

Chapitre 3 : Mesures de protection

III. Protection de personnes

III.1 Introduction

La prévention du risque électrique repose sur des dispositions réglementaires figurant dans le Code du travail. Elle concerne la mise en sécurité des installations et des matériels électriques, et ce dès leur conception. L'objectif est d'éviter tout contact, qu'il soit direct ou indirect, avec des pièces nues sous tension ou mises accidentellement sous tension. En outre, le matériel doit être conforme à la réglementation en vigueur afin de protéger les utilisateurs.

III. 2. Principes

Les différentes protections susceptibles d'être mises en œuvre répondent aux impératifs suivants soit:

- empêcher le contact avec une partie sous tension ;
- rendre ce contact non dangereux.

Les parties sous tension auxquelles il est fait référence sont :

- des parties conductrices destinées à être normalement sous tension (conducteurs, bornes, etc.), dites parties actives ;
- les parties conductrices des matériels électriques non normalement sous tension, mais susceptibles de le devenir en cas de défaut d'isolement par exemple, et dites masses.

Les contacts peuvent être de deux types:

- avec des parties actives nues : contacts directs ;
- avec des masses mises sous tension à la suite d'un défaut d'isolement : contacts indirects.

Pour qu'un contact dangereux survienne et que le corps soit parcouru par un courant, il faut qu'il soit soumis à une différence de potentiel. Cela peut être :

- soit un contact simultané avec des conducteurs à potentiels différents ;
- soit un contact simultané entre un conducteur sous tension ou une masse en défaut et le potentiel de la terre (sol ou élément conducteur au potentiel de la terre ou à un potentiel voisin).

Chapitre 3 : Mesures de protection

III.3. Le contact direct

C'est le contact physique d'une personne avec un (ou plusieurs) conducteur actif nu sous tension. Le contact direct s'établit lorsque le corps est soumis à une différence de potentiel :

- Entre deux phases ;
- Entre une phase et la terre ou une masse métallique ;
- Entre le neutre et la terre ou une masse métallique.

Les parties les plus exposées sont les mains, la tête, les chevilles, ou les jambes ...

III.4. Le contact indirect

C'est le contact physique d'une personne avec une masse métallique portée accidentellement à un potentiel dangereux. Le contact indirect est particulièrement sournois, car rien ne laisse prévoir la présence de tension sur une partie métallique normalement hors tension.

III.5 Electrification sans contact

Un arc électrique peut s'amorcer à l'approche d'un conducteur sous haute tension (ligne TH) et d'un élément conducteur mis à la terre (pied à la terre). La figure (V.1) résume les cinq façons de s'électrifier.

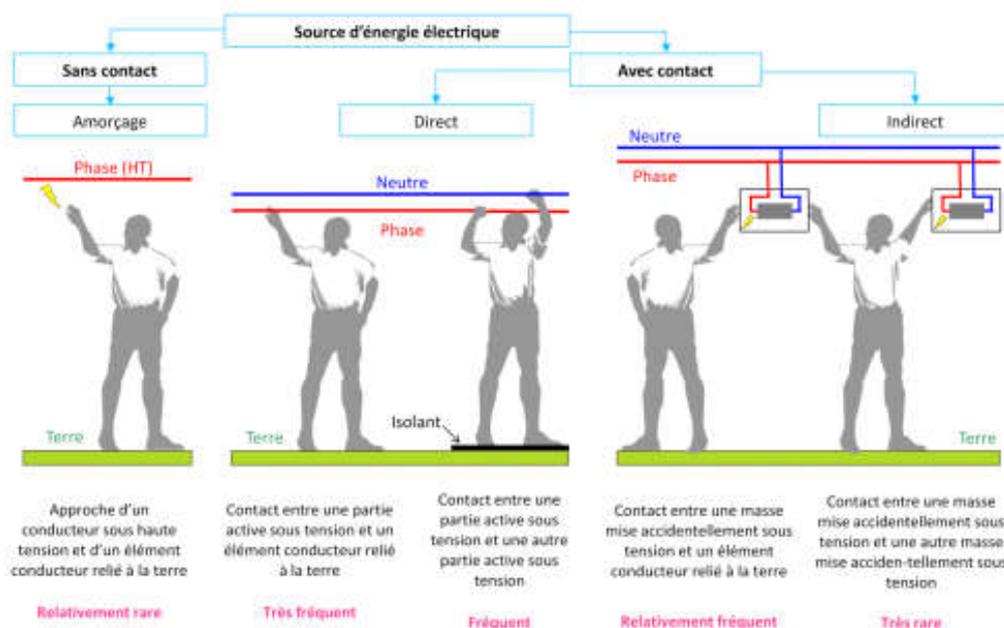


Figure III.1 : Les cinq façons de s'électrifier

Chapitre 3 : Mesures de protection

V.6. Protection contre le contact direct

La protection contre le contact direct est assurée par la mise hors de portée des parties conductrices sous tension :

1. Eloignement des conducteurs nus (lignes aériennes) ;
2. Isolation des conducteurs ;
3. Utilisation de coffret, armoire et boîtier ;
4. Mise en place d'obstacle (grillage, plaque isolante, nappe isolante...) ;
5. Utilisation de la très basse tension ;
6. Utiliser un dispositif à courant différentiel résiduel haute sensibilité DDR ($I_n \leq 30 \text{ mA}$)

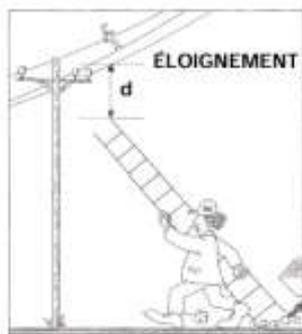


Figure V.2 : Eloignement des pièces nues sous tension (protection collective)

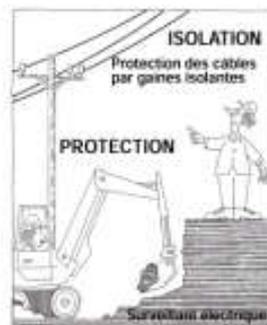


Figure V.3 : Isolation des conducteurs (protection intrinsèque)



Figure V.4 : Utilisation de coffret (protection collective)



Figure V.5 : Utilisation d'obstacle : grillage (protection collective)

Figure III.2 : Protection contre le contact direct

III.7. .Protection contre le contact indirect

La protection contre le contact indirect est assurée par :

La coupure automatique : ouverture automatique de l'appareil de protection placé en amont du défaut de masse. Cette ouverture automatique est assurée par le **Dispositif Différentiel Résiduel (DDR)** associé au disjoncteur. Cette protection nécessite un contrôle permanent des courants de fuites dans les masses métalliques et la mise à la terre des masses et dispositif de

Chapitre 3 : Mesures de protection

coupure automatique de l'alimentation (DDR). La mise à la terre des masses métalliques est assurée par une ou plusieurs prises de terre;

1. L'emploi de la double isolation ou l'isolation renforcée (matériel de classe II) ;
2. L'emploi de la très basse tension (TBTS, TBTP, TBTF)
3. La séparation des circuits : transformateur de séparation n'alimentant qu'un seul appareil non relié à la terre ;
4. La liaison équipotentielle entre les masses métalliques, assurée par le conducteur de protection (vert et jaune) ;
5. Par le choix du degré de protection : On considère qu'une pièce sous tension devient directement accessible lorsque son indice de protection est inférieur à IP2x en BT et IP3x en HTA.

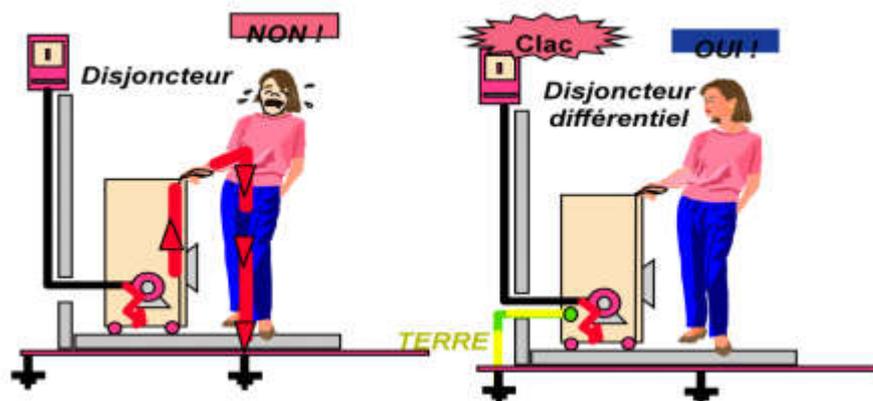


Figure III.6 : Protection contre les contacts indirects par coupure automatique

CLASSE	SYMBOLE	UTILISATION
0	Pas de symbole	Interdite dans l'industrie
I		Matériel devant être relié obligatoirement à la terre
II		Matériel à double isolation, jamais relié à la terre
III		Lampe baladeuse alimentée en TBTS, non reliée à la terre

Figure III.7 : Protection contre les contacts indirects par l'emploi de matériel de classe II

Chapitre 3 : Mesures de protection



Figure III.8 : Protection contre les contacts indirects Par le choix du degré de protection

III.7. Les classes d'isolation des appareils électriques

Les matériels à basse tension sont répertoriés, du point de vue de la protection contre les contacts indirects, en quatre classes, dont la numérotation n'implique aucune hiérarchie de valeur (tableau III.1). La sécurité est assurée par deux mesures complémentaires (tableau III.2).

III.7.1 Appareils de Classe 0

- Le matériel possède une isolation principale mais pas de borne de terre (1^{ere} protection).
- La sécurité est assurée par le sol qui doit être impérativement isolant (2^o protection).

Il n'existe pas de symbole pour cette classe qui tend à disparaître.

Exemple: lampe de bureau métallique alimentée par un câble souple à 2 conducteurs avec une prise à 2 broches conductrices.

Ce matériel, non conforme aux normes de sécurité est interdit dans le monde du travail.

III.7.2 Appareils de Classe I

- Le matériel possède une borne de terre et une isolation principale (1^{ere} protection).
- La borne de terre est reliée à un conducteur de protection (PE), la sécurité est assurée par un dispositif de coupure qui agira à l'apparition du premier défaut (2^o protection).

Cette classe est représentée par le symbole de mise à la terre.

Exemples : appareil électroménager domestique dont les parties métalliques accessibles sont reliées à un conducteur de protection vert-jaune.

Chapitre 3 : Mesures de protection

V.7.3 Appareils de Classe II

- Le matériel est sans borne de terre avec une isolation principale (1ere protection).
- La sécurité est assurée par une deuxième isolation (2° protection)

Le symbole des appareils de classe II est un double carrés imbriqués.

Exemples : outillage portatif.

III.7.4 Appareils de Classe III

- La protection est assurée par l'alimentation en très basse tension (< 50 V)
- Le transformateur d'alimentation possède une isolation principale renforcée sans prise de terre.

Le symbole des appareils de classe III est un losange raillé.

Exemples : train électrique.

Le transformateur doit être un transformateur de sécurité conforme à la norme NF C 52-742; les enroulements sont isolés entre eux et isolés du circuit magnétique et des masses de façon sûre.

Classes	Caractéristiques	Symboles
0	Isolation fonctionnelle sans mise à la terre	
I	Isolation fonctionnelle avec mise à la terre	
II	Double isolation	
III	TBT	

Tableau III.1 : Classes des matérielles basses tensions

Chapitre 3 : Mesures de protection

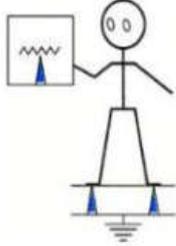
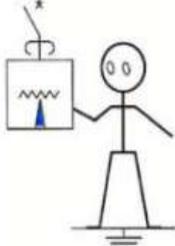
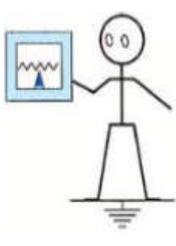
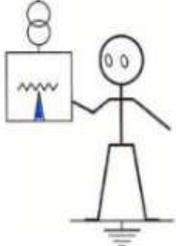
Stade de protection	Classe de matériel			
	0	I	II	III
premier	Isolation principale	Isolation principale	Isolation principale	Tension inférieure à 50 V
deuxième	Isolation par le sol (local sec et non conducteur)	Mise à la terre et dispositif de coupure associé	Isolation supplémentaire ou renforcée	Alimentation de sécurité
Symboles :  partie active  isolation fondamentale  isolation supplémentaire  Terre				

Tableau V.2 : Protection des personnes contre les chocs électriques

III.8. Les Indices de Protection

Le code **IP** (International Protection) spécifie le degré de protection d'un équipement pour:

- La protection des personnes contre les contacts directs ;
- La protection des matériels contre certaines influences externes.

Il comporte les lettres IP suivies de deux chiffres indépendants (Tableau III.3):

- Le premier chiffre caractérise le degré de protection des personnes **contre l'accès aux parties dangereuses** et le degré de protection des matériels **contre la pénétration des corps étrangers**.
- Le deuxième chiffre indique le degré de protection **contre les effets nuisibles de la pénétration de l'eau douce**.

Le code IP peut comporter des lettres additionnelles (A, B, C ou D).

Chapitre 3 : Mesures de protection

IP	1 ^{er} chiffre	2 ^e chiffre
matériel protégé contre les :		
-	corps solides	corps liquides
0	non protégé	non protégé
1	supérieurs à 50 mm de diamètre	gouttes d'eau verticales
2	supérieurs à 12,5 mm de diamètre	gouttes d'eau à 15° de la verticale
3	supérieurs à 2,5 mm de diamètre	eau en pluie
4	supérieurs à 1 mm de diamètre	projections d'eau
5	poussières sans dépôt nuisible	jets d'eau
6	poussières	paquets de mer
7	-	immersions temporaires
8	-	immersions prolongées

Tableau III.3 : Code IP codifiant la protection contre la pénétration des **corps solides et liquides** .

Exemple : IP20 ; matériel protégé contre les corps solides supérieurs à 12,5mm, pas de protection contre les liquides.

III .9. Les procédures de travail électrique

III.9.1 Introduction

Les comportements inadéquats des opérateurs et intervenants lors des opérations électriques sont, pour la plus part du temps, les causes des accidents d'origines électriques.

Pour assurer la sécurité du personnel, il convient d'adopter, lors des opérations électriques, un comportement conforme aux situations susceptibles de se produire, qui doit commencer par:

- l'information,
- la formation,
- l'habilitation,
- le respect de procédures adaptées aux cas à traiter,
- l'emploi d'outillage de protections, de matériels spécifiques normalisés et agréés par l'organismedésigné,

Chapitre 3 : Mesures de protection

- une analyse préalablement menée, de tous les risques susceptibles de se produire accompagnée de mesures de prévention, assurant une protection rendant le risque impossible ou non dangereux.

III.9.2 Organisation du travail

La publication UTE 18-510 fixe l'ensemble des réglementations nécessaires, voir même obligatoires, à respecter avant de commencer l'exécution d'un travail, afin d'éviter la survenance des conditions dangereuses :

- par oubli,
- par méconnaissance,
- par interversion d'opérations, etc.

Il convient de :

- Définir clairement le travail,
- Faire une étude précise,
- Faire une analyse de tous les risques possibles,
- Prendre connaissance du matériel,
- Prendre connaissance de l'environnement électrique sur lequel l'opération sera effectuée.

Procéder à la vérification:

- Des plans et schémas,
- De la conformité du matériel et de son bon état,
- De la présence des dispositifs de sécurité individuels et collectifs
- De l'aptitude de l'équipe de travail.

III.9.3 Les procédures de travail électrique

L'exécution des tâches d'ordre électrique doit se faire sur application des règles des travaux :

- hors tension,
- sous tension
- ou au voisinage,
- les règles d'emploi des outils et matériel.

En règle générale, les interventions et travaux sur les installations et équipements électriques

Chapitre 3 : Mesures de protection

doivent être réalisés par un personnel habilité et seront exécutés hors tension. **Dans trois cas exceptionnels**, ces interventions peuvent être exécutées sous tension :

1. La mise hors tension pourrait mettre en danger la vie ou la santé des personnes.

Ex : mise hors tension de moteur de ventilateur assurant l'aération de locaux confinés dans lequel séjournent des personnes.

2. Des nécessités impérieuses d'exploitation empêchant la mise hors tension de l'installation ou de l'équipement.

Ex : mise hors tension de la circulation de fluide assurant le refroidissement d'un four de traitement thermique (sauvegarde du matériel).

3. La nature même des travaux ou des interventions exige la présence de la tension.

Ex : vérification de circuits, recherche et localisation défauts, mesures de grandeurs électriques.

III.9.3.1 Travaux hors tension

La consignation électrique

Tous travaux ou interventions sur un ouvrage en exploitation effectués hors tension, doivent être réalisés sur la base d'une opération de consignation ; c'est à dire effectuer dans l'ordre les quatre opérations suivantes:

- 1- **La séparation** de l'ouvrage des sources de tension (ouverture d'un interrupteur, d'un disjoncteur, d'un sectionneur...). La séparation doit porter sur tous les conducteurs actifs.



Figure III.9 : Coupure par disjoncteur

Chapitre 3 : Mesures de protection

2- **La condamnation** des organes de séparation en position d'ouverture (pancarte d'interdiction de manœuvre, cadenas...).



Figure III.10 : Condamnation par cadenas ou par pancarte d'interdiction de manœuvre

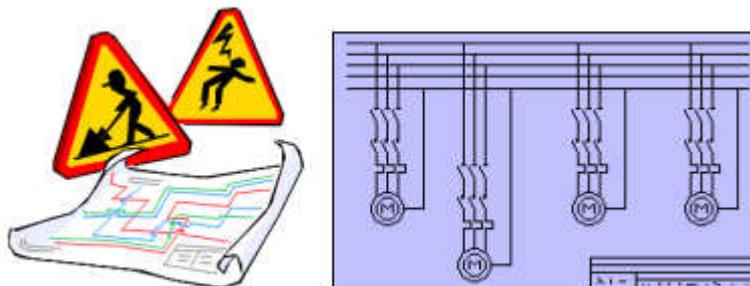
La condamnation par immobilisation de l'organe de séparation est obligatoire en BTB et HT. Dans les autres cas, la condamnation peut être réalisée par une signalisation (pancarte)



Figure III.11 : Condamnation par signalisation

La suppression d'une condamnation est faite par la personne qui a procédé à la condamnation ou par un remplaçant désigné.

3- **L'identification** de l'ouvrage mis hors tension. Cette opération a pour but d'être certain que la zone de travail est bien située sur l'ouvrage mis hors tension (étude des schémas, des plans...) Elle doit être matérialisée, sur place, par marquage, banderoles, délimitant la zone consignée, ou par vision directe et sans ambiguïté des mises à la terre et en court-circuit éventuelles ;



Chapitre 3 : Mesures de protection

Figure III.12 : Identification de l'ouvrage mis hors tension sur schéma et plan

4- **La vérification** de l'absence de tension (VAT) puis mise à la terre et en court-circuit (MALT-CCT).

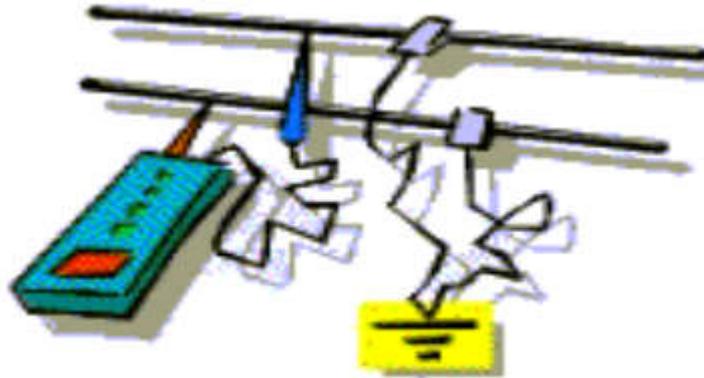


Figure III.13 : VAT et MALT-CCT

Le bon fonctionnement d'un vérificateur d'absence de tension (VAT) doit être contrôlé **avant et après** son utilisation.

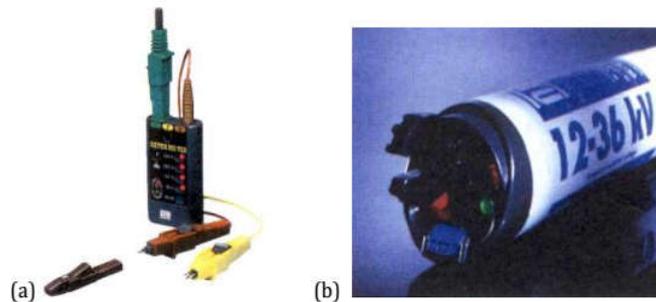


Figure III.14 : Vérificateur d'absence de tension (a) en BT et (b) pour HT A

La vérification d'absence de tension sur tous les conducteurs actifs (neutre compris) est obligatoire avant toute opération sur une installation qui a été mise hors tension. En effet, un disjoncteur (ou un interrupteur) peut avoir été soumis à des arcs électriques importants lors d'ouvertures précédentes: les pôles peuvent restés soudés ou avoir une mauvaise résistance d'isolement à cause de la métallisation des chambres de coupure.

La mise à la terre (MALT) et en court-circuit (CCT) permet de se prémunir contre les risques dus aux tensions induites, aux condensateurs chargés, aux ré-alimentations éventuelles. Cette

Chapitre 3 : Mesures de protection

opération est facultative sur les installations en BTA. Elle est obligatoire sur un long câble BTA en BTB et en HT.

Le raccordement se fait aux points de séparation de l'ouvrage concerné et au plus près de la zone de travail. Le raccordement se fait d'abord sur le circuit de terre, puis sur tous les conducteurs actifs (neutre compris), au plus près de la zone de travail.

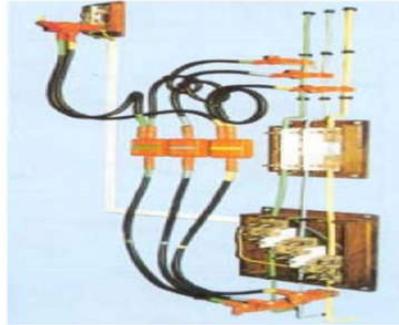


Figure III.15 : Dispositifs de mise à la terre et en court circuit pour lignes aériennes

III.9.3.2 Travaux sous tension

Les travaux sous tension sont autorisés :

- Sur les réseaux de distribution publique, ouvrages de production et leurs annexes ;
- Sur les autres ouvrages, pour des raisons d'exploitation ou d'utilisation ou si la nature même des opérations rend dangereuse ou impossible la mise hors tension.

Les travaux sous tension peuvent s'effectuer sous **3 conditions** :

1. Sur des pièces nues sous tension ;
2. Au voisinage immédiat de pièces nues sous tensions accessibles ;
3. Au voisinage de pièces nues sous tensions accessibles, pour lesquels des distances ont été fixées, par rapport aux pièces nues sous tension, compte tenu de tous les mouvements possibles des pièces nues sous tension et de tous les mouvements possibles des matériels et engins utilisés.

L'employeur avant d'autoriser l'approche des ouvrages pour exécuter des travaux sous tension, doit prendre les dispositions nécessaires à la sécurité et les notifier aux intéressés. Les règles à respecter (méthodes de travail, procédures opératoires, formation et habilitation, organisation de travail) sont précisées ci-après.

Chapitre 3 : Mesures de protection

III.9.3.2.1 Méthodes de travail

Avant d'entreprendre un travail d'ordre électrique sous tension, il ya lieu de l'organiser, pour éviter qu'un contact ou **qu'un amorçage** accidentel avec les pièces sous tension n'arrivent. Pour cela, et pour assurer sa pleine sécurité, l'exécutant doit respecter toutes les mesures de protection afin qu'aucune partie de son corps ne puisse entrer en contact avec :

- les conducteurs nus ou autres éléments non protégés sous tension,
- des masses conductrices en liaison avec la terre (bâtis d'appareillage, conduite de fluide,...),
- le sol.

Pour ce faire, l'opérateur doit :

- S'isoler par l'utilisation des protections individuelles et collectives,
- Aménager l'emplacement de son travail,
- Choisir son matériel,
- Respecter quelques mesures particulières avant le démarrage de l'opération.

❖ Les protections individuelles

Les équipements de protection individuelle sont obligatoires pour les travaux au voisinage et les travaux sous tension.

L'opérateur doit obligatoirement porter :

- Des gants isolants,
- Un casque isolant,
- Des lunettes ou masque de protection contre le rayonnement ultraviolet et infra rouge,
- Des vêtements secs non inflammables recouvrant totalement bras et jambes, ne comportant pas de parties conductrices (fermetures à glissières métalliques...).
- Des chaussures isolantes à semelles compensées.

Chapitre 3 : Mesures de protection



Figure III.16 : Combinaison et chaussures de l'électricien, Casque et Gants isolants

L'opérateur doit obligatoirement éviter :

Le port de bagues et bracelets métalliques qui augmentent considérablement les surfaces d'entrées du courant s'ils viennent en contact avec une pièce sous tension.

❖ Aménagement de l'emplacement de travail

L'opérateur doit :

- Disposer d'un emplacement dégagé et d'un appui assurant une position stable,
- Lorsque les conditions le permettent, s'isoler au moyen d'isolant approprié (écran, tapis, échelle...).

❖ Matériel

L'opérateur doit :

- Utiliser des outils isolants ou isolés
- Utiliser des appareils de mesure ou de contrôle ne présentant pas de danger en cas d'erreur de branchement, de mauvais choix de gamme de mesure, ou de défaut d'isolement.
- Exclure l'emploi ou le port d'objets conducteurs dangereux (mètres ou règles métalliques)

❖ Avant le démarrage de l'opération

Chapitre 3 : Mesures de protection

L'opérateur doit :

- Organiser le travail pour limiter les risques,
- Désigner clairement la zone dangereuse par des panneaux ou des bandes d'avertissement,
- Veiller à être constamment vu ou entendu par une autre personne connaissant les manœuvres à effectuer pour couper le courant et pratiquer la ventilation artificielle si nécessaire,
- Isoler les conducteurs nus ou autres éléments non protégés qui sont sous tension dans le voisinage immédiat au moyen de gaines, nappes, capuchons, profilés isolants, etc.

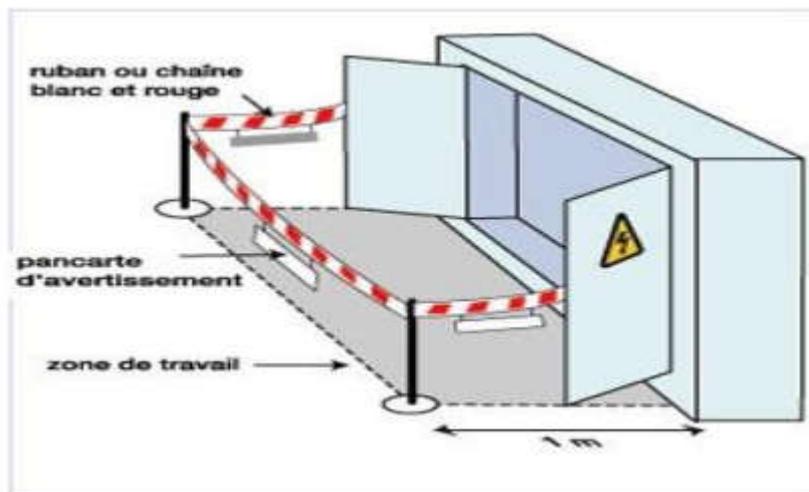


Figure III.17 : Balisage autour d'une armoire électrique ouverte

III.9.3.2.1.a Travail à distance

L'opérateur se tient en dehors de la zone définie par la distance minimale d'approche autour des pièces nues sous tension. Il exécute son travail à l'aide d'outils montés à l'extrémité de perches isolantes et dans certains cas de cordes isolantes, ces outils et cordes ayant un isolement approprié au niveau de tension des pièces sur ou au voisinage desquelles il travaille. Cette méthode est utilisée pour toutes les tensions.

Chapitre 3 : Mesures de protection

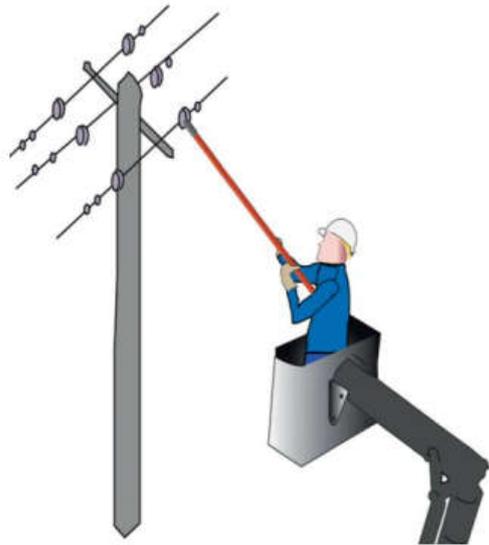


Figure III.18 Travail à distance : exemple pour la haute tension

III.9.3.2.1.b Travail au contact

L'opérateur pénètre, avec les protections et les précautions prescrites dans la zone définie par la distance minimale d'approche autour des pièces nues sous tension. Les tâches sont effectuées à l'aide d'outils à main isolants ou isolés et l'opérateur est équipé de protections individuelles isolantes (gants, protège bras, etc.). Cette méthode est utilisée pour des tensions jusqu'à 30 Kv

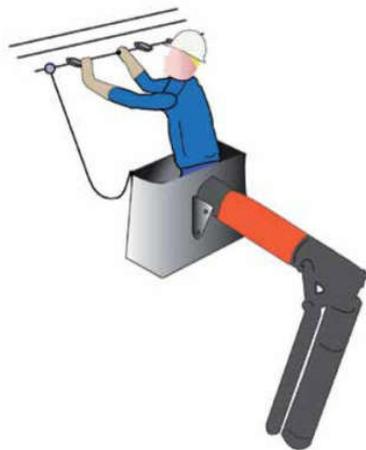


Figure III.19 Travail au contact : exemple pour la basse tension et la haute tension A

Chapitre 3 : Mesures de protection

III.9.3.2.1.c Travail au potentiel

L'opérateur se met au potentiel de la pièce sur laquelle il travaille. Il crée ainsi autour de lui une nouvelle zone définie par la distance minimale d'approche dont il faut tenir éloigné les autres potentiels. Les opérateurs portent un vêtement conducteur leur garantissant une équipotentialité parfaite une fois la connexion établie.

Pendant le transfert du potentiel de terre au potentiel du conducteur et vice versa, l'opérateur n'est relié à aucun potentiel fixe. On dit qu'il est à potentiel flottant. Cette méthode est particulièrement adaptée aux tensions du domaine HTB

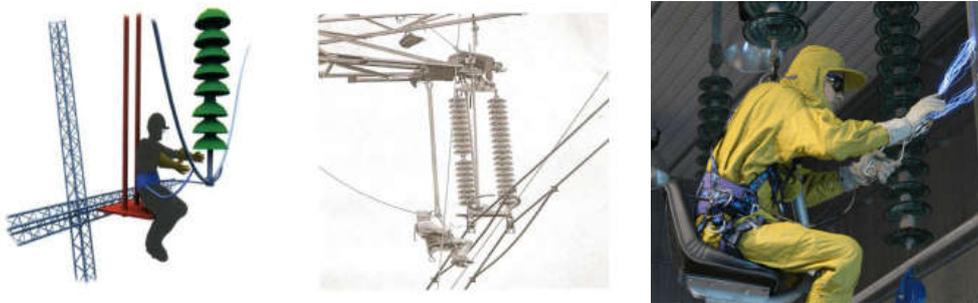


Figure III.20 Travail au potentiel : exemple pour la haute tension

Il convient d'observer que l'exécution des travaux sous tension exige que soient remplies certaines conditions préalables, telles que les conditions atmosphériques. Si ces conditions ne sont pas remplies, les procédures des travaux hors tension doivent être appliquées.

III.9.3.2.1.d Travaux au voisinage

Il s'agit de travaux ou opérations exécutées au voisinage de pièces nues sous tension. Ces opérations peuvent être d'ordre électrique ou non. Il ya lieu de distinguer entre les deux opérations en considérant des zones de travaux différentes et en graduant les procédures, les moyens de protection à mettre en œuvre et la compétence à rechercher pour le personnel. L'opérateur doit se tenir éloigné des pièces nues sous tension, à des distances définies, ou à utiliser des protections isolantes placées entre les personnes et ces pièces. Ces distances peuvent être matérialisées par des obstacles plus ou moins performants tels que barrières, écrans, banderoles, placés à des distances précises et définies dans les règles.

Chapitre 3 : Mesures de protection



Figure III.21 : Moyens de matérialisation des distances d'éloignement des pièces nues sous tension.

Des protections isolantes recouvrant ou enveloppant les pièces nues sous tension sont utilisées dont le matériau doit résister aux surtensions qui apparaissent sur les installations en exploitation.



Figure III.22 : Enveloppe de pièces nues sous tension avec nappes, capuchons et pinces

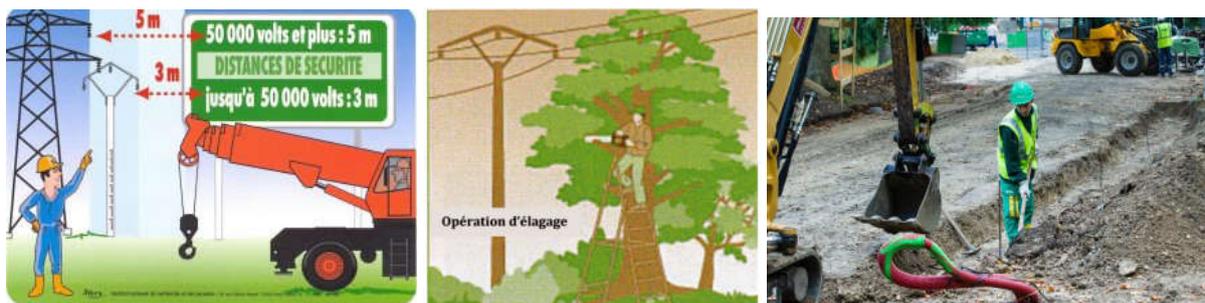


Figure.III.23 : Travaux d'ordre non électrique au voisinage de lignes électriques

III.10. Le matériel de protection

Des Protections individuelles et Collectives sont employées pour les interventions et travaux sur installations électriques.

Chapitre 3 : Mesures de protection

III.10.1 Les Equipements de Protection Individuelle(EPI)

Ils sont obligatoires pour les travaux au voisinage et les travaux sous tension.

- gants isolants,
- lunettes ou masque de protection contre le rayonnement ultraviolet et infra rouge,
- vêtements secs non inflammables recouvrant totalement bras et jambes, ne comportant pas de parties conductrices (fermetures à glissières métalliques...),
- chaussures isolantes à semelles compensées,

Eliminer les bagues et bracelets métalliques qui augmentent considérablement les surfaces d'entrées du courant s'ils viennent en contact avec une pièce sous tension.



Figure.III.24 : Equipements de Protection Individuelle(EPI)

III.10.2. Emploi d'outils isolés ou isolants

Afin de protéger l'opérateur et éviter la survenance de courts-circuits, il est prescrit d'employer pour les travaux sous tension ou au voisinage en basse tension, des outils isolés ou isolants tels que :

Chapitre 3 : Mesures de protection

- pinces universelles ou à poignée isolée,
- tournevis à manche isolant,
- clefs diverses revêtues de matériaux isolants,
- ... etc.

Du matériel à isolation renforcée est utilisé afin d'éviter la mise en contact accidentelle de pièces portées à des potentiels différents ; il est marqué de 2 triangles croisés. Ce matériel est adapté aux travaux ou interventions en zone de voisinage BT



Figure III.25 : Symbole outillage électrique



Figure III.25 : Outils à main isolés

Des perches isolantes et outils adaptables pour travaux sous tension (NF C 18-402-HD 542 S1). Deux types de perches sont habituellement utilisées : la perche isolante de sauvetage, encore appelée perche à corps et la perche de manœuvre.



Chapitre 3 : Mesures de protection

Figure III.26 : Perches isolantes



Figure III.26 : Echelles isolantes (a) et (b) et nacelle isolante (c)



Figure III.27 : Les harnais pour travaux en hauteur

III.10.2. Protections collectives

III.10.2.1 Les Equipements Collectifs de Sécurité (ECS)

a) Protections collectives à caractère permanent :

Sont incorporées dans les installations électriques en vue d'éviter les risques de contact direct avec les pièces nues sous tension (capots d'appareils de coupure, grillages et écrans de protection, enceintes équipotentielles, blindages, mises à la terre automatiques, etc.)



Figure III.29 : Protections permanentes par Grillage (a) et porte (b) d'armoire électrique

Chapitre 3 : Mesures de protection

b) Protections collectives à caractère temporaire, nécessaires seulement pendant le temps d'intervention sur les machines, les ouvrages et les installations.

- **Écrans, grillages de protection et protecteurs isolants**, destinés à isoler une zone de travail de tout contact fortuit avec des pièces ou des conducteurs sous tension. Ils peuvent être en matériaux isolants (bois bakéliné, matières plastiques expansées, fibre de verre, etc.). Ils permettent de créer une enceinte isolée à l'intérieur de laquelle les travailleurs peuvent évoluer en sécurité ou, inversement, de limiter une zone dans laquelle tout déplacement, toute intervention sont interdits à quiconque
- **Nappes isolantes** vinyliques (EN 61112) éventuellement maintenues par des Pincettes en bois, utilisées pour isoler totalement ou partiellement les tableaux de distribution à basse tension, de contrôle ou de comptage, ainsi que pour les câbles souterrains, du reste de l'installation sur laquelle doit intervenir l'opérateur.
- **Tapis isolants** (NF C 18-420 – EN 61111), permet d'éviter le risque où l'équipotentialité du sol environnant n'est pas réalisée.
 - **Profilés isolants** pour les conducteurs (NF C 18-425),
 - **Capuchons** isolants pour les isolateurs des réseaux aériens, permettent de mettre le ou les opérateurs à l'abri des contacts électriques, sans préjudice des mesures de protection individuelles à prendre dans le cas de travaux sous tension.
 - **Capuchons** protecteurs isolants adaptés à la section du câble, utilisés pour isoler les extrémités de conducteurs isolés ou protégés, en attente de mise en place sur les appareils de jonction, lors de raccordement sous tension.
 - **Balisage** pour délimiter l'emplacement de travail.
 - **Pancarte** d'avertissement de travaux (responsabilité du BR ou du B2)

Chapitre 3 : Mesures de protection



Figure III.30 : protections temporaires par écran(a), nappes, capuchons et pinces (b), balisage (c), (d) et signalisation (d) et (e)

c) Matériel de condamnation des appareils

Lors d'une intervention sur une installation hors tension, l'appareil de coupure doit être condamné à la position ouverte par verrou ou cadenas personnel et appose une pancarte très lisible portant une inscription telle que « Appareil condamné – Défense de manœuvrer ».



Figure III.31 : Condamnation par cadenas et pancarte

III.11. Distances de sécurité

Dans le cadre de la publication UTE C185-15, on distingue les travaux et interventions :

- sous tension,
- au voisinage immédiat de pièces nues sous tension,
- au voisinage de pièces nues sous tension,

Chapitre 3 : Mesures de protection

- sans prescription,

Des travaux pour lesquels des distances ont été fixées, par rapport aux pièces nues sous tension, compte tenu :

- de tous les mouvements possibles des pièces nues sous tension,
- de tous les mouvements possibles des matériels et engins utilisés.

III.11.1 Les Locaux Réservés aux Electriciens (LRE)

Ceux sont des enceintes normalement maintenues fermées dont l'accès n'est possible qu'aux **personnes habilitées** et désignées ou autorisées et surveillées. Ils contiennent les Ouvrages Electriques (installations et équipements) permettant l'accès éventuel à des pièces nues sous tension dans les domaines de la basse tension ou de la haute tension.

On considère qu'une pièce sous tension devient directement accessible lorsque son indice de protection est inférieur à IP2x en BT et IP3x en HTA.

La réglementation n'exige pas la fermeture à clef des locaux BT. L'intérieur du LRE est découpé en zones d'environnement et de voisinage. Les degrés d'habilitation requis pour l'accès aux LRE varient selon le domaine de tension et la distance maintenue entre la personne et les pièces nues sous tension. Une **Instruction Permanente de Sécurité (IPS)** notifie les consignes à respecter à l'intérieur du LRE. En zone de voisinage la personne doit porter un **Equipement de Protection Individuelle (EPI)**

III.11.2 Zone d'environnement

Par zones d'environnement, on entend celles relatives aux personnes, par rapport aux ouvrages électriques. On distingue quatre zones.

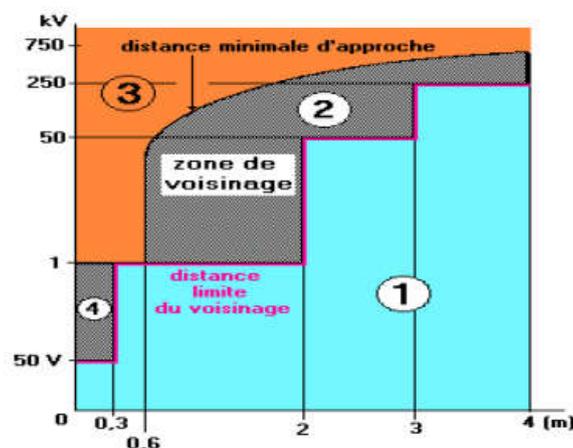


Figure III.32 : Zones d'environnement

Chapitre 3 : Mesures de protection

- **zone 1:** c'est la zone qui s'étend au delà de la limite de voisinage
- **zone 2:** c'est la zone de voisinage du domaine HT
- **zone 3:** c'est la zone comprise entre les pièces nues sous tension et la distance minimale d'approche (DMA) du domaine HT. La DMA est la distance à partir de laquelle il y a risque d'amorçage.
- **zone 4:** c'est la zone de voisinage ou de travail sous tension du domaine BT (distance inférieure à 30 cm à partir de pièces nues sous tension). Tout matériel correspondant au degré de protection IP2X ne doit pas être considéré comme pièce nue sous tension.

III.11.3 Prescriptions générales

ZONE	TITRE	LIEU - DOMAINE	EPI
ZONE 1 - BT	B0, B1, B2	Intérieur du local à plus de 30 cm des pièces nues sous tension (BT)	Casque (voir IPS)
ZONE 1 - TBT	Pas d'habilitation Si TBTS ou TBTP < 25V	Intérieur du local à moins de 30 cm des pièces nues sous tension	
ZONE 4	B0V, B1V, B2V B1T, B1N, B2T	ZONE DE VOISINAGE DE LA BT A moins de 30 cm des pièces nues sous tension	Casque Gants isolants Lunettes anti-UV
ZONE 1 - HT	H0, H1, H2	Intérieur du local en delà des zones de voisinage de HT	Casque (voir IPS)
ZONE 2	H0V, H1V, H2V	ZONE DE VOISINAGE DE LA HT	Casque Gants isolants HT Lunettes anti-UV
ZONE 3	H1T, H1N, H2T	Entre la DMA et les pièces nues sous tension (HT)	Equipements spéciaux HT

Tableau III.4 : Prescriptions générales

III.11.4 : La Distance minimale d'approche (DMA)

La DMA est la distance à partir de laquelle il y a risque d'amorçage. C'est la somme de la distance de tension et de la distance de garde.

La distance de tension t (exprimée en mètres) est donnée, en l'absence de dispositifs de protection appropriés ou de mise hors de portée, par $t = 0,005 U_n$, avec U_n (en kV) valeur nominale de la tension.

Chapitre 3 : Mesures de protection

La distance de garde g a pour objet de libérer l'opérateur du souci permanent de respect de la distance de tension

III.11.5 : Distances limites de voisinage

Elles permettent de définir des zones de travaux et d'interventions dits *au voisinage* et concernent les travaux exécutés par des personnes habilitées ou par des personnes non habilitées surveillées par des personnes habilitées. Les distances limites (supérieure) de voisinage des pièces conductrices nues sous tension sont :

- 0,30 m en BT
- 2 m en HT pour $1\text{kV} < U_n < 50\text{kV}$
- 3 m en HT pour $50\text{kV} < U_n < 250\text{kV}$
- 4 m en HT pour $U_n > 250\text{kV}$

VIII.7 : Zone de travail

C'est celle dans laquelle l'opérateur est amené à évoluer avec ses outils ou les matériels qu'il manipule. À l'intérieur de cette zone, qui doit être balisée, ne doivent pénétrer que les personnes autorisées ou désignées pour le travail à y effectuer. Cette notion de **zone de travail** est à prendre en considération quelle que soit l'opération à effectuer, qu'elle soit hors tension, sous tension, au voisinage, ou qu'il s'agisse d'une intervention. A titre d'exemple, les tableaux (III.5) et (III.6) ci dessous, donnent les distances D limites de la zone de travail en fonction de la tension de la pièce nue.

Zone \ classe de tension	BT	MT	HT 5,5kV	HT 15kV	HT 20kV
Sans prescription de sécurité	3m*	3m	3m	3m	3m
Au voisinage de pièces nues sous tension	0,30m	0,30m	0,65m	0,70m	0,80m
Au voisinage immédiat de pièces nues sous tension	Très près mais sans contact	0,10m	0,45m	0,55m	0,60m
Sur pièces nues sous tension	Contact	contact	contact	contact	Contact

*A l'intérieur des bâtiments cette distance est ramenée à 1m.

Tableau III.5 : limites inférieures de la zone de travail par rapport à la pièce nue sous tension en fonction de la classe de tension.

Chapitre 3 : Mesures de protection

Zone de travail et d'intervention	220 ou 380 V (Valable de 50 à 430 V)	20 kV
Sans prescription	$D > 1\text{m}^{**}$	$D > 3\text{m}$
Voisinage	$0,30 < D < 1\text{m}^*$	$0,80 < D < 3\text{m}$
Voisinage immédiat	$D \leq 0,30 \text{ m}$	$0,60 < D < 0,80\text{m}$
Sous tension	Au contact	$D \leq 0,60\text{m}$
*A l'extérieur $0,3 < D < 3\text{m}$		**A l'extérieur $D > 3\text{m}$

Tableau III.6 : limites de la zone de travail par rapport à une pièce nue sous tension en fonction du niveau de tension.

III.12. Schéma de liaison à la terre (SLT) O U Régimes du neutre

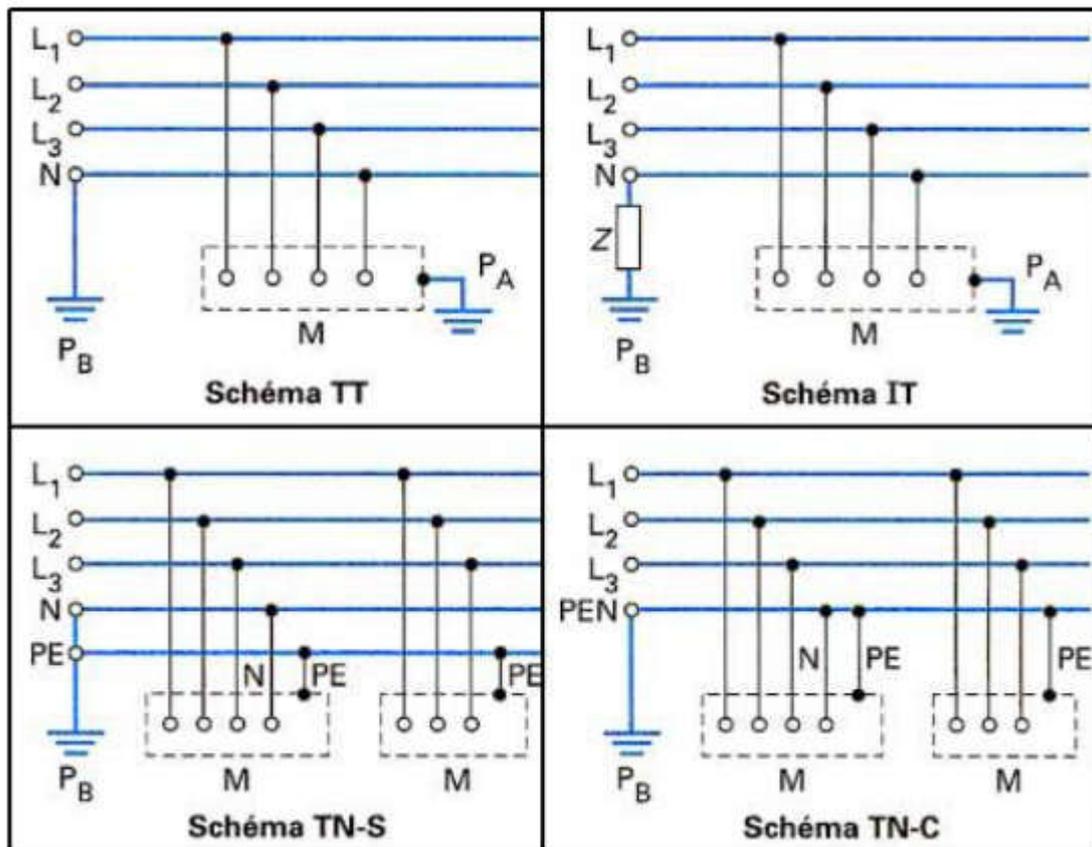
Les différents schémas de distribution en basse tension sont codifiés par les lettres suivantes :

1 ^{ère} lettre : Neutre de l'alimentation (<i>Transformateur</i>)		2 ^{ème} lettre : Masses de l'installation (<i>Utilisateur</i>)	
Raccordé à la terre	T	T	Raccordées à la terre
Isolé à la terre	I	T	Raccordées à la terre
Raccordé à la terre	T	N	Raccordées au neutre

Remarques :

- ✦ Le neutre de l'alimentation peut être isolé à la terre à travers une impédance.
- ✦ Les masses sont reliées directement au neutre de l'alimentation mis à la terre,
- Soit par **un conducteur commun** avec le neutre (troisième lettre C), régime TNC
- Soit par **un conducteur distinct** de celui du neutre (troisième lettre S). régime TNS

Chapitre 3 : Mesures de protection



$L_1 L_2 L_3$: Conducteurs de phases.

N : Neutre.

M : Masses.

PE : Conducteur de protection.

PEN : Conducteur de protection et de neutre confondus.

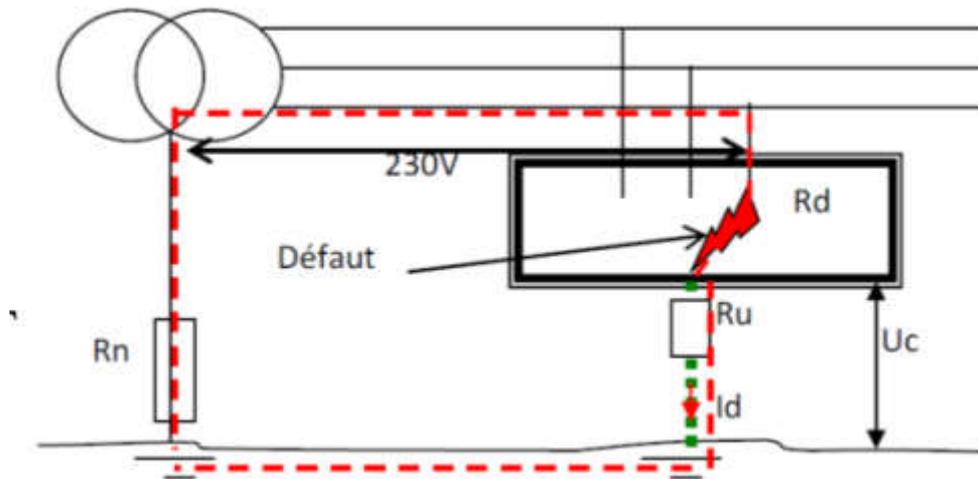
PA : Prise de terre des masses.

PB : Prise de terre de l'alimentation.

Z: Impédance.

III.12.2. Régime de neutre TT : le premier T indique que le neutre de l'installation est relié à la terre coté générateur et le deuxième indique que les masses (carcasse métallique) sont reliées à la terre.

Chapitre 3 : Mesures de protection



Régime TT

III.12.3. Régime TN

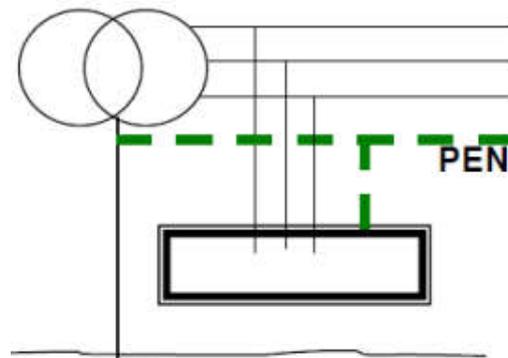
Le neutre de l'alimentation est relié à la terre et les masses sont reliées au neutre.

Tout défaut d'isolement devient un défaut entre phase et neutre (court-circuit phase neutre).

III.12.3.a. Régime TNC

Le conducteur de protection et le neutre sont confondus en un seul conducteur PEN :

- Protection Electrique + Neutre
- Section des conducteurs actifs $\geq 10 \text{ mm}^2$



Régime TNC

III.12.3.b. Régime TNS

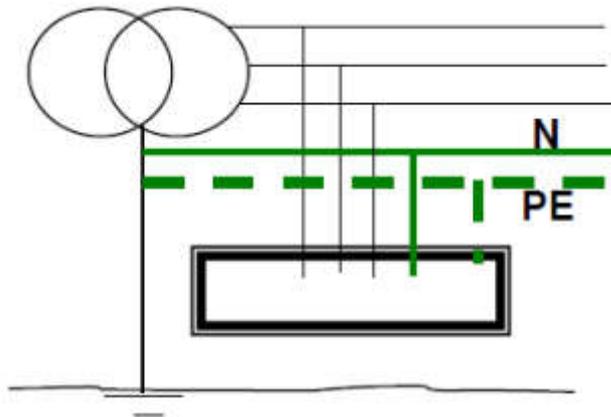
Les prises de terre du neutre et des masses sont interconnectées.

En cas de défaut, un courant I_d circule dans le conducteur

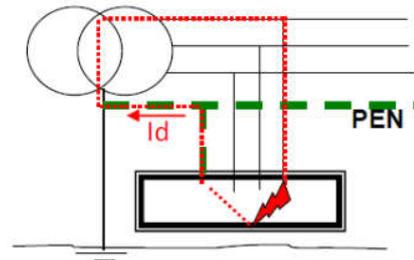
PE ou PEN.

- Court-circuit donc I_d est important.
- Déclenchement des protections.

Chapitre 3 : Mesures de protection



Boucle de courant



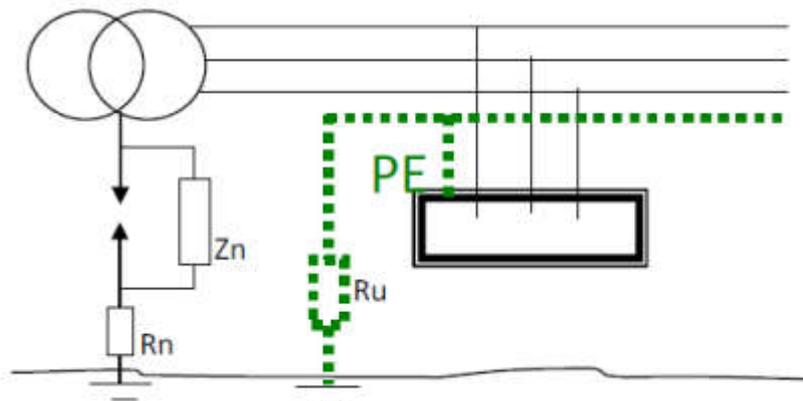
Régime TNS

Caractéristiques

- ✦ Déclenchement au premier défaut.
- ✦ Répartition des prises de terre dans toute l'installation.
- ✦ Défaut d'isolement phase/masse est transformé en défaut phase/neutre

III.12.4. Régime IT :

Le neutre est isolé de la terre (relié à la terre par une impédance). Les masses sont reliées à une prise de terre.



Régime IT

Chapitre 3 : Mesures de protection

III. 13. Effets du champ électrique et magnétique

II.10.2.1 Effets avérés

Lors d'une exposition à des champs électriques et/ou magnétiques 50 Hz d'intensité très élevée, des effets directs peuvent apparaître. Ces effets ont bien été étudiés chez des volontaires humains et chez l'animal. Les normes et recommandations nous protègent de ces effets avérés directs.

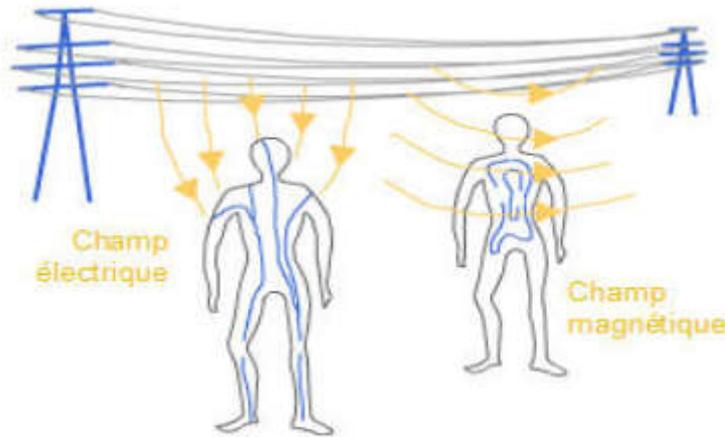


Fig.III.33 Passage du champ électrique et magnétique

Il existe de nombreux effets avérés sur le système nerveux liés à l'exposition aux champs électriques et magnétiques 50Hz:

- Stimulation directe des tissus nerveux et musculaires
- Induction de phosphènes au niveau de la rétine.

Il faut également savoir que les courants électriques existent naturellement dans le corps humain:

- Un électroencéphalogramme enregistre l'activité électrique du cerveau. L'enregistrement de l'électricité produite par les neurones du cerveau est recueillie grâce à de petites électrodes placées sur le cuir chevelu.
- Un électrocardiogramme enregistre l'activité électrique du cœur. Le cœur est un muscle, qui, comme tous les muscles, émet une certaine quantité d'électricité quand il est en action. L'électricité émise peut être enregistrée à l'aide d'électrode.

I.13.2. Les tensions induites

Chapitre 3 : Mesures de protection

Les tensions induites résultent de la pollution produite par le réseau 50Hz ou les appareils électroménagers. Ces derniers induisent une tension variable en périphérie du corps. Un champ induit alternatif provoque une oscillation ou un déplacement des charges libres et la rotation des molécules polaires, proportionnelle à la fréquence d'exposition. Une extrémité de l'appareil se raccorde dans une mise à terre, l'autre dans la main. Pour réduire ces tensions induites, on place des blindages ou des cages de Farade sur les sources, puis on les raccorde sur une liaison équipotentielle correcte.

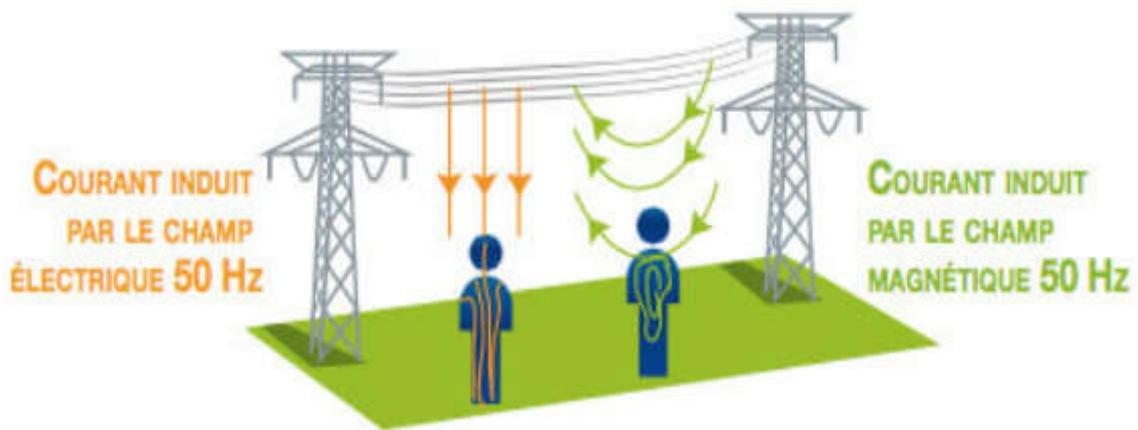


Fig.III.34. Courant induit par le champ électrique et magnétique