

III.1 Introduction

Aujourd'hui les 3 SLT, longtemps appelés régimes du neutre tels que définis par les normes CEI 60364 et NF C 15-100, sont :

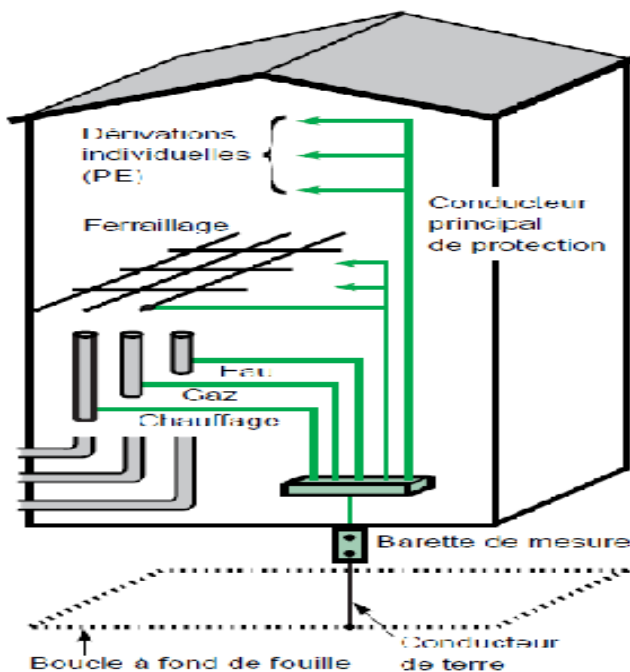
- 1- la mise au neutre -TN- ;
- 2- le neutre à la terre -TT- ;
- 3- le neutre isolé (ou impédant) -IT-.

Ces trois schémas ont une même finalité en termes de protection des personnes et des biens : la maîtrise des effets des défauts d'isolement. Ils sont considérés comme équivalents sur le plan de la sécurité des personnes contre les contacts indirects.

Un courant de défaut circule et provoque une élévation de potentiel entre la masse du récepteur électrique et la terre : il y a donc apparition d'une tension de défaut qui est dangereuse si elle est supérieure à la tension U_L (tension de contact maximale admissible pendant au moins 5 s).

Les mesures de protection contre les contacts indirects reposent sur trois principes fondamentaux :

- **la mise à la terre des masses des récepteurs et équipements électriques** pour éviter qu'un défaut d'isolement présente un risque équivalent d'un contact direct ;
- **l'équipotentialité des masses simultanément accessibles** : L'interconnexion de ces masses contribue efficacement à la réduction de la tension de contact. Elle se fait par le conducteur de protection (PE) qui relie les masses des matériels électriques pour l'ensemble d'un bâtiment, éventuellement complété de liaisons (**figure 1**).



III.2 Les schémas de liaisons à la terre en Bt (régime du neutre)

Un SLT en BT caractérise le mode de raccordement à la terre du secondaire du transformateur MT/BT et les manières de mettre à la terre les masses de l'installation.

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

- la première pour le raccordement du neutre du transformateur (2 cas possibles) :
- T pour « raccordé » à la terre,
- I pour « isolé » de la terre ;
- la deuxième pour le type de raccordement des masses d'utilisation (2 cas possibles) :
- T pour « raccordées directement » à la terre,
- N pour « raccordées au neutre » à l'origine de l'installation, lequel est raccordé à la terre.

La combinaison de ces deux lettres donne trois configurations possibles :

- TT : neutre du transformateur T et masse T.
- TN : neutre du transformateur T et masse N.
- IT : neutre du transformateur I et masse T.

Le schéma TN, selon les normes CEI 60364 et NFC 15-100, comporte plusieurs sous-schémas :

- TN-C : si les conducteurs du neutre N et du PE sont confondus (PEN).
- TN-S : si les conducteurs du neutre N et du PE sont distincts.

III.1.1 Mise au neutre ou schéma TN

Le neutre de l'alimentation est relié à la terre et les masses sont reliées au neutre.

Schéma TNC:

Le neutre et le conducteur de protection sont confondus, on utilise l'appareillage tripolaire, car on ne doit jamais couper un conducteur de protection électrique PE (jaune/vert). (Voir figure ci-dessous)

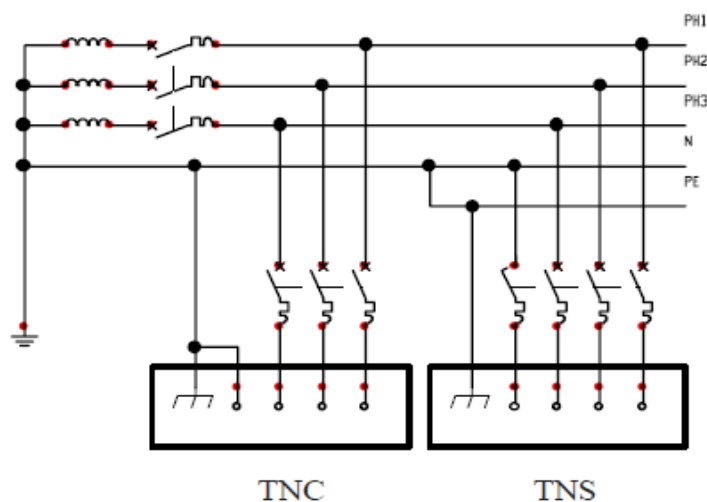
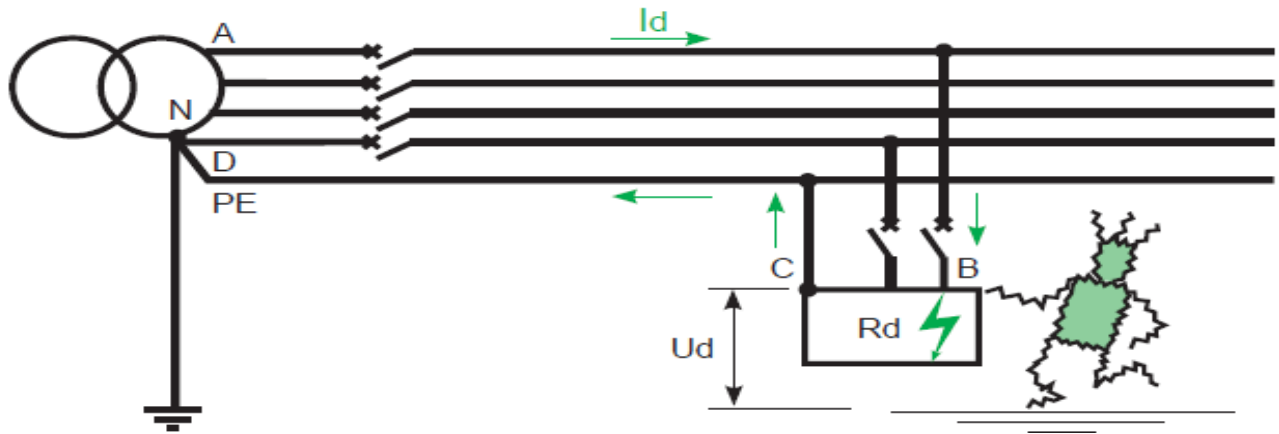


Schéma TNS:

Le neutre et le conducteur de protection sont séparés. Il faut utiliser, des appareils tétra polaires. TNC TNS

Examinons maintenant comment réaliser dans chacun des cas la protection des personnes.

En présence d'un défaut d'isolement, le courant de défaut I_d n'est limité que par l'impédance des câbles de la boucle de défaut.



$$I_d = \frac{U_0}{R_{ph} + R_d + R_{pe}} \quad (1)$$

Dans cette configuration la boucle ABCD de défaut est alimentée par une tension simple estimée à 0.8 fois la tension simple et $R_d \approx 0$. On aura le courant de défaut :

$$I_d = \frac{0.8 U_0}{R_{ph} + R_{pe}} \quad (2)$$

En effet, lors d'un court-circuit, il est admis que les impédances en amont du départ considéré provoquent une chute de tension de l'ordre de 20 % sur la tension simple U_0 , qui est la tension nominale entre phase et terre, d'où le coefficient de 0,8.

I_d induit donc une tension de défaut, par rapport à la terre :

$$U_d = R_{PE} \cdot I_d \text{ soit } U_d = 0.8 U_0 \frac{R_{pe}}{R_{ph} + R_{pe}} \quad (3)$$

$$\text{Si } R_{ph} = R_{pe} \quad U_d = \frac{0.8 U_0}{2} \quad (4)$$

Pour les réseaux 230/400 V, cette tension de l'ordre de $U_0/2$ si RPE = Rph est dangereuse car supérieure à la tension limite de sécurité, même en milieu sec ($U_L = 50$ V). Il est alors nécessaire d'assurer une mise hors tension automatique et immédiate de l'installation ou de la partie de l'installation (**voir temps de coupure**). Le défaut d'isolement étant similaire à un court-circuit phase neutre, la coupure est réalisée par le Dispositif de Protection contre un Court-circuit, avec un temps maximal de coupure spécifié fonction de U_L .

Vérification de la protection

Pour être sûr que la protection est bien active il faut, quel que soit le lieu du défaut, que le courant I_d soit supérieur au seuil de fonctionnement de la protection I_{mag} ($I_d > I_{mag}$). Cette condition doit être vérifiée lors de la conception de l'installation par le calcul des courants de défaut, ceci pour tous les circuits de la distribution.

U_0 (volts) tension phase/neutre	Temps de coupure (secondes) $U_L = 50$ V	Temps de coupure (secondes) $U_L = 25$ V
127	0,8	0,35
230	0,4	0,2
400	0,2	0,05
> 400	0,1	0,02

temps de coupure en schéma TN (selon les normes CEI 60364 et NF C 15-100, tableaux 41 A et 48 A).

La protection est assurée si le temps de déclenchement du dispositif de protection pour le courant I_d est inférieur au temps maximal qu'une personne pourrait supporter la tension de contact.

Dans le cas où cette protection n'est pas assurée, il faudrait :

- Augmenter la section des conducteurs
- Agir sur le réglage le calibre de réglage magnétique.

Une autre façon de vérifier que le dispositif de protection assurera la protection des personnes est de calculer la longueur maximale que chaque départ ne devra pas dépasser pour un seuil de protection I_{mag} donné.

Pour atteindre le courant magnétique du disjoncteur de protection, il faut un courant de défaut le plus grand possible. Pour cela il faut avoir une résistance de la boucle en défaut la plus faible possible. Etant donné que la résistance dépend des conducteurs, on est amené à fixer une longueur de câble maximale pour le régime TN.

$$Id = \frac{0.8 U_0}{R_{ph} + R_{pe}} R_{ph} = \frac{\rho * L}{R_{ph}} R_{pe} = \frac{\rho * L}{R_{pe}}$$

D'où

$$R_{ph} + R_{pe} = \rho * L \left[\frac{1}{S_{ph}} + \frac{1}{S_{pe}} \right] = \rho * L \left[\frac{S_{ph} + S_{pe}}{S_{ph} * S_{pe}} \right] = \frac{\rho * L}{S_{ph}} \left(1 + \frac{S_{ph}}{S_{pe}} \right)$$

On pose $m = \frac{S_{ph}}{S_{pe}}$

D'où $R_{ph} + R_{pe} = \frac{\rho * L}{S_{ph}} (1 + m)$ soit $Id = \frac{0.8 U_0 S_{ph}}{\rho * L * (1 + m)}$

Sachant qu'il faut $Id \geq I_{mag}$ pour que la protection des personnes soit assurée, on déduit

$$I_{mag} \leq \frac{0.8 U_0 S_{ph}}{\rho * L * (1 + m)} \quad \text{d'où} \quad L \leq \frac{0.8 U_0 S_{ph}}{\rho * I_{mag} * (1 + m)}$$

$$L_{\max} = \frac{0.8 U_0 S_{ph}}{\rho * I_{mag} * (1 + m)}$$

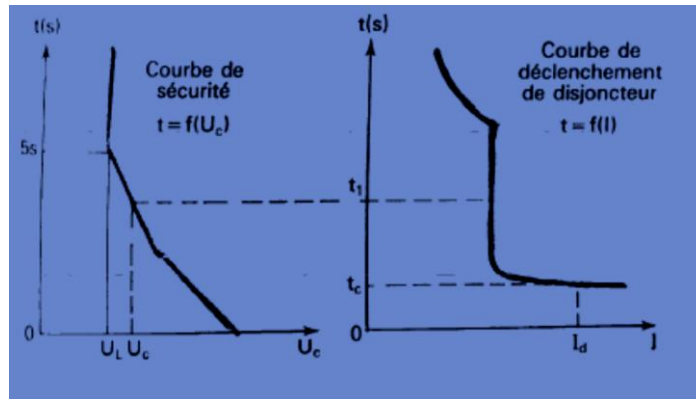
Avec :

- L_{\max} : longueur maximale en m ;
- U_0 : tension simple 230 V pour un réseau triphasé 400 V ;
- ρ : résistivité à la température de fonctionnement normal ;
- I_{mag} : courant de coupure automatique ;

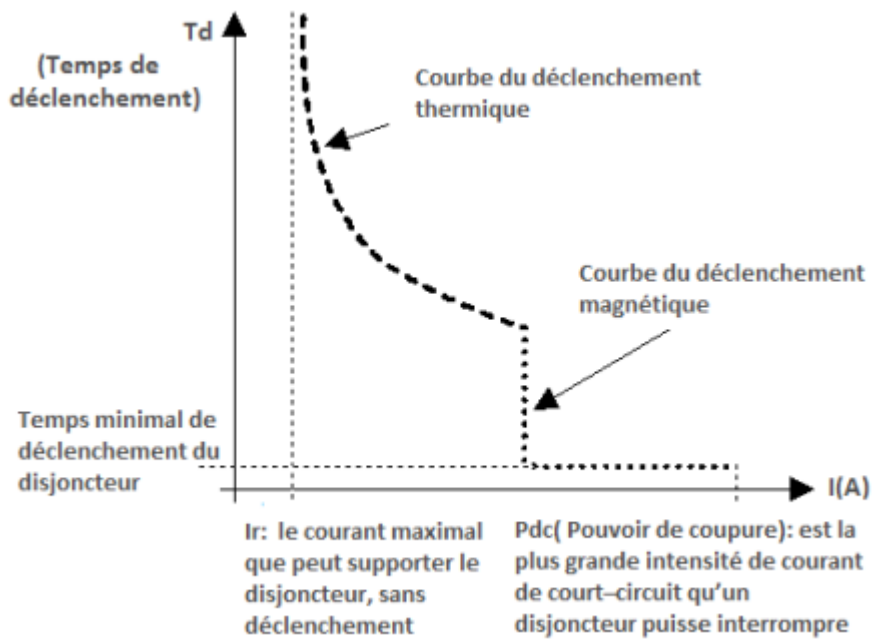
La protection est effectuée par disjoncteur ou fusible, ces protections doivent être particulièrement étudiées à cause des risques d'incendie du fait des forts courants de court-circuit. Le déclenchement se produit au premier défaut d'isolement.

a) Protection par disjoncteur

La comparaison des courbes de fonctionnement d'un disjoncteur et des courbes de sécurité montre qu'un disjoncteur assure la protection des personnes dans un schéma TN, à condition que le courant de défaut soit supérieur au courant de fonctionnement du déclencheur magnétique.



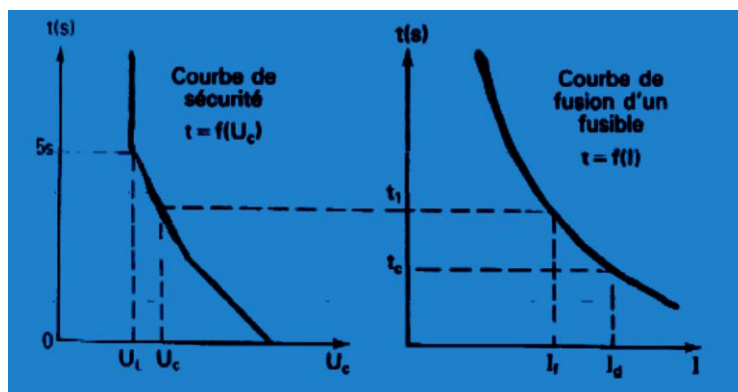
Dans le cas d'une protection par disjoncteur, si $I_d > I_{mag}$ le temps de coupure t_d est toujours inférieur à t_1 , quels que soient U_C et la valeur de U_L .



Cette courbe regroupe les deux déclenchements thermique et magnétique afin d'obtenir la courbe complète de déclenchement d'un disjoncteur.

b) Protection par fusibles

La comparaison de la courbe de fusion d'un fusible et des courbes de sécurité montre qu'un fusible assure la protection des personnes dans un schéma TN, à condition que le courant de défaut soit supérieur au courant assurant la fusion (I_f) du fusible dans le temps t_1 prescrit par la courbe de sécurité.

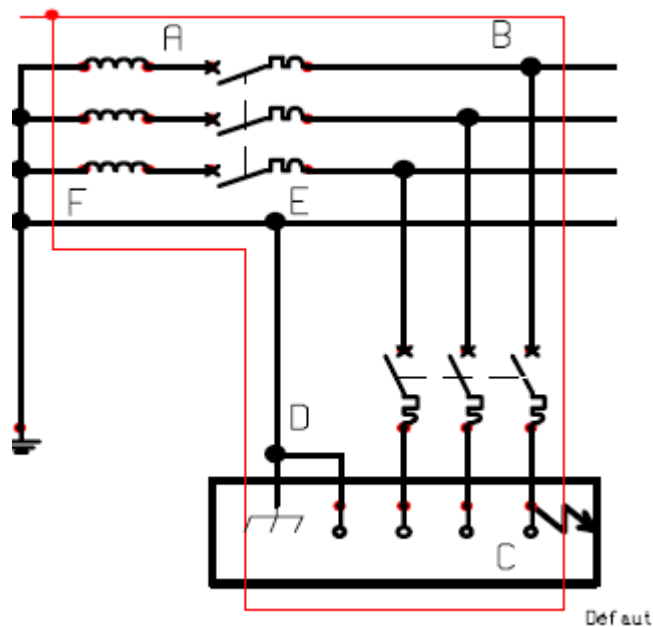


Application

Soit un réseau 230/400V représenté sur la figure suivante, le schéma de liaison à la terre est de type TN-C, la section des conducteurs en cuivre est de 50mm^2 , $L=40\text{m}$, $\rho= 22.5\text{m}\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$. la protection se fait par un disjoncteur de 160 A avec un déclencheur magnétique égale à 7 fois le courant nominale du disjoncteur.

Le Temps de déclenchement du disjoncteur 160 A donné par le constructeur est de 0,025s soit 25 ms;

Sachant que le temps donné par la courbe de sécurité pour une tension de contact de 88 V, est de 0.12s soit 120ms. Vérifier si le temps de déclenchement du disjoncteur assure la protection ?

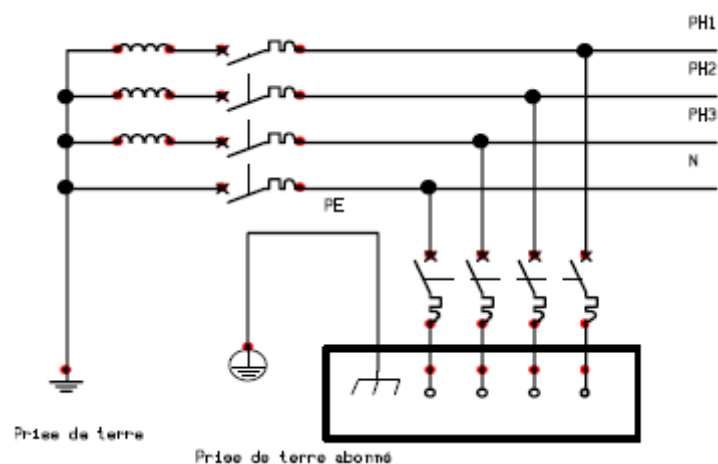


III.1.2 Régime du neutre TT

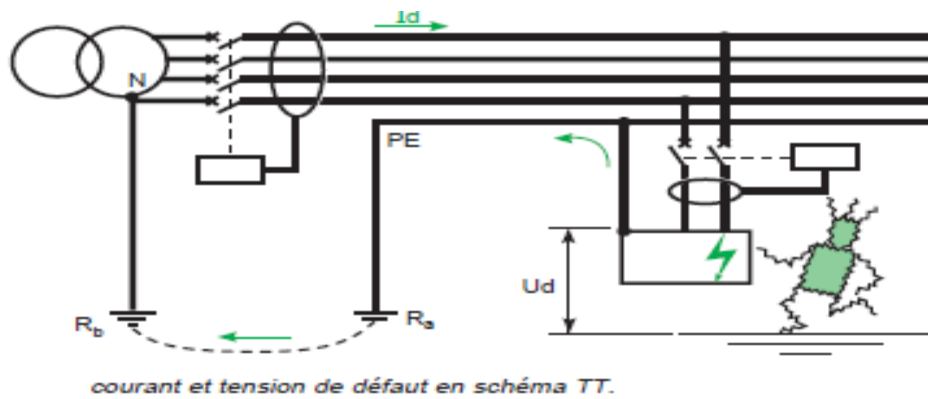
Le neutre de l'alimentation est relié à la terre. Les masses de l'installation sont aussi reliées à la terre.

Cette solution simple à l'étude et à l'installation est celle qui est employée par les entreprises de distribution d'électricité pour les réseaux de distribution basse tension,

Aussitôt qu'un défaut d'isolement survient, il doit y avoir coupure: C'est la coupure au premier défaut.



En présence d'un défaut d'isolement, le courant de défaut I_d (**voir figure ci-dessous**), est essentiellement limité par les résistances de terre (si la prise de terre des masses et la prise de terre du neutre ne sont pas confondues).



Toujours avec l'hypothèse $R_d = 0$, le courant de défaut est :

$$I_d = \frac{U_0}{R_a + R_b}$$

Ce courant de défaut induit une tension de défaut dans la résistance de terre des utilisations :

$$U_d = R_a * I_d = \frac{U_0 * R_a}{R_a + R_b}$$

Les résistances de terre étant généralement faibles et de même ordre de grandeur ($\approx 10 \Omega$), cette tension de l'ordre de $U_0/2$ est dangereuse ; il est donc obligatoire de prévoir une déconnexion automatique de la partie de l'installation concernée par le défaut.

$I\Delta n \leq \frac{U_L}{R_a}$	Résistance maximale (Ω) de la prise de terre R_a pour $U_L =$	
	50 V	25 V
3 A	16	8
1 A	50	25
500 mA	100	50
300 mA	166	83
30 mA	1660	833

limite supérieure de la résistance de la prise de terre des masses à ne pas dépasser en fonction de la sensibilité des DDR et de la tension limite U_L , [$I\Delta n = f(R_a)$].

Le courant de défaut au-delà duquel il y a risque $I_d = \frac{U_L}{R_a}$, étant très largement inférieur aux réglages des dispositifs de protection à maximum de courant, il est nécessaire de mettre en œuvre, en tête d'installation, au moins un DDR.

La mise hors tension, par intervention des DDR, doit se faire d'après la norme en moins de 1 s.

A noter que la protection par DDR :

- Est indépendante de la longueur des câbles ;
- Autorise plusieurs prises de terre R_a séparées (disposition non souhaitable car le PE n'est plus une référence de potentiel unique pour l'ensemble de l'installation).