

Chapitre.6. Régimes de neutre

1. Introduction

L'utilisation de l'énergie électrique présente des risques tant pour les personnes que pour les matériels. L'étude des régimes des neutres permet de mettre en évidence les précautions à prendre en matière de sécurité devant les risques électriques encourus.

Les réseaux de distribution sont caractérisés essentiellement par la nature du courant et le nombre de conducteurs actifs, ainsi que par la liaison à la terre ou régimes des neutres. Nous allons examiner le fonctionnement des différents régimes des neutres ainsi que l'utilisation, dans certains cas, des disjoncteurs différentiels.

2. Le risque électrique provient :

- **des contacts** avec une pièce conductrice portée à un potentiel différent de celui de la personne exposée ;
- **des amorçages** qui provoquent, selon la puissance électrique en jeu, des étincelles ou des arcs électriques (les interrupteurs ;
- **des courts-circuits** dont les effets (effet de souffle et thermique) sont également liés à la puissance électrique en jeu.

3. Les effets sur les personnes

- L'électrocution: décès
- L'électrisation:
 - réaction du corps due à un contact accidentel avec l'électricité (choc électrique)
- Les brûlures. Soit par incendie soit par projection de particules.
- L'inhalation de gaz nocifs.

3.1. Les organes fragiles

Ils sont **40 fois** moins résistants que la peau

- le cerveau
- les poumons

- le cœur
- le foie
- les reins

3.2. La résistance du corps humain

Elle varie avec:

- la surface de contact
- la pression de contact
- l'épaisseur de la peau
- la présence d'humidité
- le poids, la taille, la fatigue...

Il est donc difficile d'estimer précisément les effets physiologiques d'une électrisation,

3.3. Tension de contact (Tension de défaut) V_c

Bien que les effets physiologiques dépendent du courant traversant le corps humain, la réglementation « raisonne » en tension de contact.

3.4. Tension de contact limite conventionnelle V_l

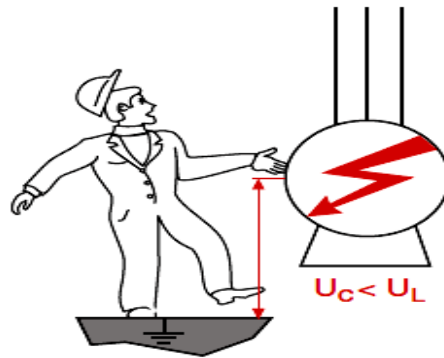
C'est la tension maximale qui peut supporter indéfiniment une personne sans courir de danger. On donne deux tensions limite conventionnelle suivant le degré de l'humidité :

La réglementation définit donc une tension limite de sécurité dans les locaux secs :

- 50 V en courant alternatif ;
- 120 V en courant continu lisse.

La tension limite conventionnelle de sécurité dans les locaux mouillés est ramenée à

- ✓ 25 V en courant alternatif ;
- ✓ 60 V en courant continu lisse.

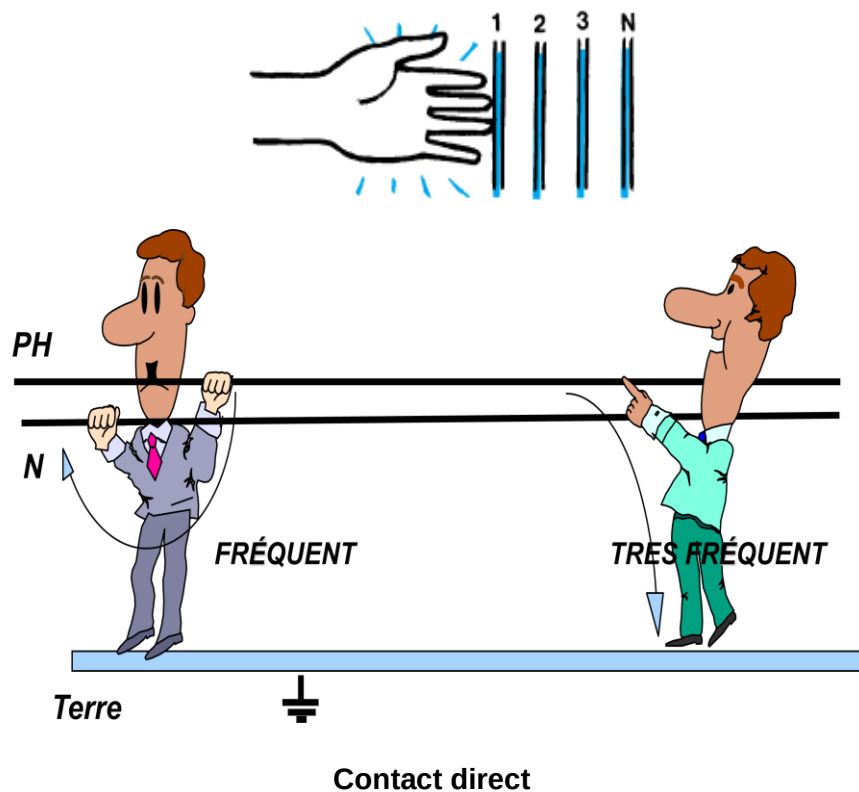


4. La protection des personnes

La NFC 15 100 spécifie les modalités de protection contre les contacts :

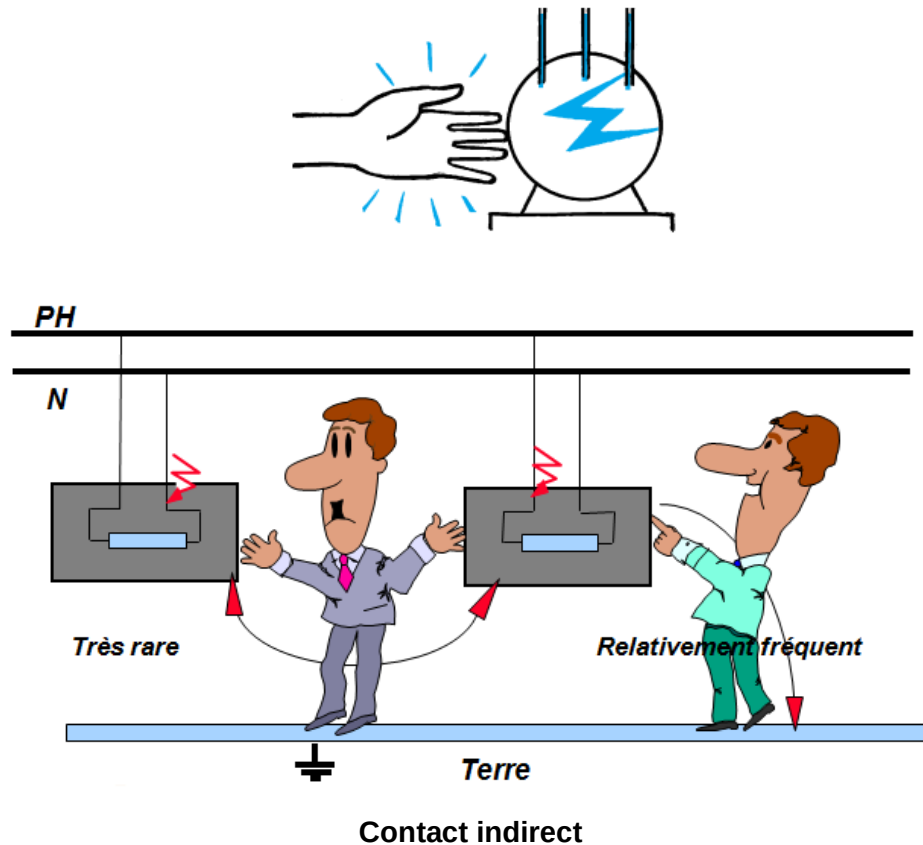
4.1. DIRECT

La personne entre en contact avec un élément sous tension suite à une négligence ou au non respect des consignes de sécurité. Dans ces cas, le choc électrique est la conséquence d'une maladresse ou d'une négligence.



4.2. INDIRECT

La personne est en contact avec un élément accidentellement mis sous tension par le fait d'un défaut interne provoquant une fuite de courant. Le choc électrique est la conséquence d'un défaut imprévisible et non d'une maladresse de la personne.



4.3. Protection contre les contacts directs

La réglementation définit 3 règles de protection contre les contacts directs :

1. L'éloignement
2. L'isolation
3. La pose d'obstacles

Une protection complémentaire consiste à utiliser un DDR.

4.3.1. Protection contre les contacts directs par éloignement

Ce type de protection se fait par éloignement des pièces nues sous tension



Les pièces sous tension, (ici les conducteurs de 2 lignes (63 KV, 20 KV) sont placés suffisamment haut pour être hors d'atteinte des personnes.

4.3.2. Protection contre les contacts directs par isolation



L'isolation des pièces sous tension se fait par **un matériau isolant** se plaçant entre les parties conductrices et la personne.

4.3.3. Protection contre les contacts directs par obstacles



L'obstacle (en matériau conducteur ou isolant) placé entre la personne et les pièces nues sous tension (ici l'armoire) évite tous contacts directs avec ces pièces.

Attention! Le triangle jaune signifie implicitement que l'obstacle (ici la porte) ne peut être retiré que par une personne habilitée.

4.4. Protections contre les contacts indirects

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

4.4.1. Protection sans coupure de l'alimentation

Isolation renforcée

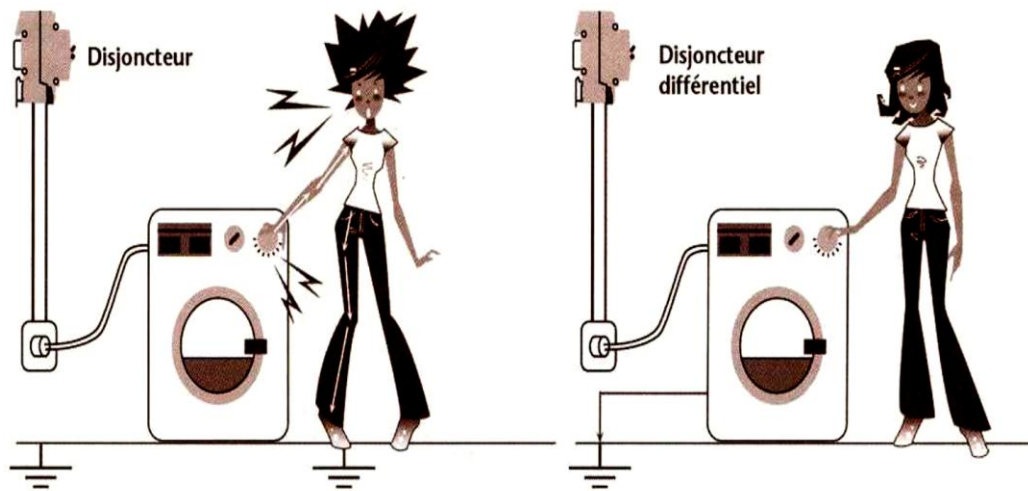
4.4.2. Protection par coupure automatique de l'alimentation

Interconnexions et mise en terre des masses avec coupure automatique de l'alimentation,

La mise hors tension de l'installation se fait différemment selon les schémas des liaisons (régimes de neutre)

5. Problème posé:

L'absence d'une liaison avec la prise de terre représente un danger. (Voir ci-dessous)



La protection des personnes contre les contacts indirects ou défaut d'isolement est assurée par ce que la norme NF-C 15-100 appelle les schémas de liaison à la terre ou régime du neutre.

5.1. LES MASSES :

Ce sont les parties conductrices accessibles d'un matériel électrique susceptibles d'être mises sous tension en cas de défaut.

5.2. LA TERRE ELECTRIQUE

Est un concept qui représente le sol (la masse terrestre, d'où le nom de « terre ») tout en le considérant comme conducteur et, par convention, au potentiel 0 volt.

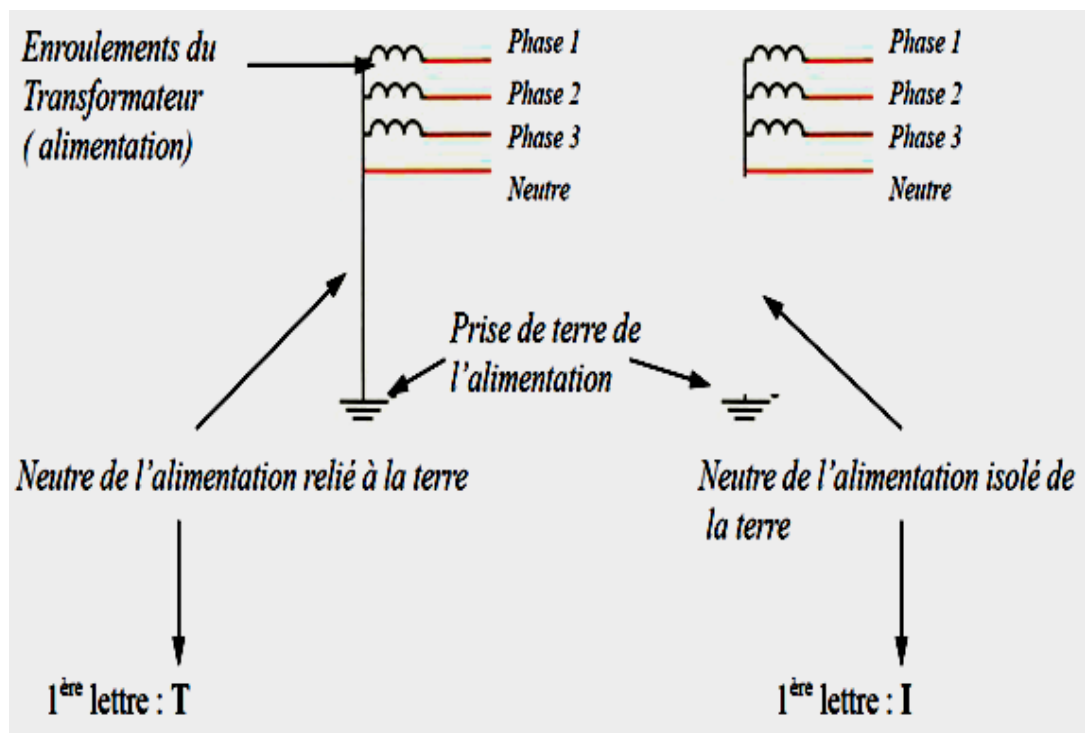
6. Codification des régimes de neutre

La norme NF C15-100 définit trois régimes de neutre qui sont caractérisés par deux lettres :

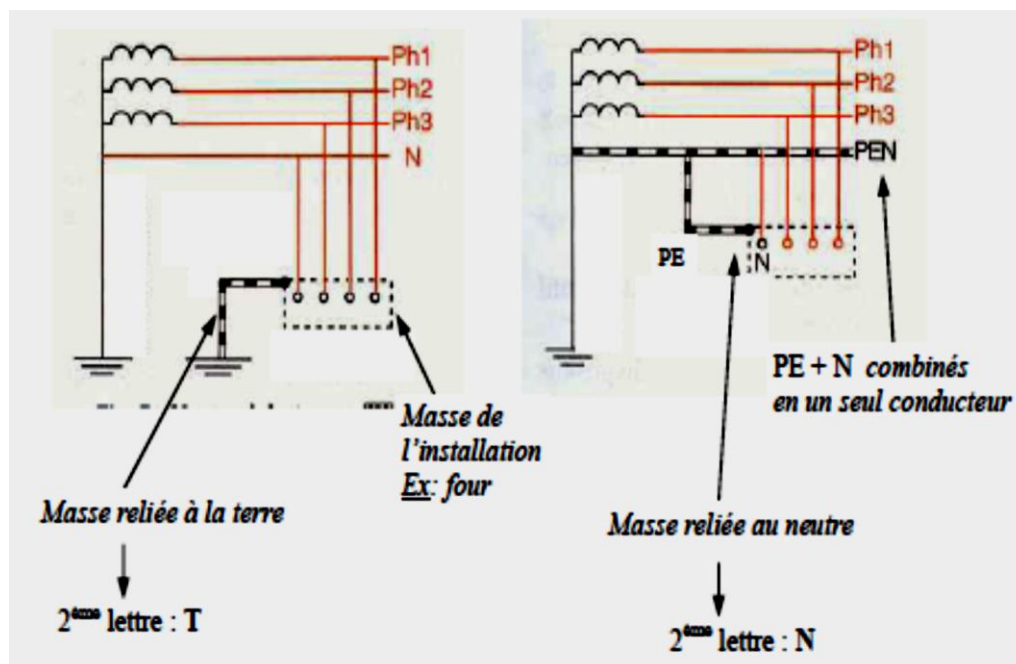
➤ 1^{ère} lettre : elle représente la situation du neutre de l'alimentation par rapport à la terre

- **T** : liaison du neutre avec la terre.

- **I** : isolation de toutes les parties actives par rapport à la terre, ou liaison à travers une impédance.



- **2^{ème} lettre :** elle représente la situation des masses de l'installation par rapport à la terre
- **T** : masses reliées directement à la terre ;
 - **N** : masses reliées au neutre de l'installation, lui-même relié à la terre.



➤ **Autres lettres éventuelles** : elles représentent la disposition du conducteur neutre et du conducteur de protection.

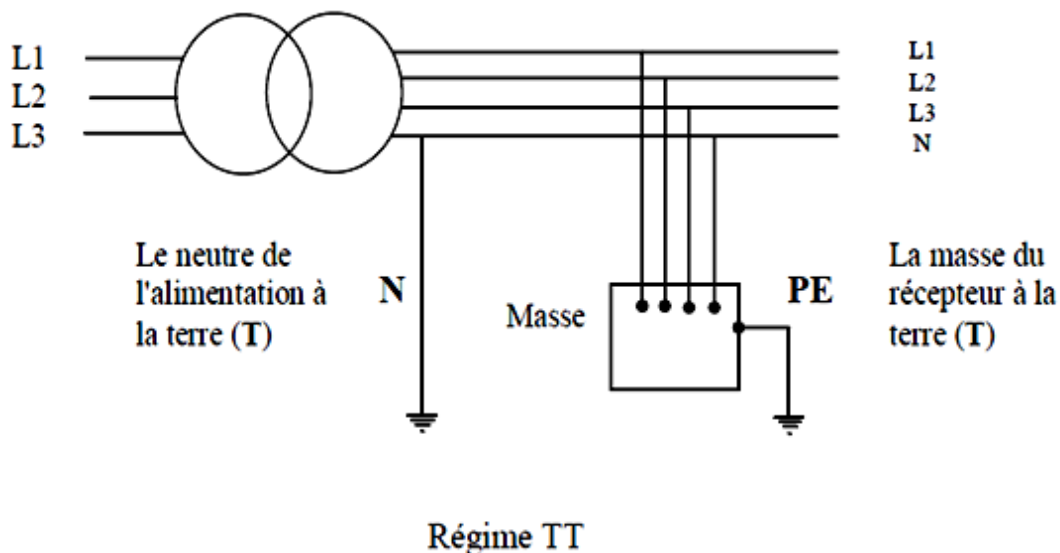
- **S (séparé)** : on dispose de deux conducteurs séparés. Le conducteur neutre (N) est séparé du conducteur de protection électrique (PE).
- **C (commun)** : les fonctions neutres et protections sont combinées en un seul conducteur (PEN).

7. Classification des régimes de neutre

Le comité Electrotechnique international (CEI) a classé officiellement trois normes.

7.1. Régime TT

Le neutre de la source d'énergie est mis à la terre (T), et la masse de l'installation électrique est mise à son tour à la terre (T), c'est le cas le plus simple.



Avantages et inconvénients

- Simple à réaliser
- Coupure au premier défaut
- Peu de calculs pour la mise en œuvre.
- Ne nécessite aucune personne qualifiée.
- Idéal pour les mauvaises valeurs de prises de terre.
- Extension d'installation simple à réaliser.

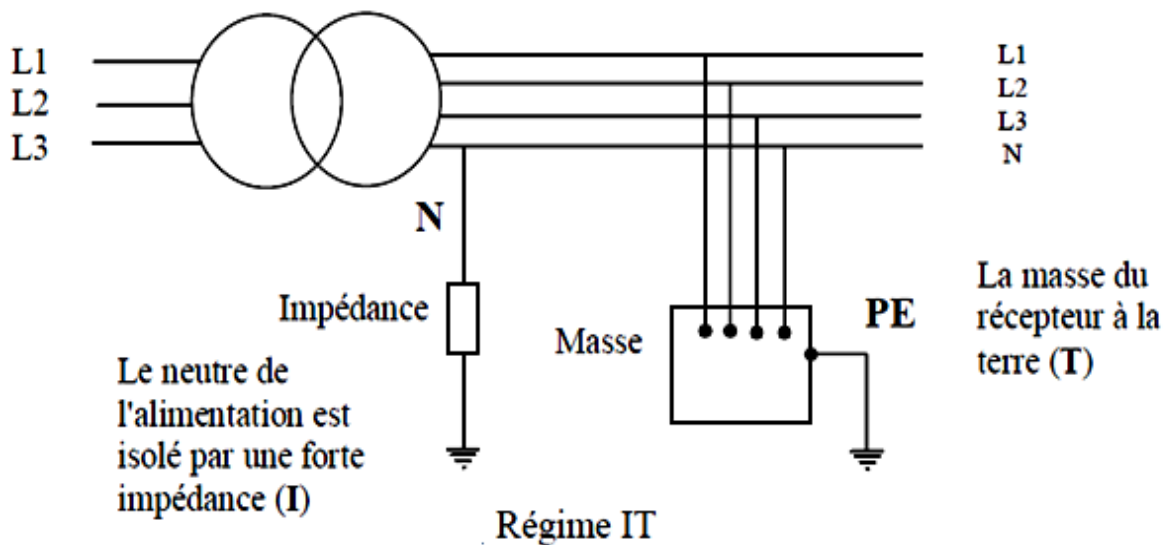
- Choix du DDR en fonction de la tension d'alimentation, sensibilité adaptée au local et la prise de terre, l'intensité nominale et du pouvoir de coupure.

Par contre :

- Sa mise en œuvre est coûteuse (à cause des disjoncteurs différentiels)
- Pas de continuité de service lors d'un défaut d'isolement.

7.2. Régime IT

Le neutre de la source de tension est isolé ou relié à la terre par une forte impédance, les masses d'installation sont reliées à la terre comme l'indique la figure suivante.



Avantages et inconvénients

- Solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation,
- Lors d'un défaut d'isolement, l'intensité de court-circuit est très faible.

Par contre :

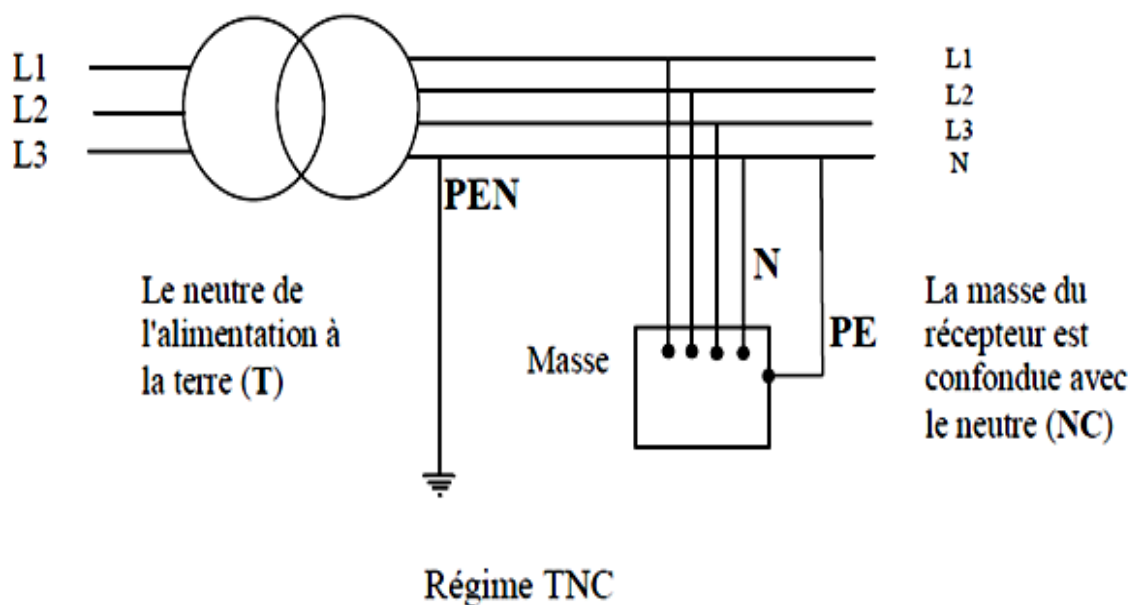
- Nécessité d'avoir un spécialiste en dépannage pour supprimer ce défaut très rapidement, avant l'apparition d'un deuxième défaut qui va déclencher les protections.
- Ce schéma oblige la mise en place d'un Contrôleur Permanent d'Isolement (CPI) signalant par alarmes sonores et visuelles tout défaut dans l'installation.

7.3. Régime TN

Dans ce régime le neutre est mis à la terre et les masses sont reliées au neutre par un conducteur de protection. Ce régime est utilisé dans des installations à faible isolement, présentant des courants de fuite importants comme des moteurs industriels qui peuvent créer des courants supérieures à 1 Ampères. Deux cas qui se présentent :

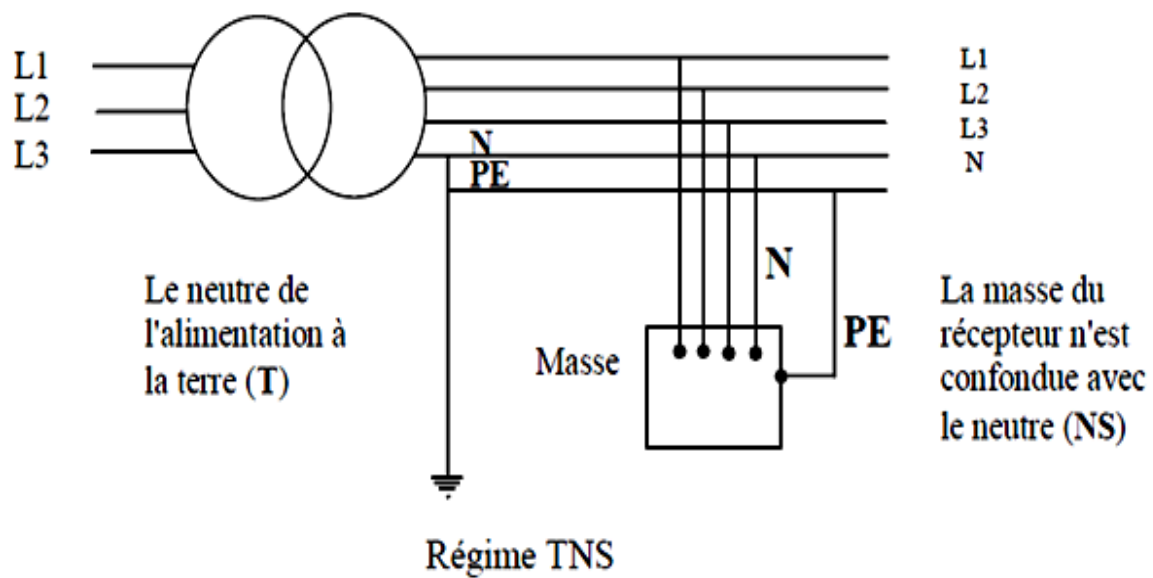
7.3.1. Régime TNC

Le conducteur de protection de PE et le conducteur N de l'alimentation peuvent être confondus en un seul conducteur PEN.



7.3.2. Régime TNS

Le conducteur de protection PE et le conducteur N du côté de l'alimentation peuvent être séparés.



Avantages et inconvénients

- ❖ Le schéma TNC permet de faire une économie à l'installation (suppression d'un pôle d'appareillage et d'un conducteur) ;
- ❖ La protection contre les contacts indirects est assurée par les dispositifs de protection contre les surintensités.

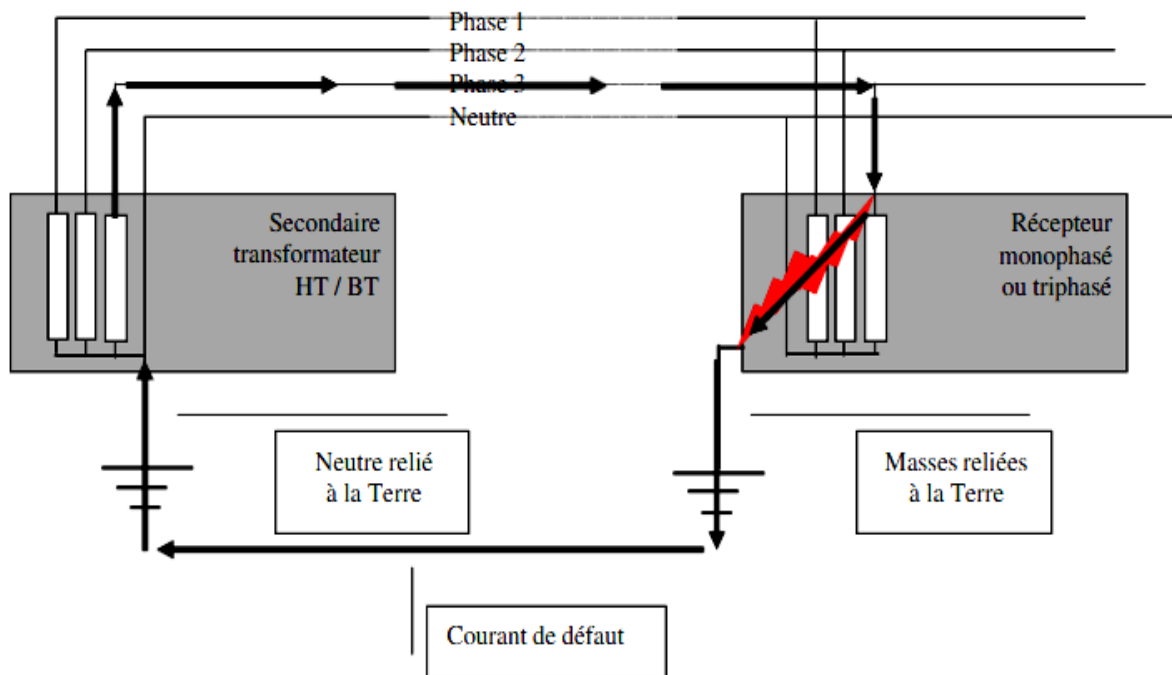
Par contre :

- ❖ Il présente un risque d'incendie plus élevé. Le schéma TNC est d'ailleurs interdit dans les locaux à risque d'incendie ;
- ❖ Lors d'un défaut d'isolement, l'intensité de court-circuit est élevée et peut provoquer des dommages aux matériels ou des perturbations électro magnétiques.

8. Protection des installations et des personnes

8.1. Etude d'un défaut d'isolement en régime TT

Un courant de défaut quitte le transformateur par la phase 3, traverse le récepteur et rejoint le neutre du transformateur par la terre (au passage il traverse les 2 résistances de terre : celle où est relié le neutre et celle où sont reliées les masses)



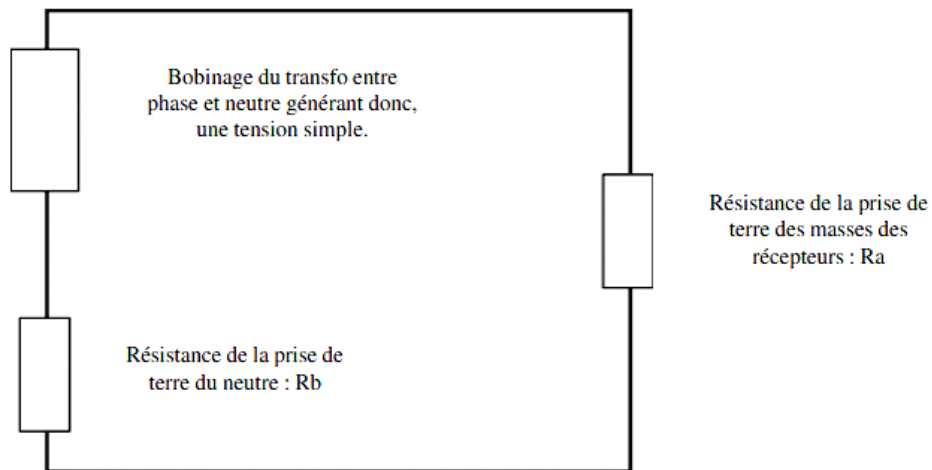
8.1.1. Protection des personnes :

Pour assurer la protection des personnes, en régime TT, on utilise des dispositifs différentiels résiduels. Le dispositif différentiel fait la différence entre le courant entrant dans les récepteurs et le courant sortant :

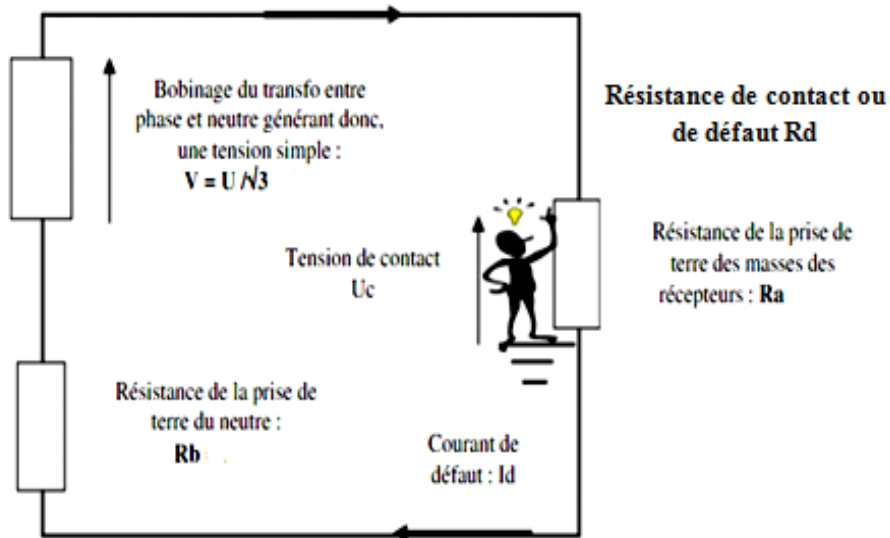
- Si cette différence est nulle, il n'y a pas de défaut d'isolement, donc pas de fuite à la terre et pas de coupure.
- S'il détecte un courant entrant supérieur au courant sortant, il y a un défaut d'isolement provoquant une fuite de courant à la terre et il va couper le circuit en défaut.

8.1.2. Calcul du courant de défaut et de la tension de contact :

On néglige la résistance des conducteurs car en général la somme des résistances R_a et R_b est prépondérante devant l'impédance des autres éléments de la boucle de défaut. Le schéma équivalent de cette installation peut se réduire à :



On peut calculer le courant de défaut I_d :



En appliquant la loi d'Ohm à ce circuit on peut écrire pour calculer le courant de défaut :

$$I_d = \frac{V}{R_a + R_b + R_d} \quad (R_d \text{ généralement très faible})$$

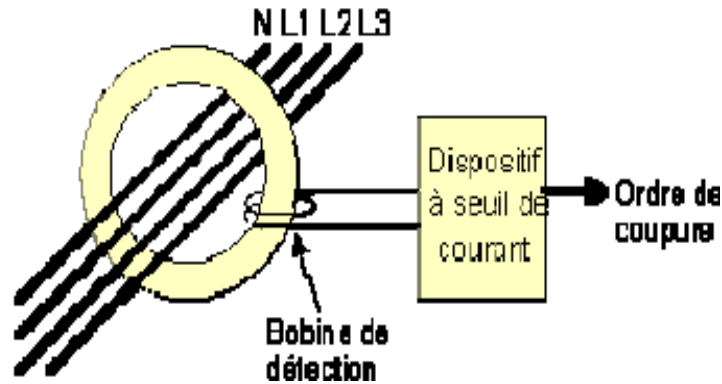
Si une personne touche une masse des récepteurs en défaut, elle sera soumise à la tension de contact U_c (tension de défaut) que l'on peut calculer

$$V_c = R_a \times I_d$$

Cette tension peut être dangereuse pour les personnes si elle dépasse la tension de contact limite, donc il faut prévoir un appareillage de déclenchement différentiel au premier défaut,

on utilise généralement le DDR (Dispositif à courant différentiel résiduel ou les disjoncteurs différentiels).

8.1.3. Principe de fonctionnement de disjoncteur différentiel



1. Le dispositif différentiel comporte un circuit magnétique en forme de tore sur lequel sont bobinés le ou les circuits des phases et du neutre.
2. En l'absence de fuite ou de courant résiduel de défaut, les flux produits par les bobines s'annulent (système équilibré), il ne se passe rien.

$$\vec{\Sigma I} = 0, \vec{\Sigma \Phi} = 0$$

3. Si un défaut survient, le courant résiduel de défaut produit un déséquilibre des flux dans les bobines et un flux magnétique dans le tore apparaît.

$$\vec{\Sigma I} \neq 0, \vec{\Sigma \Phi} \neq 0$$

4. La bobine de détection est le siège d'un flux électromagnétique induit qui génère une tension alimentant le dispositif à seuil de courant qui déverrouille et ouvre les circuits du disjoncteur.

8.1.4. Choix des différentiels

La sensibilité c'est la valeur à partir de laquelle un courant de fuite à la terre sera détecté (détection du défaut d'isolement).

Si on reprend la formule vue précédemment :

$$i_N = i - i_F$$

Pour assurer la protection des personnes le **courant de fuite à la terre** doit être supérieur à la **sensibilité** soit :

$$i_F \geq i_{\Delta n}$$

Les sensibilités disponibles sont : 10mA, 30mA, 300mA, 500mA, 1000mA

D'après les **normes de construction** à 20°C les **dispositifs différentiels** en **Basse Tension** ne déclenche pas réellement à $I_{\Delta n}$ mais à partir de :

$$\frac{i_{\Delta n}}{2} \leq i_F \leq i_{\Delta n}$$

Prenons l'exemple d'un **DDR de sensibilité 30mA** cela donnera une **détection** à partir de **15mA**.

Pour déterminer la sensibilité de DDR, Il faut appliquer la formule : $I_{\Delta n} \leq \frac{V_l}{R_a}$

Avec

$I_{\Delta n}$: Calibre du différentiel en Ampère.

V_l : Tension de contact limite conventionnelle en volts.

R_a : Résistance de la prise de terre des masses des récepteurs en Ohms.

En se basant à la valeur de la tension de contact et les deux tableaux représentés ci-dessous, on peut choisir quel type de DDR qu'on doit choisir.

Table .1.Temps de coupure maximale de DDR en fonction de la tension de contact

	50V < U ₀ ≤ 120V		120V < U ₀ ≤ 230V		230V < U ₀ ≤ 400V		U ₀ > 400V	
	alternatif	continu	alternatif	continu	alternatif	continu	alternatif	continu
TN ou IT	0,8s	5s	0,4s	5s	0,2s	0,4s	0,1s	0,1s
TT	0,3s	5s	0,2s	0,4s	0,07s	0,2s	0,04s	0,1s

Table.2. Sensibilité de courant de DDR en fonction de temps de coupure

Sensibilité I _{Δn} en A	Retard intentionnel (temporisation) en ms	Temps total de déclenchement en ms
0,03 - 0,3 - 1 - 3 - 10	0 ms	40 ms
	60 ms	140 ms
	150 ms	300 ms
	310 ms	800 ms

8.1.5. Valeur maximale de résistance de prise de terre des masses

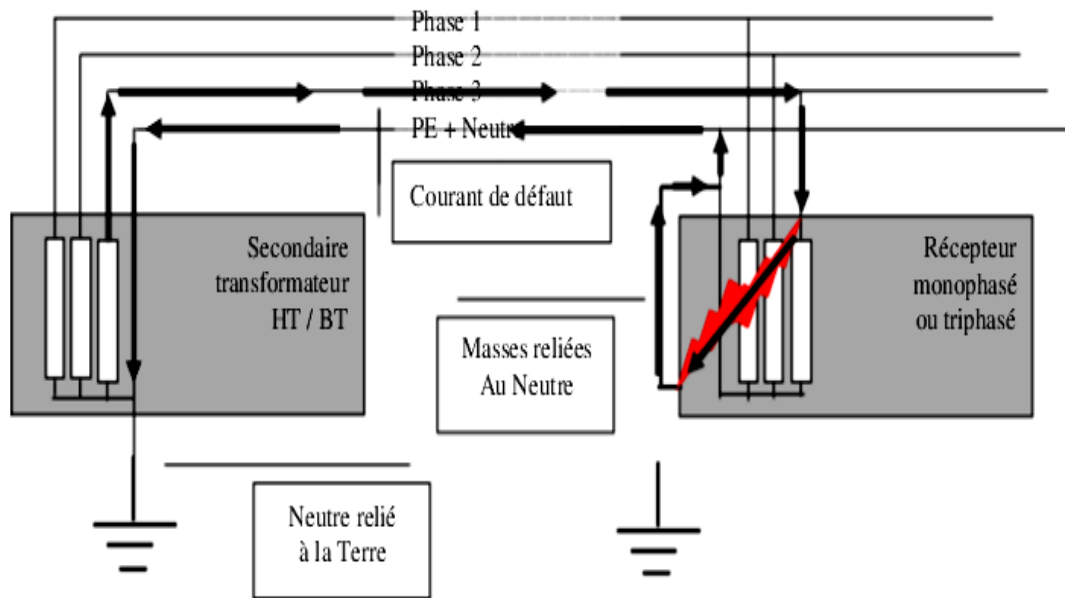
Pour assurer une bonne protection des personnes et des matériels la valeur maximale de la prise de terre en fonction du courant assigné du DDR représenté dans le tableaux ci-dessous :

Table .3. Resistance de la terre en fonction de sensibilité de DDR

Courant différentiel résiduel maximal assigné du Dispositif Différentiel Résiduel I _{Δn}		Valeur maximale de la résistance de la prise de terre des masses en Ohms
Basse Sensibilité	20A	2,5Ω
	10A	5Ω
	5A	10Ω
	3A	17Ω
Moyenne Sensibilité	1A	50Ω
	500mA	100Ω
	300mA	167Ω
	100mA	500Ω
Haute sensibilité	≤ 30mA	> 500Ω

8.2. Etude d'un défaut d'isolement en régime TN

Un courant de défaut quitte le transformateur par la phase 3, traverse le récepteur et rejoint le neutre (puisque les masses sont reliées au neutre). Cela provoque un court-circuit entre phase et neutre.



8.2.1. Protection des personnes :

Pour assurer la protection des personnes, en régime TN, on utilise des dispositifs de protection contre les surintensités (fusibles ou disjoncteurs).

La coupure automatique en schéma TN s'obtient en s'assurant que l'intensité du courant de défaut est suffisante pour solliciter les dispositifs de protection contre les surintensités.

D'où la règle :

$$I_a \leq I_d = \frac{U_0}{Z_s}$$

Avec :

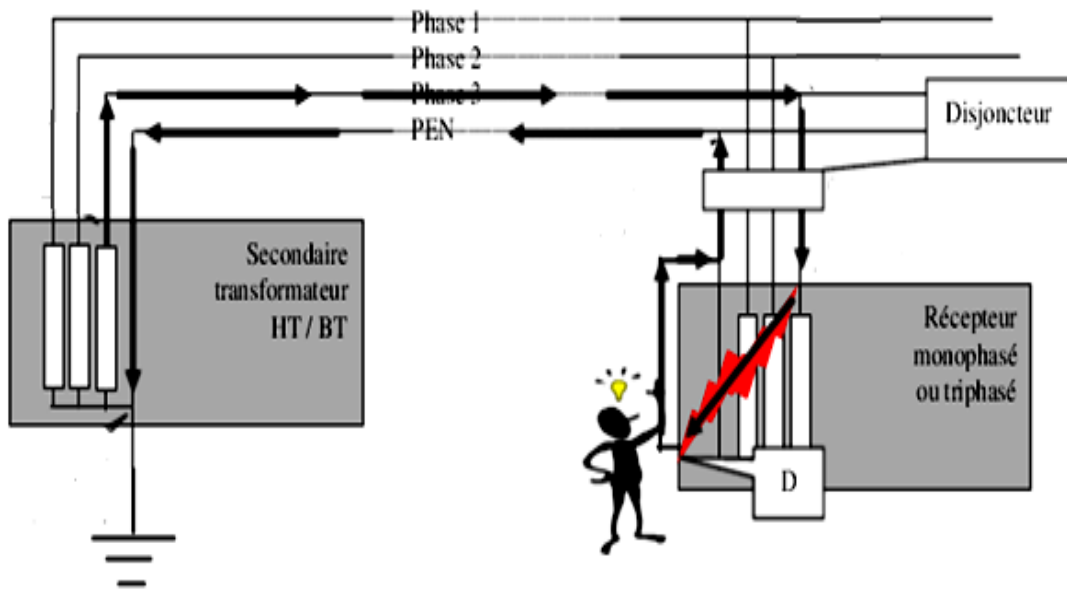
I_d : Intensité de défaut.

U_0 : Tension nominale entre phase et neutre = tension simple.

Z_s : Impédance de boucle de défaut, égale à la somme de toutes les impédances parcourues par le courant de défaut (source, conducteurs actifs et conducteur de protection jusqu'au point de défaut).

I_a : Courant assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps spécifié.

8.2.2. Calcul du courant de défaut et de la tension de contact :



Dans les deux cas cités ci-dessus le courant de défaut n'est plus limité que par l'impédance des câbles et de la source de tension, ce qui donne un courant de défaut très élevé.

Le courant de défaut peut être calculé comme suit :

$$I_d = \frac{U_0}{Z_s}$$

L'impédance de boucle Z_s est la somme de l'impédance de conducteur de la phase et l'impédance de conducteur de protection PEN, les autres impédances (La résistance de défaut d'isolement, l'impédance de l'enroulement secondaire du transformateur) sont négligeables devant ces deux impédances.

$$Z_s = Z_{phase} + Z_{PEN}$$

$$Z_{phase} = \rho_{phase} \times \frac{l_{phase}}{S_{phase}}$$

$$Z_{PEN} = \rho_{PEN} \times \frac{l_{PEN}}{S_{PEN}}$$

Généralement, l'impédance de conducteur de phase égale à l'impédance de conducteur de protection puisque ils ont la même section, même longueur et construit de même matériaux.

Donc, on peut écrire :

$$Z_s = 2 \times \rho \times \frac{l}{S}$$

NB :

La méthode conventionnelle décrite dans la norme NF C 15 105 fait l'hypothèse que les impédances amont réduisent la tension de 20%.

Elle indique donc un courant de défaut $I_{d_{conventionnel}}$

$$I_{d_{conventionnel}} = 0.8 \times I_d$$

Si une personne touche une masse des récepteurs en défaut, elle sera soumise à la tension de contact V_c (tension de défaut) que l'on peut calculer

$$V_c = Z_{PEN} \times I_d$$

8.2.3. Dispositif de protection

On utilise généralement :

Des dispositifs à déclenchement magnétique (contre le courant de court circuit), tel que le courant de réglage magnétique soit inférieur à I_d tel que :

$$I_{rm} \geq I_d$$

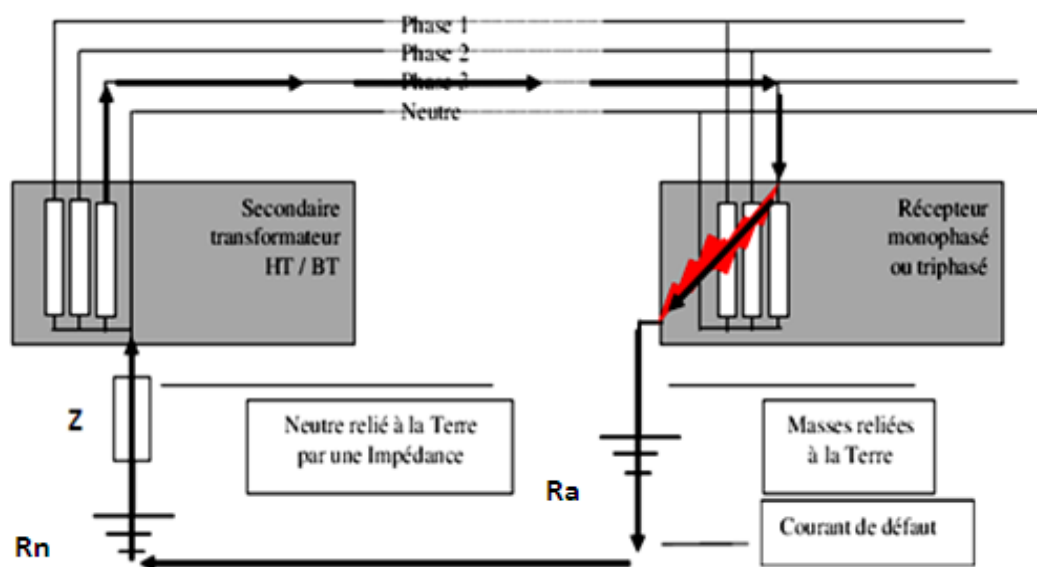
Des dispositifs à déclenchement thermique (contre les faibles sur charges), tel que le courant de réglage thermique soit inférieur à I_d tel que :

$$I_{rth} \leq I_d$$

8.3. Etude d'un défaut d'isolement en régime IT

8.3.1. Défaut simple

Un courant de défaut quitte le transformateur par la phase 3, traverse le récepteur et rejoint le neutre du transformateur par la terre (au passage il traverse les 2 résistances de terre celle où est reliée le neutre et celle où sont reliées les masses ainsi que l'impédance Z).



8.3.2. Calcul de courant de défaut et la tension de contact

Le courant de défaut est calculé par la relation suivante :

$$I_d = \frac{V}{R_a + R_n + Z + R_d}$$

Avec :

R_a : résistance de prise des masses ;

R_n : résistance de la prise de terre neutre ;

R_d : résistance de défaut ou de contact (cas le plus défavorable $R_d = 0\Omega$) ;

Z : Impédance d'isolement de neutre;

I_d : courant de défaut ;

V : tension simple de transformateur (alimentation).

NB :

Dans ce cas, il se présente un courant de défaut très faible. Ce dernier n'est pas dangereux pour l'utilisateur, mais il faut être vigilant devant un deuxième défaut. C'est pour cela que les hôpitaux, les salles de concert, les espaces militaires utilisent ce régime de neutre afin d'éviter une coupure lors d'un premier défaut.

Si une personne touche une masse des récepteurs en défaut, elle sera soumise à la tension de contact V_c (tension de défaut) que l'on peut calculer

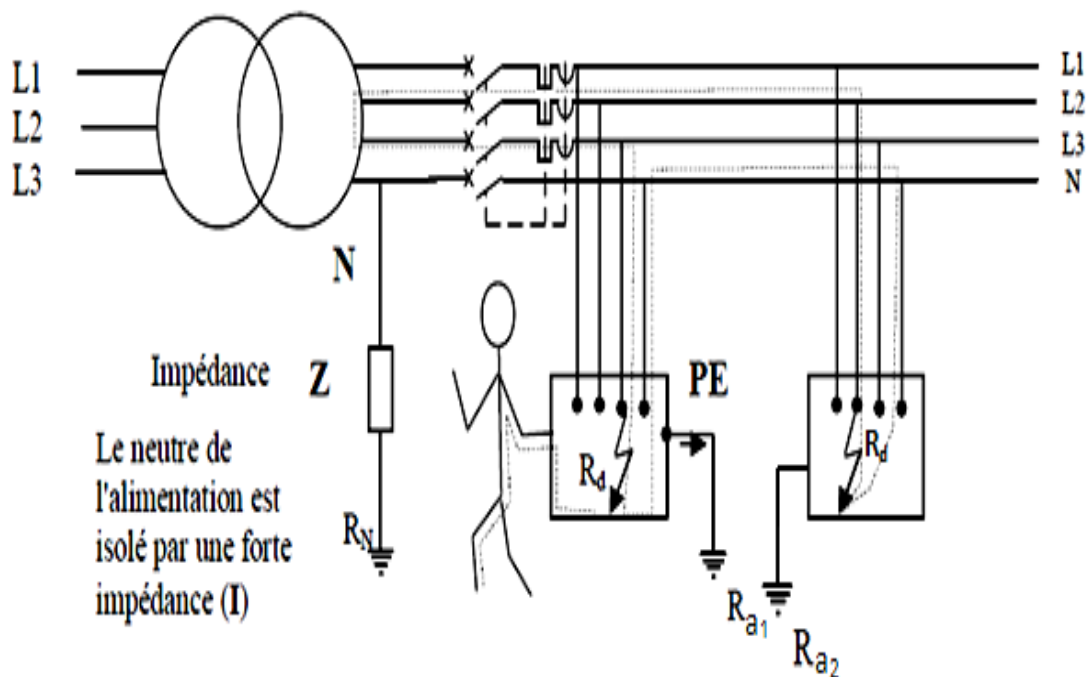
$$V_c = R_a \times I_d$$

8.3.3. Double défaut

En cas de deuxième défaut sur une autre phase on obtient un court-circuit entre phase.

8.3.4. Calcul de défaut et la tension du contact

8.3.4.1. Cas des masses séparées



Le courant de défaut peut être calculé comme suit :

$$I_d = \frac{U}{R_{a1} + R_{a2}}$$

Avec :

R_{a1} : Résistance de prise des masses pour la machine 1.

R_{a2} : Résistance de prise des masses pour la machine 2.

U : tension composée ;

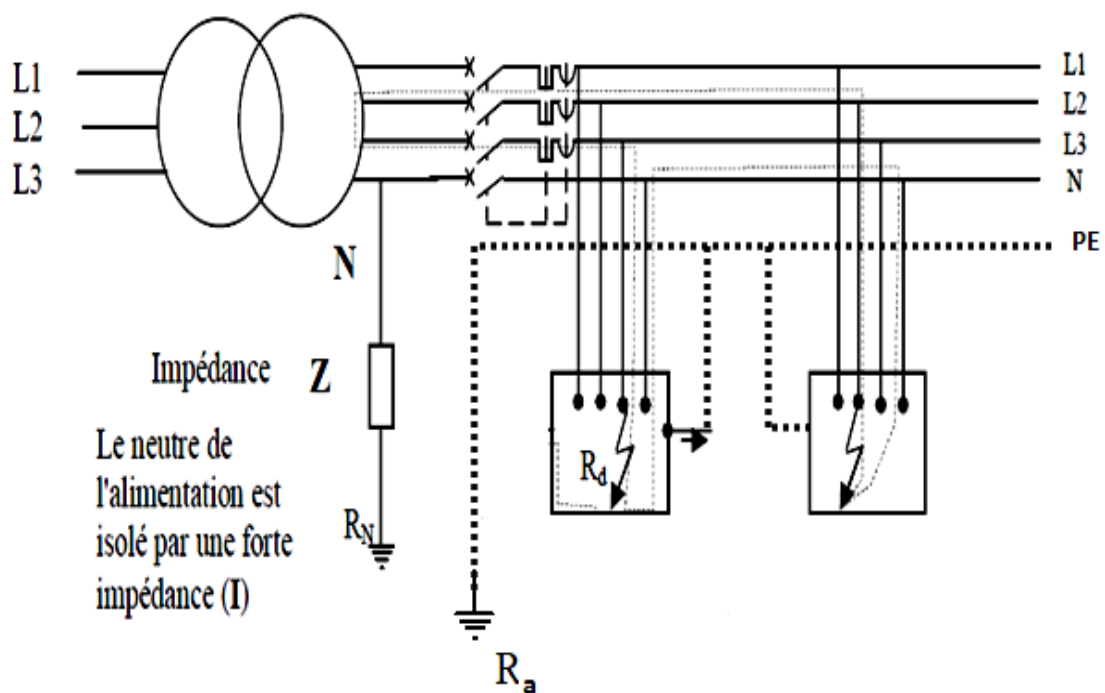
I_d : courant de défaut ;

Si une personne touche une masse des récepteurs en défaut, elle sera soumise des tensions de contact V_c (tension de défaut) que l'on peut calculer

$$V_{c1} = R_{a1} \times I_d$$

$$V_{c2} = R_{a2} \times I_d$$

8.3.4.2. Cas des masses interconnectées



Le courant de défaut dans le cas d'un simple défaut (un seul défaut) ne change pas et sa valeur égale :

$$I_d = \frac{V}{R_a + R_n + Z + R_d}$$

La tension de contact ainsi égale :

$$V_c = R_a \times I_d$$

Dans le cas des masses interconnectées le courant de défaut peut être se calculer par la relation suivante :

$$I_d = \frac{U}{2 \times Z_{phase}} \text{ (Court-circuit entre phases)}$$

Avec :

$$Z_{phase} = \rho_{phase} \times \frac{l_{phase}}{S_{phase}}$$

Si une personne touche une masse des récepteurs en défaut, elle sera soumise des tensions de contact V_c (tension de défaut) que l'on peut calculer

$$V_{c1} = Z_{phase \text{ en défaut}} \times I_d$$

$$V_{c2} = Z_{phase \text{ en défaut}} \times I_d$$

NB : dans ce cas, il se présente un courant de défaut très fort, d'où une coupure obligatoire de l'alimentation dans un temps inférieur à celui prescrit par les courbes de sécurité.

8.3.5. Dispositifs de sécurité

Puisque le défaut dans ce cas est de type de court-circuit on doit obligatoirement installer un dispositif contre les surintensités à savoir : disjoncteur ou un fusible à fin de protéger les personnes et les matériels.

Lors d'un deuxième défaut, il y a court-circuit entre deux phases, donc risque d'incendie... Il est indispensable de dépanner l'installation dès l'apparition du premier défaut à cause de cette contrainte.

Les seconds défauts doivent être coupés automatiquement par un dispositif de protection des surintensités (disjoncteur magnétothermique) Afin d'assurer une parfaite sécurité, ces dispositifs doivent être vérifiés par le calcul lors de la conception de l'installation.

8.3.6. Installation d'un contrôleur permanent d'isolement

Un contrôleur permanent d'isolement (CPI) est nécessaire pour signaler tout défaut d'isolement (alarme sonore + voyant). Le défaut doit être éliminé avant l'apparition d'un second défaut, qui produirait la coupure de l'installation. La coupure a lieu lors de deux défauts d'isolement simultanés par déclenchement des protections contre les surintensités (disjoncteurs, fusibles).

Ce contrôleur mesure en permanence l'isolement du réseau par rapport à la terre et signale toute baisse en deçà d'un seuil défini généralement à 0,8 fois la valeur de l'isolement normal (sans défaut).



Contrôleur permanent d'isolement

Il est à noter qu'un CPI (Contrôleur Permanent d'Isolement) est relié en parallèle sur résistance d'isolation du neutre afin de contrôler à tout instant l'isolement du circuit

9. Utilisations des SLT dans le monde

- **Aux États-Unis**, le **TN-C** est majoritairement utilisé. La mise à la terre du neutre est faite chez l'abonné BT.
- **En France et en Belgique**, le **TT** est obligatoire en distribution publique avec :
- **En France** : une protection de tous circuits (lumières, prises de courants et circuits spécifiques : lave vaisselle, chaudières, cumulus, ...) par un DDR de sensibilité 30 mA;
- **En Belgique** : une protection générale DDR 300 mA pour toute l'installation et une protection locale DDR 30 mA pour les circuits de salle d'eau (salle de bain, lave-linge et lave-vaisselle).
- **En Grande-Bretagne**, les nouvelles installations sont en **TN-C**. La prise de terre du neutre est fournie par le fournisseur d'énergie.
- **En Allemagne**, le **TT** et le **TN-C-S** cohabitent (prise de terre chez l'abonné).
- **En Norvège**, les bâtiments étant en matériaux isolants et les prises de terre de mauvaise qualité, le SLT choisi est le **IT** avec utilisation de DDR de sensibilité 30 mA **en signalisation** et coupure au second défaut par le disjoncteur.
- **En Algérie ou Maghreb** : Généralement le schéma **TT** est adopté.

10. Compatibilité électromagnétique

- Le **TN-C** est mauvais du point de vue de la compatibilité magnétique car de forts courants circulent dans le PEN et modifient l'équipotentialité.
- En **TN-S**, il est conseillé de séparer le conducteur de protection (PE) des masses fonctionnelles.
- En **IT**, du fait de la très faible valeur du courant de premier défaut, la perturbation électromagnétique est faible. Au second défaut, le problème est le même qu'en **TN-S**
- En **TT**, très peu de perturbations sont générées en cas de défaut, le conducteur de protection et les masses fonctionnelles peuvent être séparés.

11. Conclusion

Aucun régime de neutre n'est idéal, c'est en fonction de l'application envisagée que l'on doit choisir le schéma le mieux adapté en matière de sécurité.

Références Bibliographiques

- [1] M. Bonnefoy - P. Lepeut, " Les Schémas de Liaisons à la Terre ou Les régimes des neutre ", Risques Physiques B3, 16/06/2008.**
- [2] BENHAMIDA HAKIM, "Contribution à l'identification des courts-circuits ", mémoire de magistère, Université de Badji Mokhtar- ANNABA, 2007.**
- [3] Michel Lambert, "La pratique des régimes de neutre ", Livre Paru en août 2011 Universitaire**
- [4] Guide Technique 7, "La protection différentielle dans les installations électriques basse tension", Intersections- Le magazine Schneider Electric de l'enseignement technologique et professionnel, Juin 2001.**