

# SECURITE ELECTRIQUE

## I- LES DOMAINES DE TENSION

Aucun travail sur un ouvrage électrique ou au voisinage d'un ouvrage normalement sous tension ne peut être entrepris sans considérer **les consignes de sécurité** dépendantes des différents **domaines de tension** :

Domaines de tension		Valeur de la tension nominale <i>U<sub>n</sub> exprimée en volts</i>	
		en courant alternatif (A.C)	en courant continu (D.C)
Très Basse Tension ( Domaine T.B.T )		Un < 50	Un < 120
Basse Tension (Domaine B.T )	Domaine B.T.A	50 < Un < 500	120 < Un < 750
	Domaine B.T.B	500 < Un < 1 000	750 < Un < 1 500
Haute Tension (Domaine H.T. )	Domaine H.T.A.	1 000 < Un < 50 000	1 500 < Un < 75 000
	Domaine H.T.B.	Un > 50 000	Un > 75 000

Dans le cas particulier de la Très Basse Tension, il y a lieu de distinguer les opérations :

- ⇒ en Très Basse Tension de Sécurité ( T.B.T.S )
- ⇒ en Très Basse Tension de Protection ( T.B.T.P )
- ⇒ en Très Basse Tension Fonctionnelle ( T.B.T.F )

Aucune précaution n'est à prendre en **T.B.T.S** et en **T.B.T.P** pour les risques d'électrisation (attention aux courts-circuits et aux brûlures). En **T.B.T.F**, toutes les règles de la B.T doivent être appliquées comme en cas d'incertitude sur sa nature .

- **La Très Basse Tension de Sécurité ( T.B.T.S. ) :**

Les sources de sécurité peuvent être soit :

- un transformateur de sécurité conforme à la norme NF EN 60 742 ou NF C 52 742.
- un groupe moteur-générateur .
- des accumulateurs (piles) indépendantes.



L'utilisation de ces sources dépendra des locaux et des emplacements où sera utilisé le matériel, les tensions maxima à mettre en oeuvre seront :

- dans les locaux secs :
 

U alternatif	= 50 V
U continu	= 120 V
  
- dans les locaux mouillés :
 

U alternatif	= 25 V
U continu	= 60 V

***Au secondaire du transformateur (coté utilisation), les conducteurs ne doivent en aucun cas être reliés à la terre.***

Les masses des matériels électriques devront :

- ne pas être reliés à la terre, ni à un conducteur de protection .
- être isolés de toutes les autres masses .

- **La Très Basse Tension de Protection ( T.B.T.P. ) :**

La conception des installations dites T.B.T.P. est identique à celle de T.B.T.S. mais il y a liaison entre les parties actives et la terre coté utilisation. Les tensions maximum ne sont plus les mêmes qu'en T.B.T.S. suivant les emplacements:

- dans les locaux secs :
 

U alternatif	= 25 V
U continu	= 60 V
  
- dans les locaux mouillés :
 

U alternatif	= 12 V
U continu	= 30 V

## **II- EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU COURANT ELECTRIQUE**

Le courant agit alors sur le corps de trois façons différentes :

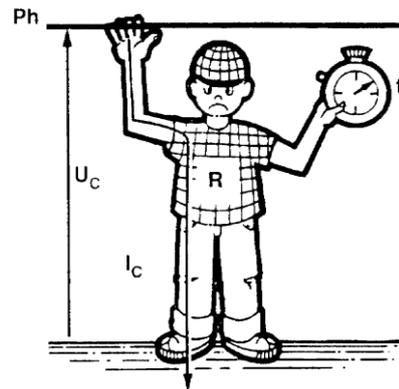
- par blocage des muscles, que ce soient ceux des membres ou de la cage thoracique (tétanisation),
- par brûlures : l'électricité produit par ses effets thermiques des lésions tissulaires plus ou moins graves selon la valeur du courant,
- par action sur le coeur : l'électricité provoque une désorganisation complète du fonctionnement du coeur, d'où fibrillation ventriculaire.
  - la sensation de passage du courant est très variable d'une personne à l'autre, 0,5 mA peut être considéré comme une valeur moyenne.
  - les contractions musculaires (tétanisation) empêchent à la personne de lâcher le conducteur , elles se produisent aux alentours de 10 mA (cette valeur dépend de l'âge, du sexe, de l'état de santé, du niveau d'attention...)
  - les difficultés et l'arrêt respiratoire qui se produit pour des courants de 20 à 30 mA est en fait une contraction des muscles respiratoires.
  - la fibrillation cardiaque se produit à partir de 100mA
  - 1 A provoque l'arrêt du coeur.

Quatre paramètres interdépendants influent sur le niveau des risques :

- $I_c$  : courant qui circule dans le corps humain,
- $U_c$  : tension appliquée au corps,
- $R$  : résistance du corps,
- $t$  : temps de passage du courant dans le corps.

La tension  $U_c$  appliquée au corps humain peut être due :

- à deux contacts avec des parties actives, parties normalement sous tension, portées à des potentiels différents,
- à un contact avec la terre et une partie active,
- à un contact avec la terre et une masse métallique mise accidentellement sous tension.



**a. Relation entre le temps de passage du courant de choc dans le corps humain et l'intensité de ce courant.**

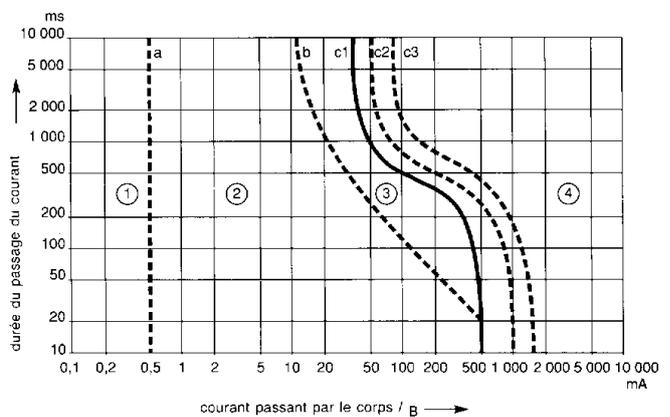
Les courbes ci-contre, issues de la norme CEI 479, illustrent la relation  $t=f(I_c)$  et déterminent quatre zones.

**Zone 1 :** Le courant de choc est inférieur au seuil de perception ( $I_c < 0,5 \text{ mA}$ ). Il n'y a pas de perception du passage du courant dans le corps : aucun risque.

**Zone 2 :** Le courant est perçu sans réaction de la personne : habituellement, aucun effet physiologique dangereux.

**Zone 3 :** Le courant provoque une réaction : la personne ne peut plus lâcher l'appareil en défaut. Le courant doit être coupé par un tiers afin de mettre la personne hors de danger : habituellement sans dommage organique, mais probabilité de contractions musculaires et de difficultés respiratoires.

**Zone 4 :** En plus des effets de la zone 3, la fibrillation ventriculaire augmente de 5% des cas pour la courbe  $C_2$ , 50 % des cas pour la courbe  $C_3$ , et plus de 50% au-delà de cette dernière courbe, d'où des effets pathophysiologiques importants tels qu'arrêt du coeur, arrêt de la respiration, brûlures graves.



**b. Relation entre le temps de passage du courant de choc dans le corps humain et la tension de contact.**

Selon le type de local, la norme NFC 15-100 précise, pour une tension d'alimentation en courant alternatif, deux valeurs de tensions limites conventionnelles de sécurité  $U_L$  :

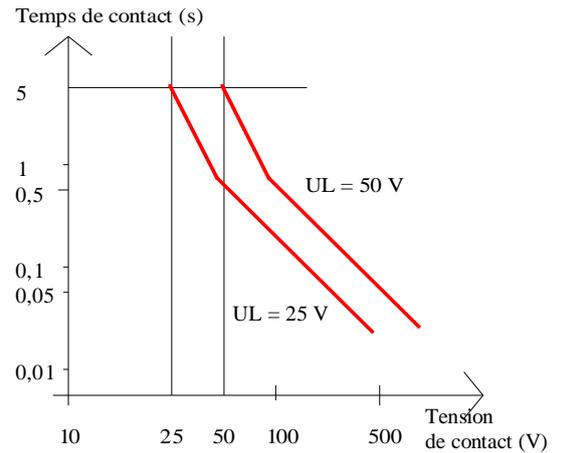
- $U_L = 25 \text{ V}$  pour les locaux mouillés,
- $U_L = 50 \text{ V}$  pour les locaux secs.

Ces tensions, non dangereuses dans des environnements précis, définissent des courbes où les risques sont contrôlés en fonction du temps de passage du courant dans le corps.

Pour des risques plus importants des alimentations en Très Basse Tension de Sécurité (TBTS) peuvent être requises : 12 V pour les endroits immergés, 25 ou 50 V pour les locaux humides ou secs.

Les courbes de la figure ci-contre illustrent la relation  $t = f(U_c)$ .

En courant continu lisse, les tensions limites conventionnelles sont respectivement 60V et 120V suivant qu'il s'agit de locaux ou emplacements de travail mouillés ou non.



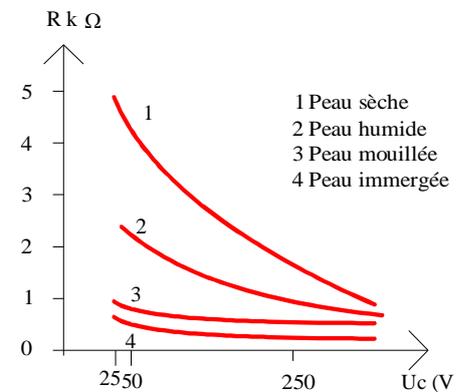
**c. Relation entre la résistance du corps humain et la tension de contact.**

La résistance du corps humain varie suivant que la peau est sèche ou humide, mouillée ou immergée.

La valeur minimale de la résistance du corps humain est 325  $\Omega$  lorsque le corps est immergé, par exemple dans des salles de bains ou des piscines.

La figure ci-contre donne les courbes donnant la relation  $R = f(U_c)$  entre la résistance du corps humain et la tension de contact .

C'est à partir des trois relations  $t = f(I_c)$ ,  $t = f(U_c)$  et  $R = f(U_c)$  que sont établies les règles de sécurité des personnes imposées par la norme NFC 15-100.



Protéger l'homme des effets dangereux du courant électrique est prioritaire, le risque d'électrisation est donc le premier à prendre en compte.

L'électrisation du corps humain peut se faire par deux types de contacts : les contacts directs et les contacts indirects.

**III- PROTECTION DES PERSONNES ET DES EQUIPEMENTS**

**III-1 COMPOSANTS DE PROTECTION**

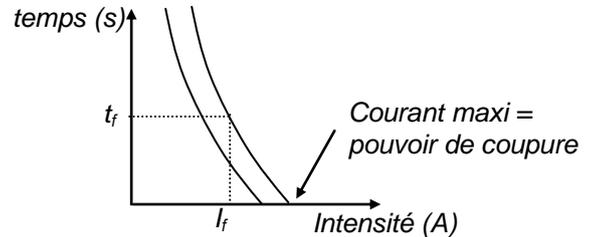
La protection des installations électriques a pour objectifs :

- d'interrompre en quelques millisecondes les courants correspondants à des court-circuits, c'est-à-dire ceux qui dépassent très rapidement et très largement le courant maximal autorisé pour l'installation : c'est une partie de la **protection des circuits**
- d'interrompre en quelques secondes, voire quelques minutes, les courants correspondant à des surcharges, c'est-à-dire ceux qui dépassent de peu et sans variations le courant maximal autorisé : c'est l'autre partie de la protection des circuits
- d'interrompre, au-delà d'un seuil de 0.5A, les courants qui se rebouclent par la terre pour éviter la **non facturation** de l'énergie consommée
- d'assurer autant que possible la **protection des personnes**, c'est-à-dire d'interrompre en quelques millisecondes tout courant, au-delà d'un seuil de 30mA, circulant à travers une personne vers la terre.

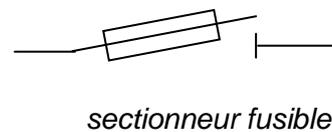
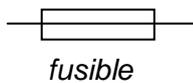
La protection contre les court-circuits et les surcharges est assurée par des fusibles ou des disjoncteurs magnéto-thermiques.

**a- Fusibles :**

**Principe :** Le fusible est un conducteur destiné à fondre brutalement au-delà d'une certaine intensité le traversant. Chaque fusible est construit pour fondre en un temps nominal  $t_f$  quand le courant  $I_f$  le traverse. On représente sur le graphe ci-contre la courbe de fonctionnement d'un fusible. On notera qu'au-delà d'un certain courant, le fusible est incapable de réaliser la coupure sans que la tension de rétablissement n'amorce un arc électrique.

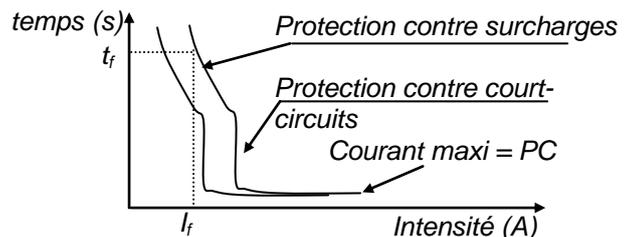


**Symboles :**



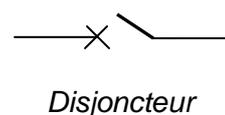
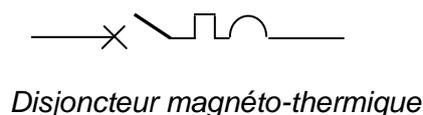
**b- Disjoncteurs magnéto-thermiques :**

**Principe :** Le disjoncteur magnéto-thermique possède deux organes de coupure. L'un est un bilame qui interrompt, par effet thermique, le courant au-delà d'une valeur maximale. L'autre est un coupe circuit magnétique qui se déclenche lors de l'apparition de pics de courant brutaux. On représente sur le graphe ci-contre la courbe de fonctionnement d'un Disjoncteur.



On notera qu'au-delà d'un certain courant, le disjoncteur est incapable de réaliser la coupure sans que la tension de rétablissement n'amorce un arc électrique.

**Symboles :**



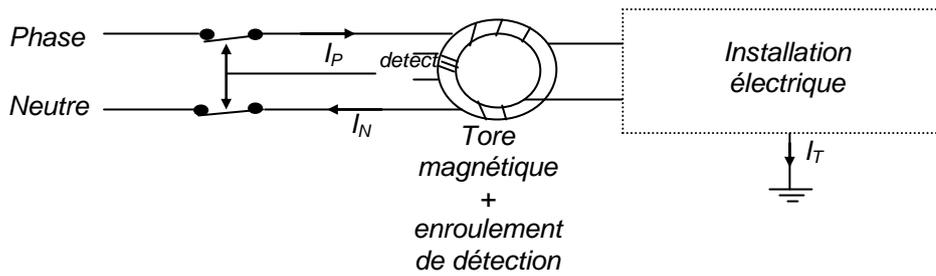
- La protection contre la non facturation est assurée par les disjoncteurs ou les interrupteurs différentiels qui interrompent les courants vers la terre supérieurs à 500mA.

- La protection des personnes est assurée par les disjoncteurs ou les interrupteurs différentiels qui interrompent les courants vers la terre supérieure à 30mA.

**c- Disjoncteur et interrupteur différentiel :**

**Principe :** Le disjoncteur différentiel est un disjoncteur classique qui, de plus intègre un dispositif de détection et de coupure lors de fuites de courant vers la terre. Un interrupteur différentiel assure juste cette dernière fonction. La coupure s'opère dès qu'une fuite vers la terre supérieure à une valeur  $I_{\Delta n}$  apparaît pendant un temps suffisant.

La détection des fuites vers la terre se fait par la détection de la différence entre le courant entrant  $I_P$  et courant sortant  $I_N$  de l'installation.



La loi des nœuds donne :  $I_P = I_N + I_T$  où  $I_T$  représente une fuite à la terre.

Lorsque  $I_P - I_N = I_T > I_{\Delta n}$ , l'enroulement de détection permet d'actionner un contacteur qui ouvre le circuit.

**Symboles :**



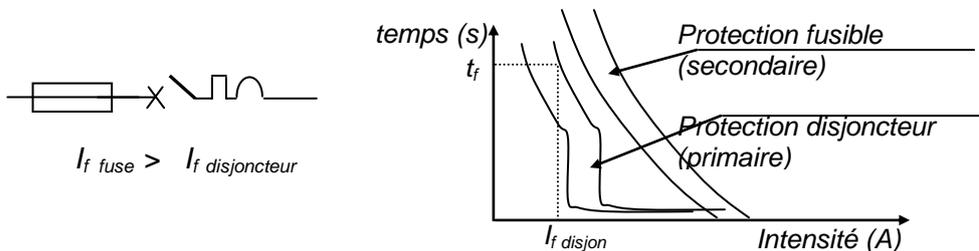
Dispositif Différentiel Résiduel

HS : haute sensibilité ( $I_{\Delta n} = 30mA$ )

MS : moyenne sensibilité ( $I_{\Delta n} = 500mA$ )

**d- Sélectivité des protections :**

Si plusieurs protections sont associées en série, il faut prévoir l'ordre préférentiel de réaction. En général, on associe un fusible en série avec un disjoncteur pour augmenter les chances de coupures. Dans ce cas, on préfère que le disjoncteur se déclenche préférentiellement. Il suffit pour cela de choisir ces deux organes suivant les courbes de fonctionnement présentées ci-dessous :



**III-2 CONTACTS DIRECTS ET MOYENS DE PROTECTIONS**

Quand un individu touche un conducteur sous une tension  $V$ , il permet le passage d'un courant électrique  $I$  à condition que ses pieds ou une autre partie de son corps touche la référence de tension du générateur qui produit la tension  $V$ .

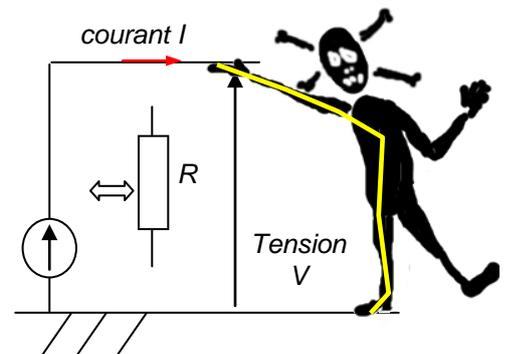
Dans ce cas, l'intensité du courant qui passe est directement reliée

à la tension par la relation :

$$I = \frac{V}{R}$$

où  $R$  est la résistance cumulée du corps humain, du contact au niveau des doigts, des pieds, des chaussures, etc... Cette résistance varie beaucoup en fonction de l'humidité de l'air et des semelles des chaussures .

Les dispositions de protection contre les risques de contacts directs ont pour but d'assurer la mise hors de portée de pièces nues sous tension accessibles aux travailleurs.



La protection peut être obtenue par l'un des trois moyens suivants :

- éloignement
- obstacles
- isolation.

On retiendra deux critères essentiels pour garantir la qualité de la protection :

- l'efficacité
- la permanence.

### **a- Eloignement :**

L'éloignement doit être suffisant pour prévenir le risque d'accidents par contacts directs ou rapprochement à l'aide d'objets que les travailleurs manipulent ou transportent.

**Permanence** : La permanence de cet éloignement doit être garantie contre tout risque de relâchement ou de chute, par une résistance mécanique des pièces ou de leurs supports en rapport avec les contraintes auxquelles elles sont normalement exposées.

**Distance** : Les distances doivent être compatibles avec le matériel manutentionné.

### **b- obstacles :**

**Efficacité** : La protection doit être assurée compte tenu des contraintes auxquelles sont soumis les obstacles par leurs : nature, étendue, disposition et stabilité .

**Constitution** : Les obstacles sont constitués : - soit de paroi pleine ou percées de trous,  
- soit de grillage.

Tous les obstacles, coffrets d'appareillage, armoires de tableaux, cache-bornes de moteurs, portes en tôle ou en grillage dans les postes H.T., doivent être maintenus en place et en bon état.

***N.B :*** *La suppression des obstacles, quelle qu'en soit la classe de tension, ne sera réalisée que par des électriciens.*

### **c- Isolation :**

#### **Efficacité - Permanence**

L'isolation doit être adaptée à la tension de l'installation et conserver à l'usage ses propriétés, eu égard aux risques de détérioration auxquels elle peut être exposée.

Exemple : protection des conducteurs et câbles nus .

#### **Prises de courant**

Les prises de courant, ou prolongateurs et connecteurs doivent être disposés de façon que leurs **parties actives nues** ne soient pas accessibles aussi bien lorsque leurs éléments sont séparés, que lorsqu'ils sont assemblés ou en cours d'assemblage

Les différents éléments doivent être maintenus en parfait état et entretenus par du personnel compétent.

Il ne faut jamais laisser sur un socle de prise de courant un câble d'alimentation dont l'autre extrémité n'est pas reliée à un appareil électrique. Un câble d'alimentation doit tout d'abord être réunis à l'appareil et ensuite au socle de la prise de courant .

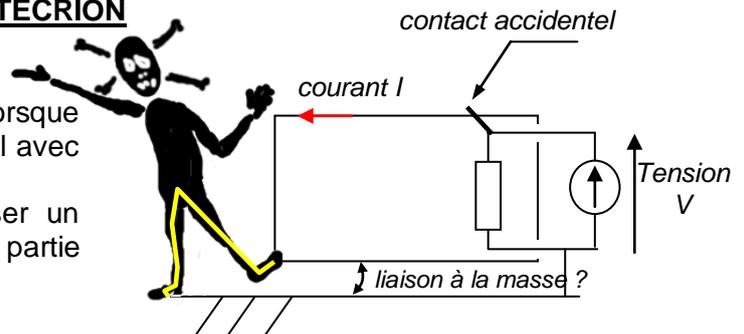
### Locaux et emplacements à risques particuliers de chocs électriques

Le chef d'établissement doit désigner ces locaux ou emplacements de travail et les délimiter clairement. Leurs accès ne sont autorisés qu'aux personnes averties des risques électriques ou aux personnes placées sur la surveillance d'une personne désignée à cet effet.

### III-3 CONTACTS INDIRECTS ET MOYENS DE PROTECTION

Le contact indirect à une tension électrique provient lorsque un conducteur sous tension est en contact accidentel avec la carcasse d'un appareil.

La conséquence est que le courant peut traverser un individu si il touche la référence de tension avec une partie de son corps.



Le problème peut être résolu si la carcasse est directement reliée à la référence de tension. Dans ce cas le contact accidentel court-circuite la tension  $V$  et fait disjoncter les systèmes de protection. Pourtant, dans certains cas, le contact ne court-circuite pas franchement la tension dangereuse et expose donc les personnes à des chocs électriques.

#### a- moyens de protection

La protection contre les risques de contact indirect dans les installations alimentées par du courant alternatif peut être réalisée soit :

- en associant la mise à la terre des masses à des dispositifs de coupure automatique de l'alimentation ( D.D.R. ),
- par double isolation, par isolation renforcée,
- par la séparation des circuits,
- par l'utilisation de la Très Basse Tension de Sécurité (T.B.T.S.)

Les modalités pratiques de réalisation des différents types de mesures de protection sont définies par arrêtés.

#### b- Surveillance des installations

Une surveillance des installations électriques doit être assurée. L'organisation de cette surveillance doit être portée à la connaissance de l'ensemble du personnel.

Cette surveillance doit être opérée aussi fréquemment que de besoin et provoquer dans les meilleurs délais, la suppression des défauts et anomalies constatées.

### III-4 PROTECTION CONTRE LES BRULURES

Un électricien intervenant sur une installation électrique peut par un geste malencontreux provoquer un court circuit.; cet incident entraînera des brûlures dues à l'arc électrique et aux projections de matière en fusion.

Pour prévenir ce type d'accident et ses conséquences, il y a lieu :

- d'utiliser des **outils isolants** ou isolés .
- de protéger contre les surintensités les circuits de mesure notamment par des dispositifs à **haut pouvoir de coupure e** .
- de porter des protections individuelles telles que :
  - **lunettes ou écrans faciaux** anti U.V. .
  - **gants isolants** adaptés à la tension .

Dans tous les cas, il sera préférable de travailler hors tension sur une installation ou un équipement consignés.

### III-5 CHOIX DU REGIMES DE NEUTRE ET PROTECTION DES PERSONNES

#### a- Régimes de neutre :

La norme NF C 15.100 définit trois régimes de neutre qui sont caractérisés par deux lettres :

1<sup>ère</sup> Lettre : Situation de l'alimentation par rapport à la terre.

T : liaison d'un point avec la terre ;

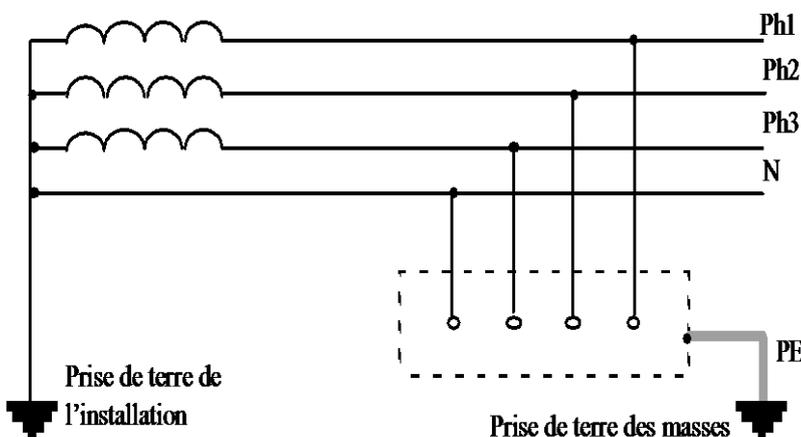
I : isolation de toutes les parties actives par rapport à la terre ou liaison d'un point avec la terre à travers une impédance ;

2<sup>e</sup> 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.

#### - Régime TT :

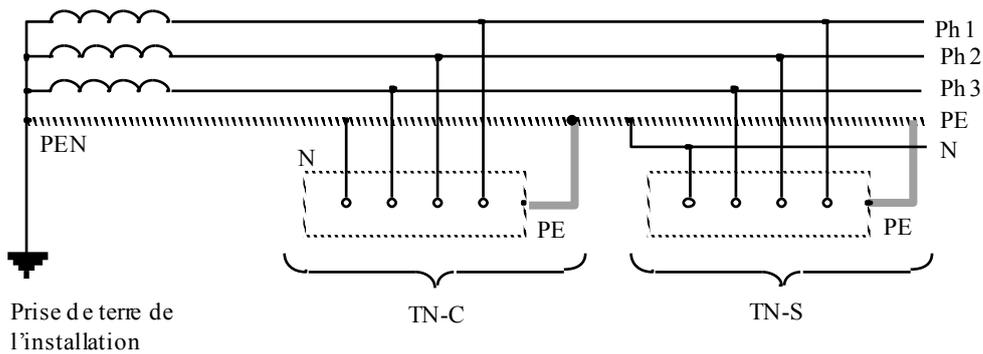


Le neutre de l'installation est directement relié à la terre.

Les masses de l'installation sont aussi reliées à la terre.

Aussitôt qu'un défaut d'isolement survient, il doit y avoir coupure : C'est la coupure au premier défaut.

- **Mise au neutre : TN**

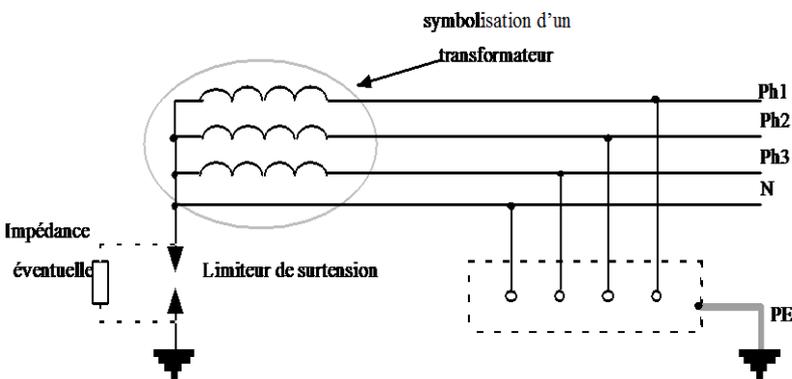


- **Schéma TN-C** : Le neutre et le conducteur de protection sont CONFONDUS. Ce type de schéma est interdit pour des sections de conducteurs inférieures à 10 mm<sup>2</sup> ; En aval du schéma TN-S, on utilise l'appareillage tripolaire.

- **Schéma TN-S** : Le neutre et le conducteur de protection sont SEPARÉS. Il faut utiliser des appareils tripolaire + neutre.

Dans les deux cas, la protection doit être assurée par coupure au premier défaut.

- **Neutre isolé : IT**



Le neutre est isolé ou relié à la terre par une assez forte impédance (1500 à 2000 Ω).

Le premier défaut ne présente pas de danger. Le courant phase masse est très faible et aucune tension dangereuse n'est à craindre.

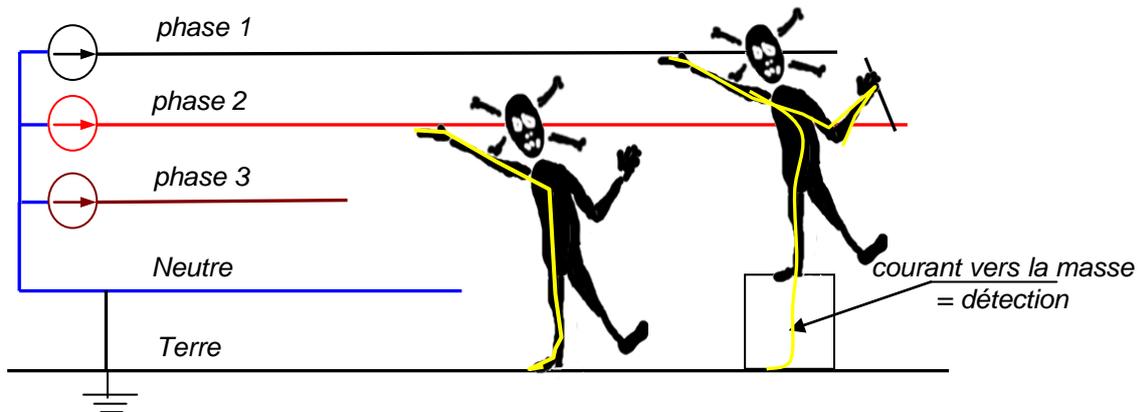
Mais il doit être signalé et recherché pour être éliminé. La coupure est obligatoire au deuxième défaut.

**Tableau Récapitulatif :**

Régimes	neutre du transformateur	masses des récepteurs
TT	terre	terre
TN	terre	neutre
IT	isolé ou impédant	terre

**b- Protection**

- **Régime de neutre à la terre (TT et TN) :**



Comme le neutre et les masses sont connectés à la terre, il suffit de toucher un conducteur pour établir un chemin de courant et s'électrocuter. Le fait de toucher deux conducteurs différents permet de plus de faire passer le courant entre les deux bras et entre chaque phase et la terre. C'est le cas le plus grave.

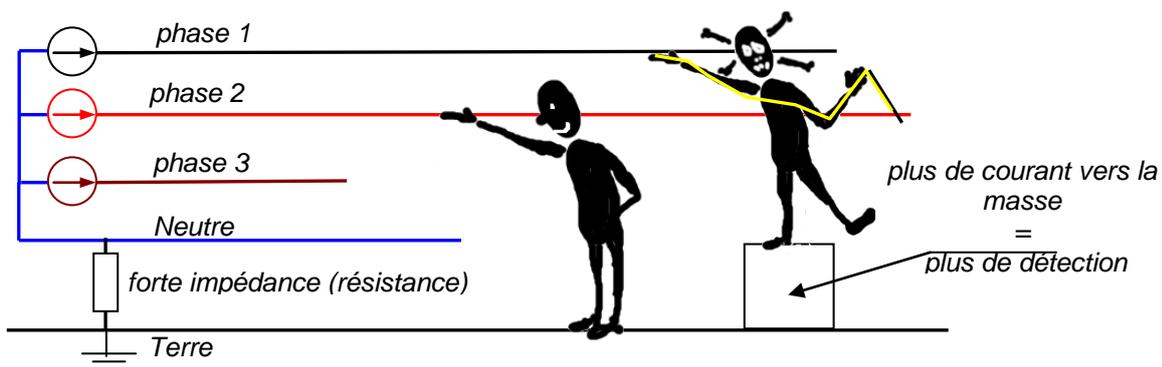
La protection des personnes dans ce cas consiste en un **disjoncteur** (ou interrupteur) **différentiel** dont on représente un exemple ci contre. Ce type d'appareil **coupe le circuit** d'alimentation en tête de l'installation pour tout **courant vers la masse >30mA** et ce **en moins de 0.5 secondes**.



le courant maximal toléré s'appelle  $i_{\Delta n}$  et est indiqué sur l'appareil.

Le fait de relier le neutre à la terre permet de détecter les fuites de courant qui peuvent être fatales, c'est en cela que ce régime est intéressant, mais uniquement s'il est équipé d'un interrupteur différentiel de protection des personnes à 30mA.

**b- Régime de neutre isolé :**



Les contacts directs entre phase et terre ne sont alors plus dangereux. Cependant, le fait de toucher **deux conducteurs différents** devient **mortel** puisqu'il n'y a plus le courant vers la terre qui pourrait être détecté par un disjoncteur différentiel.

*Toucher deux conducteurs sous tension = Mort assurée*

Les seules protections possibles sont celles contre les court circuit par des disjoncteurs qui coupent le courant à partir d'une certaine valeur limite. La protection différentielle est impossible puisqu'il ne peut y avoir de courant vers la terre suffisant.

Les régimes IT se justifient cependant dans certains établissements, comme les **hôpitaux**, où le moindre défaut ne doit pas condamner l'installation à la coupure systématique du courant. Cependant, le faible courant éventuel entre terre et neutre (à travers la forte impédance) est contrôlé de manière à déclencher une **alarme lors de l'apparition d'un défaut**.

il suffit encore de toucher deux conducteurs pour s'électrocuter à coup sûr (voir figure ci dessous).

**Tableau récapitulatif**

Régime	Technique d'exploitation	Technique de protection	Caractéristiques
<b>TT</b>	Coupure au premier défaut	Mise à la terre des masses Emploi de dispositifs différentiels	Solution simple d'exploitation
<b>TN</b>	Coupure au premier défaut	Mise au neutre des masses Emploi de dispositifs différentiels	Répartition des prises de terre Nécessité de personnel d'entretien Risque d'incendie
<b>IT</b>	Signalisation du premier défaut Coupure au deuxième défaut Recherche du premier défaut	Mise à la terre des masses Surveillance du premier défaut et recherche de ce défaut sous tension. Coupure par la protection des surintensités lors du second défaut Protection contre les surtensions	Solution assurant la continuité d'exploitation Nécessité d'un personnel d'entretien