

Université Akli Mohand Oulhadj Bouira
Faculté des sciences et des sciences appliquées
Département de Génie Electrique

Polycopié pédagogique

Réseaux électriques industriels

Chapitre I: Les architectures de réseaux électriques.....	3
I.1- Introduction.....	3
I.2- Organisation du réseau.....	3
I.2.A- Production d'énergie.....	4
I.2.B- Transport et distribution.....	5
I.3- Structure générale d'un réseau de distribution.....	5
I.3.A- La source d'alimentation.....	6
I.3.B- Les postes de livraison HTB/HTA.....	7
I.3.C- Les réseaux HTA.....	8
I.3.D- Les postes de livraison HTA/BT.....	10
I.3.E- Les réseaux BT.....	11
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
II.2.B- Neutre directe à la terre.....	15
II.2.C- Neutre mise à la terre par résistance.....	16
II.2.D- Neutre mise à la terre par réactance faible.....	17
II.2.E- Neutre mise à la terre par réactance accordée.....	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.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

**Chapitre I: Les architectures
de réseaux électriques**

Sommaire Ch. I

Chapitre I: Les architectures de réseaux électriques	3
I.1- Introduction.....	3
I.2- Organisation du réseau.....	3
I.2.A- Production d'énergie	4
I.2.B- Transport et distribution	5
I.2.B.1- Le réseau de transport et d'interconnexion.....	5
I.2.B.2- Le réseau de répartition	5
I.2.B.3- Le réseau de distribution HT	5
I.2.B.4- Le réseau de distribution BT	5
I.3- Structure générale d'un réseau de distribution.....	5
I.3.A- La source d'alimentation.....	6
I.3.B- Les postes de livraison HTB/HTA	7
I.3.C- Les réseaux HTA	8
I.3.C.1- Les réseaux à architecture radiale.....	8
I.3.C.2- Les réseaux bouclés	9
I.3.D- Les postes de livraison HTA/BT	10
I.3.D.1- Les postes de livraison HTA à comptage BT.....	10
I.3.D.2- Les postes de livraison HTA à comptage HT.....	11
I.3.E- Les réseaux BT	11
I.3.E.1- Modes d'alimentation des tableaux BT	11
a) L'alimentation des tableaux BT avec une seule source d'alimentation	11
b) L'alimentation des tableaux BT par une double alimentation.....	12
I.3.E.2- Les tableaux BT secourus par des alternateurs	12

I.1- Introduction

Dans la plupart des pays, les installations électriques doivent répondre à un ensemble de réglementations nationales ou établies par des organismes privés agréés. Il est essentiel de prendre en considération ces contraintes locales avant de démarrer la conception de l'installation. Les niveaux de tension sont définis par :

Tableau I-1 : La norme NF C 15-100 (La norme française)

Domaine de tension		Tension alternative [V]	Valeurs usuelles
Très basse tension	TBT	$U \leq 50 V$	12 - 24 - 48 V
Basse tension	BTA	$50 < U \leq 500 V$	230 - 400 V
	BTB	$500 < U \leq 1000 V$	690 V
Haute tension A	HTA1	$1 < U \leq 40 kV$	5,5 - 6,6 - 10 - 15 - 20 - 33 kV
	HTA2	$40 < U \leq 50 kV$	40,5 kV
Haute tension B	HTB1	$50 < U \leq 130 kV$	63 - 90 kV
	HTB2	$130 < U \leq 350 kV$	150 - 225 kV
	HTB3	$350 < U \leq 500 kV$	400 kV

La tension nominale des réseaux existants à 220/380 V doit évoluer vers la valeur recommandée 230/400 V.

Tableau I-2 : La norme CEI (Commission Électrotechnique Internationale)

Domaine de tension		Tension	Valeurs usuelles
Basse tension	BT	$100 < U \leq 1000 V$	400 - 690 - 1000 V
Moyenne tension	MT	$1 < U \leq 35 kV$	3,3 - 6,6 - 11 - 22 - 33 kV
Haute tension	HT	$35 < U \leq 230 kV$	45 - 66 - 110 - 132 - 150 - 220 kV

I.2- Organisation du réseau

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité.

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production - transport - consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

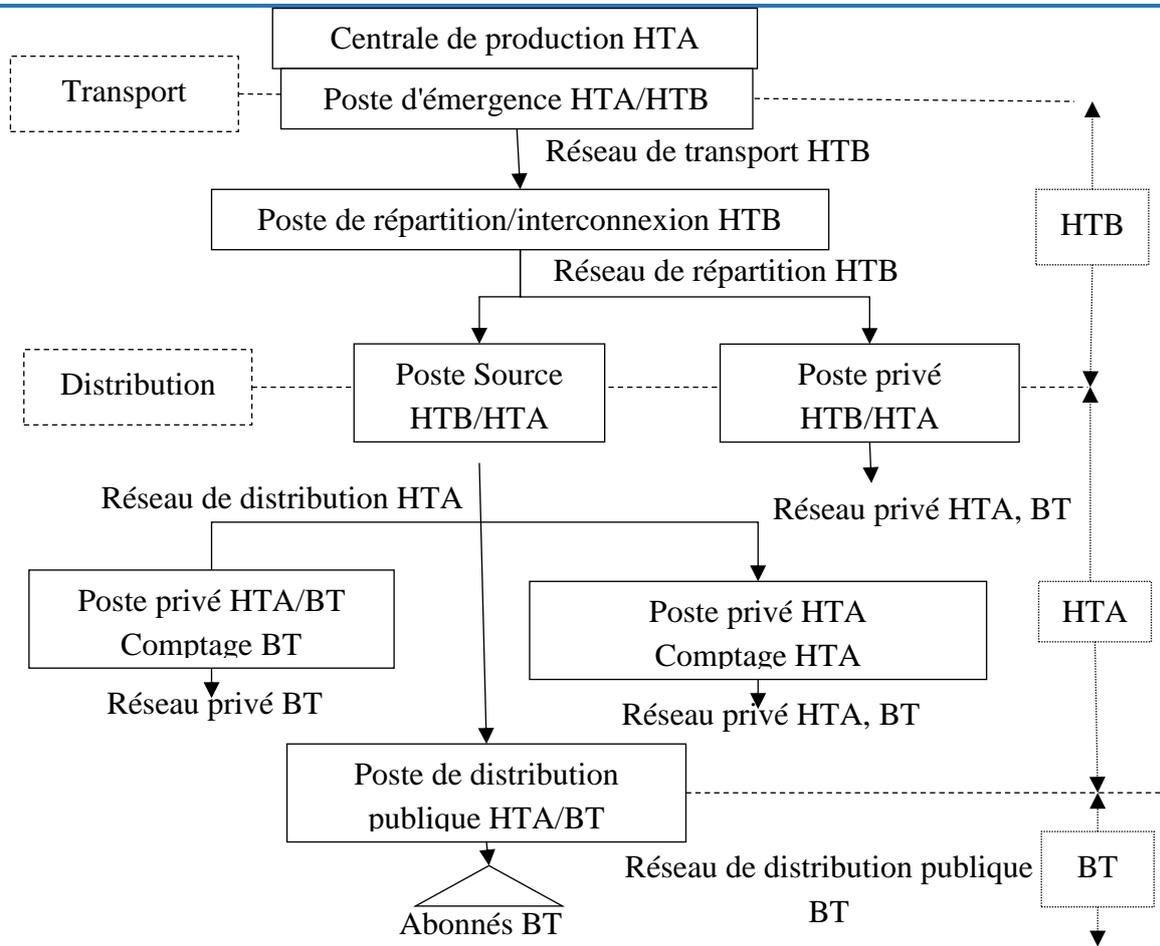


Figure I-1 : Organisation du réseau

I.2.A- Production d'énergie

Une centrale de production est composée de 1 ou plusieurs générateurs, 1 ou plusieurs transformateurs de puissance éleveurs et d'un certain nombre de fonctions auxiliaires (soutirage, excitation si génératrice synchrone, démarrage etc...).

La production doit en tout instant être capable de satisfaire la demande (consommation+ pertes), elle doit donc prévoir des moyens de production pour couvrir l'extrême pointe de la demande, même si cette dernière n'existe que quelques minutes par an.

Il existe cinq principaux types de centrales pour produire de l'énergie électrique :

- Les centrales hydrauliques ;
- Les centrales thermiques ;
- Les centrales nucléaires ;
- Les centrales solaires ou photovoltaïques ;
- Les centrales éoliennes.

I.2.B- Transport et distribution

I.2.B.1- Le réseau de transport et d'interconnexion

Le transport de l'énergie de son lieu de production vers les postes d'interconnexion s'effectue par le réseau d'énergie électrique en très haute tension HTB (225 ou 400 kV) quelques fois 800 kV, avec des lignes en triphasé de type aérien. Ce réseau est maillé afin de permettre l'interconnexion entre les centrales débitant simultanément pour couvrir la consommation. Il assure aussi, par interconnexion, des échanges entre les pays.

I.2.B.2- Le réseau de répartition

La finalité de ce réseau est avant tout d'acheminer l'électricité du réseau de transport vers les grands centres de consommation. La structure de ces réseaux est généralement de type aérien (parfois souterrain à proximité de sites urbains). Les tensions sur ces réseaux sont comprises entre 25 kV et 275 kV.

I.2.B.3- Le réseau de distribution HT

La finalité de ce réseau est d'acheminer l'électricité du réseau de répartition aux points de moyenne consommation (postes de distribution publique MT/BT et postes de livraison aux abonnés à moyenne consommation). La structure est de type aérien ou souterrain. Les tensions sur ces réseaux sont comprises entre quelques kilovolts et 40 kV.

I.2.B.4- Le réseau de distribution BT

La finalité de ce réseau est d'acheminer l'électricité du réseau de distribution HT aux points de faible consommation dans le domaine public avec l'accès aux abonnés BT. Il représente le dernier niveau dans une structure électrique. Ce réseau permet d'alimenter un nombre très élevé de consommateurs correspondant au domaine domestique. Sa structure, de type aérien ou souterrain, est souvent influencée par l'environnement. Les tensions sur ces réseaux sont comprises entre 100 et 440 V.

① *Le réseau de transport HTB en ALGERIE : - 220 kV (et bientôt 400kV) réseau national - 63 et 90 kV réseau régional - 30 et 10 kV distribution HTA.*

I.3- Structure générale d'un réseau de distribution

Un réseau de distribution comporte :

- Un étage HTB alimenté par une ou plusieurs sources.
- Un ou plusieurs transformateurs HTB / HTA ;
- Un étage principal HTA composé d'un ou plusieurs jeux de barres ;
- Des récepteurs HTA ;
- Des transformateurs HTA / BT (pour les Postes de Distribution Publique) ;
- Des tableaux et des réseaux basse tension
- Des réceptrices basses tensions.

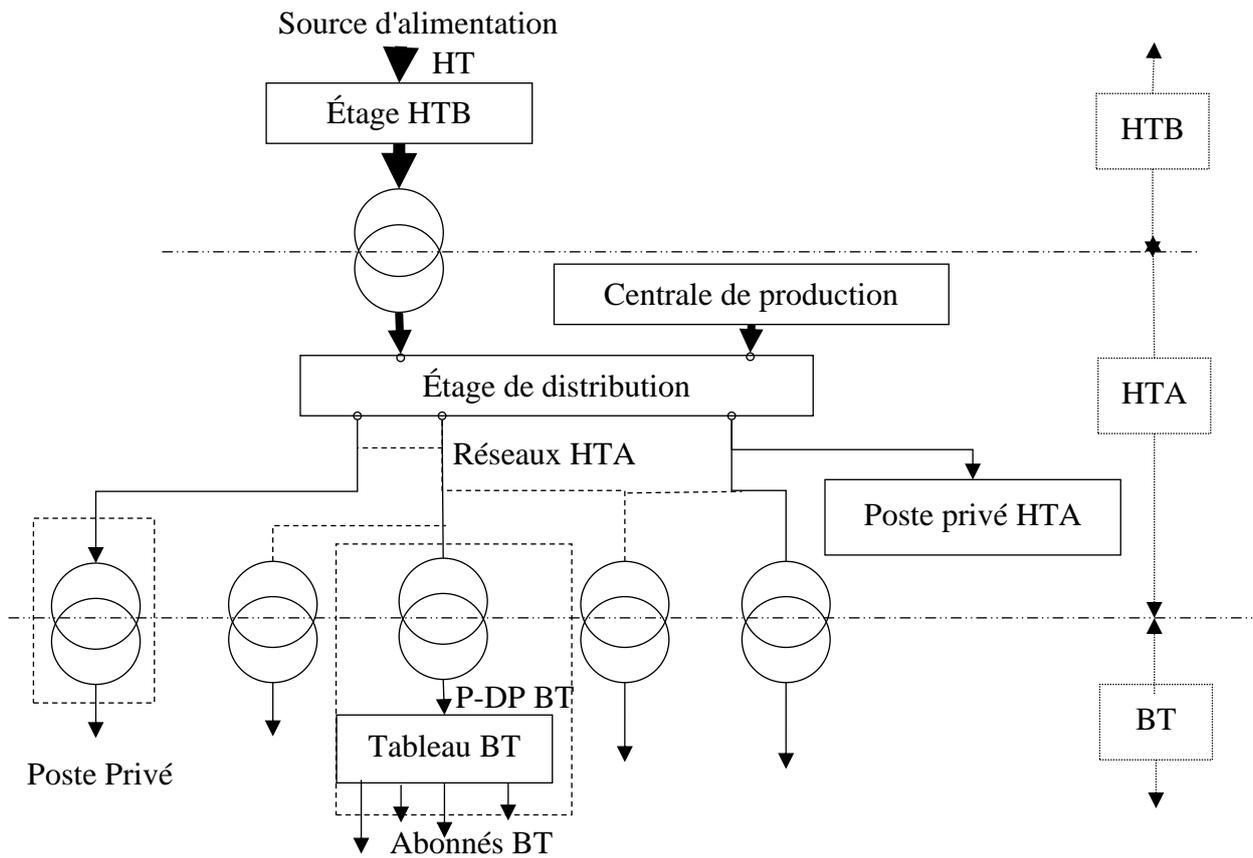


Figure I-2 : Structure générale d'un réseau de distribution

I.3.A- La source d'alimentation

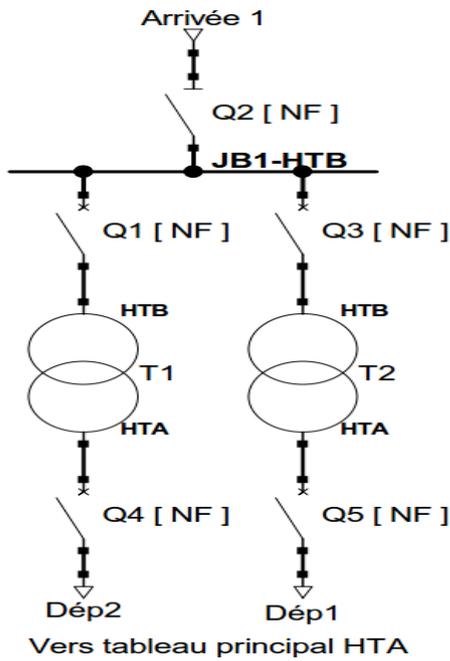
L'alimentation des réseaux industriels peut être réalisée, soit :

- En HTB supérieure à 50 kV.
- En HTA entre 1 kV et 50 kV.
- En BTA.

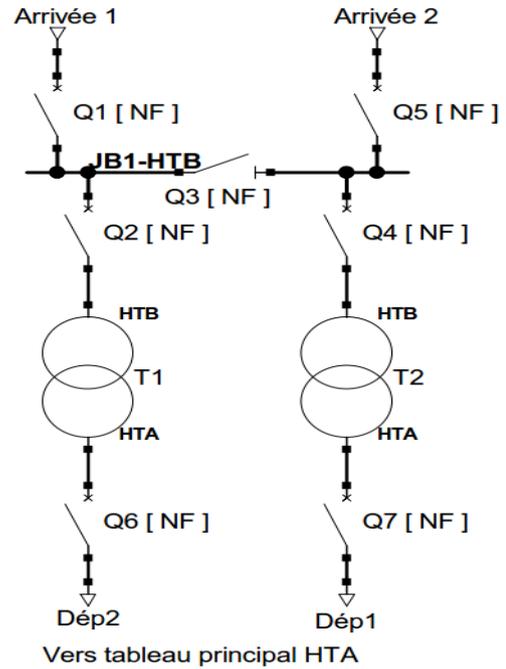
I.3.B- Les postes de livraison HTB/HTA

Ils concernent généralement les puissances supérieures à 10 MVA. Les schémas électriques des postes de livraison HTB sont les suivants :

Alimentation simple antenne



Alimentation double antenne



Alimentation double antenne - double jeu de barres

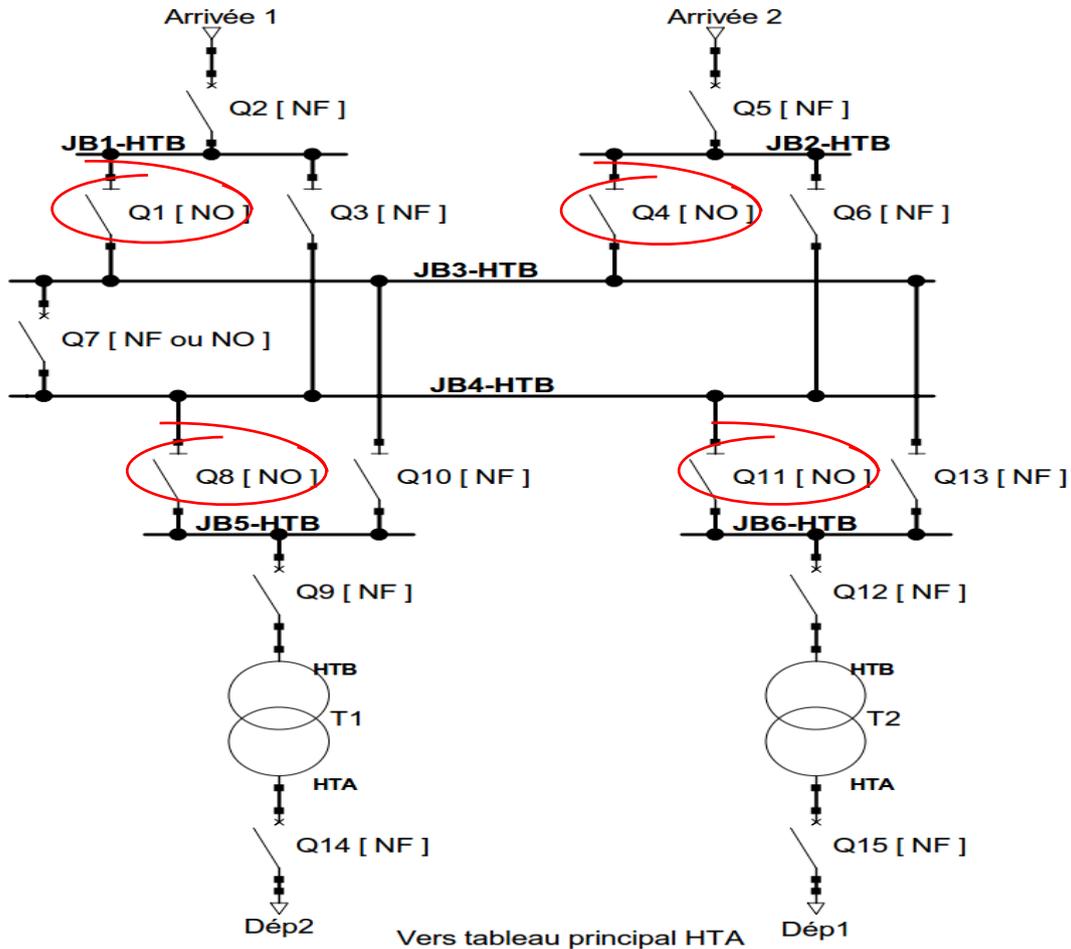


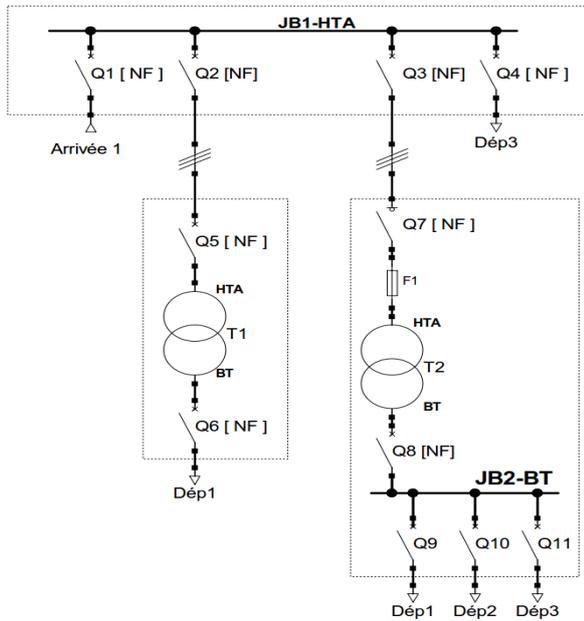
Figure I-3 : Poste de livraison HTB

I.3.C- Les réseaux HTA

Les principales structures de réseaux HTA permettant d'alimenter les tableaux secondaires et les transformateurs HTA / BT. La complexité détermine la disponibilité de l'énergie électrique et le coût d'investissement. Le choix de l'architecture sera donc fait pour chaque application sur le critère de l'optimum technico-économique. On distingue essentiellement les types suivants :

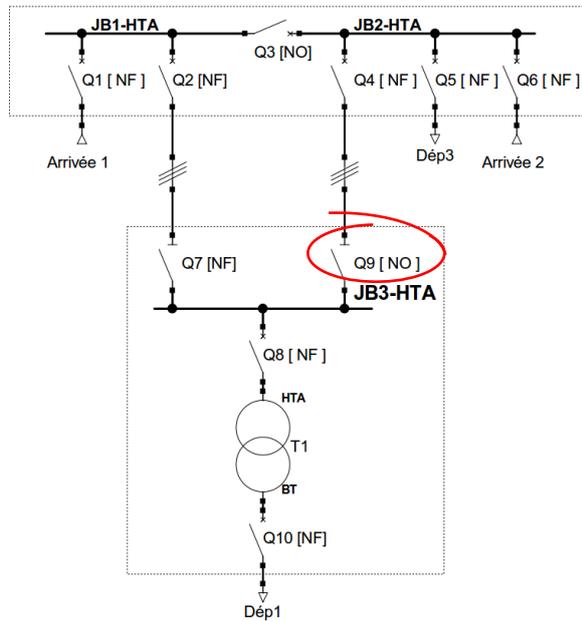
I.3.C.1- Les réseaux à architecture radiale

Radial en simple antenne



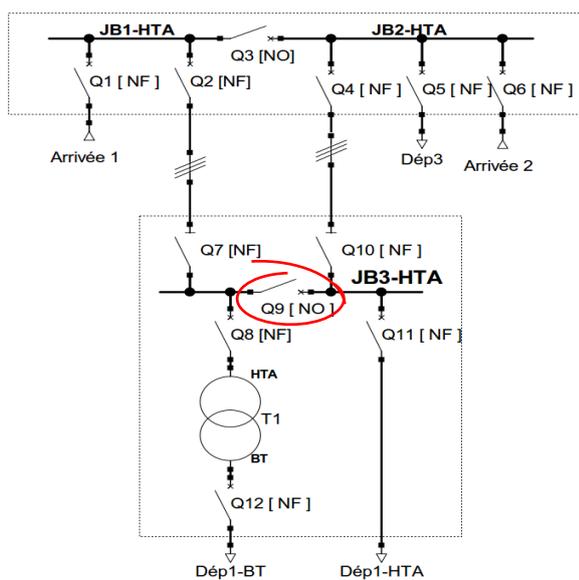
- Les postes sont alimentés par une seule source, il n'y a pas de solution de dépannage
- Cette structure est préconisée lorsque les exigences de disponibilité sont faibles.

Radial en double antenne sans couplage



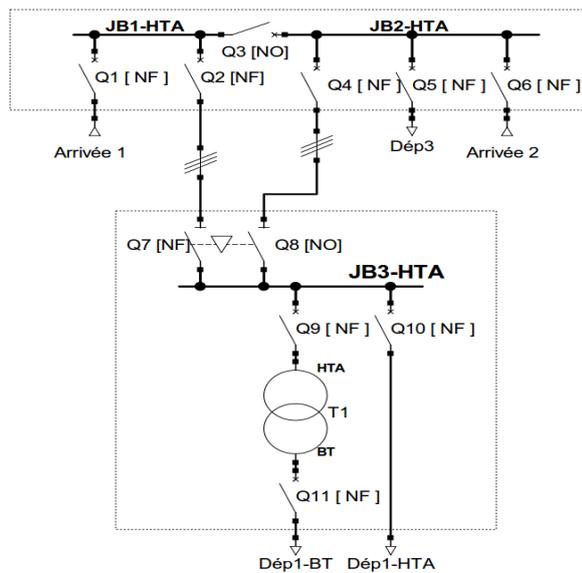
- Le poste est alimenté par 2 sources sans couplage, l'une en secours de l'autre
- La disponibilité est bonne

Radial en double antenne avec couplage



- Le poste est alimenté par 2 sources avec couplage. En fonctionnement normal, Les disjoncteurs de couplage sont ouverts.
- Chaque 1/2 de barres peut être dépanné et être alimenté par l'une ou l'autre des sources

Radial en double dérivation



- Les postes 1 et 2 peuvent être dépannés et être alimentés par l'une ou l'autre des sources indépendamment
- Une très bonne disponibilité.

Figure I-4 : Réseau radiale

I.3.C.2- Les réseaux bouclés

En boucle ouverte

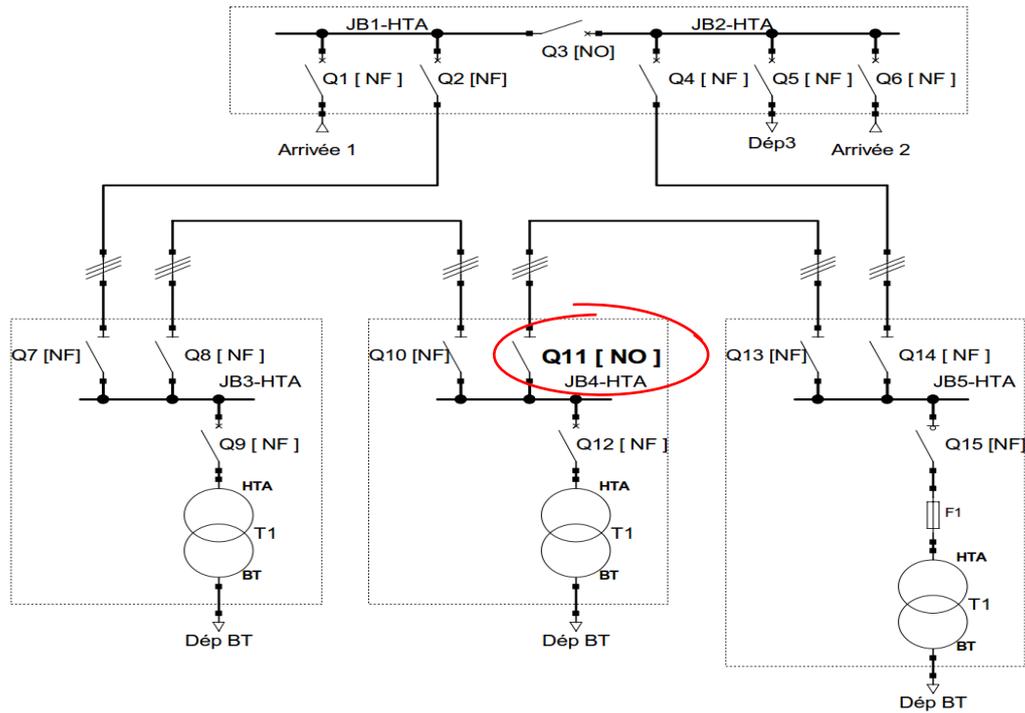


Figure I-5 : Réseau bouclé ouvert

- Les têtes de boucle en A et B sont équipées de disjoncteurs.
- Les appareils de coupure des postes 1, 2 et 3 sont des interrupteurs.
- Les jeux de barre peuvent être alimentés par l'une ou l'autre des sources.
- En fonctionnement normal, la boucle est ouverte au point déterminé par l'exploitation.
- En état d'incident, suite défaut sur un câble ou la perte d'une source une autre configuration de boucle pour alimente tous les postes.

En boucle fermée

① *Le même schéma en boucle ouverte sauf que Q11 [NF].*

- Les jeux de barre peuvent être alimentés par l'une ou l'autre des sources.
- Tous les appareils de coupure de la boucle sont des disjoncteurs.
- En fonctionnement normal, la boucle est ouverte au point déterminé par l'exploitation.
- En état d'incident, suite défaut sur un câble ou la perte d'une source une autre configuration de boucle pour alimente tous les postes.

① *La configuration en boucle (ouverte ou fermée) Cette reconfiguration engendre une coupure d'alimentation de quelques secondes si un automatisme de reconfiguration de boucle est installé. La coupure est d'au moins plusieurs minutes ou dizaines de minutes si la reconfiguration de boucle est effectuée manuellement par le personnel d'exploitation.*

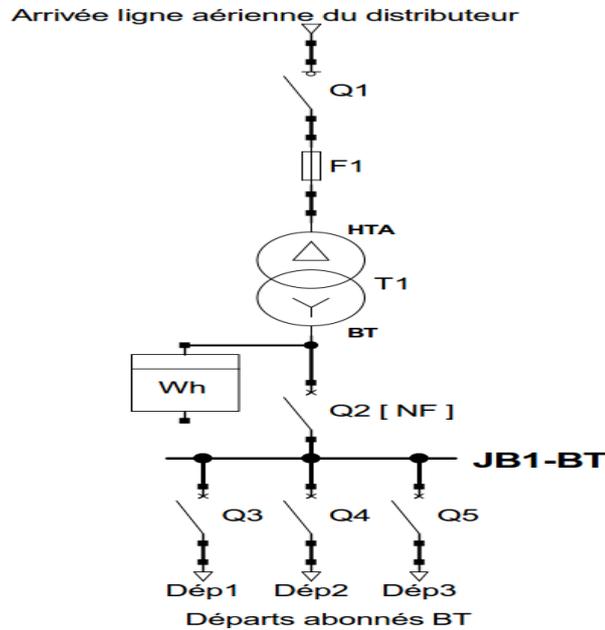
I.3.D- Les postes de livraison HTA/BT

Ils concernent généralement les puissances comprises entre 250 kVA et 10 MVA.

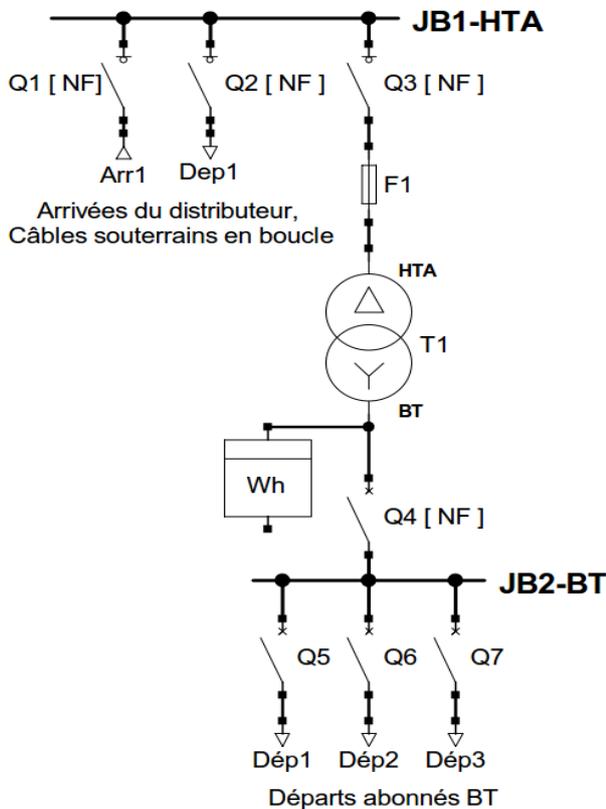
I.3.D.1- Les postes de livraison HTA à comptage BT

Lorsque le poste de livraison comporte un seul transformateur HTA/BT de puissance inférieure ou égale à 1250 kVA.

Alimentation en simple dérivation



Alimentation en coupure d'artère



Alimentation en double dérivation

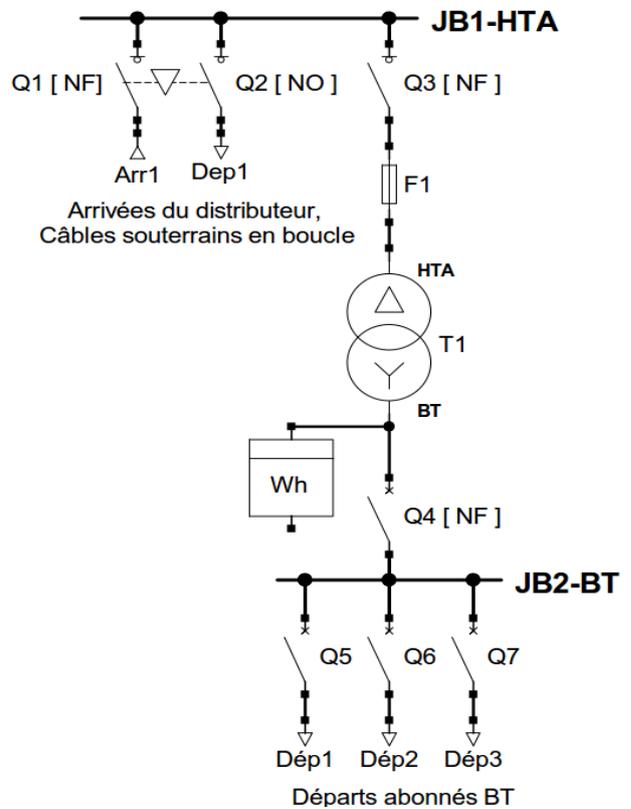


Figure I-6 : Poste de livraison HTA à comptage BT

I.3.D.2- Les postes de livraison HTA à comptage HT

Ils comportent plusieurs transformateurs ou un seul, de puissance totale supérieure à 1250 kVA et peuvent comporter des départs HTA.

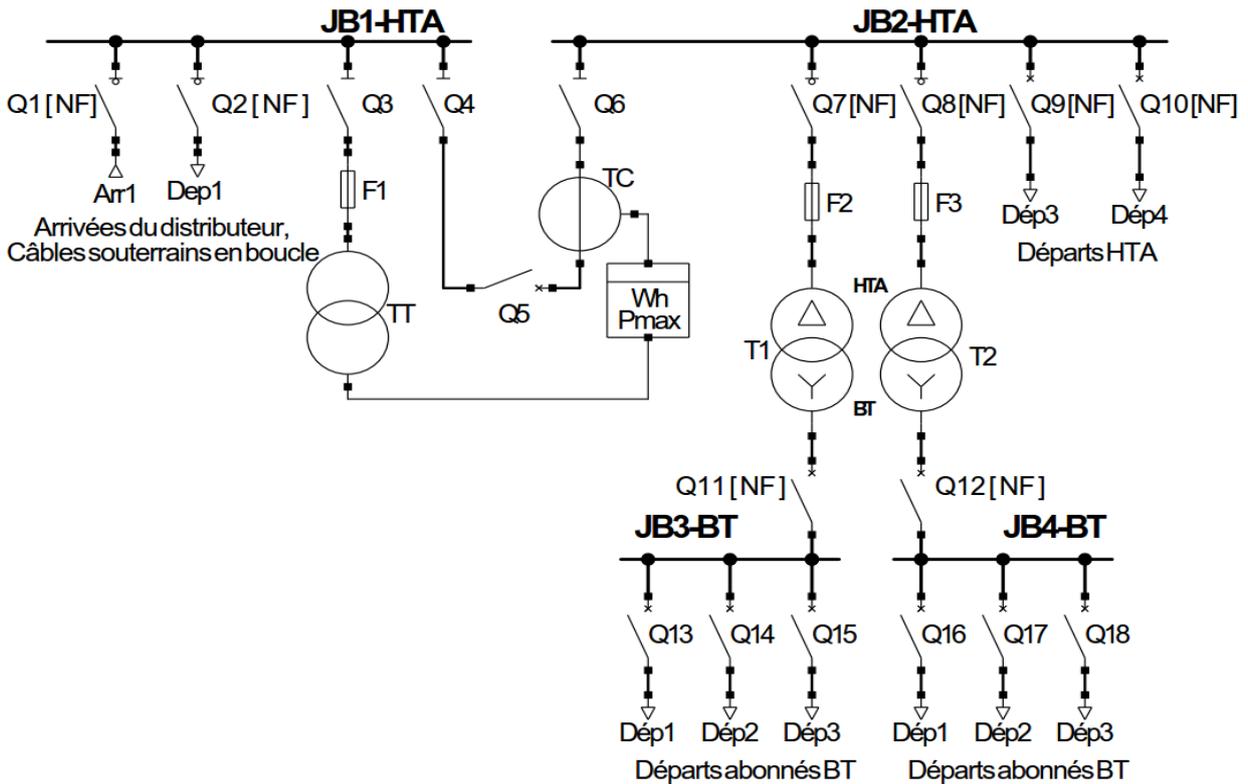


Figure I-7 : Poste de livraison HTA à comptage HT

❶ Le comptage HT est réalisé grâce au TT (transformateur de tension) et au TC (transformateur de courant).

I.3.E- Les réseaux BT

I.3.E.1- Modes d'alimentation des tableaux BT

a) L'alimentation des tableaux BT avec une seule source d'alimentation

- Les tableaux Tab-1, 2,3 bénéficient d'une seule source d'alimentation. Le réseau est dit de type radial arborescent.
- En cas de perte de la source d'alimentation d'un tableau, celui-ci est hors service jusqu'à l'opération de réparation.

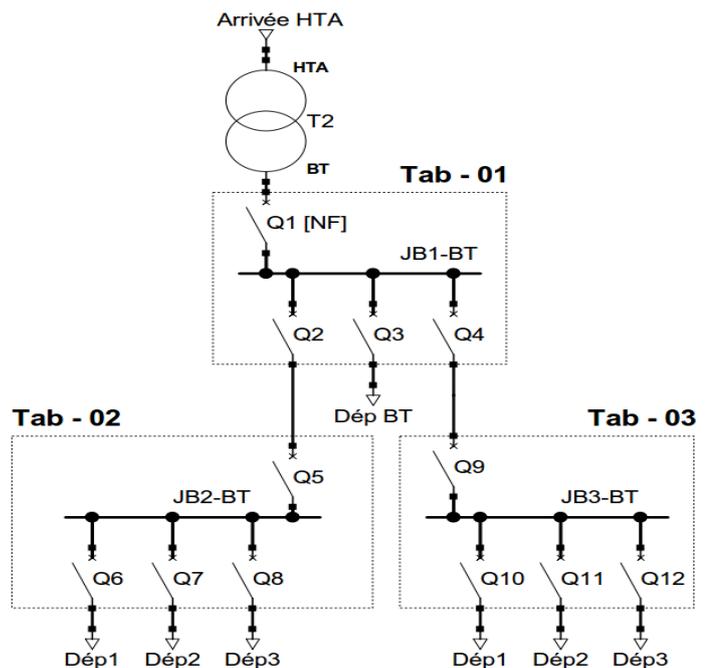


Figure I-8 : Alimentation des tableaux BT avec une seule source d'alimentation

b) L'alimentation des tableaux BT par une double alimentation

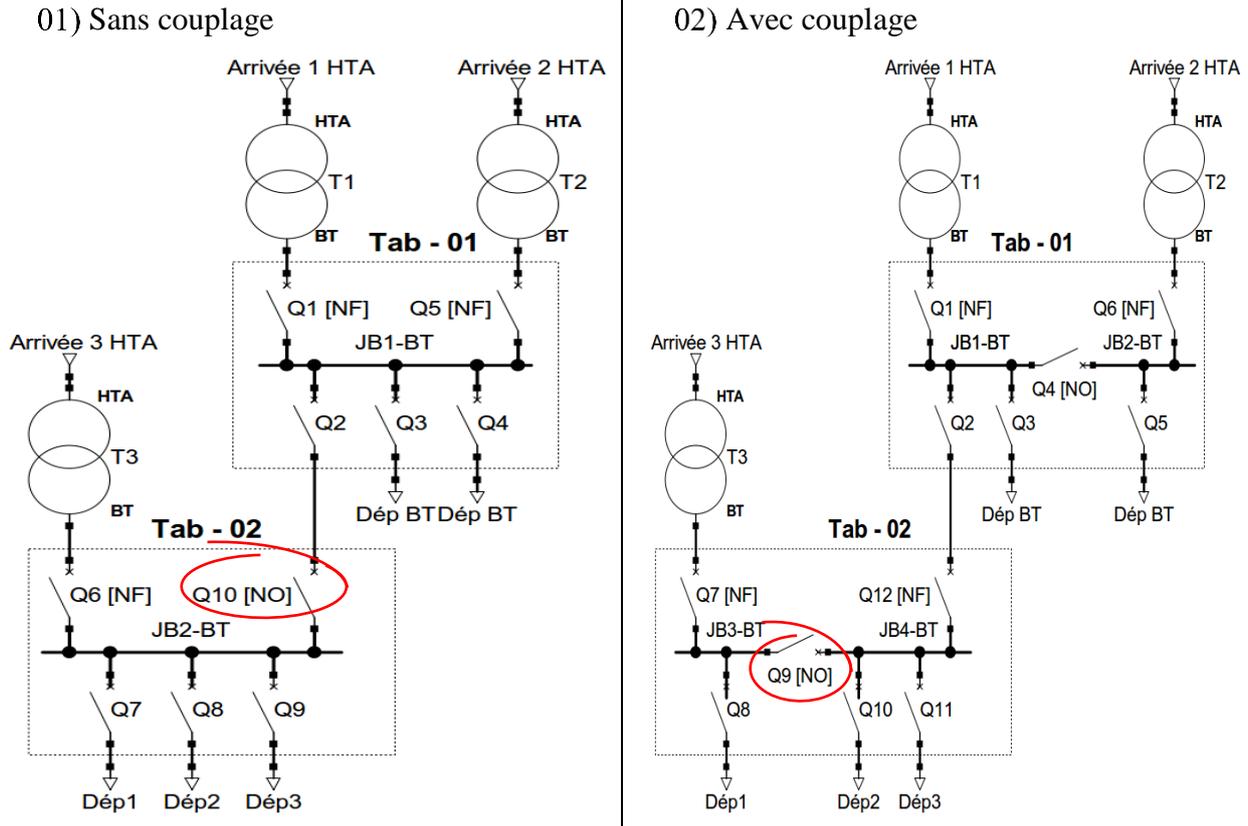


Figure I-9 : Alimentation des tableaux BT par une double alimentation

I.3.E.2- Les tableaux BT secourus par des alternateurs

- En fonctionnement normal, Q3 est fermé et Q1 est ouvert. Le tableau Tab-1 est alimenté par le transformateur. En cas de perte de la source normale, on réalise les étapes suivantes :
 - Fonctionnement du dispositif normal/secours, ouverture de Q3.
 - Délestage éventuel d'une partie des récepteurs des circuits prioritaires, afin de limiter l'impact de charge subi par l'alternateur.
 - Démarrage de l'alternateur.
 - Fermeture de Q1 lorsque la fréquence et la tension de l'alternateur sont à l'intérieur des plages requises.

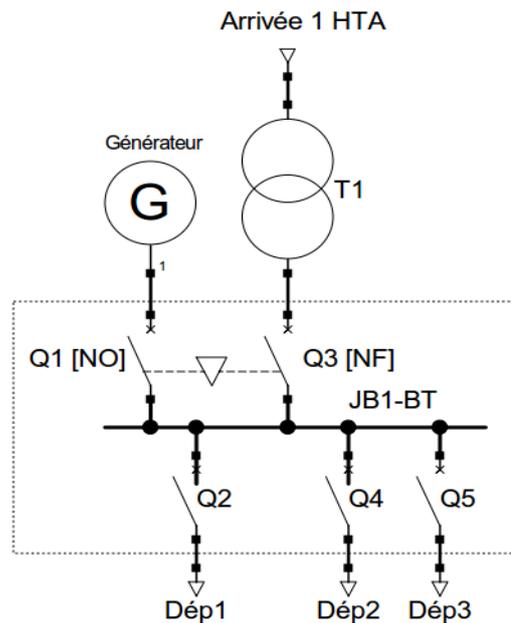


Figure I-10 : Alimentation un transformateur et un alternateur

Chapitre II: Les régimes de neutre

Sommaire Ch. II

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.

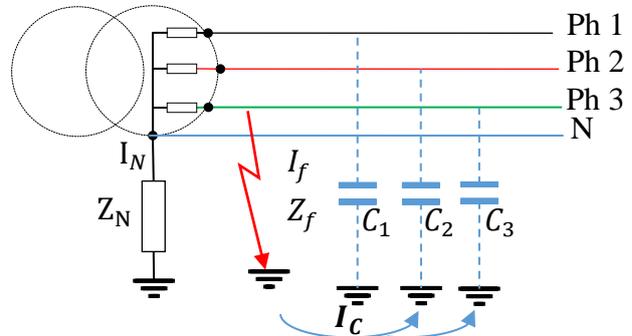


Figure II-1 : Défaut à la terre dans un réseau

$$I_f = I_C + I_N \tag{II-1}$$

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 – couts} 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.

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

$$C = C_1 = C_2 = C_3$$

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

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

$$I_f = 3j\omega C V$$

* CPI : Contrôleur Permanent d'Isolation

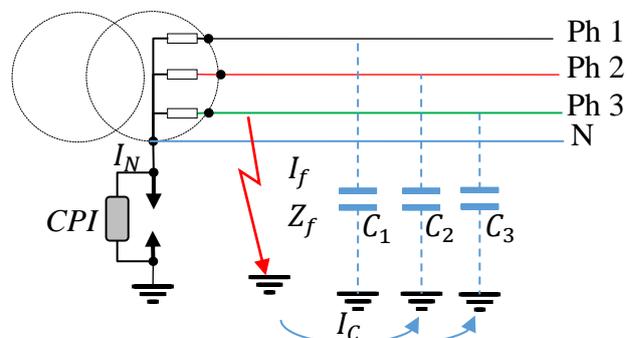


Figure II-2 : Neutre isolé

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.

ⓘ 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.

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

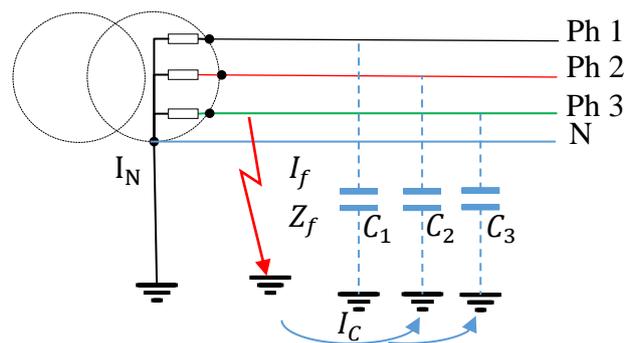


Figure II-3 : Neutre directe à la terre

a) Avantages

Surtensions

Protection simple

Compétence du personnel

Phénomènes transitoires

- Pas de surtension parce qu'il périmé 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.

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

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

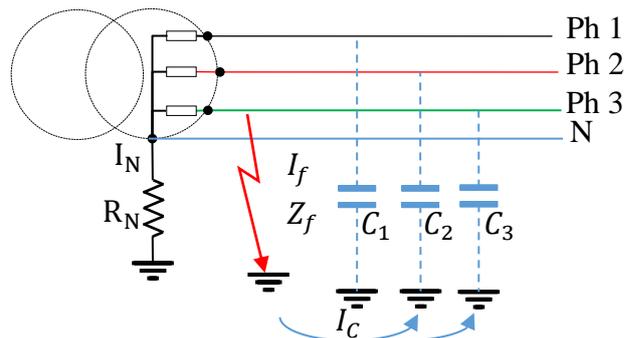


Figure II-4 : Neutre mise à la terre par résistance

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.

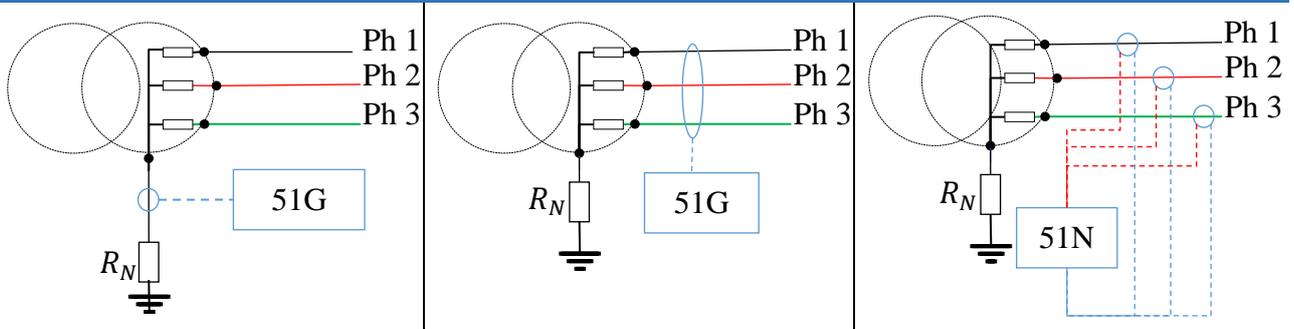


Figure II-5 : Solutions de protection terre

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.

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

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

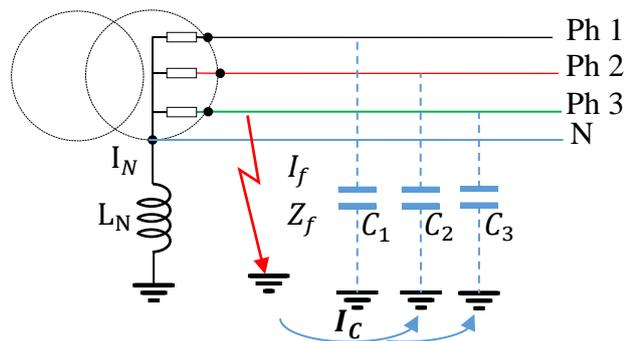


Figure II-6 : Neutre mise à la terre par réactance faible

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.

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

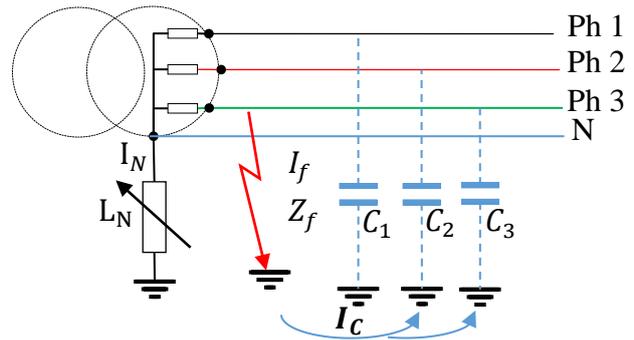


Figure II-7 : Neutre mise à la terre par réactance de compensation

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.

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

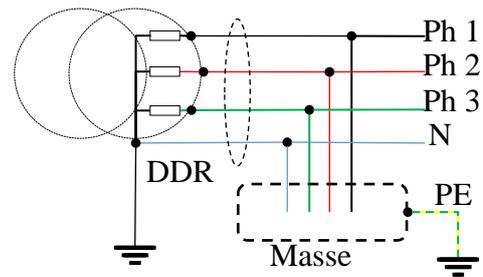


Figure II-8 : A- Schéma TT

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 inférieures 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.

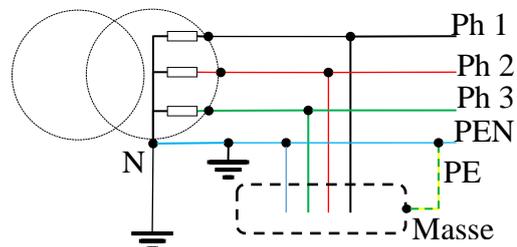


Figure II-9 : Schéma TNC

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.

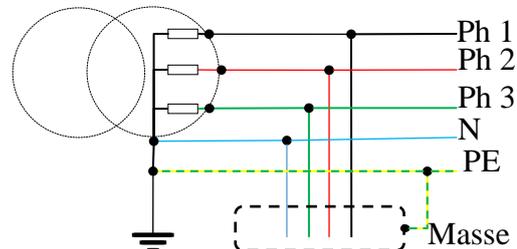


Figure II-10 : Schéma TNS

ⓘ 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.

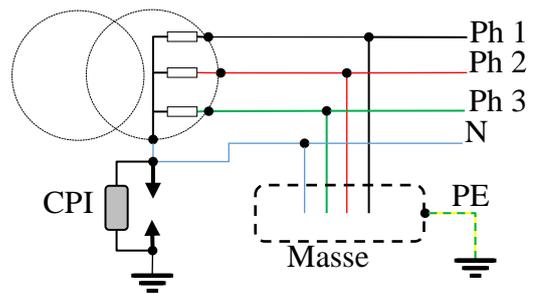


Figure II-11 : Schéma IT

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.

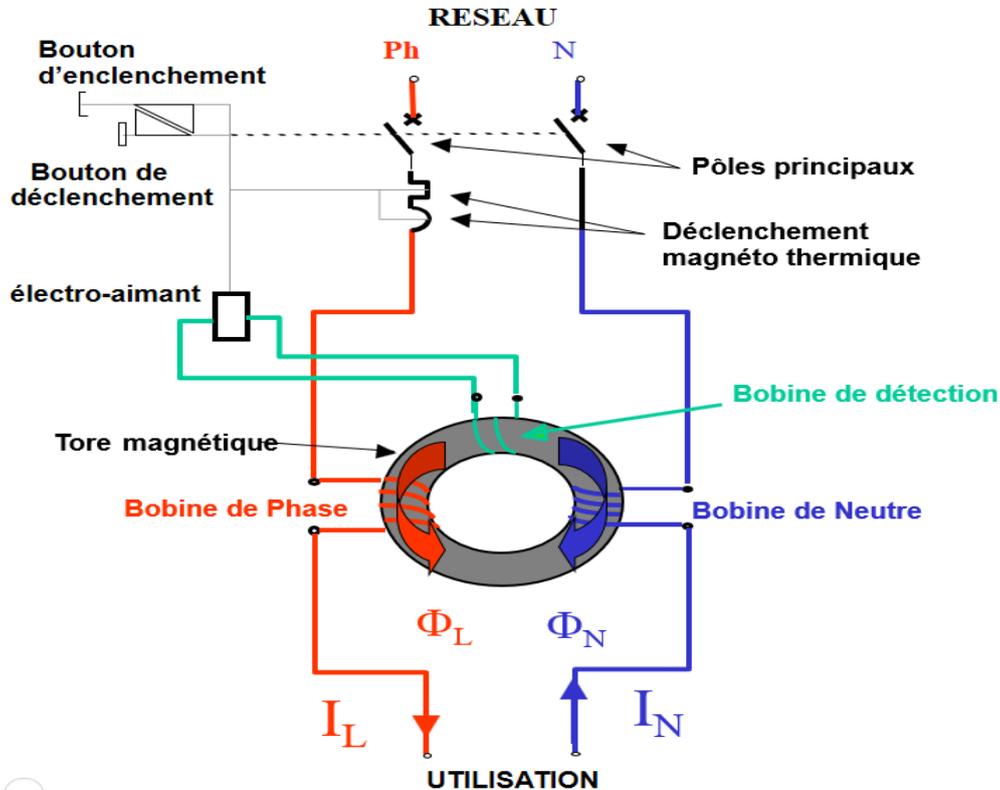


Figure II-12 : Disjoncteur Différentiel

- ① 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.

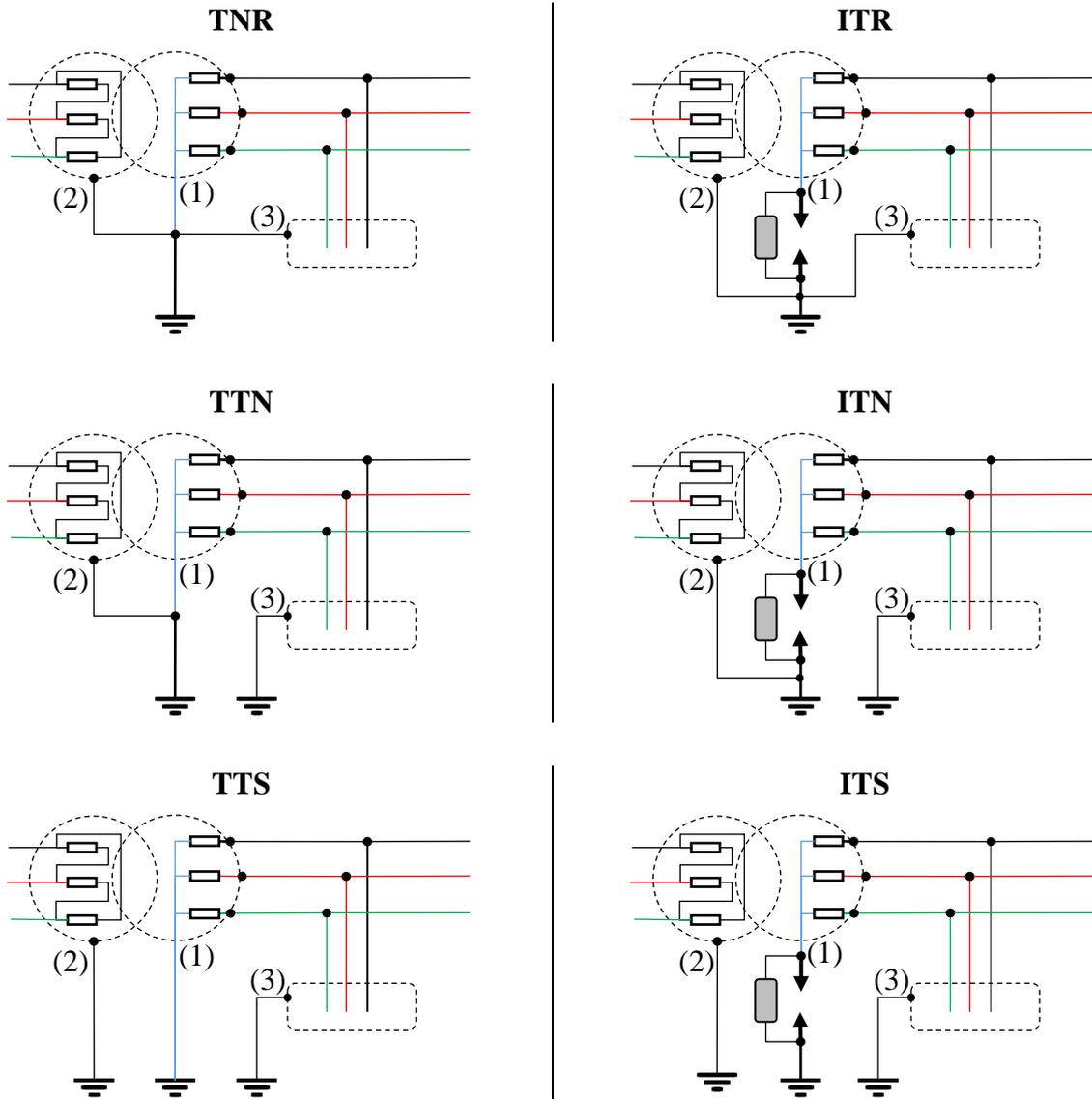


Figure II-13 : Définition des régimes du neutre en haute tension