

RÈGLES

(H) 543.1.2.6. — Des éléments conducteurs ne doivent pas être utilisés pour une double fonction, par exemple pour les fonctions combinées de conducteur de protection et de conducteur neutre (conducteur PEN).

543.1.2.7. — Les chemins de câbles métalliques peuvent être utilisés comme conducteurs de protection s'ils satisfont aux conditions du paragraphe 543.1.2.5.

543.1.3. — Conservation et continuité électrique

(H) 543.1.3.1. — Les conducteurs de protection et de liaisons équipotentielles doivent être convenablement protégés contre les détériorations mécaniques et chimiques et les efforts électrodynamiques. Ils doivent être visibles ou, s'ils sont enfermés, accessibles. Ils doivent toujours être protégés dans les traversées de parois.

(H) 543.1.3.2. — Aucun appareillage (tel que coupe-circuit à fusibles, interrupteur, sectionneur) ne doit être inséré sur le conducteur de protection. Toutefois, il est admis que le conducteur de protection puisse être coupé par un dispositif de connexion coupant les conducteurs actifs avant le conducteur de protection et tel que le conducteur de protection soit fermé avant les conducteurs actifs.

(H) 543.1.3.3. — Les masses des matériels à relier aux conducteurs de protection ne doivent pas être connectées en série dans un circuit de protection, à l'exception du cas visé au paragraphe 543.1.2.3.

543.1.3.4. — Les enveloppes métalliques contenant seulement un conducteur de phase, telles que les gaines ou armures métalliques des câbles unipolaires, peuvent être mises à la terre en un seul point, sous réserve qu'en tous les autres points, il soit assuré, par une isolation ou une séparation appropriée, que les parties métalliques qui peuvent atteindre une tension dangereuse ne puissent être touchées.

543.1.4. — Conducteurs neutre et de protection combinés (PEN)

(H) 543.1.4.1. — Dans le schéma TN, lorsque le conducteur de protection a une section au moins égale à 10 mm² en cuivre et à 16 mm² en aluminium dans les installations fixes, les fonctions de conducteur de protection et de conducteur neutre peuvent être combinées, sous réserve que la partie d'installation commune ne soit pas en aval d'un dispositif de protection à courant différentiel-résiduel.

confondues

Schéma TN-C
Schéma B3A voire TN-A comme on
le disait à l'époque

Extrait de la norme NFC 15-100 de 1977 (la Grenat) Nouvelle norme NFC 15-100 —> Page de droite (partie Règles)

Texte harmonisé avec la communauté Européenne

(H) 543.1.4.2. — Si à partir de n'importe quel point de l'installation, le conducteur neutre et le conducteur de protection sont séparés, il n'est pas permis de les relier ensemble en aval de ce point.

(H) 543.1.4.3. — A l'endroit de la séparation, il y a lieu de prévoir des bornes ou barres séparées pour le conducteur de protection et pour le conducteur neutre. Le conducteur commun (PEN) doit être relié à la borne ou à la barre prévue pour le conducteur de protection.

GUIDE

Commentaires de la norme —> Règles

543.1.2.7. — Les chemins de câbles métalliques, étant considérés comme des masses, doivent être reliés à la terre, sauf si les matériels et canalisations qu'ils supportent sont de la classe II. La liaison à la terre doit être effectuée seulement aux deux extrémités de leur parcours si la continuité électrique entre deux éléments consécutifs quelconques est assurée.

S'ils sont utilisés comme conducteurs de protection, les chemins de câbles sont repérés comme indiqué au paragraphe 543.1.2.3 du Guide.

543.1.3. — Conservation et continuité électrique

Les dispositions de ce paragraphe sont applicables aux conducteurs de protection et aux conducteurs assurant les différentes liaisons équipotentielles principale (paragraphe 413.1.6), supplémentaire (413.5) ou locale (414.5).

543.1.3.2. — Les connexions doivent être réalisées dans les conditions indiquées dans la section 526.

543.1.3.4. — Les dispositions de ce paragraphe concernent notamment les conducteurs blindés à isolant minéral.

543.1.4. — Conducteurs neutre et de protection combinés

543.1.4.1. — Il peut être nécessaire d'isoler le conducteur PEN pour d'autres raisons que la protection contre les contacts indirects (par exemple dans les locaux à risques d'incendie).

Certains câbles comportant un conducteur non isolé (assemblé avec les conducteurs de phase ou conducteur concentrique disposé en méandres) qui ont été conçus pour des réseaux souterrains de distribution publique à basse tension avec neutre mis directement à la terre ainsi que les branchements dérivés sur ces réseaux, peuvent être utilisés dans les installations dans les conditions suivantes :

— Si le conducteur non isolé est utilisé comme conducteur PEN, les trois conditions suivantes doivent être simultanément remplies :

- la canalisation correspondante est située en aval d'un transformateur dont le neutre est relié directement à la terre,
- toutes les dispositions de l'article 413.2 pour la mise au neutre avec schéma TN-A sont respectées,
- aucun dispositif différentiel ne doit être installé en amont de ces câbles. *TN-A —> TN-C aujourd'hui*

L'installation située en aval de ces câbles peut être réalisée soit suivant le régime du neutre relié directement à la terre avec les masses reliées à une prise de terre séparée (schéma TT), soit suivant les dispositions de la mise au neutre (schéma TN-A ou TN-B). —> *TN-B —> TN-S aujourd'hui*

— Si le conducteur non isolé est utilisé uniquement comme conducteur de protection, de tels câbles peuvent être utilisés dans des circuits triphasés sans neutre, quel que soit le régime du neutre.

Le conducteur non isolé doit alors satisfaire à toutes les prescriptions exigibles du conducteur de protection.

Pour la détermination de la section par la formule de l'échauffement adiabatique, l'échauffement maximal est limité à la valeur correspondant aux conditions de protection contre les courts-circuits (434.2.4).

Cette limitation se justifie par le fait que le conducteur est thermiquement isolé, qu'il se trouve déjà avant le court-circuit à la température moyenne du câble et que son échauffement peut compromettre la qualité de la gaine et des isolants primaires avec lesquels il est en contact direct; la gaine de protection entourant ce conducteur ne possède pas de propriété électrique.

— Le conducteur non isolé ne peut jamais être utilisé uniquement comme conducteur neutre.

6.1 Conditions préalables

Cette mise en œuvre se fait à la conception par le calcul des longueurs maximales de câble à ne pas dépasser en aval d'un disjoncteur ou d'un fusible, et à l'installation par le respect de certaines règles de l'art.

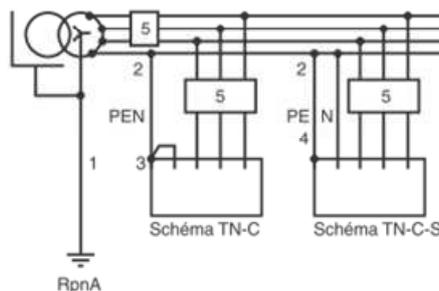
Certaines conditions devant être observées sont énumérées ci-dessous et représentées sur la **Figure F38** :

1. répartir uniformément des prises de terre sur le parcours du conducteur PE,
2. faire cheminer le conducteur de protection PE (ou PEN) à côté des phases sans interposer d'élément ferromagnétique,
3. raccorder le conducteur PEN sur la borne "masse" du récepteur,
4. lorsque la section est $\leq 6 \text{ mm}^2$ cuivre ou 10 mm^2 aluminium ou en présence de canalisations mobiles, séparer le neutre et le conducteur de protection (schéma TN-S).

5. déclenchement au premier défaut d'isolement par dispositif de protection classique, à titre d'exemple par disjoncteur Compact NSX.

La figure ci-dessous résume les conditions à respecter pour la mise en œuvre de la protection contre les contacts indirects en schéma TN.

F24



Nota :

(1) En schéma TN, les masses du poste, le neutre BT et les masses d'utilisation doivent être reliées à une même prise de terre.

(1) (2) Pour un poste à comptage BT, il faut un appareil à coupure visible en tête de l'installation.

(3) Le conducteur PEN ne doit être ni coupé, ni comporter d'appareillage. Les appareils de protection seront donc :

■ tripolaires lorsque le circuit comporte un conducteur PEN,

■ tétrapolaire (3P+N) lorsque le circuit comporte un conducteur neutre et un conducteur PE.

Fig. F38 : Mise en œuvre du schéma TN

Voici ce que dit la norme NFC 15-100 (Décembre 2002 et mise à jour en 2005)

C

543.4 Conducteurs PEN → Schéma TN-S

543.4.1 Un conducteur PEN ne peut être utilisé que dans les installations fixes et, pour des raisons mécaniques, doit avoir une section au moins égale à 10 mm^2 en cuivre ou 16 mm^2 en aluminium.

Remarque :

Que de contradictions entre les documents d'un même constructeurs et la norme NFC 15-100. Dans tous les cas c'est la norme qui fait force de loi !

Maintenant les documents constructeurs sont plus sévères que la norme. Cela va dans le sens de la sécurité. Donc en principe on ne peut rien dire !

Protection des personnes et des biens

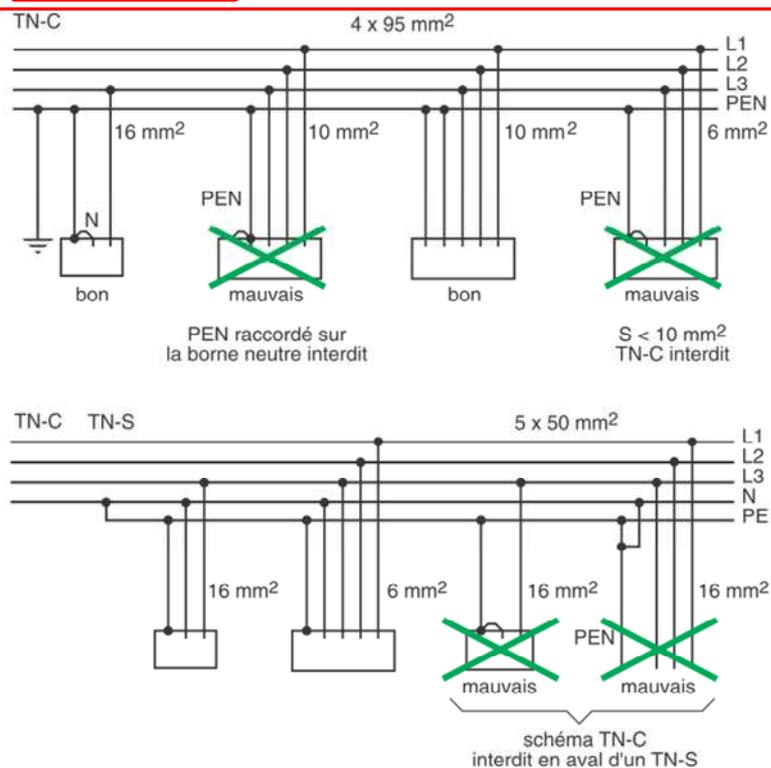
Schémas de liaison à la terre

Particularités du régime TN

- En schéma TN-C, le conducteur PEN, neutre et PE confondus, ne doit jamais être coupé.
- En schéma TN-S, comme dans les autres schémas, le conducteur PE ne doit jamais être coupé.
- En schéma TN-C, la fonction "conducteur de protection" l'emporte sur la fonction "neutre". En particulier un conducteur PEN doit toujours être raccordé à la borne "terre" d'un récepteur et un pont doit être réalisé entre cette borne et la borne neutre.

■ Les schémas TN-C et TN-S peuvent être utilisés dans une même installation. Le schéma TN-C doit obligatoirement être en amont du schéma TN-S. Le schéma TN-S est obligatoire pour des sections de câbles $< 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ou $< 16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$, ou pour des câbles souples.

Voir folio précédent
Commentaire conforme
à la Norme NFC 15-100



6 Mise en oeuvre du schéma TN

6.1 Schéma TN - Conditions préalables

Cette mise en oeuvre se fait à la conception par le calcul des longueurs maximales de câble à ne pas dépasser en aval d'un disjoncteur ou d'un fusible, et à l'installation par le respect de certaines règles de l'art.

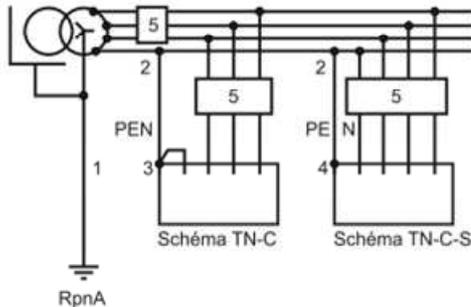
Certaines conditions devant être observées sont énumérées ci-dessous et représentées sur la **Figure F38** :

1. répartir uniformément des prises de terre sur le parcours du conducteur PE,
2. faire cheminer le conducteur de protection PE (ou PEN) à côté des phases sans interposer d'élément ferromagnétique,
3. raccorder le conducteur PEN sur la borne "masse" du récepteur,
4. lorsque la section est $\leq 6 \text{ mm}^2$ cuivre ou 10 mm^2 aluminium ou en présence de canalisations mobiles, séparer le neutre et le conducteur de protection (schéma TN-S),
5. déclenchement au premier défaut d'isolement par dispositif de protection classique, à titre d'exemple par disjoncteur Compact NSX.

La figure ci-dessous résume les conditions à respecter pour la mise en oeuvre de la protection contre les contacts indirects en schéma TN.

Voir folio N°3

Fig. F38
Mise en oeuvre du schéma TN



Que de contradictions entre les documents d'un même constructeurs et la norme NFC 15-100. Dans tous les cas c'est la norme qui fait force de loi !

Maintenant les documents constructeurs sont plus sévères que la norme. Cela va dans le sens de la sécurité. Donc en principe on ne peut rien dire !

Nota :

(1) En schéma TN, les masses du poste, le neutre BT et les masses d'utilisation doivent être reliées à une même prise de terre.

(1) (2) Pour un poste à comptage BT, il faut un appareil à coupure visible en tête de l'installation.

(3) Le conducteur PEN ne doit être ni coupé, ni comporter d'appareillage.

Les appareils de protection seront donc :

- tripolaires lorsque le circuit comporte un conducteur PEN,
- tétrapolaire (3P + N) lorsque le circuit comporte un conducteur neutre et un conducteur PE.

6.2 Schéma TN - Protection contre les contacts indirects

6.2.1 Méthodes de détermination de la protection

Trois méthodes de calcul sont habituellement utilisées :

- la méthode des impédances, fondée sur le calcul exact de l'impédance totale comme étant la somme des impédances complexes de chacun des circuits,
- la méthode de composition,
- la méthode conventionnelle, à partir d'une valeur de chute de tension présumée et l'utilisation de tables.

Dans un schéma TN, un courant de défaut à la terre est équivalent à un courant de court-circuit qui aura, en principe, toujours une valeur suffisante pour faire déclencher les dispositifs de protection contre les surintensités.

Les impédances de la source et de la distribution amont sont nettement plus faibles que celles des circuits de la distribution BT, de ce fait la limitation de l'intensité du courant de défaut ne sera due qu'à l'impédance des circuits de la distribution BT (en particulier pour les circuits terminaux, les longs câbles souples d'alimentation des appareils augmentent de façon sensible l'impédance de la boucle de défaut).

Les plus récentes recommandations de la CEI pour la protection des personnes contre les contacts indirects ne spécifient uniquement que le temps maximal de coupure imposé en fonction de la tension nominale du réseau BT (cf. **Figure F13 Coupure automatique en schéma TN**).

Le raisonnement soutenant ces recommandations est que pour les schémas TN, l'intensité du courant de défaut qui doit circuler pour élever le potentiel des masses à des tensions de 50 V et plus, est si importante que :

- soit le chemin de défaut se vaporise quasi instantanément et élimine de ce fait le défaut,

4 - Guide Expert n°3 SLT (Schneider)

Le Guide Expert N°3 SLT (Schneider Electric) est en contradiction Avec le guide de l'installation électrique (Edition de 2010, 2012 et 2017.)

3

Il convient de noter que :

■ ce risque de rupture est jugé très grand lorsque les conducteurs sont de faible section, donc mécaniquement fragiles.

Dans ce cas, la norme NF C 15-100 impose, pour des conducteurs de section inférieure à 10 mm² en cuivre et 16 mm² en aluminium, de séparer le neutre du PE. On retrouve alors le schéma TN-S.

■ le neutre étant confondu avec le PE dans le schéma TN-C, il n'est jamais sectionné.

En fonctionnement normal, et bien sûr en cas de défaut, des courants circulent dans le neutre, donc dans le PEN.

Il peut donc aussi être porté à certains endroits, à un potentiel différent de celui de la terre.

Cet état peut perturber le fonctionnement de certains composants, et surtout empêche d'avoir un sectionnement parfait d'une partie de l'installation.

oui →

Dans le cas d'une mixité entre les schémas TN, le schéma TN-S doit toujours être situé en aval du schéma TN-C.

Mixité TN-C et TN-S

Dans le cas d'une mixité entre les schémas TN, seul le schéma TN-C-S est possible car le schéma TN-S doit toujours être situé en aval du schéma TN-C.

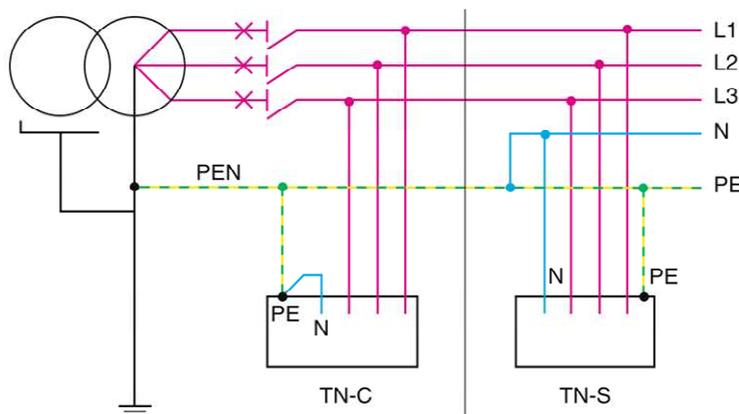


Schéma TN-C-S.

Applications du schéma TN

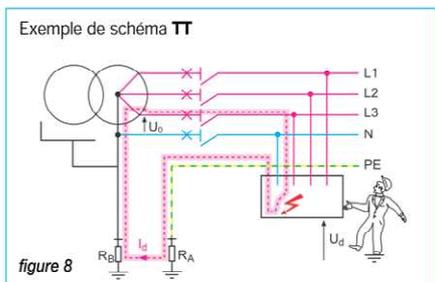
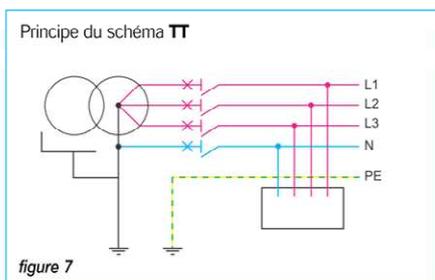
Le schéma TN est principalement utilisé pour :

- du grand tertiaire ou des IGH (Immeubles de Grande Hauteur)
- des industries ne demandant pas la continuité de service obtenue avec le régime IT (industries sans process continu)
- des récepteurs à bas isolement (four...).

Conforme à la norme NFC 15-100 (Décembre 2002 et mise à jour en 2005)

5- Intersection : Les schémas des liaisons à la terre (Schneider Novembre 1998)

Intersections - Novembre 1998



Calcul de la tension de défaut

Une personne en contact avec la masse métallique du récepteur défectueux, sera soumise à un potentiel U_d :

$$U_d = U_0 \times R_A / (R_A + R_B) = 153 \text{ V.}$$

Ce potentiel est **dangereux** pour les personnes car très largement supérieur à la tension limite de contact ($U_L = 50 \text{ V}$).

Conclusion

Le défaut doit être éliminé par ouverture de la portion de circuit électrique défectueuse dans un temps inférieur au temps indiqué par les tableaux 41 GA et 48 GE de la C 15.100 (ici : 0,27 s pour 150 V). Pour cette intensité de défaut ($I_d = 15,3 \text{ A}$), le temps de déclenchement de la protection thermique du disjoncteur est trop long. Il convient d'utiliser une protection différentielle (Dispositif Différentiel Résiduel ou DDR) qui détectera l'intensité de défaut de mode commun I_d et qui provoquera l'ouverture immédiate du disjoncteur.

Schéma TN

Principe

Le principe de ce type de schéma dit de "mise au neutre" est de transformer tout défaut d'isolement en court-circuit monophasé phase neutre.

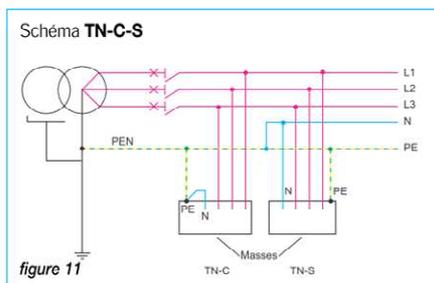
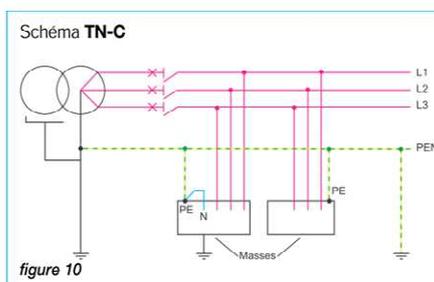
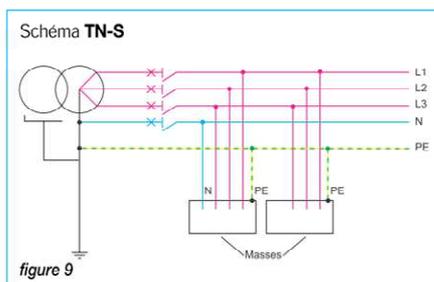
Dans ce type de schéma :

- le point neutre BT de chaque source est relié directement à la terre,
 - toutes les masses de l'installation sont reliées au neutre et donc à la terre par le conducteur de protection (PE ou PEN).
- Ce raccordement direct transforme tout défaut d'isolement en court-circuit phase-neutre qui sollicite les protections de surintensité,
- le conducteur de protection doit être maintenu à un potentiel proche de celui de la terre par des liaisons en de nombreux points, le plus souvent possible si des possibilités existent.

Trois types de schémas TN :

- TN-S** dans lequel un conducteur de protection (PE) distinct du neutre (N) est utilisé (figure 9),
- TN-C** dans lequel les fonctions de neutre et de protection sont combinées en un seul conducteur, appelé PEN (figure 10),
- TN-C-S** lorsque le schéma TN-S est réalisé en aval d'un schéma TN-C (figure 11).

N.B. : le schéma TN-S est obligatoire pour les réseaux ayant des conducteurs de section inférieure à 10 mm^2 en cuivre et 16 mm^2 en aluminium.



**Conforme à la norme NFC 15-100
(Décembre 2002 et mise à jour en 2005)**

2.4.3. Mise au neutre (schéma *TN*)

Le point neutre est relié directement à la terre (première lettre *T*).

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 ou non.

■ premier cas

Les conducteurs de neutre et de protection sont confondus en un seul conducteur appelé *PEN*. Le schéma est identifié par une troisième lettre *C* et est noté *TNC* (voir fig. 2-15) :

- il est recommandé de relier le *PEN* régulièrement à la terre afin de limiter son niveau de potentiel par rapport au sol (voir § 2.3.2.6.)

- ce schéma est interdit pour les sections inférieures à 10 mm² cuivre et 16 mm² aluminium, ainsi que pour les canalisations mobiles. Il est également interdit en aval d'un schéma *TNS* (norme C 15-100, § 4.6.2.).

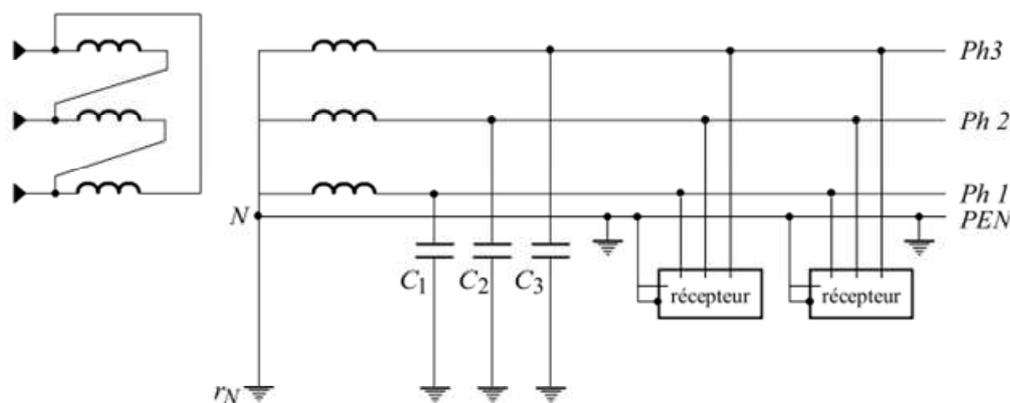


Figure 2-15 : schéma TNC

**Conforme à la norme NFC 15-100
(Décembre 2002 et mise à jour en 2005)**

■ deuxième cas

Le conducteur de neutre et le conducteur de protection sont séparés. Le schéma est alors identifié par la troisième lettre S et est noté *TNS* (voir fig. 2-16).

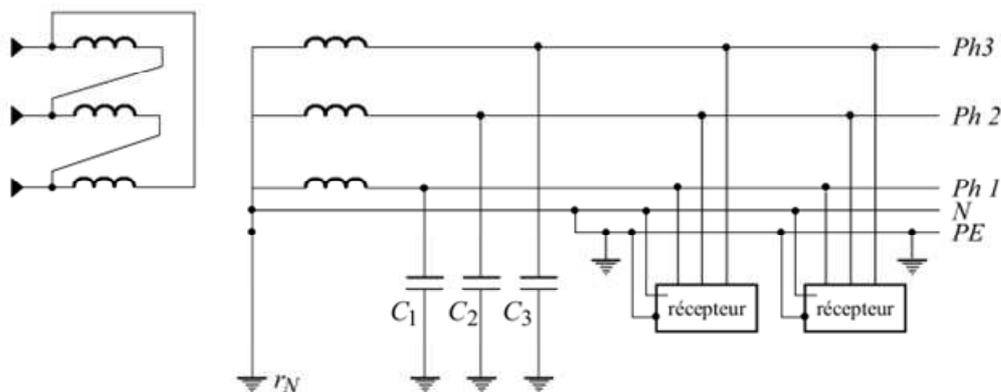


Figure 2-16 : schéma TNS

Des prises de terre doivent être réparties uniformément le long du conducteur de protection.

En *TN*, ce schéma est obligatoire pour des sections inférieures à 10 mm² cuivre ou 16 mm² aluminium, ainsi que pour les canalisations mobiles. Il est interdit en amont d'un schéma *TNC*.

Nota : les deux schémas *TNC* et *TNS* peuvent être utilisés dans une même installation. Mais le schéma *TNC* (4 fils) ne doit jamais être en aval du schéma *TNS* (5 fils) (voir fig. 2-17).

Comme précisé précédemment, la mise au neutre nécessite la création d'un système équipotentiel pour éviter la montée en potentiel des masses et des éléments conducteurs lors des défauts phase-terre. Il est, par conséquent, nécessaire de relier le conducteur *PEN* à de nombreuses prise de terre réparties dans l'installation.

Conforme à la norme
NFC 15-100 (Décembre 2002
mise à jour en 2005)

Dispositif
de
Séparation ?

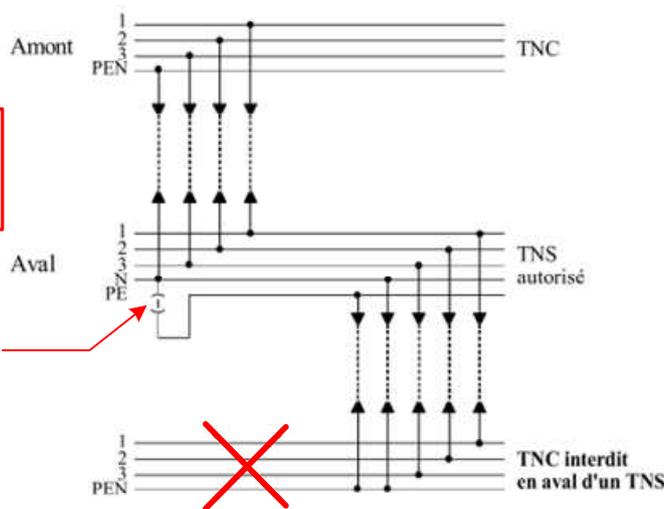


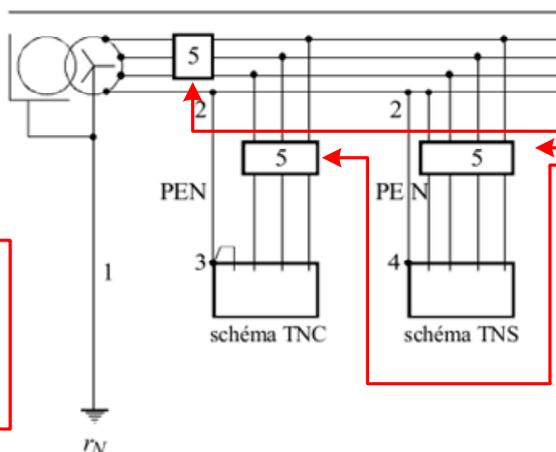
Figure 2-17 : combinaison des schémas TNC et TNS

2.5.2.1. Mise en oeuvre du schéma TN

■ dispositions générales

Elles sont énumérées ci-dessous et représentées sur la figure 2-31 :

- relier régulièrement à la terre le conducteur *PE* de protection
- faire cheminer les conducteurs de protection *PE* ou *PEN* à côté des conducteurs de phases sans interposer d'élément ferromagnétique ou utiliser des câbles incorporant les conducteurs de phase et le conducteur de protection
- raccorder le conducteur *PEN* sur la borne "masse" du récepteur
- **séparation du conducteur neutre et du conducteur de protection lorsque la section est $\leq 6 \text{ mm}^2$ cuivre ou 10 mm^2 alu ou en présence de canalisations mobiles**
- déclenchement au premier défaut d'isolement au moyen des dispositifs de protection classique (disjoncteur ou fusible)
- vérification des conditions de déclenchement des dispositifs de protection. Cette vérification doit être faite à la conception de l'installation par calcul et à la mise en service par des mesures.



Dispositif de protection contre les surintensités

Non conforme à la la norme NFC 15-100 (Décembre 2002 mise à jour en 2005) Voir remarque folio 1

Nota : le conducteur *PEN* ne doit être ni coupé, ni comporter d'appareillage. Les appareils de protection sont donc :

- tripolaires lorsque le circuit comporte un conducteur *PEN* (schéma *TNC*)
- tétrapolaires ($3 P + N$) lorsque le circuit comporte un conducteur neutre et un conducteur *PE* (schéma *TNS*).

- 1 : mise à la terre directe du point neutre
- 2 : conducteur de protection *PE* ou *PEN*
- 3-4 : raccordement des masses au conducteur de protection
- 5 : dispositif de protection contre les défauts entre phases

Dispositif de protection contre les surintensités

Figure 2-31 : mise en oeuvre du schéma TN

Publication, traduction et reproduction totales ou partielles de ce document sont rigoureusement interdites sauf autorisation écrite de nos services.
The publication, translation and reproduction, either wholly or partly, of this document are not allowed without our written consent.