

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR & DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE Mohamed boudiaf Msila
FACULTE DE TECHNOLOGIE

Polycopié de cours



Sécurité électrique

2^{ème} année Licence :

Electrotechnique- Automatique

Année Universitaire 2020-2021

Chap I :

Risques électriques :

1- Qu'est-ce que la sécurité au travail ?

Le concept de sécurité au travail appuie son existence sur une base de départ assez simple : toute activité professionnelle engendre des risques pour la sécurité d'un travailleur, à des degrés plus ou moins élevés. Encadrée par la loi, la notion de sécurité au travail ne cesse de donner naissance à de nouvelles réglementations, de nouvelles mesures, des innovations. Bien que les chiffres de la sécurité au travail révèlent que l'homme est en cause dans plus de deux tiers des accidents de travail, la tâche des dirigeants d'entreprises est de réduire au maximum les risques afin de protéger leurs salariés et de préserver leur intégrité physique et morale.

2- Définition et but de la sécurité de travail :

La sécurité au travail est une démarche pluridisciplinaire qui vise à supprimer ou à réduire les risques d'accidents susceptibles de se produire lors de l'exercice d'une activité professionnelle.

Il faut reconnaître que la prévention des accidents électriques est simple et ne nécessite pas la mise en œuvre de moyens très onéreux. Dans sa conception rationnelle, elle assure à la fois la protection du personnel et des installations de toute nature, en particulier la protection contre les dangers d'incendie, d'où son importance et son impérieuse nécessité.

Les améliorations techniques apportées au matériel et aux installations ont toujours été liées à une élévation de niveau de sécurité dès la conception des matériels. Nous verrons l'importance des normes françaises, européennes et internationales dans ce domaine.

Comme par ailleurs le processus de l'accident électrique est bien connu et qu'il tient à très peu de chose qu'un accident bénin ne devienne mortel, la pratique de la réanimation fait partie de la prévention et complète les mesures techniques. L'entraînement du personnel à cette pratique est donc essentiel.

Il s'agit de règles simples et de bon sens qui demandent à chacun et en permanence de savoir apprécier et évaluer le risque électrique à sa juste valeur et d'appliquer les règles explicitées dans de nombreuses applications. En plus de la formation, l'employeur est tenu de délivrer une habilitation adaptée aux opérations à effectuer, dès qu'il y a risque électrique.

3- Légende et histoire du risque électrique

L'arche d'alliance représente la première machine électrique. Soumise aux champs électriques qui, dans la zone désertique, peuvent atteindre plusieurs centaines de volts par mètre à 2 m du sol, son armature métallique pouvait se charger à un potentiel dangereux, et foudroyer les impies, tout en restant sans danger pour les prêtres enfermés dans leur cage de Faraday constituée de fils d'or tissés dans leurs vêtements. L'arche était équipée d'anneaux d'or aux quatre angles dans lesquels coulissaient des bâtons de bois d'acacia recouverts d'or, réalisant ainsi la première mise à la terre.

Historique :

- ❖ La découverte des propriétés de l'électricité statique vers 1746, et les expériences de décharge électrique du savant abbé Nollet.
- ❖ Mais les savants, poursuivant les recherches pour domestiquer la foudre établirent un rapport entre celle-ci et l'électricité. Il y a deux siècles, Benjamin Franklin réalisa de nombreuses expériences ; il adopta le premier la notion d'isolement électrique de l'opérateur avec des fils de soie, et posa le **principe de la mise à la terre**. Le professeur Richmann, membre de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg qui, répéta des expériences sur la foudre (celles de Franklin, avait été électrocuté, le 6 août 1753. Par temps d'orage, se disposant à mesurer les décharges. On peut le considérer comme étant le premier exemple, attesté scientifiquement, d'accident électrique.

- ❖ Vers 1790, l'anatomiste italien Galvani entra dans le domaine des réactions de l'organisme animal au courant électrique avec ses expériences sur les grenouilles,
- ❖ Entre 1970 et 1980, le professeur autrichien Biegelmeier s'est livré sur lui-même à des mesures de courant et d'impédance sous des tensions allant de 10 à 220 V, entre différentes parties de son corps et dans différentes conditions d'humidité. Il a ainsi effectué plus de 600 mesures qui ont permis d'améliorer de façon importante nos connaissances sur les effets du courant électrique sur le corps humain.

4- Normalisation

En 1969, la Commission électrotechnique internationale CEI décida d'établir les seuils d'apparition de danger en fonction des divers paramètres qui agissent toujours en interdépendance étroite (en particulier le courant i et le temps t avec la charge $= it$), afin notamment de permettre aux différents comités d'études de fixer avec précision les règles de sécurité que devaient respecter les matériels et installations électriques.

CEI : Commission Electrotechnique Internationale

CEN : Comité Européen de Normalisation

ISO : l'Organisation Internationale de Normalisation.

5- Définitions :

Danger : propriété intrinsèque d'une situation, d'un produit, susceptible de provoquer un dommage.

Risque : combinaison de la probabilité et de la conséquence de la survenue d'un événement dangereux.

Domage : conséquence pour la personne, atteinte pour la santé. On peut compter la gravité de ce dommage.

Accident de travail :

Accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant, à quelque titre ou en quelque lieu que ce soit, pour un ou plusieurs employeurs ou chefs.

Incident : situation qui aurait pu mener à un accident et qui a par contre induit des dommages matériels.

Maladie professionnelle : une maladie est professionnelle si elle est la conséquence directe de l'exposition d'un travailleur à un risque physique, chimique, biologique, ou résulte des conditions dans lesquelles il exerce son activité professionnelle.

6- Électrisation et électrocution : définition, effets et symptômes

Le passage d'électricité dans le corps, ou "électrisation", cause parfois des brûlures externes et internes, des troubles du rythme cardiaque et des lésions d'organes. Dans les cas les plus graves, lorsque les lésions sont mortelles, on parle d'électrocution. D'origine accidentelle, électrisation et électrocution surviennent dans un cadre domestique, professionnel ou lors d'un foudroiement. Leurs effets peuvent être plus graves si le traumatisme est dû à un courant de haute tension.

N.B :

Électrisation : est le passage d'un courant électrique dans le corps, provoquant des blessures plus ou moins graves.

Électrocution : il désigne exclusivement les cas d'électrisation entraînant un décès.

7- Pourquoi l'électricité est-elle dangereuse ?

Composé d'eau à 60 %, le corps humain est conducteur d'électricité : cela veut dire que le courant électrique le traverse facilement. Il entre souvent dans l'organisme par la main utilisée dans le travail ou les gestes du quotidien. Puis, il suit le trajet le plus court pour rejoindre un point de sortie, c'est-à-dire une partie du corps en contact avec la terre (généralement, un pied).

8- Effets du courant électrique :

Effet excito-moteur :

Il est dû à l'action directe du courant électrique sur les muscles et les nerfs lors du passage du courant dans le corps, entraînant contraction musculaire, tétanisation des muscles respiratoires et fibrillation ventriculaire.

Effet thermique

Il est dû à l'énergie dissipée lors du passage du courant dans l'organisme. Cet effet entraîne des brûlures, le plus souvent au niveau des mains.

Inhibition des centres nerveux :

Cet effet est dû au passage du courant dans le bulbe rachidien, pouvant entraîner un arrêt respiratoire et/ou arrêt cardiaque.

Tétanisation :

Il s'agit le plus souvent de tétanisation des muscles respiratoires provoquant asphyxie avec cyanose.

Fibrillation cardiaque :

Il s'agit d'une contraction des fibres musculaires respiratoires provoquant un arrêt circulaire.

L'atteinte corporelle dépend :

- ❖ Des points de contact par où passe le courant électrique.
- ❖ De la situation des organes par rapport au trajet du courant électrique.
- ❖ Des paramètres physiques du courant électrique.
- ❖ Des effets physiopathologiques de l'électricité : effet thermique et effet Joule.

Sur son passage, l'électricité peut endommager tous les organes qu'elle rencontre, en causant plusieurs types de blessures :

- ✦ des brûlures de la peau dues au contact avec la source électrique ;
- ✦ des brûlures dites électrothermiques (liées à la circulation du courant dans le corps) pouvant atteindre les muscles, le système nerveux, les yeux, les os et les poumons, avec apparition possible d'un syndrome de détresse respiratoire aiguë;
- ✦ des troubles du rythme cardiaque (battements irréguliers) pouvant aller jusqu'à l'arrêt du cœur.

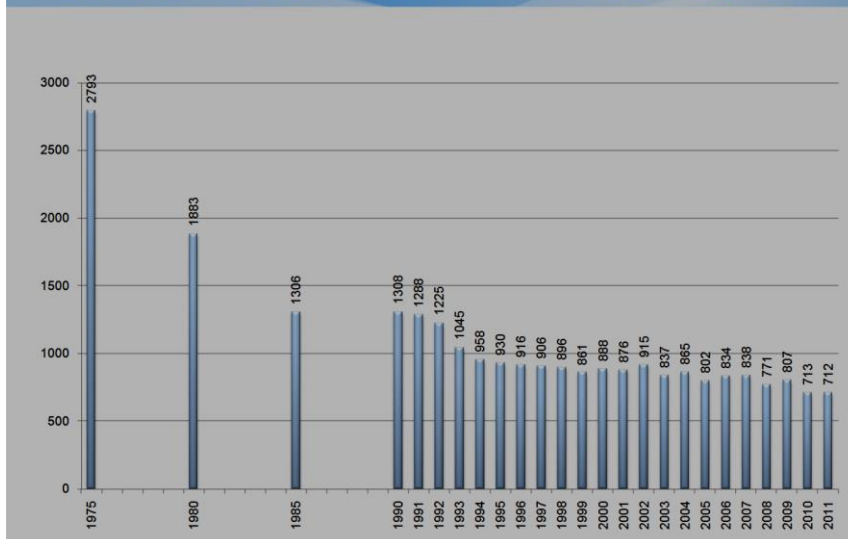
9- Statistiques des accidents en France (Institut National de recherche et de sécurité) :

Le nombre d'accidents de travail d'origine électrique est passé de 2793 en 1975 à 771 en 2008. Il en va de même pour les accidents graves dont le nombre recule de 360 en 1975 à 82 en 2008.

Cette tendance traduit par une plus large maîtrise de risque, mais les analyses de sévérité nous rappellent la particularité gravité : les accidents d'origine électrique sont 15 fois plus souvent mortels que les accidents ordinaires.

Accidents dus à l'électricité			
Année	AT-arrêt	AT-IP	Décès
2008	771	82	9
2007	838	86	11
2006	834	74	11
2005	802	90	5
2004	865	79	22
2003	837	87	6
2001	876	69	16
2000	888	84	12
1995	930	122	12
1990	1308	177	35
1985	1306	185	42
1980	1883	247	50
1975	2793	360	67

Accidents d'origine électriques ayant occasionnés des arrêts de travail



Répartition des causes d'accidents

31%

Mode Opérateur
Inapproprié ou dangereux

30%

Ignorance des risques

15%

Omission d'étape ou
Procédure inexacte

14%

Défaut de formation

10%

Défaillance matérielle

Chap II :

Nature des accidents électriques et dangers du courant électrique

1- Généralités :

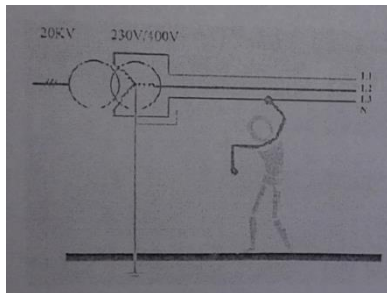
Il existe deux sortes de courant électrique :

- Le courant continu (piles, batterie d'accumulateurs, machines tournantes,...)
- Le courant alternatif : (alternateurs, onduleurs,...)

2- LES CAUSES D'ACCIDENT :

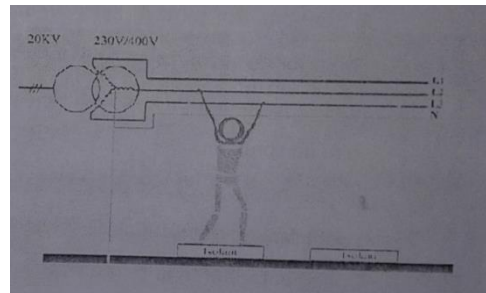
L'origine de l'accident dépend des types de courant entre la personne et l'élément sous tension. Ces types de contact de deux sortes :

Le contact direct : contact de personne avec une partie active d'un circuit.



Contact entre une partie active sous tension et un élément conducteur relié à la terre.

TRES FREQUENT

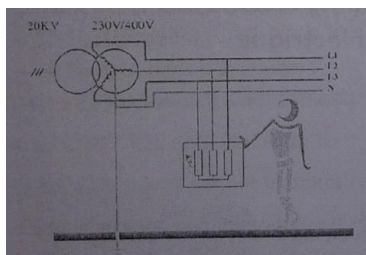


Contact entre une partie active sous tension et entre une partie active sous tension.

FREQUENT

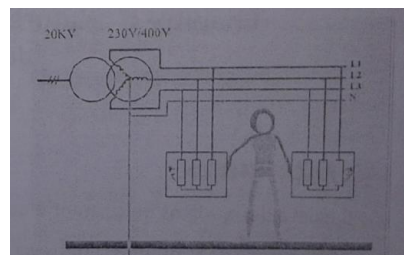
Le contact indirect :

Contact de personne avec une masse mise accidentellement sous tension suite d'un défaut d'isolement



Contact entre une masse mise accidentellement sous tension et un élément conducteur relié à la terre.

RELATIVEMENT FREQUENT



Contact entre une masse mise accidentellement sous tension et une autre masse mise accidentellement sous tension.

TRES RARE

L'origine des risques électriques :

- ✦ Les facteurs influençant les dommages corporels sont :
- ✦ La tension
- ✦ La résistance du courant humain (l'impédance).
- ✦ L'intensité de courant
- ✦ Le temps de passage du courant.
- ✦ Le type de courant.

4-1 Rôle de la tension :

Le début du processus d'électrisation n'est perceptible qu'à partir d'une certaine valeur de tension : $\frac{1}{2}$ courant d'une batterie de voiture (12 ou 24V) \Rightarrow aucune sensation.

Même contact aux bornes de (240V) \Rightarrow sensation douloureuse. Voir un coma.

Le corps est protégé par la peau \Rightarrow une barrière physiologique pour le courant.

Tension limite conventionnelle de contact : (décret N° 88-1056 ED123- P 20)

Valeur maximale de la tension de contact qu'il est admis de pouvoir de maintenir indéfiniment dans des conditions spécifiées d'influences externes.

Condition BB1 (article 322.2 NF C 15- 100)

La peau est sèche, le sol présente une résistance importante, y compris la présence de chaussures, et les personnes se trouvent dans des locaux (ou emplacements) secs ou humides.

Tension limite conventionnelle de contact : 50 V.

Condition BB2 (article 322.2 NF C 15- 100)

La peau est mouillée, le sol présente une résistance faible, et les personnes se trouvent dans des locaux (ou emplacements) mouillés.

Tension limite conventionnelle de contact : 25 V.

Condition BB3 (article 322.2 NF C 15- 100)

La peau est immergée dans l'eau, il existe une infinité de points de contacts et la résistance totale du corps humain se réduit à la résistance interne.

Tension maximale	alternative efficace	Tension continue	Milieu	Exemples
U2	50V	100V	Milieu sec	Habitations, bureaux
U3	25V	50V	Milieu humide	Locaux mouillés, chantiers
U4	12V	25V	Enceintes conductrices mouillées	Piscines, salles d'eau

L'impédance du corps humain :

Les tissus du corps humain peuvent être représentés par une succession de résistances R et des réactances X (inductances et capacités), le tout constituant une impédance Z.

L'impédance présentée par un corps humain au passage du courant dépend – en dehors des caractères propres à chaque personne, d'une part, de la tension (en raison de la résistance de la peau, qui s'annule au-delà d'un certain seuil) et, d'autre part, des conditions d'environnement, susceptibles de réduire cette résistance : la présence d'eau, en particulier, et la résistance des sols et des parois.

La résistance électrique dépend de la nature de contacts : peau humide, bottes ou gants de caoutchouc, nature du sol, ... ; elle varie de 200 à 2000 Ω .

Généralement, on estime qu'il y a trois situations caractéristiques d'environnement

- La **situation normale**, correspondant aux emplacements secs ou humides, la peau étant sèche (en tenant compte de la présence éventuelle de sueur), le sol présentant une résistance importante (1 000 Ω au moins) ;

- La **situation particulière**, les personnes se trouvant exposées à des conditions particulières d'humidité, par exemple dans les locaux mouillés, la peau étant mouillée et le sol présentant une résistance faible (de l'ordre de 200 Ω) ;

- La **situation immergée**, lors de laquelle on ne peut plus compter sur la résistance de la peau et du sol. Ces trois situations caractéristiques se traduisent par des conditions de temps de coupure du courant, par les dispositifs de protection (pour les deux premières) ou par des mesures de sécurité particulières telles que la très basse tension de sécurité limitée à 12 V (pour la troisième).

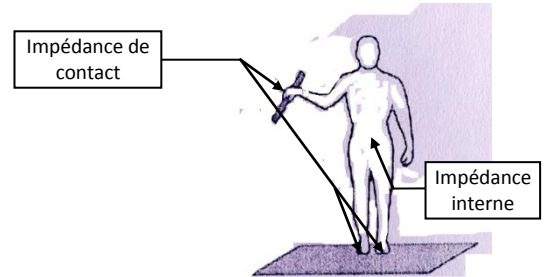
La résistance totale du corps humain décroît rapidement lorsque le courant augmente. L'impédance de la peau varie pour chaque individu en fonction, essentiellement, des paramètres suivants :

La surface de contact : la résistance cutanée est d'autant plus faible que la surface de contact est grande.

La pression de contact : la résistance cutanée est d'autant plus faible que la pression est grande.

La tension de contact :

L'état d'humidité et de sudation du corps :

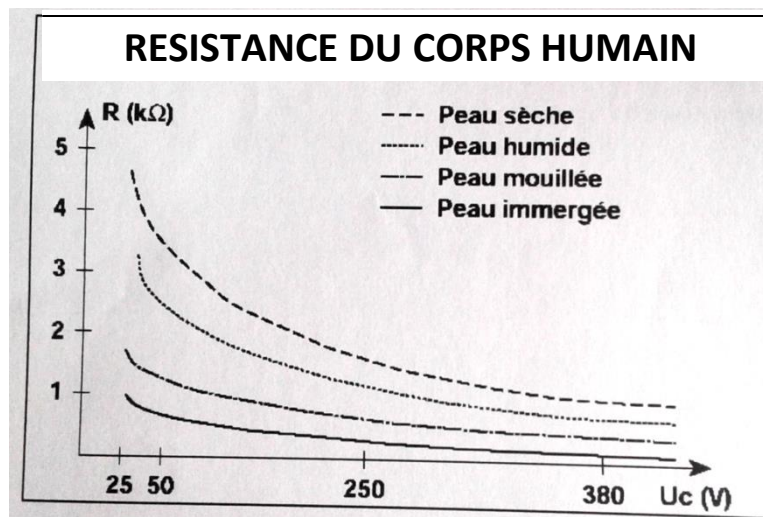


Variation de la résistance du corps humain en fonction de la tension de contact et de l'état de la peau :

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

Article 322-2 de la norme NFC 15-100

Tension de contact	Peau sèche	Peau humide	Peau mouillée	Peau immergée
25V	5000	2500	1000	500
50V	4000	2000	875	440
250V	1500	1000	650	325
> 250V	1000	1000	650	325



4.2- Rôle de l'intensité de courant :

L'intensité est déterminée par la tension et l'impédance du corps humain.

La valeur (en A) de ce courant est fonction :

- de la résistance du corps de l'individu R_h ;
- de la tension entre le point d'entrée du courant et le point de sortie.
- U_c : tension de courant en Volts.

$$U_c = R_h \times I_d$$

Effet du passage du courant dans le corps humain :

Exemple :

Une personne possède une résistance de 1000Ω . Cette dernière est soumise accidentellement à une tension de $140V$ au contact d'une masse métallique malencontreusement sous tension.

Quel est le courant qui traverse cet homme ?

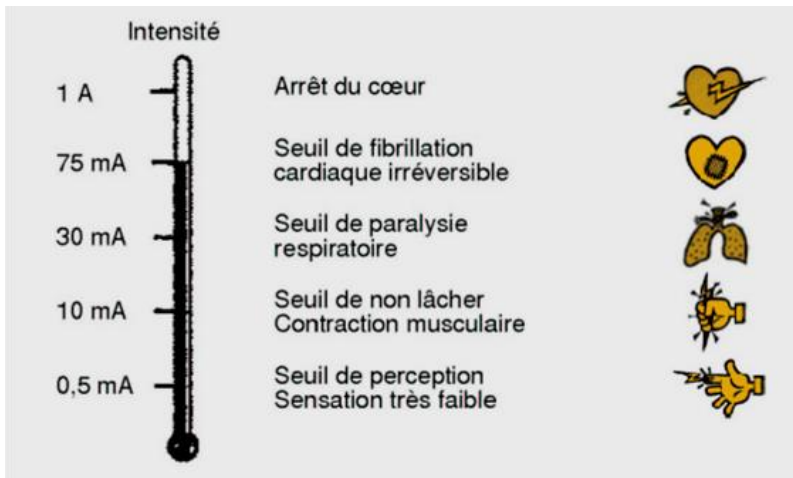
On utilise la loi d'Ohm :

$$U_c (\text{tension de contact}) = R_h (\text{Résistance de l'homme}) \times I_d (\text{courant de défaut})$$

$$I_d = \frac{U_c}{R_h} = \frac{140}{1000} = 0.14 = 140\text{mA}$$

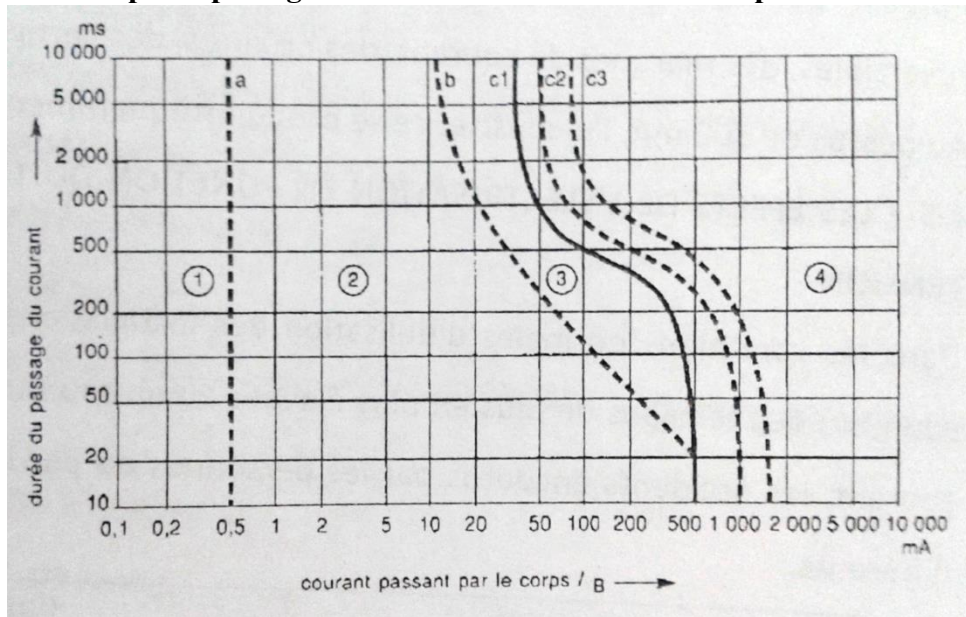
L'homme est **mort** (sauf s'il y a déclenchement en moins de 20 ms du système de protection).

Effet du courant alternatif :



Effets du passage du courant alternatif		
intensité	Perception des effets	temps
05 à 1 mA	Seuil de perception suivant l'état de la peau	
8 mA	Choc au toucher, réactions brutales	
10 mA	Contraction des muscles des membres	4 mn 30s
20 mA	Début de téτανisation de la cage thoracique	60 s
30 mA	Paralysie ventilatoire	30 s
40 mA	Fibrillation ventriculaire	3 s
75 mA	Fibrillation ventriculaire	1 s
300 mA	Paralysie ventilatoire	110 ms
500 mA	Fibrillation ventriculaire	100 ms
1000 mA	Arrêt cardiaque	25 ms
2000 mA	Centre nerveux atteints	instantané

Relation entre le temps de passage du courant de choc dans le corps humain et l'intensité de courant :



Zone 1 :

Le courant de choc est inférieur au seuil de perception ($I_c < 05 \text{ mA}$). Il n'y a pas de perception de 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. Habituellement sans dommage organique, mais probabilité de contractions musculaires et de difficultés respiratoires.

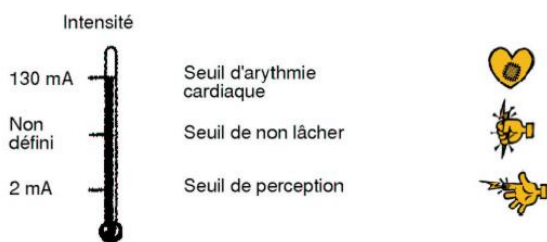
Zone 4 :

Courbe C₂ : fibrillation ventriculaire 5%

Courbe C₃ : fibrillation ventriculaire 50%

Courbe C₄ : fibrillation ventriculaire plus de 50% ; arrêt de cœur, arrêt de la respiration, brûlures graves.

Effet du courant continu :



- Le courant continu entraîne les mêmes conséquences que le courant alternatif de 50 Hz.
- Pour des courants inférieurs à 300 mA environ, une sensation de chaleur est sentie dans les extrémités pendant le passage du courant.
- Les courants d'intensité égale à 300 mA passant à travers le corps humain pendant plusieurs minutes peuvent provoquer des arythmies cardiaques réversibles, des marques de courant, des brûlures, des vertiges et parfois l'inconscience.
- Au-dessus de 300 mA, l'inconscience se produit fréquemment.

Chap III :

Mesures de protection

1- Principes -définitions :

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

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

Les parties sous tension auxquelles il est fait référence sont :

- **Parties actives** : parties conductrices destinées à être *normalement sous tension*

Exemple : conducteurs, bornes,...etc..

- **Masses** : parties conductrices des matériels électriques *non normalement sous tension*, mais susceptibles de le devenir en cas de défaut d'isolement par exemple.

Les contacts peuvent être classés selon deux types :

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

N.B : 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).

2. Méthodologie : Les mesures de protection peuvent être classées en deux types :

- ✦ Mesures passives
- ✦ Mesures actives.

2.1. Mesures passives : ne faisant pas intervenir la coupure du courant

Eloignement : cas des lignes à très haute tension ;

Obstacle : enveloppe, porte d'armoire électrique, barrière devant un châssis d'appareillage ;

Isolation : câble souple, interrupteur domestique...

2.2 Mesures actives

Les mesures dites actives assurent la coupure du courant en un temps suffisamment court pour que des effets physiopathologiques inacceptables ne puissent se produire. Elles font appel à des appareils de protection qui détectent et agissent :

- En cas de surélévation du courant normal (surintensité) : coupe circuit à fusibles, disjoncteurs...
- En cas de dérivation d'une partie du courant par la terre ou les conducteurs de protection : dispositifs à courant différentiel résiduel (dits différentiels).

3. Régimes du neutre

3.1. Définitions des régimes de neutre : Les différents schémas de distribution en basse tension (figure 3.1) sont codifiés par les lettres suivantes :

1 ^{ère} lettre :		2 ^{ème} lettre :	
Neutre de l'alimentation (<i>Transformateur</i>)		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

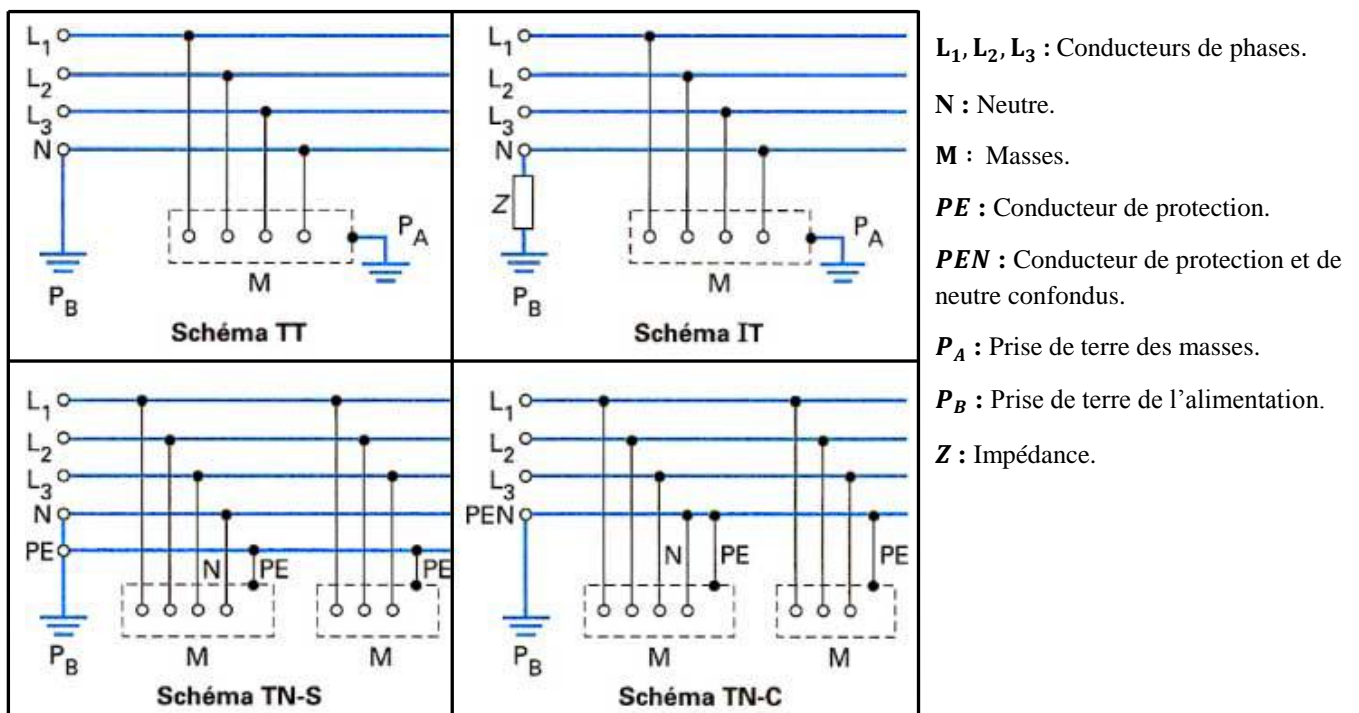


Fig.3.1. Régimes de neutre.

3.2. 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.

Schéma :

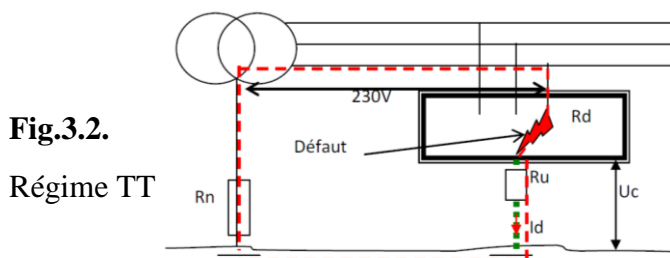


Fig.3.2.

Régime TT

R_d : Résistance de défaut : $R_d = 0.1\Omega$

R_n : Résistance de prise de terre : $R_n = 10\Omega$

R_u : Résistance de prise des masses : $R_u = 10\Omega$

$$I_d = \frac{U}{R_d + R_n + R_u} = \frac{220}{0.1 + 10 + 10} = 10.94A$$

$$U_c = R_u \times 10.94 = 109.45V \Rightarrow \text{Tension mortelle}$$

Protection

☒ Toutes les masses des matériels protégés par un même dispositif de protection doivent être interconnectées et reliées par un conducteur de protection (PE) à une même prise de terre.

La condition de protection doit satisfaire à la relation suivante : $R_u \cdot \Delta I_n < U_L$

* ΔI_n : Courant de fonctionnement du dispositif de protection ;

* R_u : résistance de la prise de terre des masses ;

* U_L : tension de contact limite : $U_L = 50V, 25V, 12V$ selon les locaux.

Dans les schémas TT, on assurera la protection par un dispositif différentiel à courant résiduel.

Dans ce cas, le courant ΔI_n est égal au courant différentiel résiduel du disjoncteur.

Exercice 1 :

On donne :

$R_u = 22\Omega$. L'impédance de l'homme vaut 1000Ω .

- Il apparaît un défaut d'isolement au niveau de la machine M_2 .

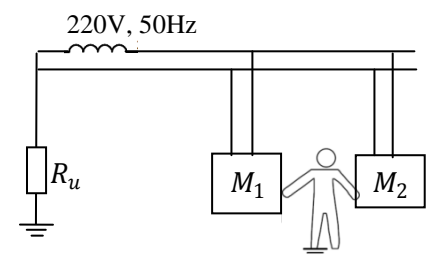
1. Tracer le schéma équivalent électrique de la maille dans laquelle circule le courant de défaut.

2. Déterminer la tension de contact de la machine M_2 par rapport au sol.

3. Déterminer le courant de choc supporté par la personne.

4. La personne est-elle en danger ? Justifier votre réponse

5. En combien de temps l'installation doit-elle être coupée si le milieu est humide ?



Exercice 2 :

$R_u = 22\Omega$. $R_n = 22\Omega$ L'impédance de l'homme vaut 1000Ω .

1. Tracer le schéma équivalent électrique de la maille dans laquelle circule le courant de défaut.

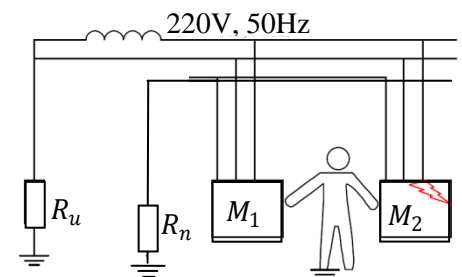
2. En négligeant le courant passant dans le corps humain (I_c) devant le courant de défaut (I_d).

- Déterminer la tension de contact de la machine M_2 par rapport au sol.

3. Déterminer le courant de choc supporté par la personne.

4. La personne est-elle en danger ? Justifier votre réponse

5. En combien de temps l'installation doit-elle être coupée si le milieu est humide ?



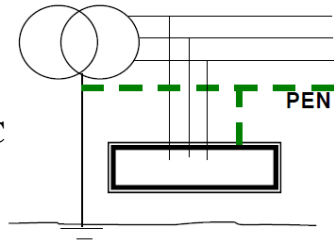
3.3. Régime TN

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).

3.3.a. Régime TNC

Fig.3.3.
Régime TNC

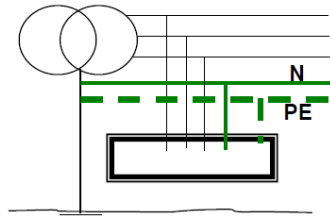


Le conducteur de protection et le neutre sont **confondus** en un seul conducteur PEN :

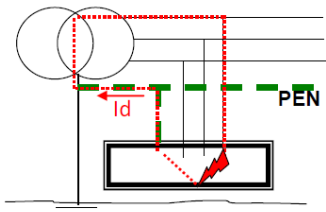
- Protection Electrique + Neutre
- Section des conducteurs actifs $\geq 10 \text{ mm}^2$

3.3.b. Régime TNS

Fig.3.4.
Régime TNS



Boucle de courant



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.

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.

Protection

Un défaut d'isolement se traduit par un court-circuit

Le courant de défaut n'est limité que par la résistance des conducteurs (**Guide NFC 15-105**).

- On applique la loi d'ohm, en faisant les hypothèses suivantes :

- La tension entre la phase de défaut et le conducteur PEN ou PE est prise égale à 80 % de la tension simple nominale ;

- **On néglige les réactances des conducteurs devant leurs résistances :**

$$I_d = \frac{0,8V}{(R_{ph} + R_{pe} + R_d)}$$

En négligeant la résistance de défaut $R_d = 0$:

$$I_d = \frac{0,8V}{(R_{ph} + R_{pe})}$$

Tension de défaut :

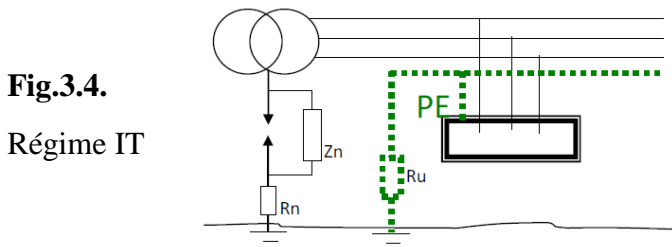
$$U_c = R_{pe} \times I_d$$

N.B : Les dispositifs de protection réagissent en un temps **inférieur** à celui imposé par la norme.

Pour un disjoncteur :
$$I_{magnétique} < \frac{0,8 \cdot V \cdot S_{ph}}{\rho \cdot l \cdot (1 + m)} \text{ avec } m = \frac{S_{ph}}{S_{pe}}$$

Pour les fusibles **If < Id** (courant de fusion du fusible).

3.4. Régime IT :

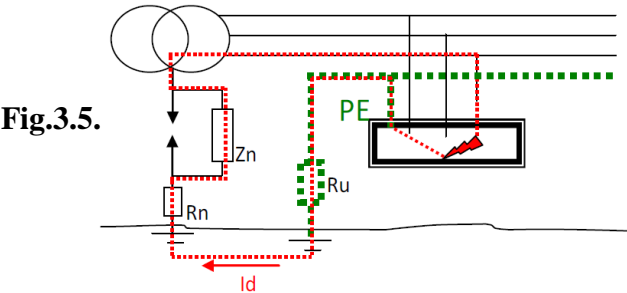


Le neutre est isolé de la terre (relié à la terre par une impédance).
 Les masses sont reliées à une prise de terre.
Ru : R de la prise de terre.
Rn : R de la terre du neutre.

Boucle de Défaut

3.4.a. Premier défaut :

Le premier défaut est inoffensif ⇒ Id est très faible.



Exemple de calcul :
 $Z_n = 2200 \Omega, \quad R_n = 10 \Omega, \quad R_u = 10 \Omega$

$$I_d = \frac{V}{Z_{total}} = \frac{220}{2200+10+10} \quad \mathbf{I_d = 0,1 A}$$

 Tension de défaut :
 $U_d = R_u \times I_d$
 $U_d = 10 \times 0,1 = \mathbf{1V}$

N.B : Le premier défaut n'est pas donc dangereux, il est inutile de couper automatiquement l'alimentation, mais ce premier défaut doit être détecté, signalé afin de pouvoir être éliminé.

3.4.b. Deuxième défaut :

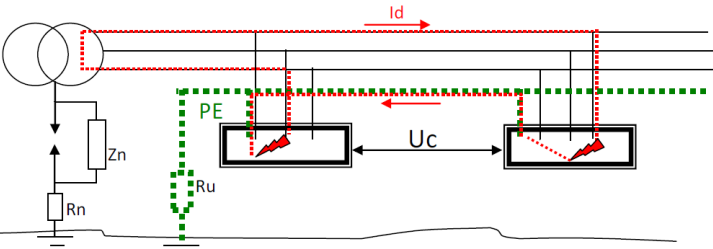


Fig.3.6.

3.5. Courbe de sécurité

Les dangers encourus par les personnes traversées par un courant électrique dépendent essentiellement de son intensité et du temps de passage.

La Norme NF C 15-100 définit de temps de coupure maximal du dispositif de protection selon les conditions d'utilisation (U_L)

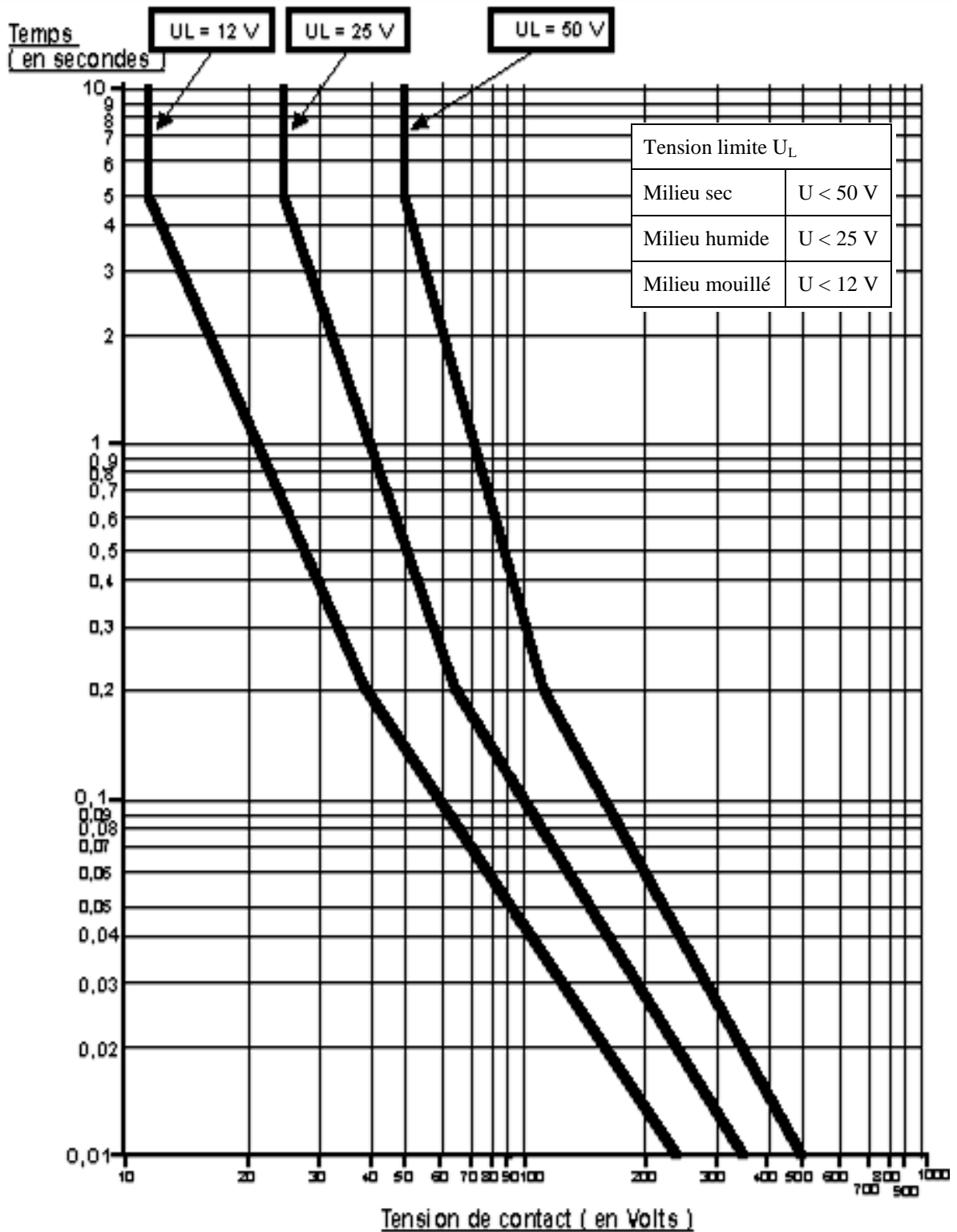


Fig.3.7. Courbes de sécurité en courant alternatif.

3.6. Classification des matériels :

Les matériels 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.

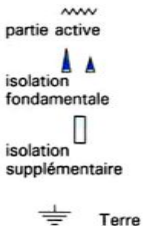
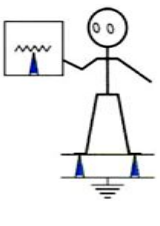
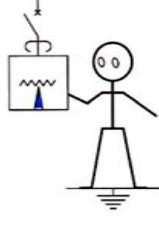
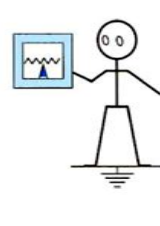
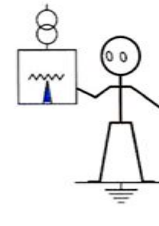



Stade de protection	Classe de matériel			
	0	I	II	III
premier	Isolation principale	Isolation principale	Isolation principale	Tension inférieure à 50 V
deuxième	Isolation par le sol (local sec et non conducteur)	Mise à la terre et dispositif de coupure associé	Isolation supplémentaire ou renforcée	Alimentation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

Tableau : Protection des personnes contre les chocs électriques [Techniques de l'Ingénieur D 5 100]

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

Classe 0 : Matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques repose sur l'isolation principale.

Classe I : Matériels ayant une borne destinée à être reliée à un conducteur de protection, ayant une isolation principale, la sécurité étant assurée par un dispositif de coupure associé.

Classe II : Matériel dans lequel la protection ne repose pas uniquement sur l'isolation principale mais qui comporte des mesures supplémentaires de sécurité telle que double isolation ou l'isolation renforcée.

Classe III : Matériel dans lequel la protection repose sur l'alimentation sous très basse tension de sécurité TBTS.

Les mesures de protection contre les contacts indirects peuvent être obtenues par :

- * Coupure automatique
- * L'emploi de matériel de classe II.
- * Séparation du circuit (Ex : transformateur d'isolation).

- Basse sensibilité – BS- : 1, 3, 5, 10 et 20A.