

---

# 1

## *étude d'une installation*

### *1j protection des personnes et des biens*

page

---

définitions selon les normes NF C 15-100  
et IEC 479-1/2

K222

schémas de liaison à la terre

K225

choix d'un schéma de liaison à la terre

K228

nombre de pôles des disjoncteurs

K232

#### **schéma de liaison à la terre TT**

protection des personnes contre les contact indirects

K233

schémas types et solutions

K234

choix d'un dispositif différentiel résiduel (DDR)

K236

#### **schémas de liaison à la terre TN et IT**

protection des personnes contre les contact indirects

K238

contrôle des conditions de déclenchement

K239

#### **schéma de liaison à la terre TN**

schéma type et solutions

K240

longueurs maximales des canalisations

K241

#### **schéma de liaison à la terre IT**

schémas types et solutions

K247

choix d'un contrôleur permanent d'isolement (C.P.I.)

K249

imposition des normes sur les C.P.I.

K251

emploi des C.P.I. avec les A.S.I.

K253

longueurs maximales des canalisations

K255

solutions en réseau continu

K261

risques de déclenchement intempestif d'un D.D.R.

K262

comportement d'un D.D.R.

K264

en présence d'une composante continue

---

# Définitions selon les normes NF C 15-100 et IEC 479-1 et 2

## Dispositif différentiel résiduel (DDR) ou différentiel

Dispositif de mesure, associé à un capteur tore entourant les conducteurs actifs. Sa fonction est la détection d'une différence ou plus précisément d'un courant résiduel. L'existence d'un courant différentiel résiduel résulte d'un défaut d'isolement entre un conducteur actif et une masse ou la terre. Une partie du courant emprunte un chemin anormal, généralement la terre pour retourner à la source.

Afin de réaliser la mise hors tension du réseau, le différentiel peut :

- faire partie intégrante du dispositif de coupure (cas du différentiel DT40N vigi et interrupteur différentiel Multi 9)
- lui être associé (cas des disjoncteurs Multi 9 C60 - C120/NG125 ou Vigicompact NS100 à 630 N/H/L)
- être extérieur au disjoncteur (cas des Vigirex).

## Conducteurs actifs

Ensemble des conducteurs affectés à la transmission de l'énergie électrique y compris le neutre.

## Masse

Partie conductrice susceptible d'être touchée et normalement isolée des parties actives mais pouvant être portée accidentellement à une tension dangereuse.

## Contact direct

Contact des personnes avec les parties actives des matériels électriques (conducteurs ou pièces sous tension).

## Contact indirect

Contact des personnes avec des masses mises accidentellement sous tension généralement suite à un défaut d'isolement.

## Courant de défaut Id

Courant résultant d'un défaut d'isolement.

## Courant différentiel résiduel

$I_{\Delta n}$  valeur efficace de la somme vectorielle des courants parcourant tous les conducteurs actifs d'un circuit en un point de l'installation.

## Courant différentiel résiduel de fonctionnement If

Valeur du courant différentiel résiduel provoquant le fonctionnement du dispositif. En France les normes de construction définissent ce courant de la façon suivante :  
à 20 °C,  $I_{\Delta n}/2 \leq I_f \leq I_{\Delta n}$ .

## Effets du courant passant par le corps humain

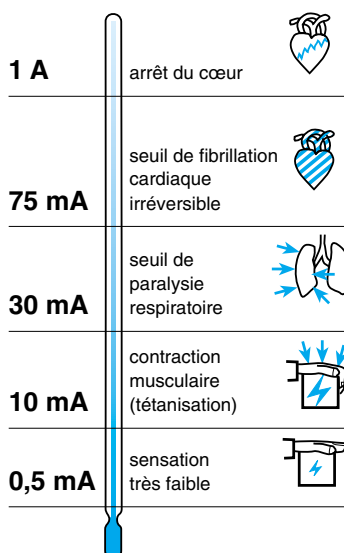
### Impédance du corps humain

Les informations figurant dans ce chapitre ont été extraites du rapport émanant de la norme IEC 479-1 de 1984 et de la norme IEC 479-2 de 1987 qui traitent des effets du courant passant dans le corps humain. Les dangers encourus par les personnes traversées par un courant électrique dépendent essentiellement de son intensité et du temps de passage. Ce courant dépend de la tension de contact qui s'applique sur cette personne, ainsi que de l'impédance rencontrée par ce courant lors de son cheminement au travers du corps humain. Cette relation n'est pas linéaire, car cette impédance dépend du trajet au travers du corps, de la fréquence du courant et de la tension de contact appliquée, ainsi que de l'état d'humidité de la peau.

### Effets du courant alternatif (entre 15 et 100 Hz) :

- seuil de perception : valeur minimale du courant qui provoque une sensation pour une personne à travers laquelle le courant passe. De l'ordre de 0,5 mA.
  - seuil de non lâcher : valeur maximale du courant pour laquelle une personne tenant des électrodes peut les lâcher. Généralement considéré à 10 mA.
  - seuil de fibrillation ventriculaire du cœur humain : ce seuil dépend de la durée de passage du courant. Il est considéré égal à 400 mA pour une durée d'exposition inférieure à 0,1 s.
- Les effets physiologiques du courant électrique sont récapitulés dans le graphique ci-dessous.

### Résumé des conséquences du passage du courant dans l'organisme



### Effets du courant alternatif de fréquence supérieure à 100 Hz

Plus la fréquence du courant augmente, plus les risques de fibrillation ventriculaire diminuent ; par contre, les risques de brûlure augmentent. Mais, plus la fréquence du courant augmente (entre 200 et 400 Hz), plus l'impédance du corps humain diminue. Il est généralement considéré que les conditions de protection contre les contacts indirects sont identiques à 400 Hz et à 50/60 Hz.

### Effets du courant continu

Le courant continu apparaît comme moins dangereux que le courant alternatif ; en effet, il est moins difficile de lâcher des parties tenues à la main qu'en présence de courant alternatif. En courant continu, le seuil de fibrillation ventriculaire est beaucoup plus élevé.

### Effets des courants de formes d'onde spéciales

Le développement des commandes électroniques risque de créer, en cas de défaut d'isolement, des courants dont la forme est composée de courant alternatif auquel se superpose une composante continue. Les effets de ces courants sur le corps humain sont intermédiaires entre ceux du courant alternatif et ceux du courant continu.

### Effets des courants d'impulsion unique de courte durée

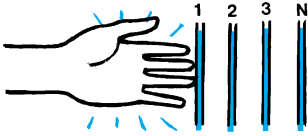
Ils sont issus des décharges de condensateurs et peuvent présenter certains dangers pour les personnes en cas de défaut d'isolement. Le facteur principal qui peut provoquer une fibrillation ventriculaire est la valeur de la quantité d'électricité  $It$  ou d'énergie  $I^2t$  pour des durées de choc inférieures à 10 ms. Le seuil de douleur dépend de la charge de l'impulsion et de sa valeur de crête. D'une façon générale, il est de l'ordre de 50 à 100 . 10<sup>6</sup> A<sup>2</sup>s.

### Risques de brûlures

Un autre risque important lié à l'électricité est la brûlure. Celles-ci sont très fréquentes lors des accidents domestiques et surtout industriels (plus de 80 % de brûlures dans les accidents électriques observés à EDF).

Il existe deux types de brûlures :

- la brûlure par arc, qui est une brûlure thermique due à l'intense rayonnement calorifique de l'arc électrique
- la brûlure électrothermique, seule vraie brûlure électrique, qui est due au passage du courant à travers l'organisme.



La norme NF C 15-100 définit le contact direct comme suit :

"contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des parties actives".

## Protection contre les contacts directs quel que soit le régime de neutre

Les parties actives peuvent être les conducteurs actifs, les enroulements d'un moteur ou transformateur ou les pistes de circuits imprimés.

Le courant peut circuler soit d'un conducteur actif à un autre en passant par le corps humain, soit d'un conducteur actif vers la terre puis la source, en passant par le corps humain. Dans le premier cas, la personne doit être considérée comme une charge monophasée, et dans le deuxième cas comme un défaut d'isolement.

Ce qui caractérise le contact direct est l'absence ou la non-influence d'un conducteur de protection dans l'analyse des protections contre les contacts directs à mettre en œuvre. Quel que soit le régime de neutre dans le cas d'un contact direct, le courant qui retourne à la source est celui qui traverse le corps humain.

Les moyens à mettre en œuvre pour protéger les personnes contre les contacts directs sont de plusieurs types selon la norme NF C 15-100.

### Disposition rendant non dangereux le contact direct

C'est l'utilisation de la très basse tension (TBTS, TBTP), limitée à 25 V (contraintes de mise en œuvre, puissances véhiculées faibles).

### Moyens préventifs

Ils sont destinés à mettre hors de portée les parties actives sous tension :

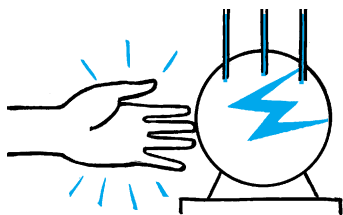
- isolation des parties actives : boîtier isolant d'un disjoncteur, isolant extérieur d'un câble...
- barrières ou enveloppes (coffrets ou armoires de degré de protection minimum IP 2x ou IP xx.B). L'ouverture de ces enveloppes ne se fait qu'avec une clé ou un outil, ou après mise hors tension des parties actives, ou encore avec interposition automatique d'un autre écran
- éloignement ou obstacles pour mise hors de portée : protection partielle utilisée principalement dans les locaux de services électriques.

### Protection complémentaire

Cependant certaines installations peuvent

présenter des risques particuliers, malgré la mise en œuvre des dispositions précédentes : isolation risquant d'être défectueuse (chantiers, enceintes conductrices), conducteur de protection absent ou pouvant être coupé...

Dans ce cas, la norme NF C 15-100 définit une protection complémentaire : c'est l'utilisation de dispositifs différentiels à courant résiduel (DDR) à haute sensibilité ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ). Ces DDR assurent la protection des personnes en décelant et coupant le courant de défaut dès son apparition.



La norme NF C 15-100 définit le contact indirect comme suit :

"contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des masses mises sous tension par suite d'un défaut d'isolement".

## Protection contre les contacts indirects

### Masses mises sous tension

Ces masses peuvent être l'enveloppe extérieure d'un moteur, d'un tableau électrique, d'un appareillage domestique. Elles sont métalliques ou conductrices renfermant des parties actives sous tension. Elles ne doivent pas être confondues avec les masses électroniques propres au fonctionnement des ensembles électroniques et sont reliées à la terre par l'intermédiaire d'un conducteur de protection (PE). En l'absence d'un défaut d'isolement, ces masses électriques doivent être à un potentiel nul par rapport à la terre, car elles sont accessibles normalement à toute personne non habilitée. En cas de défaut d'isolement, cette masse est en contact avec une partie active, et le courant circulant au travers du défaut et de la masse rejoint la terre, soit par le conducteur de protection, soit par une personne en contact. La caractéristique d'un contact indirect est que le courant de défaut ne circule jamais intégralement au travers du corps humain.

### Mesures de protection contre les contacts indirects

Elles sont de deux sortes selon la NF C 15-100 :

■ protection sans coupure de l'alimentation : emploi de la très basse tension (TBTS, TBTP), séparation électrique des circuits, emploi de matériel de classe II, isolation supplémentaire de l'installation, éloignement ou interposition d'obstacles, liaisons équipotentielles locales non reliées à la terre

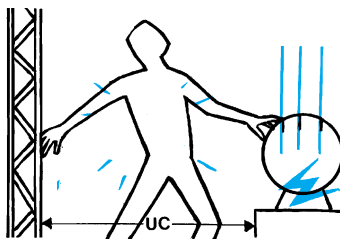
■ protection par coupure automatique de l'alimentation : elle s'avère nécessaire, car les mesures de protection précédentes ne sont, en pratique que locales.

Cette protection par coupure automatique n'est réelle que si les deux conditions suivantes sont réalisées :

□ 1<sup>re</sup> condition : toutes les masses et éléments conducteurs accessibles doivent être interconnectés et reliés à la terre. Deux masses simultanément accessibles doivent être reliées à une même prise de terre

□ 2<sup>e</sup> condition (quand la 1<sup>re</sup> est réalisée) : la coupure doit s'effectuer par mise hors tension automatique de la partie de l'installation où se produit un défaut d'isolement, de manière à ne pas soumettre une personne à une tension de contact  $U_c$  pendant une durée telle qu'elle soit dangereuse. Plus cette tension est élevée, plus la mise hors tension de cette partie d'installation en défaut doit être rapide.

Cette mise hors tension de l'installation se fait différemment selon les schémas des liaisons (régimes de neutre) : voir pages suivantes les régimes TT, TN et IT.



La norme NF C 15-100 définit le temps de coupure maximal du dispositif de protection dans les conditions normales ( $U_c = 50$  V) et dans les conditions mouillées ( $U_c = 25$  V), ( $U_c$  est la tension de contact la plus élevée qui peut être maintenue indéfiniment sans danger pour les personnes).

tension de contact présumée (V)	temps de coupure maximal du dispositif de protection (s)	
	$U_c = 50$ V	$U_c = 25$ V
25	5	5
50	5	0,48
75	0,60	0,30
90	0,45	0,25
110	—	0,18
120	0,34	—
150	0,27	0,12
220	0,17	—
230	—	0,05
280	0,12	0,02
350	0,08	—
500	0,04	—

Il existe, pour les réseaux BT, trois types de schémas de liaison à la terre, communément appelés régimes de neutre :

- neutre à la terre TT
- mise au neutre TN avec 2 variantes :
  - TN-S Neutre et PE séparés
  - TN-C Neutre et PE confondus
- neutre isolé IT.

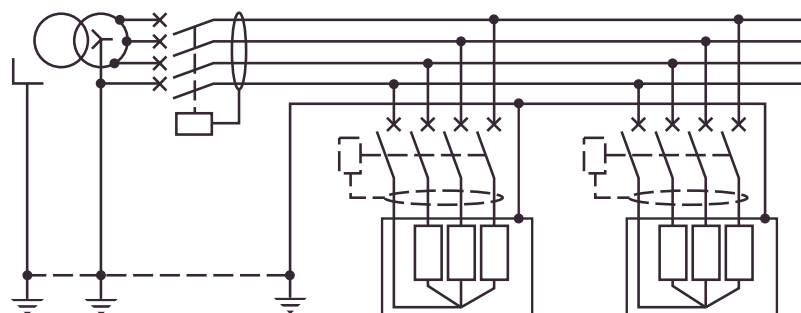
Ils diffèrent par la mise à la terre ou non du point neutre de la source de tension et le mode de mise à la terre des masses.

## Codification de la norme IEC 364 :

- 1<sup>re</sup> lettre : position du point neutre
  - T : raccordement direct à la terre
  - I : isolé de la terre ou raccordé par une impédance
- 2<sup>e</sup> lettre : mode de mise à la terre des masses électriques d'utilisation
  - T : raccordement direct à la terre
  - N : raccordement au point neutre de la source
- 3<sup>e</sup> lettre : situation respective du conducteur neutre et du conducteur de protection
  - neutre et PE confondus
  - neutre et PE séparés.

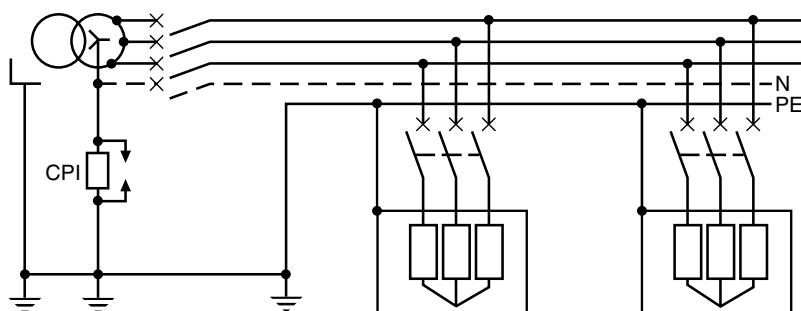
Les règles de protection des personnes contre les contacts directs sont indépendantes des schémas de liaison à la terre.

## Neutre à la terre TT



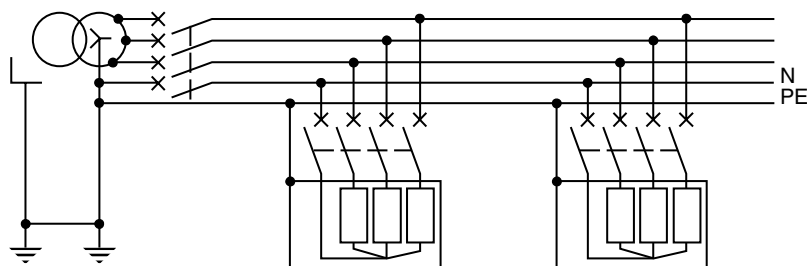
- Le point neutre du transformateur est relié directement à la terre.
- Les masses d'utilisation sont reliées à la prise de terre de l'installation.
- Intensité du courant de défaut d'isolement limité par les résistances de prise de terre.
- Masses d'utilisation mises à la terre par conducteur PE distinct 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.
- Extension sans calcul des longueurs de canalisation.
- Ne nécessite pas une permanence de surveillance en exploitation (seul un contrôle périodique des dispositifs différentiels résiduels peut parfois être nécessaire).

## Neutre isolé IT



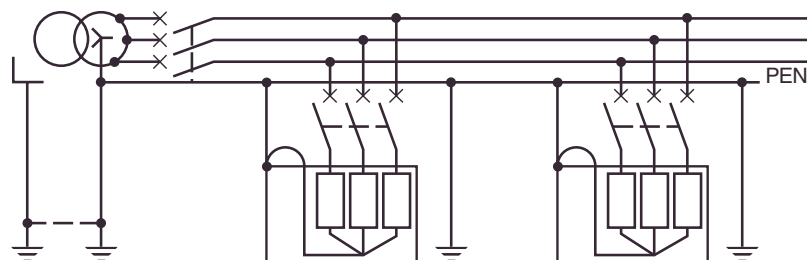
- Le point neutre du transformateur est isolé de la terre ou impédant.
- Les masses d'utilisation sont interconnectées et reliées à une même prise de terre (si la prise de terre des masses du poste est séparée des masses d'utilisation ou s'il y a plusieurs prises de terre pour les masses d'utilisation, il faut installer un dispositif différentiel à courant résiduel en tête de l'installation).
- L'intensité du courant de 1<sup>er</sup> défaut d'isolement ne peut créer une situation dangereuse.
- L'intensité du courant de double défaut d'isolement est importante.
- Les masses d'utilisation sont mises à la terre par le conducteur PE distinct du conducteur de neutre.
- Le premier défaut d'isolement n'est ni dangereux, ni perturbateur.
- Il n'est pas obligatoire de déclencher au premier défaut ce qui permet d'assurer une meilleure continuité de service.
- Signalisation obligatoire au premier défaut d'isolement suivie de sa recherche et de son élimination réalisée par un Contrôleur Permanent d'Isolément installé entre neutre et terre.
- Déclenchement obligatoire au deuxième défaut d'isolement par les dispositifs de protection contre les surintensités.
- La vérification des déclenchements au 2<sup>e</sup> défaut doit être effectuée.
- Nécessite un personnel d'entretien disponible pour la recherche et l'élimination du 1<sup>er</sup> défaut d'isolement.
- Solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation.
- Nécessité d'installer des récepteurs de tension d'isolement phase/masse supérieure à la tension composée (cas du 1<sup>er</sup> défaut).
- Les récepteurs à faible résistance d'isolement (fours à induction) impliquent une fragmentation du réseau.

## Mise au neutre TN Régime TN-S



- 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.
- Intensité des courants de défaut d'isolement importante (perturbations et risques d'incendie accrus).
- Conducteur neutre et conducteur de protection séparés.
- Déclenchement obligatoire au premier défaut d'isolement éliminé par les dispositifs de protection contre les surintensités.
- Il est délicat de tester le bon état de fonctionnement des protections. L'utilisation des DDR pallie cette difficulté.
- 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.
- La vérification des déclenchement 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.

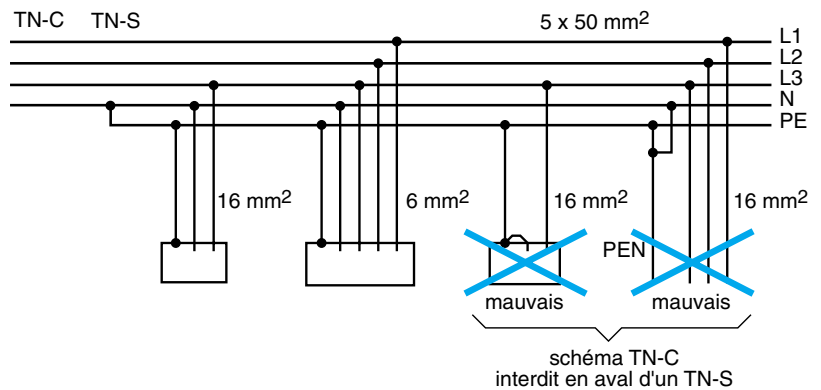
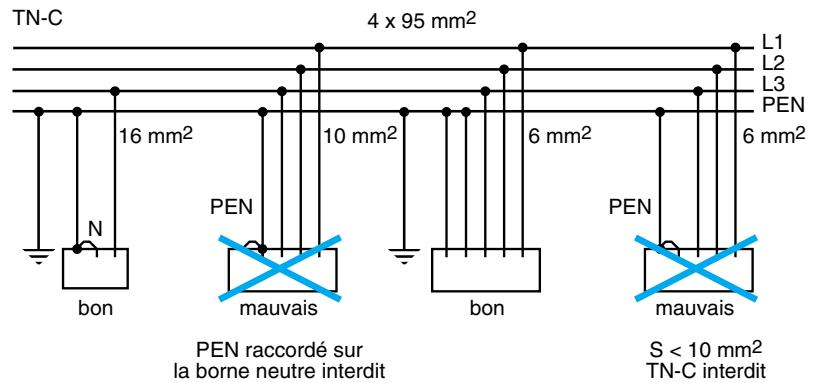
## Régime TN-C



- Point neutre du transformateur et conducteur PEN reliés directement à la terre.
- Masses d'utilisation reliées au conducteur PEN, lui-même relié à la terre.
- Intensité des courants de défaut d'isolement importante (perturbations et risques d'incendie accrus).
- Conducteur neutre et conducteur de protection confondus (PEN).
- La circulation des courants de neutre dans les éléments conducteurs du bâtiment et les masses, est à l'origine d'incendies et pour les matériels sensibles (médical, informatique, télécommunications) de chutes de tension perturbatrices.
- Déclenchement obligatoire au premier défaut d'isolement éliminé par les dispositifs de protection contre les surintensités.
- La vérification des déclenchement 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).
- Il est délicat de tester le bon état de fonctionnement des protections (l'utilisation des DDR pallie cette difficulté, mais demande d'être en TN-S).

## 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  $< 10 \text{ mm}^2$  Cu ou  $< 16 \text{ mm}^2$  Al, ou pour des câbles souples.



# Choix d'un schéma de liaison à la terre

Pour la protection des personnes, les 3 schémas de liaison à la terre sont équivalents si l'on respecte toutes les règles d'installation et d'exploitation.

Etant donné les caractéristiques spécifiques à chaque schéma, il ne peut donc être question de faire un choix a priori.

Ce choix doit résulter d'une concertation entre l'utilisateur et le concepteur de réseau (BE, installateur ...) sur :

1. les caractéristiques de l'installation,
2. les conditions et impératifs d'exploitation.

Il est illusoire de vouloir exploiter un réseau à neutre isolé dans une partie d'installation qui par nature possède un niveau d'isolement faible (quelques milliers d'ohms) : installations anciennes, étendues, avec lignes extérieures...

De même il serait contradictoire dans une industrie où la continuité de service ou de productivité est impérative et les risques d'incendie importants de choisir une exploitation en mise au neutre.

## Remarque

Lorsque la nature des récepteurs le justifie, il est souvent judicieux de faire coexister deux schémas de liaison à la terre différents dans une même installation, il est alors nécessaire de réaliser un découpage du réseau : chaque groupe de récepteurs doit être alimenté par un transformateur d'isolement.

## Méthode pour choisir un schéma de liaison à la terre (SLT)

**1** S'assurer que l'installation ne se trouve pas dans un des cas où le schéma de liaison à la terre est imposé ou recommandé par la législation (décrets, arrêtés ministériels) (consulter le tableau A).

**2** Rechercher avec l'utilisateur (ou son représentant) les exigences de continuité de service ou de productivité en fonction de l'exploitation (service entretien) (consulter le tableau B).

**3** Rechercher avec l'utilisateur et avec le bureau d'études, les synergies entre les différents schémas de liaison à la terre et les perturbations électromagnétiques (consulter le tableau C).

**4** Vérifier la compatibilité entre le schéma de liaison à la terre choisi et certaines caractéristiques particulières de l'installation ou de certains récepteurs (consulter le tableau D pages suivantes selon NF C15-100, section 707).

Le tableau C récapitule les cas particuliers de réseau ou de récepteurs pour lesquels certains schémas de liaison à la terre sont conseillés ou déconseillés.



Tableau A

## exemples fréquents où le schéma de liaison à la terre est imposé (ou fortement recommandé) par des textes officiels

Bâtiment alimenté par un réseau de distribution publique (domestique, petit tertiaire, petit atelier)

**neutre à la terre (TT)**  
Arrêté Interministériel du 13.2.70



Etablissements recevant du public

**neutre isolé (IT)**  
Règlement de sécurité contre les risques de panique et d'incendie dans les lieux recevant du public.



Circuits de sécurité (éclairage) soumis au décret de protection des travailleurs

**neutre isolé (IT)**  
Arrêté ministériel du 10 novembre 1976 relatif aux circuits et installations de sécurité (publié au journal officiel n° 102 NC du 1<sup>er</sup> décembre 1976).



Mines et carrières

**neutre isolé (IT) ou neutre à la terre (TT)**  
Décret n° 76-48 du 9.1.76  
Circulaire du 9.1.76 et règlement sur la protection du personnel dans les mines et carrières, annexée au décret 76-48.



Tableau B

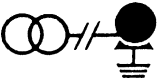
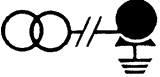

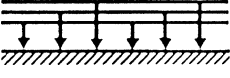





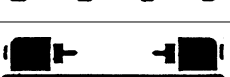
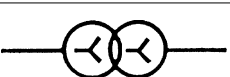





entretien assuré par un personnel électricien qualifié	continuité de service primordiale	
	OUI	NON
OUI	<b>neutre isolé (IT)</b> combiné à d'autres mesures éventuelles (normal-secours, sélectivité des protections, localisation et recherche automatique du 1 <sup>er</sup> défaut...), il constitue le moyen le plus sûr pour éviter au maximum les coupures en exploitation. <b>Exemples :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ industries où la continuité de service est prioritaire pour la conservation des biens ou des produits (sidérurgie, industries alimentaires...),</li> <li>■ exploitation avec circuits prioritaires de sécurité : immeubles de grande hauteur, hôpitaux, établissements recevant du public.</li> </ul>	<b>neutre isolé (IT), neutre à la terre (TT), mise au neutre (TN)</b> Choix définitif après examen : <ul style="list-style-type: none"> <li>■ des caractéristiques de l'installation (nature du réseau, des récepteurs... tableau C),</li> <li>■ du degré de complexité de mise en œuvre de chaque schéma,</li> <li>■ du coût de chaque schéma (à l'étude, à l'installation, à la vérification, à l'exploitation).</li> </ul>
NON	<b>aucun SLT n'est satisfaisant</b> du fait de l'incompatibilité entre ces 2 critères.	<b>neutre à la terre (TT)</b> Le plus simple à mettre en œuvre, à contrôler, à exploiter (en particulier si des modifications d'installation sont envisagées en exploitation).

Tableau C

nature de l'alimentation	schéma	remarques
réseau de distribution BT	TT	■ emploi de parafoudre si distribution aérienne
installation à BT issue d'un poste HTA/BT de l'établissement	TT	■ recommandé pour les installations peu surveillées ou évolutives
	TN	■ TNS conseillé pour les installations très surveillées et peu évolutives
	IT	■ recommandé s'il y a un impératif de continuité de service ■ attention à la tension d'emploi de certains filtres HF
circuit issu d'un transformateur BT/BT à enroulements séparés	IT	■ prescrit par la NF C 15-100 § 413.5
	TNS	■ prescrit par les informaticiens
	TT	■ équivalent au TNS mais courant de défaut d'isolement réduit
sources de remplacement	IT	■ conseillé pour la continuité de service
	TNS	■ possible, mais attention au réglage des protections
	TT	■ conseillé

# Choix d'un schéma de liaison à la terre

**Tableau D**

cas particuliers de réseaux ou de récepteurs			conseillé	possible
nature du réseau	réseau très étendu avec bonnes prises de terre des masses d'utilisation ( $10 \Omega$ maxi)			TT, TN, IT (1) ou mixage
	réseau très étendu avec mauvaises prises de terre des masses d'utilisation ( $> 30 \Omega$ )		TT	TNS
	réseau perturbé (zone orageuse) (ex. : réémetteur télé ou radio)		TN	TT
	réseau avec courants de fuite importants ( $> 500 \text{ mA}$ )		TN (4)	IT (4) TT (3) (4)
	réseau avec lignes aériennes extérieures		TT (6)	TN (5) (6)
	groupe électrogène de secours		IT	TT
nature des récepteurs	récepteurs sensibles aux grands courants de défaut (moteurs...)			TT
	récepteurs à faible isolement (fours électriques, soudeuses, outils chauffants, thermoplongeurs, équipements de grandes cuisines)		TN (9)	TT (9)
	nombreux récepteurs monophasés phase neutre (mobiles, semi-fixes, portatifs)		TT (10) TNS	
	récepteurs à risques (palans, convoyeurs...)		TN (11)	TT (11)
	nombreux auxiliaires (machines-outils)		TNS	TNC IT (12 <sup>bis</sup> )
divers	alimentation par transformateur de puissance avec couplage étoile-étoile		TT	TT sans neutre
	locaux avec risques d'incendie		IT (15) TT (15)	TNS (15)
	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)
	installation où la continuité des circuits de terre est incertaine (chantiers, installations anciennes)		TT (20)	TNS (20)
	équipements électroniques : calculateurs, automates programmables		TN-S	TT (21)
	réseau de contrôle et commande des machines et capteurs effecteurs des automates programmables		IT (22)	TN-S TT

déconseillé	
IT TNC	<p>(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...).</p> <p>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.</p>
IT (2)	<p>(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.</p> <p>(3) Risques de fonctionnement intempestif des DDR.</p> <p>(4) La solution idéale est – quel que soit le SLT – d'isoler la partie perturbatrice si elle est facilement localisable.</p>
IT (6)	<p>(5) Risques de défaut phase/terre rendant aléatoire l'équipotentialité et risque de rupture du PEN.</p> <p>(6) Isolement incertain à cause de l'humidité et des poussières conductrices.</p>
TN (7)	<p>(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.</p>
TN (8)	<p>(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.</p>
IT	<p>(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).</p>
IT (10) TNC (10)	<p>(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.</p>
IT (11)	<p>(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.</p>
TT (12)	<p>(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).</p> <p>(12<sup>bis</sup>) Avec double interruption du circuit de commande.</p>
TN (13) IT avec neutre	<p>(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.</p>
TNC (14)	<p>(14) Le TN-C est interdit car les forts courants de défaut rendent dangereuse la mise au neutre.</p> <p>(15) Quel que soit le SLT, utilisation de dispositif différentiel résiduel de sensibilité <math>I_{\Delta n} \leq 500</math> mA.</p> <p>(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).</p>
TN (19) IT (19)	<p>(17) Possible sans personnel d'entretien très compétent.</p> <p>(18) Avec différentiel moyenne sensibilité recommandé</p> <p>(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.</p>
TNC IT (20)	<p>(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.</p>
TN-C	<p>(21) Avec parafoudre selon le niveau d'exposition du site.</p>
	<p>(22) Cette solution permet d'éviter l'apparition d'ordres intempestifs lors d'une fuite à la terre intempestive.</p>

# Nombre de pôles des disjoncteurs en fonction des schémas de liaison à la terre

Le nombre de pôles indiqué dans le tableau est valable pour les disjoncteurs assurant à la fois des fonctions de protection, commande et sectionnement.

## Condition 1

La section des conducteurs est  $> 16 \text{ mm}^2$  Cu  
ou  $> 25 \text{ mm}^2$  Alu.

## Condition 2

La puissance absorbée entre phase et neutre est  $< 10 \%$  de la puissance totale transportée par la canalisation.

## Condition 3

Le courant maximal susceptible de traverser le neutre est inférieur au courant admissible  $I_z$  dans ce conducteur.

## Condition 4

Le circuit considéré fait partie d'un ensemble de circuits terminaux :

- protégés par des dispositifs dont les réglages (ou les calibres) ne diffèrent pas de plus du simple au double
- l'ensemble étant protégé en amont par un dispositif à courant différentiel résiduel dont la sensibilité est au plus égale à  $15 \%$  du courant admissible le plus faible des différents circuits.

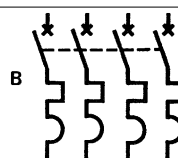
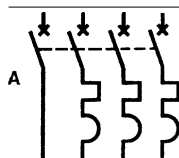
## Condition 5

Le conducteur neutre est protégé contre les courts-circuits par les dispositions prises pour les phases.

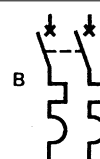
## Schéma TT ou TN-S



neutre non distribué  
triphasé

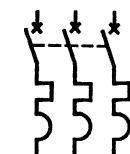


neutre distribué  
triphasé + N  
 $S_n = S_{ph}$  : schémas A ou B  
 $S_n < S_{ph}$  :  
schéma B avec conditions 1, 2 et 3  
schéma A si conditions 1, 2, 3 et 5

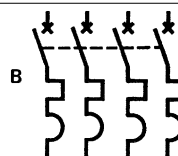
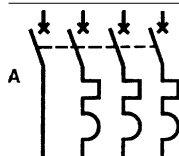


phase + N  
 $S_n = S_{ph}$  : schéma A ou B

## Schéma IT



neutre non distribué  
triphasé

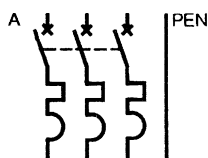


neutre distribué  
triphasé + N  
 $S_n = S_{ph}$  :  
schéma B ou schéma A si condition 4  
 $S_n < S_{ph}$  :  
schéma B avec conditions 1, 2 et 3  
schéma A si conditions 1, 2, 3 et 4

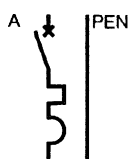


phase + N  
 $S_n = S_{ph}$  : schéma B  
ou schéma A si condition 4

## Schéma TN-C



triphasé + PEN  
 $S_{PEN} = S_{ph}$  : schéma A  
 $S_{PEN} < S_{ph}$  : schéma A si conditions 1, 2, 3 et 5



phase + PEN  
 $S_{PEN} = S_{ph}$  : schéma A