES

### 4.1 Codification en BT

Les risques d'électrisation, voire d'électrocution sont, dans ce chapitre, précisés pour les différents schémas de liaison à la terre, tels que définis par le Comité Electrotechnique International dans la norme CEI 60634.

**En BT, un SLT caractérise le mode de raccordement à la terre du secondaire du transformateur HTA/BT et les manières de mettre à la terre les masses de l'installation**

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 6/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

L'identification des types de schémas est définie au moyen de 2 lettres :

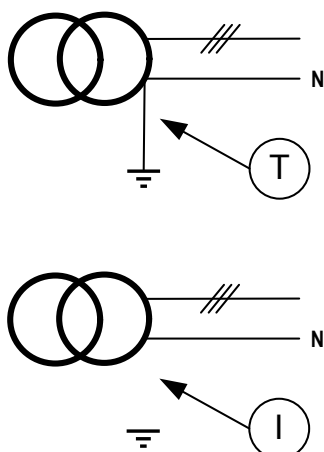
**La première lettre concerne le raccordement du neutre du transformateur** avec 2 cas possibles :

- **T** pour « raccordé directement » à la terre,
- **I** pour « isolé » de la terre.

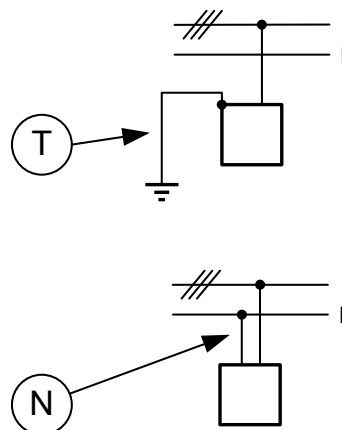
**La deuxième lettre concerne le raccordement des masses d'utilisation** avec 2 cas possibles :

- **T** pour « raccordées directement » à la terre,
- **N** pour « raccordées au neutre » de la terre à l'origine de l'installation, lequel est raccordé à la terre.

**Première lettre**



**Deuxième lettre**



La combinaison de ces deux lettres donne trois schémas de liaisons à la terre :

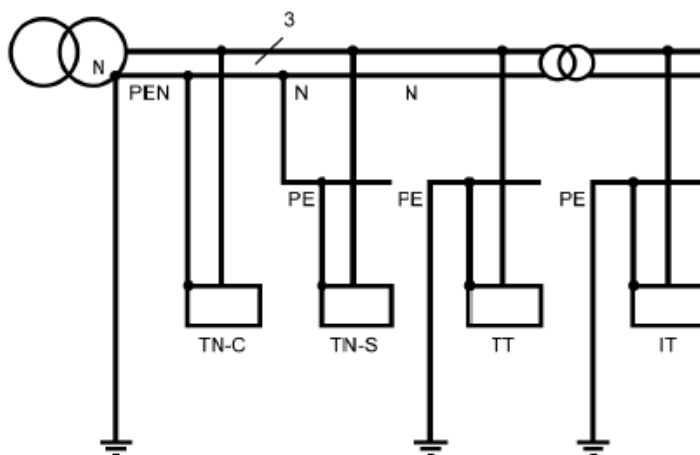
- Neutre à la terre et masse à la terre ou **TT**
- Neutre isolé et masse à la terre ou **IT**
- Mise au neutre ou neutre à la terre et masse au neutre ou **TN**

**Nota 1** : les trois schémas comportant plusieurs variantes possibles, ce qui implique l'usage d'une **troisième lettre** qui concerne les dispositions du conducteur de neutre et du conducteur de protection.

La troisième lettre concerne le conducteur de neutre et le conducteur de protection avec « C » comme « confondu » ou « S » comme « séparé ». Pratiquement, cela se traduit par les schémas TNC, TNS, TNR, TNC-S, TTN, TTS, ITR, ITN, ITS etc.



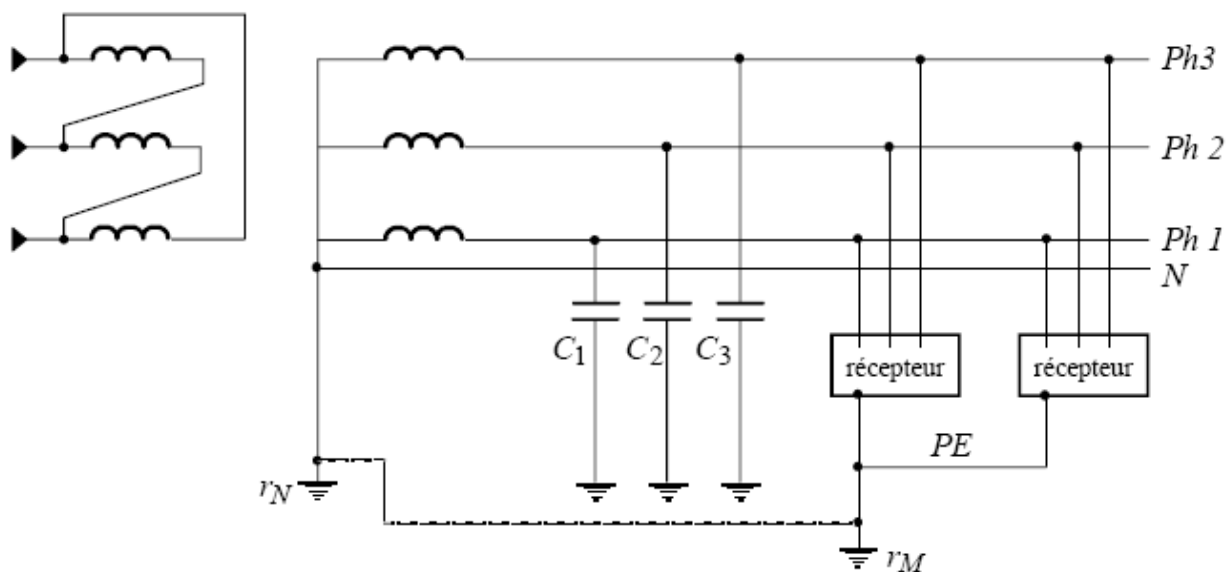
**Nota 2** : chaque SLT peut s'appliquer à l'ensemble d'une installation électrique BT et/ou plusieurs SLT peuvent coexister dans une même installation comme indiqué ci-après.



Cette cohabitation a des limites, par exemple on peut passer du TNC au TNS mais l'inverse est interdit. (Voir ci-après).

#### 4.2 Analyse du schéma Neutre à la terre TT

**Le TT est utilisé par EDF pour la distribution publique BT et ce, essentiellement à cause de sa simplicité. Le CEA Cadarache ne l'utilise pas sur le site.**



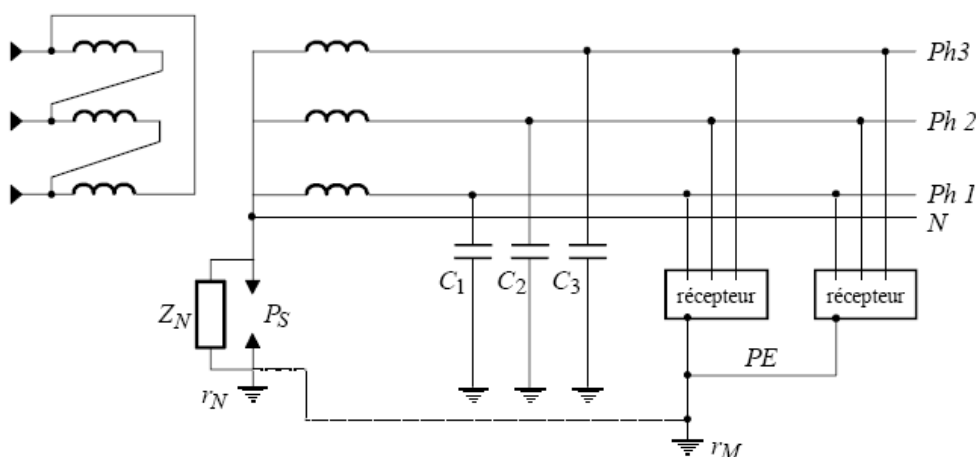


### Commentaires :

- Le point neutre du transformateur relié directement à la terre (première lettre T)
- Masses d'utilisation reliées à la prise de terre de l'installation (deuxième lettre T)
- Intensité du courant de défaut d'isolement limitée par les résistances de prise de terre
- Masses d'utilisation mises à la terre par conducteur PE distinct du conducteur neutre
- **Solution la plus simple à l'étude et à l'installation**
- Déclenchement obligatoire au premier défaut d'isolement, éliminé par un dispositif différentiel à courant résiduel situé en tête de l'exploitation (et/ou éventuellement sur chaque départ pour améliorer la sélectivité)
- **Aucune exigence particulière sur la continuité du conducteur neutre. La prise de terre et celle des masses peuvent ou non être interconnectées ou confondues. Le neutre peut-être distribué ou non.**
- Les longueurs de canalisation n'interviennent pas dans la protection contre les contacts indirects
- Ne nécessite pas une permanence de surveillance en exploitation (seul un contrôle périodique des dispositifs différentiels résiduels et de la valeur de la résistance de la prise de terre est nécessaire).

### 4.3 Analyse du schéma Neutre Isolé IT


C'est la solution assurant la meilleure continuité de service. Il est fréquemment utilisé par le CEA Cadarache.



### Commentaires :

- Le neutre est isolé ou relié à la terre par une impédance de valeur élevée (première lettre I). Une impédance de 1700 Ohms est fréquemment employée. L'installation d'un limiteur de surtension  $P_S$  entre point neutre du transformateur et la terre est obligatoire. Si le neutre n'est pas accessible, le limiteur peut être installé entre phase et terre.
- Les masses des récepteurs sont interconnectées soit totalement soit par groupe. Chaque groupe est relié à une prise de terre (deuxième lettre T).



 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 9/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

- Dans la mesure du possible, il est recommandé d'interconnecter toutes les masses d'une même installation et de les relier à la même prise de terre. Il est toutefois admis que des masses très éloignées les unes des autres, ou situées dans des bâtiments différents, ne le soient pas. Dans ce cas, chaque groupe de masses reliées à la même prise de terre, et chaque masse reliée individuellement à la terre doivent être protégés par un DDR.
- Les prises de terre des masses et du neutre peuvent être ou non interconnectées ou confondues. Il n'est pas avantageux de distribuer le neutre (qui entraîne une limitation des longueurs maximales des canalisations).

Le schéma IT n'exige pas la coupure automatique de l'alimentation dès l'apparition d'un défaut d'isolement, appelé « premier défaut » car il n'est ni dangereux, ni perturbateur. Mais ce schéma implique la mise en œuvre des mesures suivantes :

- Installation d'un CPI, imposé par la NF C 15-100 qui doit signaler le « premier défaut ». La recherche et l'élimination du « premier défaut » doit être rapide et effectuée par un service entretien-maintenance efficace (au CEA Cadarache, ce défaut est reporté sur la GTC afin de lancer les procédures d'intervention appropriées).
- Au « deuxième défaut », déclenchement obligatoire par les dispositifs de protection contre les surintensités (la vérification des conditions de déclenchement des protections de défauts entre conducteurs actifs est impérative de même que la mise en place de mesures particulières si ces conditions ne peuvent pas être remplies).

#### 4.4 Analyse du schéma Mise au neutre TN

Le point neutre est relié directement à la terre (première lettre I). Les masses des récepteurs sont reliées au conducteur neutre (deuxième lettre N). On distingue deux schémas possibles suivant que le conducteur neutre N et le conducteur de protection PE sont confondus TNC ou non TNS.

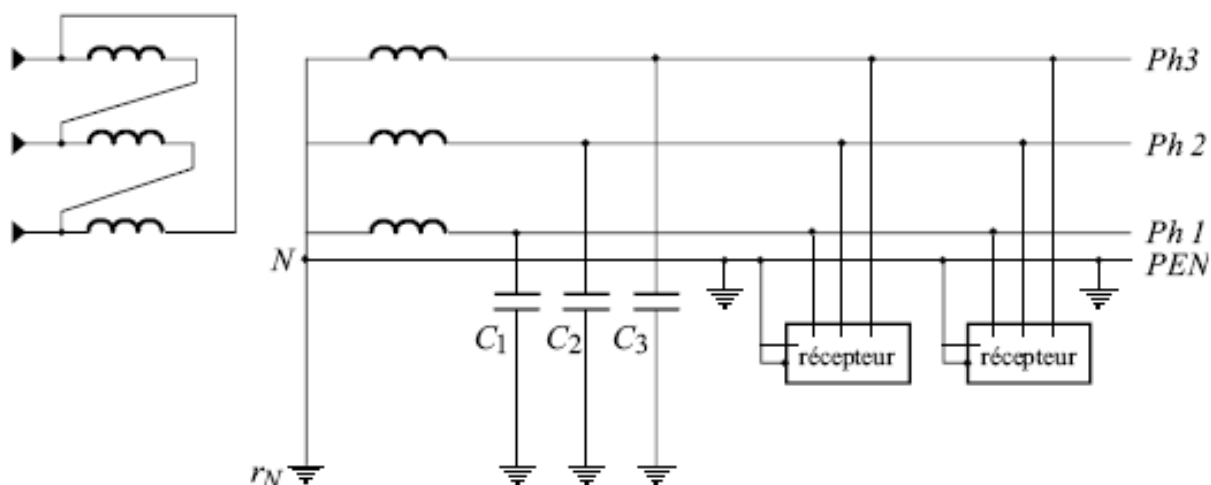
Dans les deux cas TNC ou TNS :

- Le déclenchement est obligatoire au premier défaut d'isolement (élimination par les dispositifs de protection contre les surintensités)
- La vérification des déclenchements doit être effectuée :
  - à l'étude par le calcul
  - obligatoirement à la mise en service
  - périodiquement (tous les ans) par des mesures
- En cas d'extension ou de rénovation ces vérifications de déclenchement sont à refaire
- L'usage des DDR est toujours recommandé pour la protection des personnes contre les contacts indirects, en particulier en distribution terminale, où l'impédance de boucle ne peut pas être maîtrisée (passage en TN-S)



#### 4.4.1 Le schéma TNC

**Ce schéma est interdit dans les locaux à risque d'incendie et d'explosion. Il est générateur de perturbations électromagnétiques. D'une manière générale, il est rarement utilisé par le CEA Cadarache.**



#### Commentaires :

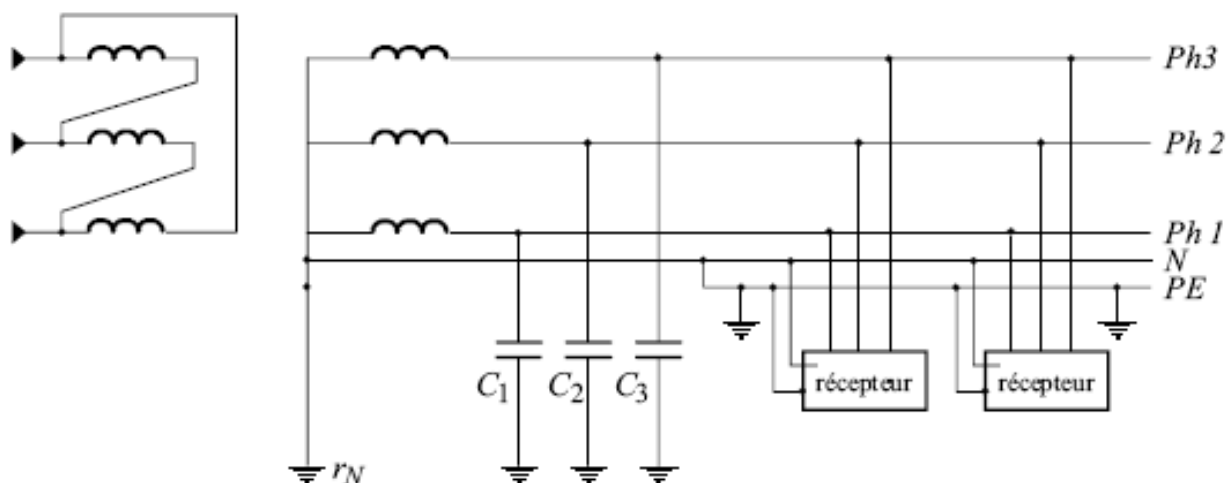
- Les conducteurs de neutre et de protection sont confondus en un seul conducteur appelé PEN.
- La mise à la terre régulière du PEN est recommandée (limitation du potentiel par rapport au sol).
- Il est impératif de vérifier la tenue des bobinages des machines tournantes et des matériels sensibles lors d'un défaut d'isolement (tenue à la tension composée et pas seulement à la tension simple)
- Ce schéma peut faire apparaître une économie à l'installation par la suppression d'un pôle et d'un conducteur (attention : le standard CEA Cadarache impose l'utilisation de disjoncteur tétrapolaire pour la protection du secondaire des transfos HTA/BT).
- Le schéma TNC implique l'utilisation de canalisations fixes et rigides. Il est interdit pour les sections inférieures à 10 mm<sup>2</sup> cuivre et 16 mm<sup>2</sup> aluminium ainsi que pour les canalisations mobiles. Il est également interdit en aval d'un schéma TNS.
- Lors des défauts d'isolement, il génère un niveau important de perturbations électromagnétiques qui peuvent endommager les équipements électroniques sensibles
- **Il est interdit dans les locaux présentant des risques d'incendie et d'explosion** (intensité des courants de défaut d'isolement importante)

Nota : les courants de déséquilibre, les harmoniques 3 et multiples de 3 circulent dans le conducteur de protection PEN et peuvent être la cause de perturbations multiples.



#### 4.4.2 Le schéma TNS

**Ce schéma est recommandé en présence d'équipements sensibles. Depuis quelques années, il est fréquemment utilisé par le CEA Cadarache.**




#### Commentaires :

- Point neutre du transformateur et conducteur PE reliés directement à la terre
- Masses d'utilisation reliées au conducteur PE, lui-même relié à la terre
- Conducteur neutre et conducteur de protection séparés
- Il s'emploie même en présence de conducteurs souples ou de canalisation de faible section
- Il permet par la séparation du neutre et du conducteur de protection, de maintenir une bonne équipotentialité des masses et de réduire le niveau de perturbations électromagnétiques. Il est ainsi recommandé pour les locaux informatiques.

### 5 METHODOLOGIE POUR CHOISIR UN SLT

Du point de vue de la protection des personnes, les 3 schémas de base TT, IT et TN sont équivalents si l'on respecte toutes les règles d'installation et d'exploitation. Etant donné les caractéristiques spécifiques à chaque schéma, dans l'absolu, il n'est pas possible de faire un choix a priori.

Ce choix doit résulter des caractéristiques de l'installation et des conditions et des impératifs d'exploitation. Par exemple, il est illusoire de vouloir exploiter un réseau à neutre isolé dans une installation ancienne qui par nature possède un niveau d'isolement faible de quelques k Ohms. De même, il serait contradictoire dans une industrie où la continuité de service est impérative et/ou les risques d'incendie importants de choisir une exploitation en mise au neutre.

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 12/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

Les critères de choix sont classés par ordre d'importance comme suit :

- La protection contre les chocs électriques
- La protection contre l'incendie d'origine électrique
- La disponibilité de l'alimentation
- La protection contre les surtensions,
- La protection contre les perturbations électromagnétiques
- Les contraintes de mise en œuvre

### 5.1 Protection contre les chocs électriques

Tous les schémas permettent d'assurer une égale protection contre les chocs électriques, dès lors, bien évidemment, qu'ils sont mis en œuvre et utilisés en conformité avec les normes.

### 5.2 Protection contre les risques d'incendie


- Schéma TT et IT : dans ces schémas, lors d'un premier défaut d'isolement, l'intensité du courant généré par le défaut est faible ou très faible. Le risque d'incendie est plus faible qu'en TN.
- Schéma TN-C : il présente un risque d'incendie élevé.
  - En effet, le courant de déséquilibre des charges parcourt en permanence non seulement le conducteur PEN, mais aussi les éléments qui y sont raccordés : charpentes métalliques, masses, blindages, etc.... ce qui risque de provoquer incendie ou explosion.
  - En cas de défaut franc, l'intensité du courant généré par le défaut d'isolement est élevée et le risque important.
  - En cas de défaut impédant, le schéma TNC réalisé sans dispositifs différentiels est obligatoire
  - C'est la raison pour laquelle il est interdit dans les locaux à risque d'explosion ou d'incendie.

### 5.3 Disponibilité de l'alimentation

Le choix du régime IT évite toutes les conséquences du défaut d'isolement :

- Creux de tension,
- Effets perturbateurs du courant de défaut,
- Dommages aux équipements,
- Ouverture du départ en défaut

Son exploitation correcte rend le second défaut réellement improbable et permet de garantir la continuité de l'alimentation.

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 13/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

#### 5.4 Protection contre les surtensions

La possibilité de contraintes électrodynamiques (destruction ou déformation de matériel) et thermiques (fusion d'éléments, incendie, explosion) causées essentiellement par les chocs de foudre sont largement minimisées sur le site du CEA Cadarache, les liaisons HTA alimentant les postes HTA /BT étant réalisées par des lignes souterraines. Pour le reste des causes possibles :

- les surtensions à fréquence industrielle :
  - défaut à la terre,
  - résonance ou ferroresonance
  - rupture de conducteur neutre
  - surcompensation de l'énergie réactive,
  - délestage brutal de charge (génération par alternateur par exemple)
- les surtensions provoquées par un défaut à la terre : elles dépendent fortement du schéma de mise à la terre.


Le tableau suivant récapitule les surtensions de défaut à la terre en fonction du SLT retenu :

Moyenne et haute tension (1)		Basse tension (2)		
neutre direct à la terre (HT ou MT)	neutre isolé ou mis à la terre par impédance (MT)	schéma <i>TN</i>	schéma <i>TT</i>	schéma <i>IT</i>
< 1,73 * (couramment 1,2 à 1,4)	1,73	1,45	1,73	1,73

(1) : surtension phase-terre

(2) : surtension phase-masse

(\*) : un réseau avec neutre mis directement à la terre est généralement constitué de façon à limiter les surtensions à des valeurs proches de 1,2 à 1,4.

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 14/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

## 5.5 Protection contre les perturbations électromagnétiques

Le choix du SLT est indifférent :

- Pour toutes les perturbations de mode différentiel,
- Pour les perturbations de mode commun ou de mode différentiel de fréquence > au MHz.

Les schémas TT, TNS et IT peuvent satisfaire tous les critères de compatibilité électromagnétiques s'ils sont correctement mis en œuvre. On notera seulement que le schéma TNS amène davantage de perturbations pendant le durée du défaut, le courant de défaut étant plus élevé.

En revanche, les schémas TNC (ou TNC-S) sont déconseillés. En effet, dans ces schémas, le conducteur PEN, les masses des matériels et les blindages des câbles sont parcourus par un courant permanent lié au déséquilibre des charges et à la présence des courants harmoniques 3 et multiples de 3.

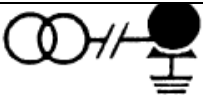
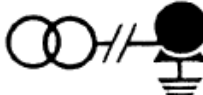

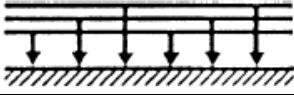


## 5.6 Contraintes de mise en œuvre


Le schéma TT, ainsi que le schéma TNS réalisé avec des dispositifs différentiels, sont les plus simples à mettre en œuvre. Le schéma TNS réalisé sans dispositif différentiels, les schémas TNC et IT imposent la vérification du fonctionnement des dispositifs de protection contre les défauts entre phases, cela entraîne une limitation des longueurs maximales des canalisations et nécessite l'intervention de personnel qualifié pour la réalisation des extensions et/ou modifications de l'installation.

## 6 TABLEAU DES RECOMMANDATIONS D'EMPLOI PAR NATURE






Lorsque le choix du SLT est possible, celui-ci s'effectue au cas par cas. Il est souvent avantageux de ne pas faire un choix unique pour l'ensemble de l'installation.

### 6.1 Selon la nature du réseau

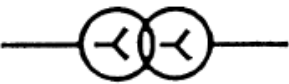






		Oui	Possible	Non
réseau très étendu avec bonnes prises de terre des masses d'utilisation ( $10 \Omega$ maxi)			TT, TN IT (1)	
réseau très étendu avec mauvaises prises de terre des masses d'utilisation ( $> 30 \Omega$ )		TT	TNS	IT TNC
réseau perturbé (zone orageuse) (ex.: réémetteur télé ou radio)		TN	TT	IT (2)
réseau avec courants de fuite importants ( $> 500$ mA)		TN (4)	IT (4) TT (3) (4)	
réseau avec lignes aériennes extérieures		TT (6)	TN (5) (6)	IT (6)
groupe électrogène de secours		IT	TT	TN (7)

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 15/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A


## 6.2 Selon la nature des récepteurs

		Oui	Possible	Non
récepteurs sensibles aux grands courants de défaut (moteurs...)			TT	TN (8)
récepteurs à faible isolement (fours électriques, soudeuses, outils chauffants, thermoplongeurs, équipements de grandes cuisines)		TN (9)	TT (9)	IT
nombreux récepteurs monophasés phase neutre (mobiles, semi-fixes, portatifs)		TT (10) TNS		IT (10) TNC (10)
récepteurs à risques (palans, convoyeurs...)		TN (11)	TT (11)	IT (11)
nombreux auxiliaires (machines-outils)		TNS	TNC IT (12 bis)	TT (12)

## 6.3 Applications particulières

		Oui	Possible	Non
alimentation par transformateur de puissance avec couplage étoile-étoile		TT	TT sans neutre	TN (13) IT avec neutre
locaux avec risques d'incendie		IT (15) TT (15)	TNS (15)	TNC (14)
augmentation de la puissance d'un abonné alimenté par EDF en basse tension, nécessitant un poste de transformation privé		TT (16)		
établissement avec modifications fréquentes		TT (17)	TNS (18)	TN (19) IT (20)
installation où la continuité des circuits de terre est incertaine (chantiers, installations anciennes)		TT (20)	TNS (20)	TNC IT (20)
équipements informatiques et électroniques : ordinateurs, calculateurs, automates programmables		TN-S	TT (21)	TN-C
réseau de contrôle et commande des machines et capteurs effecteurs des automates programmables		IT (22)	TN-S TT	
matériels électriques médicaux des locaux du groupe 2 (salle d'opération, poste de réanimation, imagerie interventionnelle)		IT (24)	TT	




 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 16/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

### Commentaires :

- (1) Lorsqu'il n'est pas imposé, le schéma de liaison à la terre est choisi en fonction des caractéristiques d'exploitation qui en sont attendues (continuité de service impérative pour raison de sécurité ou souhaitée par recherche de productivité...). Quel que soit le schéma de liaison à la terre, la probabilité de défaillance d'isolement augmente avec la longueur du réseau, il peut être judicieux de le fragmenter, ce qui facilite la localisation du défaut et permet en outre d'avoir pour chaque application le schéma conseillé ci-dessous.
- (2) Les risques d'amorçage du limiteur de surtension transforment le neutre isolé en neutre à la terre. Ces risques sont à craindre principalement dans les régions fortement orageuses ou pour des installations alimentées en aérien. Si le schéma IT est retenu pour assurer la continuité de service, le concepteur devra veiller à calculer très précisément les conditions de déclenchement sur 2<sup>e</sup> défaut.
- (3) Risques de fonctionnement intempestif des DDR.
- (4) La solution idéale est – quel que soit le SLT – d'isoler la partie perturbatrice si elle est facilement localisable.
- (5) Risques de défaut phase/terre rendant aléatoire l'équipotentialité et risque de rupture du PEN.
- (6) Isolement incertain à cause de l'humidité et des poussières conductrices.
- (7) Le TN est déconseillé en raison des risques de détérioration de l'alternateur en cas de défaut interne. D'autre part, lorsque les groupes électrogènes alimentent des installations de sécurité, ils ne doivent pas déclencher au premier défaut.
- (8) Le courant de défaut phase-masse peut atteindre plusieurs In risquant d'endommager les bobinages des moteurs et de les faire vieillir ou de détruire les circuits magnétiques.
- (9) Pour concilier continuité de service et sécurité, il est nécessaire et recommandé – quel que soit le schéma – de séparer ces récepteurs du reste de l'installation (transformateurs de séparation avec mise au neutre locale).
- (10) Lorsque la qualité des récepteurs est ignorée à la conception de l'installation, l'isolement risque de diminuer rapidement. La protection de type TT avec dispositifs différentiels constitue la meilleure prévention.
- (11) La mobilité de ces récepteurs génère des défauts fréquents (contact glissant de masse) qu'il convient de circonscrire. Quel que soit le schéma, il est recommandé d'alimenter ces circuits par transformateurs avec mise au neutre locale.
- (12) Nécessite l'emploi de transformateurs avec mise au neutre locale pour éviter les risques de fonctionnement ou d'arrêt intempestif au premier défaut (TT) ou défaut double (IT). (12bis) Avec double interruption du circuit de commande.
- (13) Limitation trop importante du courant phase/neutre en raison de la valeur élevée de l'impédance homopolaire : au moins 4 à 5 fois l'impédance directe. Ce schéma est à remplacer par un schéma étoile-triangle.
- (14) Le TN-C est interdit car les forts courants de défaut rendent dangereuse la mise au neutre.



 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 17/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A


- (15) Quel que soit le SLT, utilisation de dispositif différentiel résiduel de sensibilité  $I \Delta n \leq 300 \text{ mA}$ .
- (16) Une installation alimentée en basse tension a obligatoirement le schéma TT.  
Garder ce régime de neutre équivaut à faire le minimum de modifications sur la distribution existante (pas de câble à tirer, pas de protection à changer).
- (17) Possible sans personnel d'entretien très compétent.
- (18) Avec différentiel moyenne sensibilité recommandé
- (19) De telles installations demandent un grand sérieux dans le maintien de la sécurité. L'absence de mesures préventives dans la mise au neutre exige un personnel très compétent pour assurer cette sécurité dans le temps.
- (20) Les risques de rupture des conducteurs (d'alimentation, de protection) rendent aléatoire l'équipotentialité des masses. La NF C 15-100 impose le TT ou le TN-S avec des D.D.R 30 mA. Le schéma IT est utilisable dans des cas très particuliers.
- (21) Les constructeurs informatiques recommandent le schéma TN-S. La mise en œuvre réglementaire des DDR dans les Data-Centres est obligatoire. La dérogation les concernant a été supprimée.
- (22) Avec parafoudre selon le niveau d'exposition du site.
- (23) Cette solution permet d'éviter l'apparition d'ordres intempestifs lors d'une fuite à la terre intempestive.
- (24) Le régime IT médical est imposé pour ces installations par la norme NFC15-211.

#### 6.4 Tableau de synthèse générale

	<i>TNC</i>	<i>TNS</i>	<i>TT</i>	<i>IT</i>
Récepteurs sensibles aux courants de défaut	D	D	P	C
Récepteurs sensibles aux perturbations électromagnétiques	D	C	P	P
Locaux à risques d'incendie	I	D(1)	P(1)	C(1)
Installations avec modifications fréquentes	D	D	C	D
Installation où la continuité des circuits de terre est incertaine (chantiers)	D	P	C	D
Recherche de la continuité de service	D	D	D	C
Réseau, récepteurs avec courants de fuites importants	C	C	P	D

(1)avec *DDR* de sensibilité <500mA

C : Conseillé  
P : Possible  
D : Déconseillé  
I : Interdit

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 18/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

## **7 LES SLT RETENUS POUR LE CEA CADARACHE**

Au niveau du Groupe Electricité, en phase de conception, le raisonnement doit se situer à 2 niveaux :

- La classification des bâtiments à alimenter,
- Les impératifs de la distribution électrique à réaliser

### **7.1 Classification des bâtiments**

→ Pour le cas des INB ou des ICPE où la contrainte est la continuité du service, il convient de retenir le schéma IT. Dans la mesure du possible, il faudra éviter de distribuer le neutre :

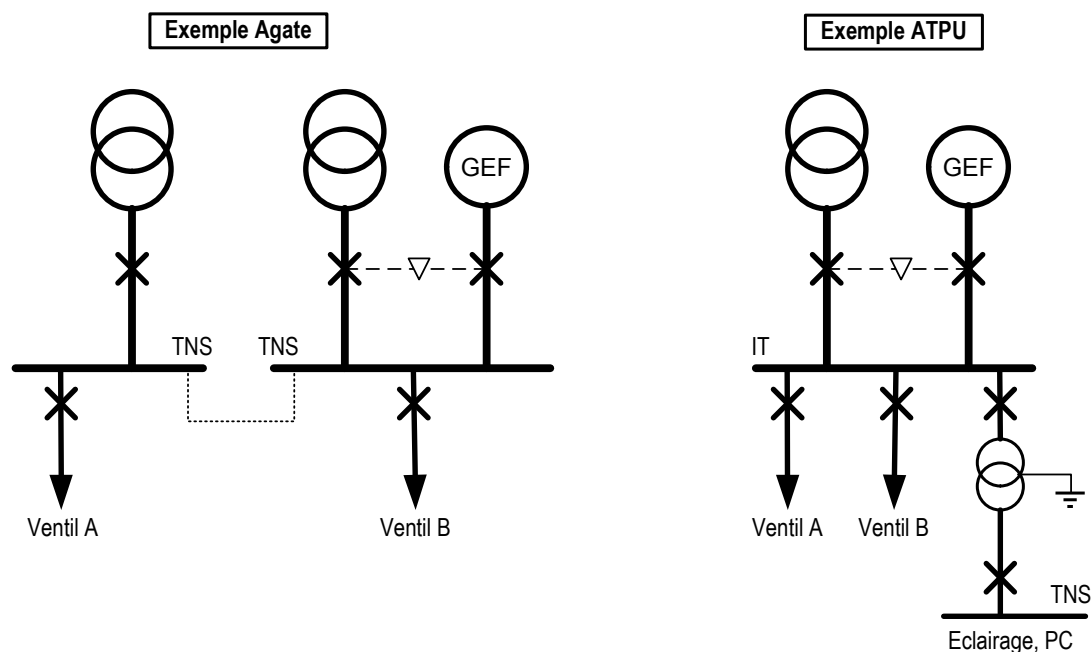
- Distribuer le neutre, limite de fait le courant de défaut avec pour conséquence de limiter la longueur des circuits...
- En cas de besoin de tension Ph-N, au lieu de distribuer le neutre, l'utilisation d'un tableau divisionnaire avec une distribution TN au travers d'un transformateur d'isolement BT/BT est techniquement préférable voire économiquement plus avantageux.
- Dans les 2 cas, avec ou sans neutre distribué, la réduction de la section du PE n'est conseillée.

→ Pour le cas des bâtiments banalisés, préférer le schéma TNS.

### **7.2 Architecture de la distribution électrique**

Le choix, IT ou TNS pour être complètement satisfaisant, doit prendre en compte l'ensemble du besoin et des impératifs de l'architecture de la distribution électrique.

Deux exemples de réalisation, l'une en TNS (Agate), l'autre en IT (ATPU) peuvent aider à mieux comprendre les principes d'une bonne conception.



Pour des impératifs de sûreté, dans les 2 cas, les mêmes besoins :

- Le doublement de certains équipements (ventilation),
- La présence d'un GEF de secours


La probabilité d'un défaut sur le jeu de barre du TGBT (mode commun) considérée comme très faible, le schéma IT utilisé sur ATPU et sa tolérance au « 1<sup>er</sup> défaut d'isolement » compense l'absence d'une 2<sup>ème</sup> arrivée HTA (du moins si l'on considère que la probabilité d'une perte HTA (Magenta) est identique à celle de la survenance d'un défaut d'isolement (ATPU)).

L'architecture ATPU prend bien en compte les recommandations ci-dessus, à savoir l'utilisation d'un transformateur d'isolement pour la distribution des charges monophasées et auxiliaires (éclairage, PC, etc.) et ce, en schéma TNS.

### 7.3 Recommandation relative aux CPI

En schéma IT, compte tenu du retour d'expérience, il est nécessaire de recommander lors des phases de mise en service des bâtiments :

- Mesure de l'isolement global (point zéro),
- Le réglage du seuil de pré-alarme du CPI à 75 % de cette valeur
- Le réglage du seuil de d'alarme du CPI à 25 % de cette valeur

 <b>DIRECTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE</b> Département des projets d'installation et d'emballage Service des métiers et conduite de projets – Groupe Electricité	Classement :	Page 20/20
	Référence : 140 ELECT PZR GUI 09000377	Indice A

## 8 GLOSSAIRE

**N** : conducteur de neutre

**PEN** : conducteur de protection et de neutre confondus (de l'anglais Protective Earth - Neutral)

**CPI** : Contrôle Permanent d'Isolation

**CR** : protection Court Retard, (protection contre les surintensités de court-circuit par disjoncteur avec déclencheur rapide)

**DDR** : Dispositif Différentiel Résiduel

**DLD** : Dispositif de Localisation de Défaut

**DPCC** : Dispositif de Protection contre les Courts-Circuits (disjoncteurs ou fusibles)

**Electrisation** : application d'une tension entre deux parties du corps

**PE** : conducteur de protection (de l'anglais Protective Earth)

**CEM** : Compatibilité Electro Magnétique

**Electrocution** : électrisation qui provoque la mort

**GTE** : Gestion Technique de la distribution d'Energie électrique

**I<sub>Δn</sub>** : seuil de fonctionnement d'un DDR

**UL** : tension limite conventionnelle (tension de contact maximale admissible) dite de sécurité

**MT/HTA** : Moyenne Tension : 1 à 35 kV selon le CENELEC (circulaire du 27.07.92) – Haute Tension de classe A : 1 à 50 kV selon le décret français du 14.11.88

## 9 BIBLIOGRAPHIE

- Cahier technique N° 172 « Les schémas des liaisons à la terre en BT » disponible en bibliothèque technique du CEA ou téléchargeable sur <http://www.schneider-electric.fr/>
- Cahier technique N° 173 « Les schémas des liaisons à la terre dans le monde et évolutions » disponible en bibliothèque technique du CEA ou téléchargeable sur <http://www.schneider-electric.fr/>
- Brochure ED 723 de l'INRS - Institut de Recherche sur la Sécurité - disponible sur le site <http://www.inrs.fr>