

Chapitre II: Les régimes de neutre

Chapitre II: Les régimes de neutre	14
II.1- Introduction	14
II.2- Les types de régime de neutre	14
II.2.A- Neutre isolé	14
a) Avantages.....	15
b) Inconvénients.....	15
c) Type de protection	15
d) Application	15
II.2.B- Neutre directe à la terre	15
a) Avantages.....	15
b) Inconvénients.....	16
c) Type de protection	16
d) Application	16
II.2.C- Neutre mise à la terre par résistance.....	16
a) Avantages.....	16
b) Inconvénients.....	16
c) Type de protection	16
d) Application	17
II.2.D- Neutre mise à la terre par réactance faible	17
a) Avantages.....	17
b) Inconvénients.....	17
c) Type de protection	17
d) Application	17
II.2.E- Neutre mise à la terre par réactance accordée.....	18
a) Avantages.....	18
b) Inconvénients.....	18
c) Type de protection	18
d) Application	18
II.3- Schémas des liaisons à la terre utilisés en basse tension	18
II.3.A- Schéma TT (neutre à la terre).....	19
II.3.B- Schéma TN (Mise au neutre).....	19
II.3.B.1- Schéma TNC (Mise au neutre confondus)	19
II.3.B.2- Schéma TNS (Mise au neutre séparés)	19
II.3.C- Schéma IT (Neutre isolé ou impédant).....	20
II.4- Tensions de contact.....	20
II.5- Particularités des dispositifs différentiels résiduels.....	21
II.5.A- Description, principe général	21
II.5.B- Recommandations d'emploi	21
II.6- Régimes de neutre utilisés en haute tension	22
II.6.A- Principes et schémas utilisés en haute tension	22

II.1- Introduction

Le type de mise à terre du point neutre des réseaux va permettre de maîtriser plus au moins bien certaines perturbations et d'en limiter les effets. La connexion du neutre à la terre peut être réalisée de 5 façons différentes :

- $Z_n = \infty$: neutre isolé, pas de liaison intentionnelle
- $Z_n = R \nearrow$: est une résistance de valeur plus ou moins élevée
- $Z_n = jL\omega \swarrow$: est une réactance, de valeur faible en général
- Z_n : est une réactance de compensation, destinée à compenser la capacité du réseau
- $Z_n = 0$: le neutre est relié directement à la terre.

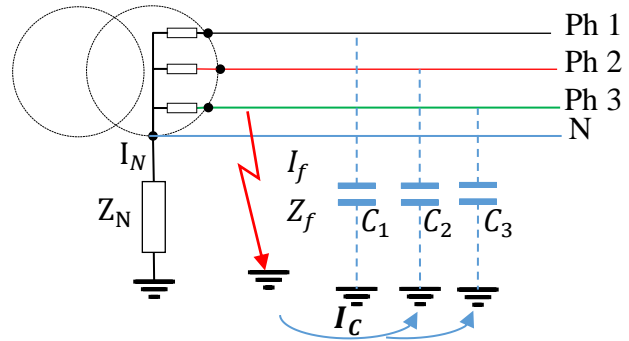


Figure II-1 : Défaut à la terre dans un réseau

$$I_f = I_C + I_N \quad (\text{II-1})$$

I_f : Courant de défaut ;

I_C : Courant capacitif ;

Z_k : Impédance de défaut ;

I_N : Courant du neutre ;

Ces types vont agir sur trois notions {sécurité -service – coûts} via six critères :

Sécurité	Protection simple	Compétence du personnel	
Service	Continuité de service		
Coûts	Surtensions	Phénomènes transitoires	Energie du défaut

- ❶ En particulier, deux considérations techniques importantes sont contradictoires :
-Réduire le niveau des surtensions- Réduire le courant de défaut à la terre (I_{k1})

II.2- Les types de régime de neutre

II.2.A- Neutre isolé

- Il n'existe aucune liaison électrique entre le point neutre et la terre, à l'exception des appareils de mesure ou de protection.
- Neutre fortement impédant : une impédance de valeur élevée est intercalée entre le point neutre et la terre.

$$I_f = I_{C1} = I_{C2} + I_{C3} (I_N = 0);$$

$$C = C_1 = C_2 = C_3$$

$$I_{C2} = j\omega C v_2$$

$$I_{C3} = j\omega C v_3$$

$$I_f = 3j\omega CV$$

* CPI : Contrôleur Permanent d'Isolement

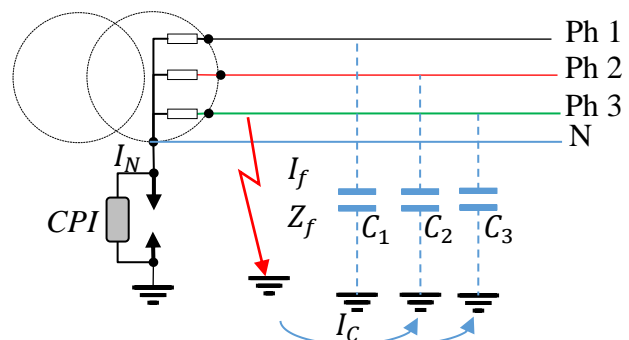


Figure II-2 : Neutre isolé

a) Avantages

Continuité de service

Energie du défaut

Le premier défaut ne présente pas de danger. Le courant de phase masse est très faible et aucune tension dangereuse n'est à craindre. Mais il doit être signalé et recherché pour être éliminé.

b) Inconvénients

Surtensions

Compétence du personnel

Phénomènes transitoires

- La difficulté de la mise en œuvre de protection sélectives au premier défaut en raison des très faibles courants.
- Le 2ème défaut provoque un court-circuit entre phase.
- La coupure est obligatoire au deuxième défaut.
- Des surtensions importantes et des phénomènes transitoires entraînant un surcoût de l'isolement ou un vieillissement prématuré des matériels.

c) Type de protection

- Contrôleur permanent d'isolement (CPI) : surveille en permanence le niveau d'isolement du réseau et signale son passage en dessous d'un seuil préétabli.
- Protection à maximum de tension résiduelle (ANSI 59) : Cette protection permet la détection d'un défaut d'isolement par la mesure du déplacement du point neutre.
- Protection maximum de courant terre directionnelle (ANSI 67N) : Cette protection permet la détection du départ en défaut. La discrimination se fait par comparaison de l'angle de déphasage entre la tension résiduelle et les courants résiduels, d'une part du départ en défaut et d'autre part de chaque départ sain.

① ANSI: American National Standard Institute.

d) Application

Ce régime de neutre est utilisé lorsque la coupure au premier défaut d'isolement est préjudiciable au bon fonctionnement d'une exploitation ou à la sécurité des personnes (Domain industrielle).

II.2.B- Neutre directe à la terre

Dans ce type de schéma, dit de "neutre à la terre" : Le neutre de l'installation est directement relié à la terre.

$$V_{NT} = 0; I_f = I_N = \frac{V}{Z_f};$$

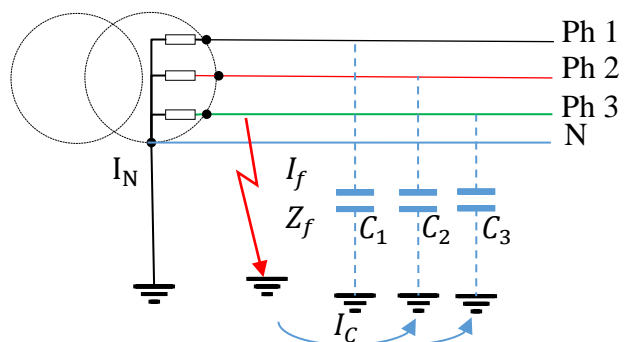


Figure II-3 : Neutre directe à la terre

a) Avantages

Surtensions

Protection simple

Compétence du personnel

Phénomènes transitoires

- Pas de surtension parce qu'il y a leur écoulement.
- Pas de protection compliquée {protection classique avec un simple relais de surtension}.

b) Inconvénients

Energie du défaut

Continuité de service

Le courant de défaut est élevé ce qui peut entraîner maximum de perturbation et une dégradation de matériel.

Il n'est pas de continuité de service au premier défaut.

c) Type de protection

Un relais à maximum de courant de terre temporisé.

d) Application

Cette solution est celle employée pour les réseaux de distribution publique basse tension.

II.2.C- Neutre mise à la terre par résistance

Une résistance est intercalée volontairement entre le point neutre et la terre.

L'impédance résistive limite le courant de défaut à la terre I_k , tout en permettant un bon écoulement des surtensions.

$$I_f = I_C + I_N = 3j\omega CV + \frac{V}{R_N}$$

$$|I_f| = |V| \sqrt{9\omega^2 C^2 + \frac{1}{R_N^2}}$$

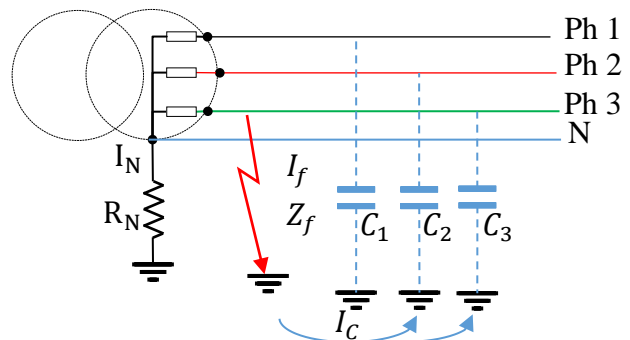


Figure II-4 : Neutre mise à la terre par résistance

a) Avantages

Surtensions

Protection simple

Energie du défaut

- Un bon compromis avec un courant de défaut modéré
- Des surtensions faibles.
- Les protections sont simples, sélectives.

b) Inconvénients

Continuité de service

- La continuité de service est dégradée, il y a une coupure de réseau dès le premier défaut.
- La résistance mise à la terre est onéreuse car la dissipation thermique de celle-ci est importante d'où un coût d'achat élevé.

c) Type de protection

La détection d'un courant de défaut I_k faible nécessite des protections différentes de celles de surintensité phases. Ces protections "de terre" détectent le courant de défaut :

- 01) Soit directement dans la liaison du neutre à la terre
- 02) Soit 3 capteurs(3TC) de courant de phase alimentant les protections
- 03) Soit un capteur tore pour les mesures plus précises.

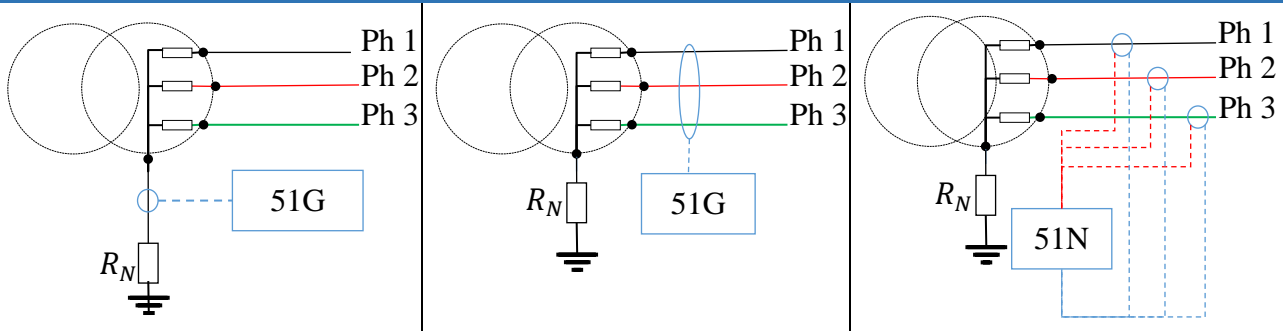


Figure II-5 : Solutions de protection terre

d) Application

Réseau HTA de la distribution publique et industrielle.

II.2.D- Neutre mise à la terre par réactance faible

Une réactance est intercalée volontairement entre le point neutre et la terre.

$$I_f = I_C + I_N = 3j\omega CV - \frac{V}{j\omega L_N}$$

$$|I_f| = |V| \sqrt{9\omega^2 C^2 + \frac{1}{\omega^2 L_N^2}}$$

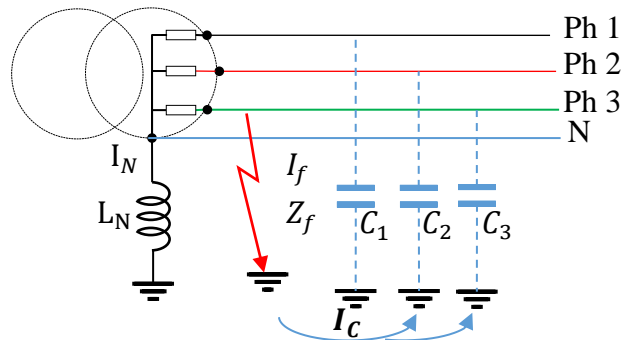


Figure II-6 : Neutre mise à la terre par réactance faible

a) Avantages

Energie du défaut

- Ce type de régime limite l'amplitude des courants de défaut ; il est simple à protéger même si le courant de limitation est très supérieur au courant capacitif du réseau.
- La réactance est peu onéreuse car la dissipation thermique est réduite {faible résistance}.

b) Inconvénients

Continuité de service

Surtensions

- La continuité de service est dégradée, il y a une coupure de réseau dès le premier défaut.
- Des surtensions sont possibles lors de la coupure.

c) Type de protection

Utilisé est la directionnelle terre.

- Le réglage de la protection se situe au niveau de 10 à 20 % du courant de défaut maximum.
- La protection est moins contraignante que dans le cas de la mise à la terre par résistance, d'autant plus que I_{LN} est important puisque I_C est inférieur au courant limité.

d) Application

Les réseaux de distribution publique HTA > 40 kV.

II.2.E- Neutre mise à la terre par réactance accordée

On appelle aussi neutre mis à la terre par bobine d'extinction de Petersen. Une réactance accordée sur les capacités du réseau est volontairement intercalée entre le point neutre et la terre de sorte qu'en présence d'un défaut à la terre, le courant dans le défaut est nul.

Le courant dans le défaut est nul, lorsque l'accord est parfait.

$$3\omega C = \frac{1}{\omega L_N} \Rightarrow 3\omega^2 C L_N = 1$$

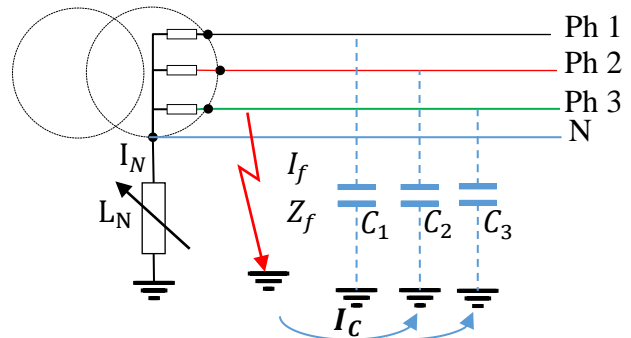


Figure II-7 : Neutre mise à la terre par réactance de compensation

a) Avantages

Energie du défaut

Continuité de service

- Le courant de défaut est limité même si la capacité phase-terre est grande.
- La continuité de service est maintenue en cas de défaut permanent

b) Inconvénients

Surtensions

- Le coût élevé de la réactance ;
- Les risques de surtensions transitoires sur le réseau sont importants ;
- La mise en œuvre des protections sélectives est délicate.

c) Type de protection

Protection à maximum de courant de terre directionnelle plus sophistiquée {protection à neutre compensé}.

d) Application

Réseaux MT de distribution publique avec un courant capacitif élevé (réseau de ville utilisant des câbles enterrés).

II.3- Schémas des liaisons à la terre utilisés en basse tension

Pour les réseaux BT, les normes définissent trois types de schémas de liaison à la terre, communément appelés régimes de neutre caractérisés par deux lettres :

La première lettre : Situation de l'alimentation par rapport à la terre.

- T : liaison d'un point avec la terre ;
- I : isolation de toutes les parties actives par rapport à la terre ou liaison d'un point avec la terre à travers une impédance ;

La deuxième lettre : 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.

II.3.A- Schéma TT (neutre à la terre)

- La neutre de l'installation est directement reliée à la terre.
- Les masses de l'installation sont aussi reliées à la terre.
- L'ensemble des utilisations doit être équipé d'une protection différentielle instantanée.

DDR : Dispositifs à courant Différentiel Résiduel.

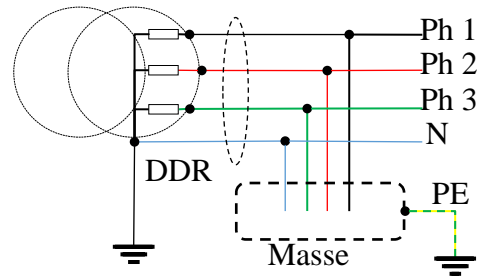


Figure II-8 : A- Schéma TT

❶ *Ce régime se rencontre dans les cas suivants : domestique, petit tertiaire, petits ateliers, établissements scolaires avec salle de travaux pratiques, etc.*

II.3.B- Schéma TN (Mise au neutre)

II.3.B.1- Schéma TNC (Mise au neutre confondus)

- Le neutre et le conducteur de protection sont confondus en un seul conducteur appelé PEN
- Ce type de schéma est interdit pour des sections de conducteurs inférieurs à 10 mm^2 cuivre et 16 mm^2 aluminium et ne pas comprendre d'installations mobiles (câbles souples) ;
- Le conducteur PEN (Protection et Neutre) ne doit jamais être sectionné.

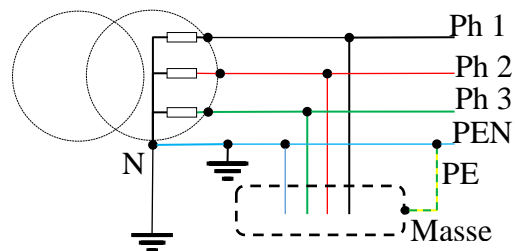


Figure II-9 : Schéma TNC

II.3.B.2- Schéma TNS (Mise au neutre séparés)

- Le conducteur de neutre et le conducteur de protection sont séparés.
- En TN, ce schéma est obligatoire pour des sections inférieures à 10 mm^2 cuivre ou 16 mm^2 aluminium, ainsi que pour les canalisations mobiles.

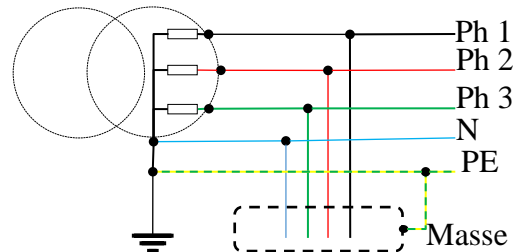


Figure II-10 : Schéma TNS

❶ *Il est également interdit que TNC soit en aval d'un schéma TNS.*

II.3.C- Schéma IT (Neutre isolé ou impédant)

- Le neutre est isolé ou relié à la terre par une assez forte impédance (1500 à 2000 V).
- Ce régime se rencontre par exemple, dans les hôpitaux (salles d'opération) ou dans les circuits de sécurité (éclairage) et dans les industries où la continuité d'exploitation est primordiale ou lorsque le faible courant de défaut, réduit considérablement les risques d'incendie ou d'explosion.

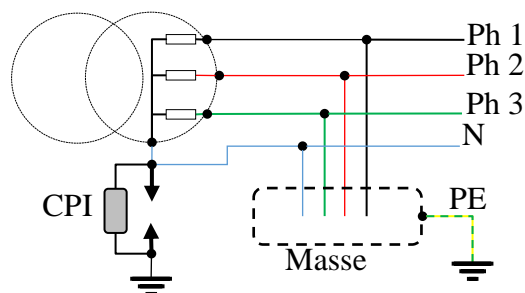


Figure II-11 : Schéma IT

II.4- Tensions de contact

Toute personne entrant en contact avec une pièce sous tension est soumise à une différence de potentiel : il y a donc pour elle un risque d'électrisation (on entend par électrisation, le fait de recevoir un choc électrique n'entraînant pas la mort). On distingue deux sortes de contacts : le contact direct et le contact indirect.

- Contact direct : C'est le contact d'une personne avec une partie active d'un matériel sous tension. Le contact peut avoir lieu avec une phase ou avec le neutre.
- Contact indirect : C'est le contact d'une personne avec une masse d'un récepteur mise accidentellement sous tension à la suite d'un défaut d'isolement.

❶ *Le tableau fixant les temps théoriques maximum de coupure de l'alimentation en fonction de la tension de contact présumée, à laquelle est soumise une personne.*

Locaux secs			Locaux humides		
Tension de contact présumée (V)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (s)		Tension de contact présumée (V)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (s)	
	AC	DC		AC	DC
< 50	5	5	25	5	5
75	0,60	5	50	0,48	5
90	0,45	5	75	0,30	2
120	0,34	5	90	0,25	0,80
150	0,27	1	110	0,18	0,50
220	0,17	0,40	150	0,12	0,25
280	0,12	0,30	230	0,05	0,06
350	0,08	0,20	280	0,02	0,02
500	0,04	0,10			

Tableau II-1 : Durée maximale de maintien de la tension de contact présumé

II.5- Particularités des dispositifs différentiels résiduels

II.5.A- Description, principe général

Appareil assurant la protection des personnes et capable d'interrompre automatiquement un défaut d'isolement en cas de fuite à la terre du courant (par le PE) appelé courant résiduel

Le DDR (Dispositif Différentiel à courant Résiduel) peut être soit un disjoncteur soit un interrupteur.

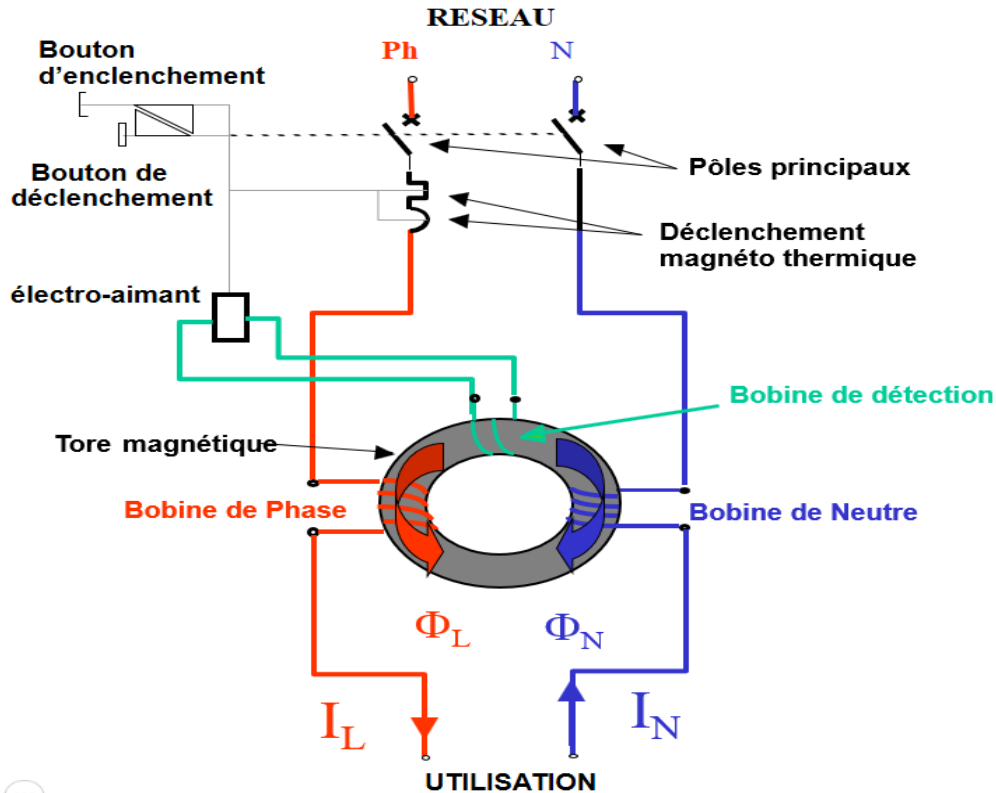


Figure II-12 : Disjoncteur Différentiel

- ❶ L'avantage d'un disjoncteur différentiel par rapport à un interrupteur différentiel c'est qu'il assure également la protection du matériel contre les défauts de surintensités.

II.5.B- Recommandations d'emploi

- Déséquilibre des courants capacitifs : Les charges et les canalisations monophasées entraînent naturellement des déséquilibres des courants capacitifs qui peuvent provoquer le fonctionnement des DDR à haute sensibilité ($\leq 30 \text{ mA}$).
- Déclenchement par sympathie : Lors d'un défaut d'isolement le courant capacitif se répartit dans les départs sains et peut ainsi provoquer le déclenchement des dispositifs différentiels installés sur ces départs. La solution consiste à limiter la longueur des canalisations et le nombre de récepteurs placés en aval d'un dispositif différentiel haute sensibilité. On retiendra que le courant capacitif d'un départ ne doit pas dépasser le quart du seuil de réglage du DDR qui assure sa protection.

II.6- Régimes de neutre utilisés en haute tension

II.6.A- Principes et schémas utilisés en haute tension

Les réseaux de distribution publique et les réseaux privés industriels ou tertiaires, on rencontre tous les principes de mise à la terre du point neutre. À savoir :

- 01) Le neutre mis directement à la terre ;
- 02) Le neutre isolé ;
- 03) Le neutre mis à la terre par résistance ;
- 04) Le neutre mis à la terre par réactance ;
- 05) Le neutre mis à la terre par bobine d'extinction de Petersen partiellement ou totalement accordée.

Ils sont définis par un code à trois lettres (norme NFC 13 200) :

- La première lettre précise la situation du point neutre par rapport à la terre :
 - T : le neutre relié directement à la terre ;
 - I : le neutre isolé ou relié à la terre par l'intermédiaire d'une impédance ;
- La deuxième lettre précise la situation des masses :
 - N : les masses sont reliées directement au point neutre mis à la terre ;
 - T : les masses sont reliées directement à la terre, indépendamment de la mise à la terre éventuelle du neutre.
- La troisième lettre précise les liaisons éventuelles entre les masses du poste, le point neutre et les masses de l'installation :
 - R : les masses du poste d'alimentation sont reliées à une prise de terre commune au neutre et aux masses de l'installation ;
 - N : les masses du poste d'alimentation sont reliées à une prise de terre du neutre, les masses de l'installation étant reliées à une prise de terre séparée ;
 - S : les masses du poste d'alimentation, le neutre et les masses de l'installation sont reliées à des prises de terre séparées.

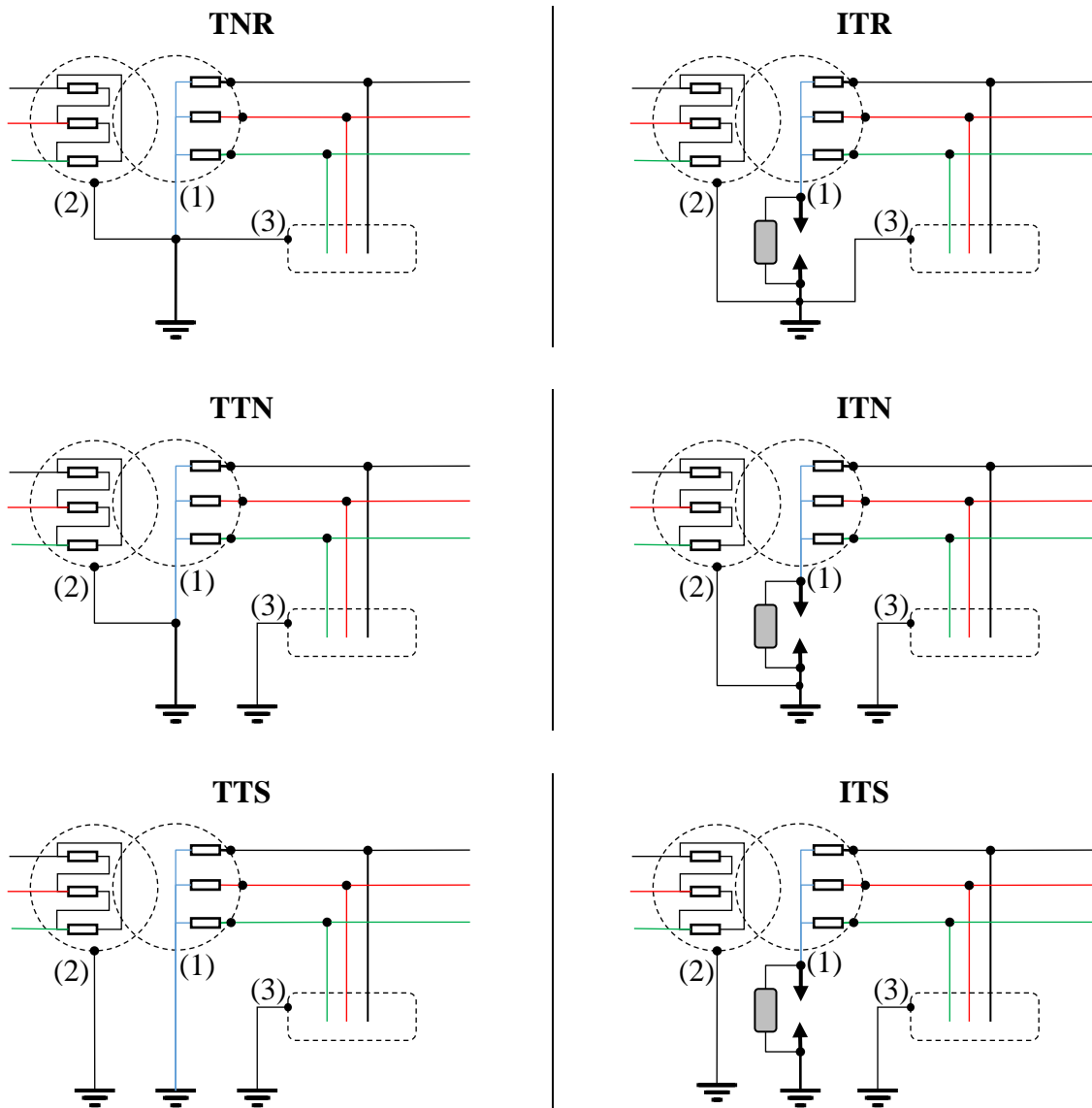


Figure II-13 : Définition des régimes du neutre en haute tension