

Chapitre 03

Mesures de protection

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.

1. Protection de personnes

1.1. Réglementation

La réglementation en matière de prévention du risque électrique se décompose en 2 parties. L'une s'adresse aux maîtres d'ouvrage. Elle porte sur la conception et la réalisation des installations électriques pour la construction et l'aménagement de bâtiments. La seconde s'adresse aux employeurs qui utilisent des installations électriques, en assurent les vérifications et effectuent des opérations au voisinage des installations électriques.

1.2. Conception et réalisation des installations électriques

Le maître d'ouvrage conçoit et réalise les installations électriques des lieux de travail conformément au Code du travail. Ces dispositions s'appliquent aussi aux travailleurs indépendants et aux employeurs qui exercent directement une activité sur un chantier. L'employeur réalisant de nouvelles installations électriques, des adjonctions ou des modifications d'installations, respecte certaines de ces obligations.

Ces prescriptions visent à protéger la santé et la sécurité des travailleurs contre les risques de :

- choc électrique par contact direct ou indirect ;
- brûlure ;
- incendie ;
- explosion d'origine électrique.

2. Mesures de sécurité

2.1. Travaux hors tension

Pour effectuer des travaux ou des interventions hors tension sur une installation électrique, il faut avoir réalisé ou préalable une consignation de la partie de l'installation sur laquelle on va intervenir.

2.1.1. Procédure de consignation

La consignation électrique d'une installation ou d'un équipement est destinée à assurer la protection des personnes contre tout maintien accidentel ou retour de la tension pendant le travail sur l'installation. Pour réaliser une consignation, il faut effectuer les opérations suivantes :

➤ **Séparation**

Il faut séparer la partie d'installation de la source de tension, ce qui s'effectue en général par la manœuvre d'un organe de séparation tel que, sectionneur, prise de courant, retrait de fusible, appareils débranchable, appareil de commande (de protection ou de coupure d'urgence).

➤ **Condamnation**

L'organe de séparation ne doit pas pouvoir être refermé, il est condamné en position d'ouverture à l'aide d'un cadenas ou d'une serrure.

➤ **Identification**

Sur le lieu de travail, on identifie la partie de l'installation où les travaux seront bien effectués hors tension. Connaissance de la situation géographique, consultation des schémas, lecture des pancartes et des étiquettes, identification visuelle

➤ **Vérification**

On vérifie l'absence de tension entre phases et entre phase et neutre à l'aide d'un appareil VAT (Vérification d'Absence de Tension). Cette vérification est immédiatement suivie de la mise à la terre et en court-circuit. Cette dernière opération s'effectue de préférence sur le lieu du travail et constitue une confirmation de la consignation.

➤ **Balisage**

Le balisage est effectué à l'aide de banderole, filets, barrières,...etc. Il est réalisé dans tous les plans de façon visible.

2.1.2. Fin de travail (Déconsignation)

Après réception du ou des avis de fin de travail, le chargé de consignation doit :

- ouvrir les sectionneurs ou interrupteurs de mise à la terre et en court-circuit qu'il avait fermé et déposé ou faire déposer les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit qu'il avait éventuellement posés,
- retirer les écrans, protecteurs, et matériels de balisage posé à son initiative,
- permettre à nouveau la manœuvre des organes de séparation en supprimant les condamnations

Il peut effectuer ces opérations lui-même ou les faire effectuer sous sa responsabilité, dans les mêmes conditions que celles prévues pour l'attestation de consignation pour travaux ou pour l'attestation de première étape de consignation.

Il restitue l'ouvrage au chargé d'exploitation qui peut procéder alors à tous les essais mesurages, vérifications qui s'imposent, puis à la remise en service de l'ouvrage.

2.2. Travaux sous tension

On peut classer les interventions sous tension en trois sortes :

- interventions de maintenance corrective (dépannage) ;
- interventions de connexion avec présence de tension ;
- interventions particulières de remplacement.

2.2.1. Interventions de maintenance corrective (dépannage)

Dans une activité de dépannage, on distingue trois étapes qui nécessitent ou non la présence de tension :

Etape 1 : Recherche et localisation des défauts

- La mesure des grandeurs électriques au moyen d'appareils de mesure ne nécessitant pas l'ouverture de circuits est autorisée.

- Le débranchement et le rebranchement sous tension ou hors tension de conducteurs ne sont autorisés qu'en BTA et en TBT ; et pour des sections au plus égales à 6 mm². Chaque conducteur débranché doit être isolé à son extrémité.

Etape 2 : Élimination des défauts

L'élimination des défauts, la réparation ou le remplacement des éléments défectueux ne sont entrepris qu'après consignation de l'installation ou de l'équipement. Dès que la réparation est effectuée, on pourra procéder à la déconsignation et passer à l'étape suivante.

Etape 3 : Réglages et vérifications de l'installation

Cette étape nécessite en général la mise sous tension. L'intervention est considérée comme terminée si l'installation fonctionne normalement. En fin d'intervention, il faut remettre en place les capots et verrouillages des portes. Enfin, il faut prévenir l'utilisateur de l'installation de la remise en état provisoire (dépannage) ou définitive de l'installation.

2.2.2. Intervention de connexion avec présence de tension

Une intervention de connexion sur un ouvrage a pour but :

- Soit de mettre en service un nouvel équipement,
- Soit de modifier une connexion de conducteur sans perturber le fonctionnement de l'ouvrage.

2.2.3. Interventions de remplacement

Remplacement des fusibles

- Avant de remplacer un fusible, il faut rechercher la cause qui a entraîné sa fusion et l'éliminer
- En BTA ou BTB, le remplacement du fusible doit s'effectuer hors tension avec un élément de même calibre et de mêmes dimensions.
- Le remplacement d'un fusible sous tension et en charge n'est autorisé qu'avec des fusibles conçus à cet effet.

Remplacement des lampes d'éclairage

- Le remplacement des lampes et des accessoires débranchables peut s'effectuer en présence de tension lorsque le matériel présente une protection contre les contacts directs, en particulier lampe enlevée.

- En cas de risque de contact direct ou d'explosion de la lampe (lampes à vapeur de sodium), il faut assurer la protection de la personne avec des moyens appropriés (travail hors tension, gants, masque par exemple).

3. Protection contre les contacts directs

3.1. Mise hors de portée des pièces nues sous tension

Lorsqu'il n'est pas possible de réaliser la consignation ou la mise hors de tension, la mise hors de portée des pièces nues sous tension accessibles aux travailleurs doit être assurée par :

- éloignement ;
- obstacles ;
- isolation.

➤ L'éloignement

L'éloignement consiste à prévoir une distance entre les parties actives et les personnes de telle sorte qu'un contact imprévu soit impossible directement ou indirectement par l'intermédiaire d'un objet conducteur (perches, tubes métalliques...etc).

➤ L'interposition d'obstacles

L'interposition d'obstacles consiste à disposer des obstacles entre les personnes et les parties sous tension. L'obstacle est utilisé lorsque l'éloignement ne peut être assuré. L'interposition d'obstacle consiste également en l'utilisation d'enveloppes (boîtiers, coffrets, armoires... etc.) permettant de protéger les personnes contre les contacts directs.

➤ L'isolation

L'isolation consiste à recouvrir les parties actives par une isolation appropriée. L'isolation intervient lorsque l'éloignement et les obstacles ne peuvent être utilisés.

III-2-4) Protection contre les contacts indirects

III-2-4-1) Par coupure automatique de l'alimentation

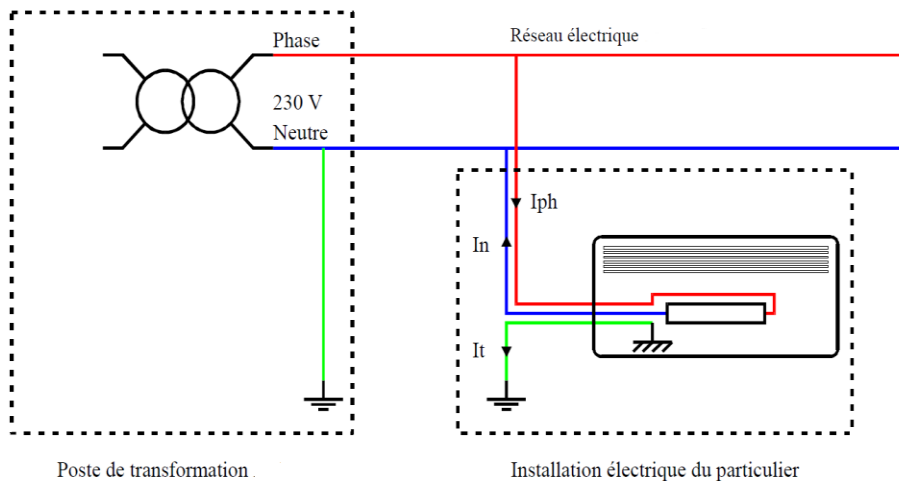
Le principe repose sur l'association de **la mise à la terre des masses et d'un dispositif différentiel**. Ce dernier coupe automatiquement l'alimentation lorsqu'une masse métallique est mise accidentellement sous tension.

III-2-4-1-1) Définitions des dispositifs différentiels résiduels

Les Dispositifs différentiels résiduels (DDR) sont des appareils destinés à assurer automatiquement la protection des personnes en cas de défaut d'isolement

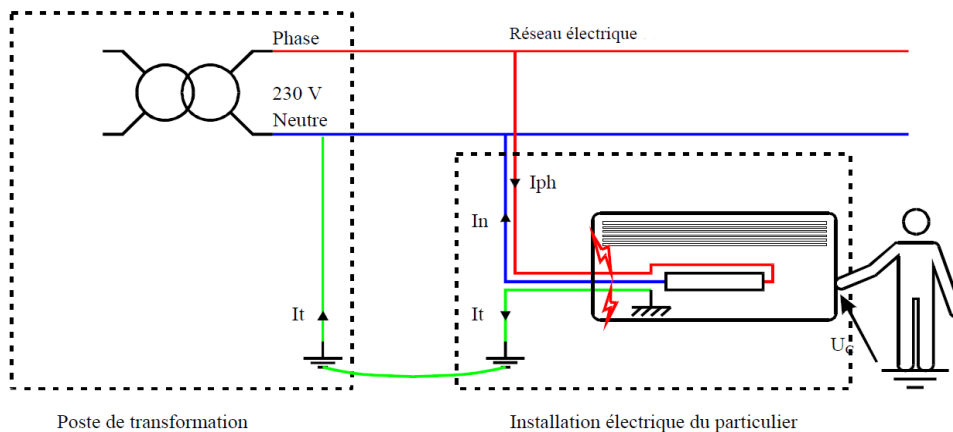
a) Schéma simplifié en fonctionnement normal

Sur le réseau de distribution électrique, le neutre est relié à la terre au niveau du transformateur haute tension, basse tension. Chez nous, chaque appareil est relié à la phase, au neutre et à la terre. En fonctionnement normal, nous avons le schéma simplifié suivant :



En fonctionnement normal, le courant qui rentre dans le récepteur par la phase est égal au courant qui en sort par le neutre. Le courant vers la terre est nul. $I_{ph} = I_n$, $I_t = 0$.

b) Schéma simplifié en cas de défaut d'isolement



En cas de défaut d'isolement, un courant passe par la masse métallique de l'appareil et va rejoindre la terre qui est reliée au neutre au niveau du transformateur. Le courant dans la phase n'est plus égal à celui qui circule dans le neutre. $I_{ph} = I_n + I_t$.

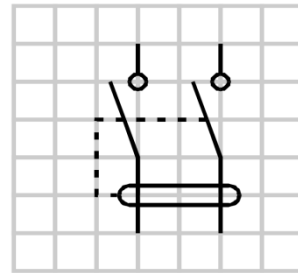
Le défaut d'isolement représente un **danger mortel** pour l'utilisateur. Il faut donc couper le courant dès qu'une phase vient en contact avec une masse métallique. C'est le rôle des Dispositifs Différentiels Résiduels.

III-2-4-1-2) Les dispositifs différentiels résiduels

Le rôle du DDR est de vérifier que le courant qui entre dans le récepteur par la phase est égal au courant qui en sort par le neutre. Si ces deux courants sont différents (cas du défaut d'isolement) il doit couper le courant très rapidement afin qu'il n'y ait pas de danger pour l'utilisateur de l'appareil en défaut. $I_{\Delta n} = I_{ph} - I_n$

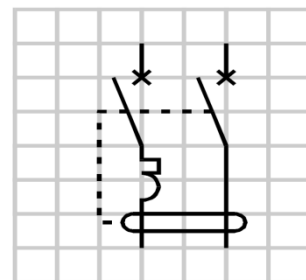
A) Interrupteur différentiel

L'interrupteur différentiel remplit la fonction de coupure automatique en cas de défaut d'isolement et c'est sa seule fonction. Son symbole est le suivant :



B) Disjoncteur différentiel

Le disjoncteur différentiel remplit les fonctions de coupure en cas de surcharge ou court circuit et coupure automatique en cas de défaut d'isolement. Son symbole est le suivant :



III-2-4-1-3) Choix d'un DDR

La norme NF C 15-100 impose un disjoncteur différentiel en tête de l'installation (disjoncteur de branchement). On distingue sur celui ci deux courants différents :

- Le premier est le courant du disjoncteur. En cas de dépassement de ce courant sans qu'il n'y ait de défaut d'isolement (exemple court circuit ou surcharge).
- Le second est le courant du Dispositif Différentiel Résiduel noté $I_{\Delta n}$ (prononcer I delta n). La valeur de ce courant est calculée en fonction de la résistance de terre.

La norme NF C 15-100 impose aussi la mise en place de dispositifs différentiels résiduels haute sensibilité (30 mA) pour chaque départ de l'installation.

III-2-4-1-4) Déclenchement des DDR

Un dispositif différentiel résiduel doit couper le circuit en défaut pour une valeur de courant de défaut comprise dans la plage suivante :

$$\frac{I_{\Delta n}}{2} \leq I_{déclanchement} \leq I_{\Delta n}$$

$I_{\Delta n}$ est la valeur du courant différentiel notée sur le DDR.

III-2-4-2) Sans coupure automatique de l'alimentation

Ce type d'alimentation est utilisé localement au niveau de certains récepteurs ou de certaines parties limitées de l'installation. On emploie :

- le matériel de classe II,
- la séparation des circuits,
- la très basse tension.

III-2-4-2-1) Protection par matériel de classe II

Les matériels de **classe II** (appelés aussi matériels double isolation) possèdent:

- Une isolation principale des parties actives.
- Une isolation supplémentaire de protection totalement indépendante et destinée à assurer la protection des personnes.

III-2-4-2-2) Protection par séparation des circuits

Les transformateurs de séparation sont utilisés pour des raisons de sécurité pour créer localement une nouvelle installation du domaine BT, de faible étendue, entièrement isolée de la terre et des masses ainsi que la source d'énergie primaire du domaine BT.

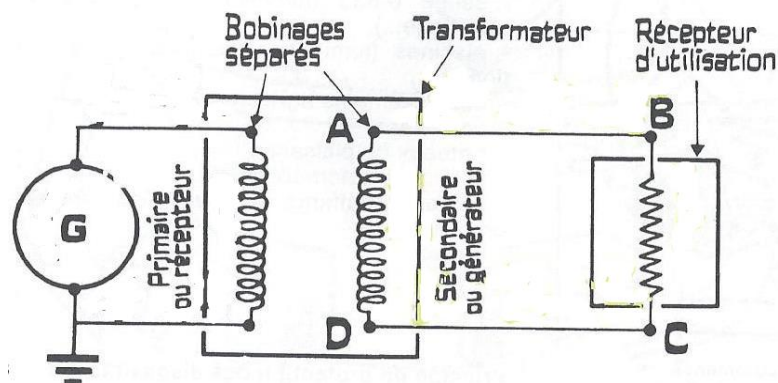


Figure 1 : schéma de principe d'un transformateur de séparation

Le transformateur de séparation interrompt la liaison entre le conducteur neutre et la terre. Suite à cette séparation, le conducteur de phase et le conducteur neutre ne présentent plus de différence de potentiel par rapport à la terre; aucun courant ne circule si l'on entre en contact avec un conducteur (les charges portées par A ne peuvent rejoindre celles portées par D que par le conducteur CD).

III-2-4-2-3) Protection par l'utilisation de la très basse tension (TBT)

La **très basse tension (TBT)** est la classe des tensions électriques qui ne peuvent produire dans le corps humain des courants électriques dangereux pour l'homme.

La réglementation prévoit trois catégories de très basse tension (suivant l'usage qui en est fait, le type de matériel utilisé et le mode de liaison à la terre des circuits actifs) :

- la TBTS : très basse tension de sécurité,
- la TBTP : très basse tension de protection,
- la TBTF : très basse tension fonctionnelle.

Tensions maximales à mettre en œuvre en TBTS :

Locaux ou emplacement	Tension (Courant alternatif)	Tension (Courant continu)
Secs	$U \leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$
Mouillées	$U \leq 25 \text{ V}$	$U \leq 60 \text{ V}$
Immergés	$U \leq 12 \text{ V}$	$U \leq 25 \text{ V}$

L'alimentation des installations en TBT est obligatoire :

- ✓ dans les locaux et sur les emplacements de travail où la poussière, l'humidité, l'imprégnation par des liquides conducteurs, les contraintes mécaniques, le dégagement de vapeurs corrosives, etc., exercent habituellement leurs effets, chaque fois qu'il n'est pas possible de maintenir ces installations à un bon niveau d'isolement

- ✓ Pour les travaux effectués à l'aide d'appareil portatifs à mains à l'intérieur d'enceintes conductrices exigües où la résistance de contact entre utilisateur et parois est très faible (cuves, réservoirs, les véhicules en cours de réparation, silos, ...)