

Chapitre 01: Risques électriques

1- Définition du risque électrique

❖ *Le risque électrique résulte d'une possibilité de contact direct ou indirect (par exemple mauvaise isolation) d'un individu avec une pièce sous tension, ou encore du seul fait de sa présence à proximité d'un équipement électrique, et donc sans contact.*

➤ *Ces trois types d'exposition sont détaillés aux chapitres 2 et 3*

□ *L'électricité étant l'énergie la plus utilisée, ce risque doit être considéré comme omniprésent dans notre société et pour tous les corps de métier.*

➤ *On peut classer les expositions en deux catégories principales :*

1. *L'exposition délibérée :*

Elle concerne les professionnels intervenants sur ou à proximité des équipements et installations électriques.

La formation de ces agents ainsi que la délivrance d'habilitations électriques adaptées aux missions sont obligatoires.

2. *L'exposition ordinaire :*

Sont concernés l'ensemble des agents travaillant dans des locaux alimentés en électricité et donc simples utilisateurs.

Ils ne sont normalement pas exposés au risque, dans l'hypothèse d'installations conformes et d'équipements entretenus.

Leur formation se limite à la connaissance des notices d'utilisation des équipements électriques utilisés.

➤ *On utilise généralement mais à tort le terme « électrocution », pour définir ce risque.*

□ **Petit rappel de définitions :**

✓ **L'électrisation :** *C'est le passage d'un courant électrique dans un corps*

✓ **L'électrocution :** *Désigne exclusivement les cas d'électrisation entraînant un décès*

✓ **Masse :** *partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée par une personne, qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir en cas de défaut d'isolement des parties actives de ce matériel .*

✓ **Partie active :** *toute partie conductrice destinée à être sous tension en service normal .*

2- Organisme de Normalisation

En 1969, la Commission électrotechnique internationale 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 $q = It$), 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. Il s'agissait, en particulier, de déterminer les conditions de protection qui devaient permettre aux dispositifs à courant différentiel résiduel d'assurer une protection contre les contacts directs en cas de défaillance des autres mesures de protection.

2-1 TEXTES ET NORMES REGLEMENTAIRES

2-1-1 Contexte Règlementaire:

Le code du travail permet au ministre du travail de prendre des décrets portant règlement d'administration publique en vue d'assurer l'hygiène et la sécurité des travailleurs.

Il existe une véritable hiérarchie des différents textes :

- **La loi** : → votée par l'assemblée nationale, elle définit des objectifs à atteindre.
- **Le décret** : → il découle d'une loi et est signé par le ministre du gouvernement concerné, il précise les buts à atteindre.
- **L'arrêté** : → il est signé par le ministre du gouvernement concerné, il précise les moyens.
- **La circulaire** : → elle est destinée aux fonctionnaires, elle analyse les textes et détermine une ligne d'action.
- **La note technique** : → elle est destinée aux fonctionnaires, elle donne une interprétation technique d'un point particulier.

2-1-2 les Normes Règlementaire:

➤ Il existe des normalisations en électricité (par exemple):

- ✓ **Internationale** : le C.E.I (Comité Electrique International) ,
- ✓ **Européenne** : le CENELEC,
- ✓ **Algérienne** : NA
- ✓ **Française** : l'U.T.E (Union Technique de l'Electricité) .

Le décret exécutif N°01-342 du 28 octobre 2001 relatif aux prescriptions particulières de protection et sécurité des travailleurs contre les risques électriques au sein des organismes employeurs (voir le journal officiel de la république Algérienne du 18 chaâbane 1422, 4 novembre 2001).

□ **Les principales normes de Réalisation sont :**

- ✓ **installations électriques à basse tension ,**
 - ✓ **postes de livraison ,**
- ✓ **installations de branchement (basse tension) .**

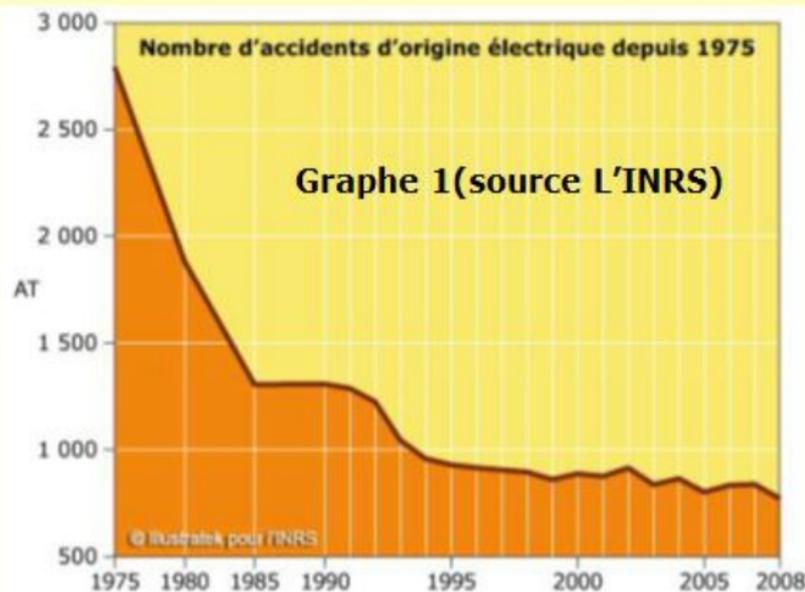
□ **Les principales normes de Conception sont :**

- ✓ **classification des degré de protection,**
- ✓ **Protection contre les chocs électriques ,**
 - ✓ **Amovible .**

3-Statistiques sur les accidents électriques

3-1/ Evolution des accidents d'origine électrique

- Le nombre d'accidents du travail d'origine électrique est passé (voir Graphe 1) **de 2793 en 1975 à 771 en 2008.**



- Il en va de même pour les accidents graves (voir Tableau ci-dessous) dont le nombre recule de **361 en 1975 à 82 en 2008.**

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
2002	915	97	8
2001	876	69	16
2000	888	84	12
1999	861	81	11
1998	896	89	9
1997	906	86	17
1996	916	99	19
1995	930	122	12
1990	1308	177	35
1985	1306	185	42
1980	1883	247	50
1975	2793	360	67
1970	3449	361	?

AT - arrêt : accidents du travail avec arrêt

AT - IP : accidents ayant entraîné une incapacité permanente

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

3-2/ secteurs les plus touchés

En 2008, on comptait 771 accidents d'origine électrique. Les salariés les plus touchés :

- le secteur du **bâtiment et des travaux publics** (30 %),
- la **métallurgie** (17 %),
- les activités de **service et du travail temporaire** (16 %),
- **l'alimentation** (11 %).

3-3/ Principaux facteurs

Les principaux facteurs ayant entraîné l'accident sont :

- un mode opératoire **inapproprié ou dangereux** (31 %),
- la **méconnaissance** des risques (30 %),
- **l'application incomplète** des procédures (15 %),
- une **formation insuffisante** (12 %),
- **l'état du matériel** (12 %),
- **l'état du sol** (11 %).

3-4/ Type de contact

- 75 % des accidents d'origine électrique sont dus à **des contact directs**.
- 20 % sont dus à des **contacts indirects**.
- 5 % non précisés.

Les statistiques de plusieurs années montrent que les pourcentages sont relativement constants. On note que :

- **plus du tiers des lésions sont de localisations multiples,**
- **les yeux, les membres supérieurs, les mains sont les plus touchés,**
- **60 % des lésions sont des brûlures,**
- **6 % des lésions sont internes.**

5- / Conclusion

- ❖ Depuis 30 ans, le nombre d'accidents dus à l'électricité :
 - **diminuent régulièrement,**
 - **restent particulièrement graves** (chaque année, une dizaine de travailleurs meurent électrocutés).
 - ❖ Les accidents liés à l'électricité peuvent être à l'origine **d'incendies ou d'explosions**.
 - ❖ Les secteurs du bâtiment et des travaux publics, des activités de service et de travail temporaire ainsi que le secteur de l'alimentation sont parmi **les plus touchés**.
- Le risque, même s'il est mieux maîtrisé reste toujours présent.*

Chapitre 02: Nature des accidents électriques et dangers du courant électrique

1- LES TYPES DE CONTACT

1-1/ Le contact direct :

❑ C'est le contact d'une personne avec **les parties actives des matériels normalement sous tension.**

- Accidents liés à la maladresse et/ou à l'imprudence de l'utilisateur.
- Dans ce cas, la totalité du courant de fuite traverse le corps humain.

Exemples :

- ✓ . Toucher entre deux conducteurs actifs
- ✓ . Toucher entre un conducteur et la terre (cas le plus fréquent)



1-2/ Le contact indirect

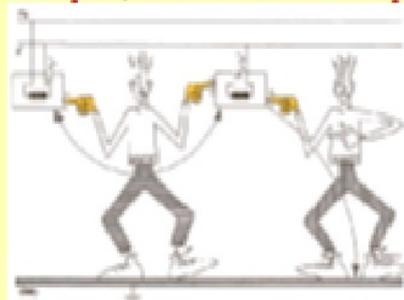
❑ C'est le contact d'une personne **avec une masse mise accidentellement sous tension** suite à un défaut d'isolement et dont le potentiel serait susceptible de dépasser :

- **25 V** dans les locaux ou sur des **emplacements de travail mouillés,**
- **50 V** pour les autres locaux ou **emplacement de travail.**

➤ Dans ce cas, seule une partie du courant de fuite traverse le corps humain.

Exemples :

- . Contact avec une masse métallique mise sous tension par défaut d'isolement
- . Contact par l'intermédiaire d'un outil conducteur (ex. : échelle métallique)
- . Contact par l'intermédiaire d'un liquide (ex. arroser un moteur sous tension)
- . Contact accidentel avec une canalisation électrique (ex. : utilisation d'une perceuse).
- . etc...



2-ORIGINE DES RISQUES ELECTRIQUES

Les facteurs influençant les dommages corporels sont :

- ✓ le type de courant ,
- ✓ la tension ,
- ✓ la résistance du corps humain ,
- ✓ l'intensité ,
- ✓ le temps .

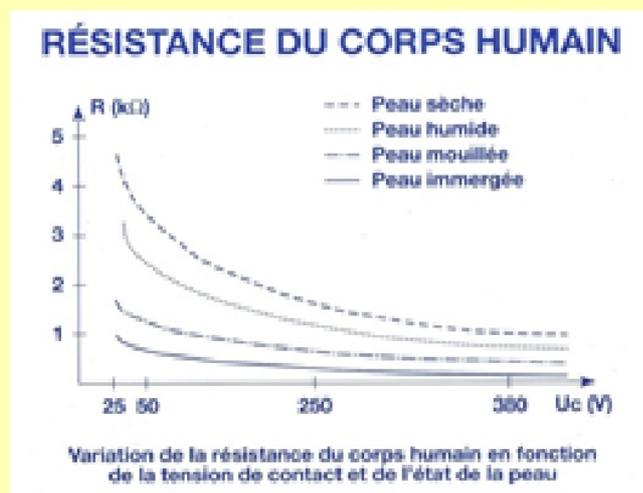
3- Facteurs de gravité

La gravité des dommages corporels provoqués par le courant électrique résulte de la conjugaison de plusieurs facteurs concomitants :

- **l'intensité du courant** circulant à travers le corps humain, valeur qui dépend elle-même de la source d'énergie électrique (tension, puissance) et du milieu d'activité (isolant ou très conducteur),
- la **durée de passage du courant** à travers le corps humain,
- la **surface et la zone de contact**,
- la **susceptibilité particulière** de la personne soumise à l'action du courant électrique.

3-1/ Résistance électrique du corps humain

La peau constitue la barrière la plus efficace à la pénétration du courant à l'intérieur du corps et sa résistance électrique varie en fonction de son **état de surface** (peau sèche, humide, mouillée) et de son **épaisseur** (peau fine ou calleuse).



Pour une peau sèche et fine, au-delà d'une tension électrique que l'on peut estimer à **40 ou 50 volts**, la **barrière isolante cède** et le courant augmente très rapidement

3-2/ Les effets du courant électrique

a-/ Lésions par Effet thermique :

On admet généralement que les **brûlures électriques** provoquées par le passage du courant peuvent se manifester pour des intensités relativement faibles, de l'ordre de 10 mA, si le contact est maintenu quelques minutes.

b-/ Effets téтанisants:

Lorsque la tension est alternative, **les muscles intéressés par le trajet du courant se Contractent (membres et cage thoracique notamment)** ; les mains par exemple se crispent invinciblement sur les conducteurs et empêchent ainsi tout dégagement volontaire du sujet soumis à la tension du générateur.



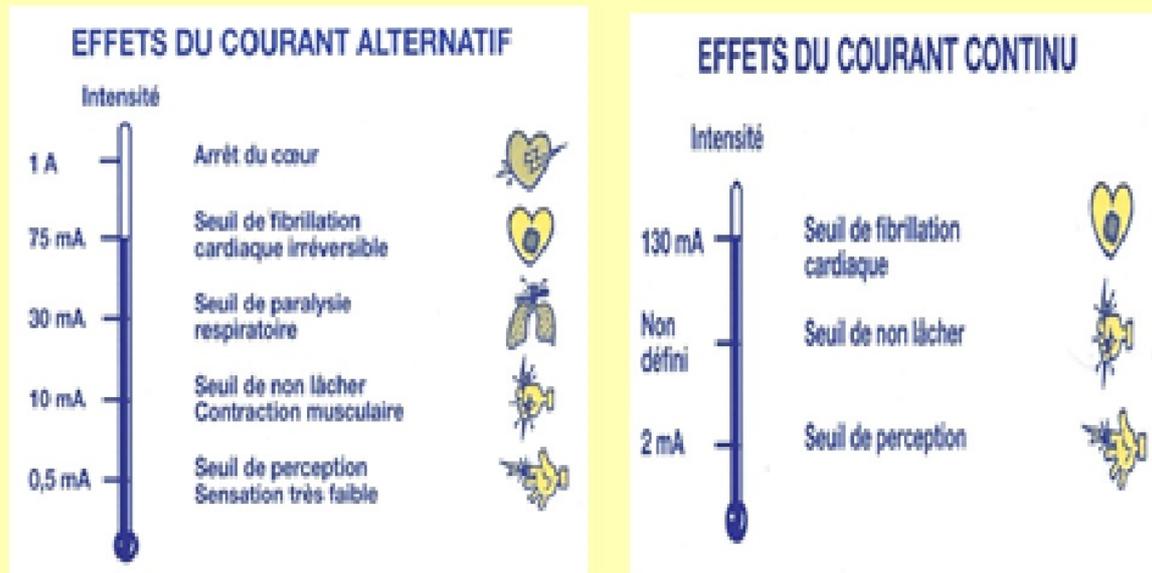
c-/ Effets respiratoires et circulatoires

- Si l'intensité du courant qui traverse le corps humain atteint 20 mA, 60 secondes suffisent pour bloquer la respiration par contraction du diaphragme et des muscles respiratoires. C'est **l'asphyxie ou syncope bleue**.



- Une **fibrillation ventriculaire** apparaît pour des intensités de même ordre de grandeur : elle résulte de la contraction anarchique des fibrilles du muscle cardiaque. Les battements du cœur, rapides et désordonnés, ne permettent plus d'assurer la circulation sanguine. C'est **la syncope cardiaque ou syncope blanche**.

□ Le danger est lié à l'intensité du courant, à sa nature et à sa durée.



NB : *la sensibilité du corps humain au courant alternatif diminue avec la fréquence. Elle devient équivalente à la sensibilité en courant continu vers 10 kHz.*

□ Paramètres à prendre en compte dans l'évaluation des risques : l'énergie absorbée par le corps est :

$$W = R \cdot I_c^2 \cdot t$$

. I_c : courant circulant dans le corps

. R : résistance du corps

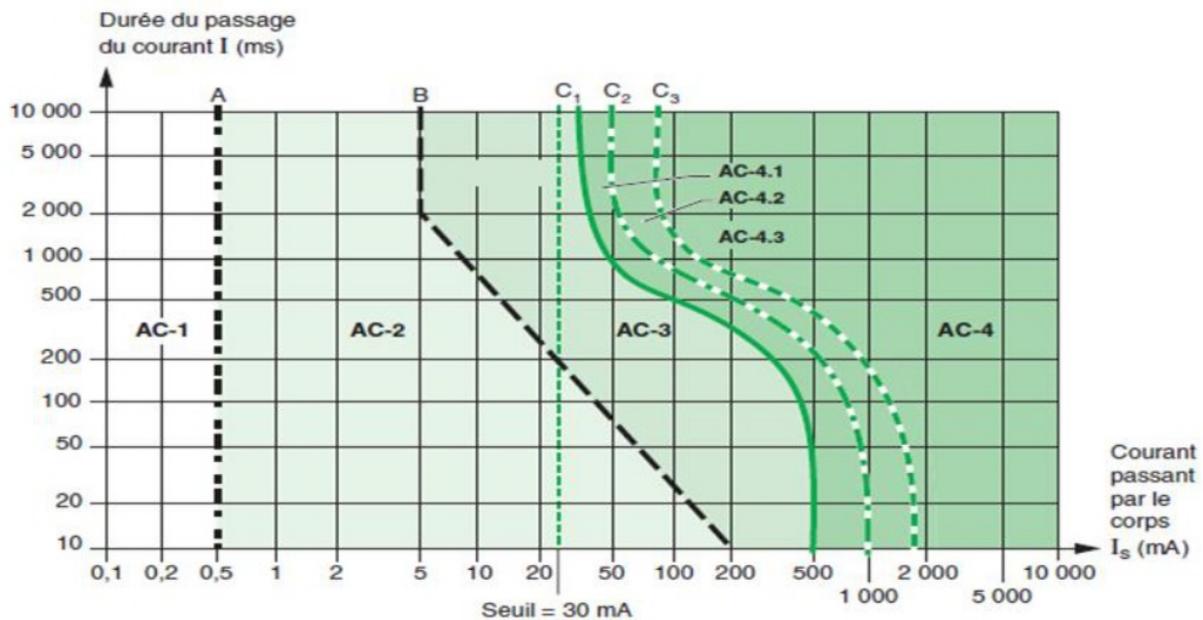
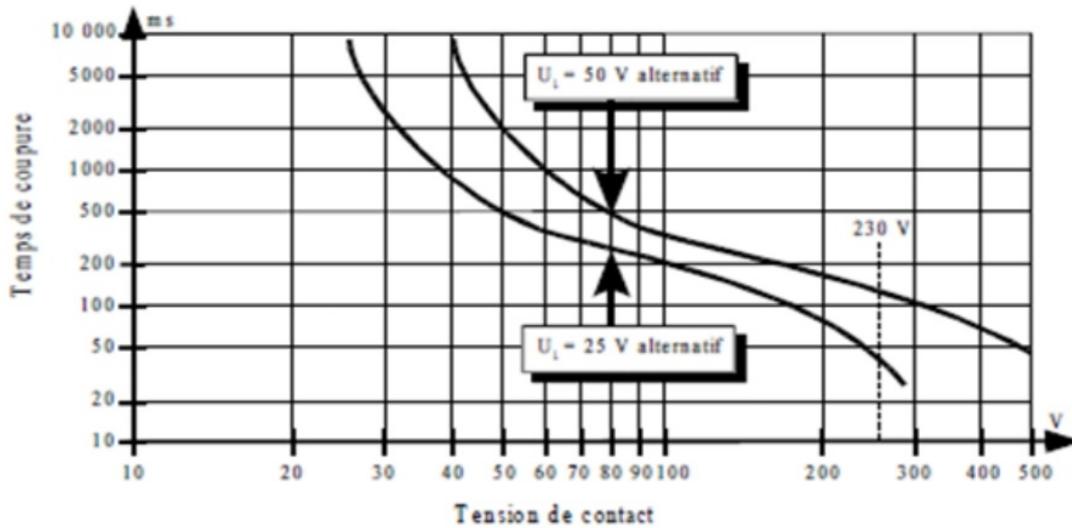
. t : temps de passage du courant dans le corps

- 1) ce n'est pas la tension de contact U_c qui en soi représente un danger, mais le courant I_c .
La tension découle de la relation $U_c = R \cdot I_c$.
- 2) l'énergie absorbée est proportionnelle au temps pendant lequel le corps est soumis au courant I_c . (C'est pourquoi les décharges électrostatiques ou les clôtures électriques, qui mettent en jeu des impulsions courtes de tensions élevées sous des intensités faibles, sont sans danger pour les animaux et les humains).
- les dispositifs de protection (disjoncteurs, fusibles) sont conçus pour limiter les deux paramètres I_c et t .

Conclusion

- Des études ont été réalisées, qui établissent les courbes $t = f(U_c)$, $t = f(I_c)$, $R = f(U_c)$, (voir les graphes suivants)

Caractéristique $t = f(U_c)$



- Zone AC-1 : Perception
- Zone AC-2 : Contractions musculaires involontaires
- Zone AC-3 : Difficultés de respiration
- Zone AC-4 : Effets pathophysiologiques graves
 - AC-4.1 : risque de fibrillation ventriculaire jusqu'à 5 %
 - AC-4.2 : risque de fibrillation ventriculaire jusqu'à 50 %
 - AC-4.3 : risque de fibrillation ventriculaire supérieur à 50 %

Fig. 2 : zones temps/courant des effets des courants alternatifs (15 Hz à 100 Hz) sur des personnes.

La **figure 2** synthétise les résultats des travaux publiés par la Commission Electrotechnique Internationale sur ce sujet (Spécification Technique CEI 60479-1, Ed.4, 2005 : Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1 : Aspects généraux). Elle indique les conséquences du passage d'un courant alternatif à travers le corps humain, de la main gauche aux pieds, en fonction de son intensité et de sa durée.

Il faut surtout distinguer les zones 3 et 4 dans lesquelles le danger est réel.

■ **Zone AC-3** (située entre les courbes B et C₁)

Pour des personnes placées dans cette situation, il n'y a généralement aucun dommage organique, mais il y a une probabilité de contractions musculaires et de difficultés de respiration, de perturbations réversibles de la formation des impulsions dans le cœur et de leur propagation.

■ **Zone AC-4** (située à droite de la courbe C₁)

En plus des effets de la zone AC-3, la probabilité

de la fibrillation ventriculaire :

□ peut atteindre 5 %, entre les courbes C₁ et C₂,

□ est inférieure à 50 % entre les courbes C₂ et C₃,

□ dépasse 50 % au-delà de la courbe C₃.

Les effets physiopathologiques tels que : arrêt du cœur, arrêt de la respiration et brûlures graves augmentent avec la valeur de l'intensité et le temps d'exposition.

A noter qu'une personne en contact avec une tension de 230 V peut être parcourue par un courant de l'ordre de 150 mA dans des conditions d'exposition défavorables.

Compte tenu des valeurs de courant considérées comme dangereuses, une valeur maximale admissible de 30 mA est considérée comme sûre.

En BT, la composante prépondérante de l'impédance du corps humain est la résistance de la peau, qui est essentiellement fonction de l'environnement (locaux secs, humides, mouillés).

Caractéristique $t = f(I_c)$

Zone 1

Habituellement aucune réaction.

Zone 2

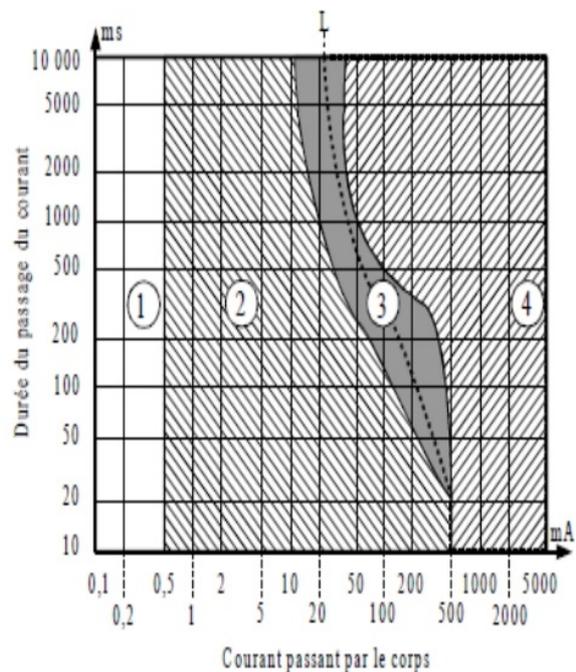
Habituellement aucun effet pathophysiologique dangereux.

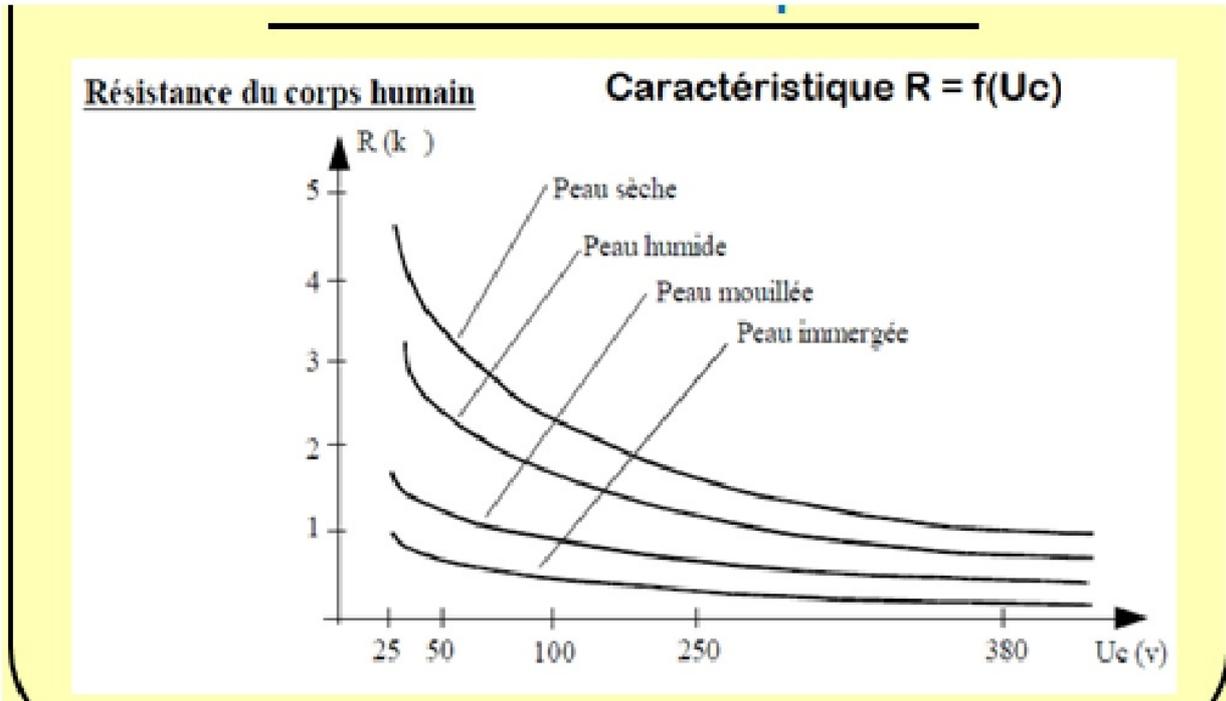
Zone 3

habituellement aucun dommage organique mais contractions musculaires empêchant la personne de lâcher l'appareil.

Zone 4

Risque de fibrillation cardiaque. Les séquelles peuvent être graves et les accidents sont souvent mortels.





- la résistance moyenne du corps humain **varie de quelques dizaines de kΩ (peau sèche + mauvais contact électrique) à quelques kΩ (peau humide + bon contact).**

Par exemple: avec $R = 5000 \Omega$ sous 230V, IC vaut 46 mA, courant qui n'est supportable que pendant une durée de l'ordre **du dixième de seconde tout au plus.**

- on définit la tension limite conventionnelle de sécurité **UL** ou **TBT** (Très Basse Tension) : c'est la tension de contact **UC maximale admissible pendant au moins 5 secondes.**
- De ces graphes on déduit le temps de coupure maximal du dispositif de protection :

TBT		
UL (volts eff)		locaux
AC	DC	
50	120	secs (habitations, ateliers,...)
25	60	mouillés (extérieur, chantier,...)
12	30	immergés (salles d'eau, piscines,...)

tension de contact (AC)	temps de coupure maxi (local sec)
120	0,34 s
220	0,17 s
280	0,12 s
350	0,08 s
500	0,04 s

Chapitre 03: Mesures de Protection

3.1 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 :

- soit des parties conductrices destinées à être normalement sous tension (conducteurs, bornes, etc.), dites **parties actives** ;
- soit 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**.

□ 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).

3.2 Méthodologie

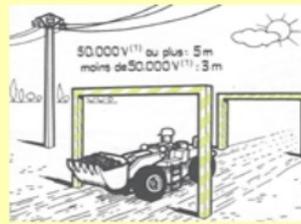
Les mesures de protection peuvent être classées **en mesures passives** et **mesures actives**.

3.2.1 Mesures passives

❖ Les mesures dites passives (ne faisant pas intervenir la coupure du courant) sont subdivisées en trois groupes.

➤ (a) **Rendre la possibilité de contact avec une partie active hautement improbable, par :**

(a1) **éloignement** : cas des lignes à HT, MT ,BT



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

Quand l'équipement doit servir à portée de lignes aériennes sous tension, ou pourrait trop s'en approcher, il faut maintenir des distances minimales des lignes (comme le précise le

TABLEAU 2

Tension nominale normale entre phases	Distance minimale
750 volts ou plus, mais pas plus de 150 000 volts	3 mètres
Plus de 150 000 volts, mais pas plus de 250 000 volts	4,5 mètres
Plus de 250 000 volts	6 mètres

Le vent peut faire bouger les lignes électriques, les câbles de levage ou votre charge. Cela peut les rapprocher à moins que la distance minimale.

(a2) **obstacle** : 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.

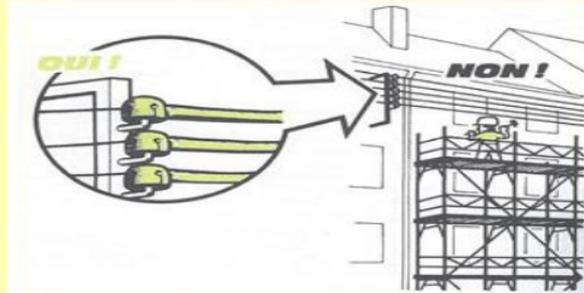
L'interposition d'obstacle consiste également en l'utilisation **d'enveloppes** (boîtiers, coffrets, armoires, etc.) permettant de protéger les personnes contre les contacts directs.



(a3) 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

Exemple: câble souple, interrupteur domestique...



➤ (b) **Rendre non dangereux le contact avec une partie active ou une masse, par :**

(b1) **très basse tension de sécurité (TBTS) ou de protection (TBTP)** limitée à 25 V pour les contacts directs et à 50 V pour les contacts indirects ;

(b2) **séparation électrique**, empêchant le *retour par la terre*, pour appareils de classe 0

➤ (c) **Rendre non dangereux le contact entre une masse et le sol ou entre deux masses à des potentiels différents, par des liaisons équipotentiels :**

— principales ou locales en basse tension ;

— généralisées en haute tension en y incluant le sol ou l'emplacement de stationnement des personnes.

Chapitre 03: Mesures de Protection

3.2.2 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)** .

3.2.3 Application des mesures

- ❖ La protection **contre les contacts directs** est généralement assurée par **les mesures passives (a) et (b1)**.
- ❖ La protection **contre les contacts indirects** est assurée par **les mesures passives (b) et (c) et les mesures actives**.
- ❖ Leur utilisation **en fonction des domaines de tension** est la suivante :
 - **très basse tension** : mesure passive du type (b1) ;
 - **basse tension** : mesures passives (a), (b2), (c) ou actives ;
 - **haute tension** : mesures passives (a) ou (c) car, dans ce domaine, les mesures actives sont hors de question, la coupure ne pouvant être assurée en un temps suffisamment court.

3-3 Mesures de sécurité pour le matériel électrique

- **Classes de matériels électriques:** Le matériel électrique doit être compatible avec la tension d'alimentation. La norme NFC 20-030 répartit les matériels électrotechniques en quatre classes en fonction de leur conception du point de vue sécurité:
 - ❖ l'isolation entre les parties actives (normalement sous tension) et les parties accessibles (masses métalliques)
 - ❖ la possibilité ou non de relier les parties métalliques accessibles à la terre.

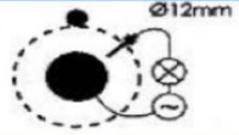
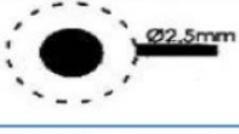
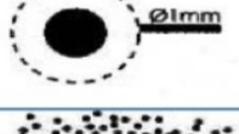
CLASSE	SYMBOLE	UTILISATION
0	Pas de symbole	Interdite dans l'industrie
I		Matériel devant être relié obligatoirement à la terre
II		Matériel à double isolation, jamais relié à la terre
III		Lampe baladeuse alimentée en TBTS, non reliée à la terre

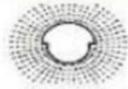
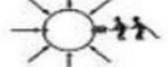
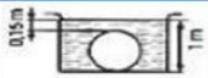
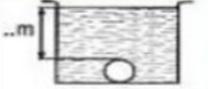
- **Produit mobilier de Classe 1:**
 - **TOUS LES ÉQUIPEMENTS REPENDANT À CETTE CLASSIFICATION DOIVENT ÊTRE ÉQUIPÉS D'UNE FICHE AVEC BROCHE DE TERRE OU D'UNE BORNE DE TERRE.**
Toute mise sous tension accidentelle de la masse* de l'équipement entraîne le déclenchement automatique d'un dispositif de protection.

□ Indice IP de protection

● **Degrés de protection du matériel électrique:** Les degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques de tension assignée inférieure ou égale à 72,5 kV sont définis par les normes françaises NF EN 60529 et NF EN 50102. Pour symboliser le degré de protection d'une enveloppe, il est fait usage des lettres "IP" (International Protection) suivies de 2 chiffres et de une ou plusieurs lettres. Plus un chiffre du code IP est grand, meilleure est la protection. (voir tableau ci-dessous)

IP	1er chiffre	2ème chiffre	Lettre additionnelle	Lettre(s) supplémentaire(s)
	Compris entre 0 et 6	Compris entre 0 et 8	A, B, C ou D	H, M, S ou W
	Protection contre les corps solides	Protection contre l'eau	Accès aux parties dangereuses	Informations supplémentaires spécifiques
Exemple : IP 34 C				
IP	3	4	C	
Appareil protégé contre :	La pénétration de corps solides d'un diamètre supérieur à 2,5 mm	La pénétration des projections d'eau	Les contacts directs avec un outil d'un diamètre supérieur à 2,5 mm	

1 ^{er} chiffre caractéristique IP			
Protection contre le contact des corps solides extérieurs et contre l'accès aux éléments dangereux			
Degré de protection	Description sommaire	Objets qui ne doivent pas pouvoir pénétrer à l'intérieur de l'enveloppe	Symbole
IP 0 X		La partie électrique du luminaire n'a pas de protection particulière.	
IP 1X		La partie électrique du luminaire est protégée contre les corps solides supérieurs à 50 mm (exemple : contact involontaire de la main)	
IP 2X <i>Minimum requis pour le mobilier</i>		La partie électrique du luminaire est protégée contre les corps solides supérieurs à 12 mm ne dépassant pas 80 mm de longueur (doigts de la main).	
IP 3X		La partie électrique du luminaire est protégée contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm (outils, fils)	
IP 4X		La partie électrique du luminaire est protégée contre les corps solides supérieurs à 1 mm (outils fins, petit fils)	
IP 5X		La partie électrique du luminaire est protégée contre les poussières (pas de dépôts nuisibles)	
IP 6X		La partie électrique du luminaire est totalement protégée contre les poussières	

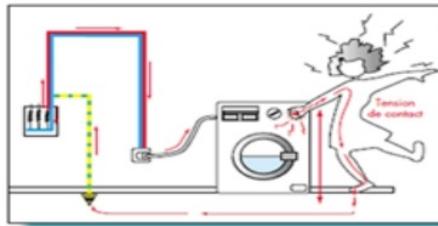
2 ^{ème} chiffre caractéristique IP				
Protection contre la pénétration des liquides				
2 ^{ème} chiffre IP	Description		Indications sur le type de protection procuré par l'enveloppe	Symbole
IPx0	Non protégé		Pas de protection particulière	
IPx1	Protection contre les chutes verticales de gouttes d'eau		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau. Exemple : eau de condensation	
IPx2	Protection contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° par rapport à la verticale		Les chutes de gouttes d'eau ne doivent pas avoir d'effet nuisible quand l'enveloppe est inclinée de 15° de sa position normale.	
IPx3	Protection contre la pluie		De l'eau tombant en pluie dans une direction avec un angle de 60° ne doit pas avoir d'effets nuisibles.	
IPx4 volume 2 en salle de bain	Protection contre les projections d'eau		Les projections d'eau de toutes directions sur l'enveloppe ne doivent pas avoir d'effets nuisibles.	
IPx5	Protection contre les jets d'eau		De l'eau projetée à l'aide d'une lance de toutes directions ne doit pas avoir d'effets nuisibles.	
IPx6	Conditions similaires à celles existant sur le pont d'un navire		Par grosse mer ou sous l'effet de jets puissants, l'eau ne doit pas pénétrer dans l'enveloppe en quantité nuisible.	
IPx7	Protection contre les effets de l'immersion		La pénétration d'eau en quantité nuisible à l'intérieur de l'enveloppe immergée dans l'eau, sous une pression et pendant une durée déterminée, ne doit pas être possible.	
IPx8	Protection contre les effets de submersion		Le matériel convient pour l'immersion prolongée dans l'eau dans des conditions spécifiées par le constructeur.	

3-4 MISE À LA TERRE POUR LA SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

❖ **Objectif:**

La mise à la terre consiste à relier à une prise de terre, par un fil conducteur, toutes les masses métalliques des appareils électriques dans une installation.

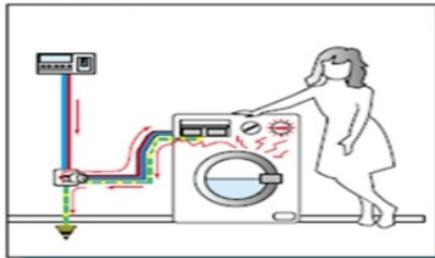
➤ *Imaginons une machine à laver qui est soudain le siège d'un défaut d'isolement. En l'absence de mise à la terre, sa carcasse métallique se trouve alors portée à une tension proche de la tension du réseau qui est donc de l'ordre des 220 V. Une personne qui entrerait en contact avec la machine pourrait être électrocutée et serait donc en danger ! En effet, d'après les normes, une tension est dite non dangereuse si elle est inférieure à 50 V dans un local sec, 25 V dans un local humide et 12V dans un local immergé parce que dans ce cas, elle écoule un courant dans le corps humain inférieur à 30 mA (courant à partir duquel des séquelles irréversibles peuvent apparaître. Voir graphique ci-dessous) .*



Sans prise de terre

➤ *Si maintenant la carcasse de la machine est reliée à une prise de terre, sa tension devient une fraction de celle du réseau d'autant plus petite que la résistance de la prise de terre est faible. Ceci ne garantit donc pas que la tension de la carcasse ne soit plus dangereuse ! Cependant dans ce cas, la mise à la terre constitue un nouveau chemin électrique où circule un courant, appelé courant de défaut. Ce dernier provoque un déséquilibre entre les courants entrant et les courants sortant de l'installation qui peut donc être détecté par un dispositif annexe (le disjoncteur différentiel par exemple). Ce même dispositif décide alors s'il y a lieu ou non de mettre l'installation hors-tension. (Voir graphique ci-dessous)*

Disjoncteur différentiel LEGRAND, 30 mA 16 A AC



Avec prise de terre et disjoncteur différentiel



cours Sécurité Electrique
(Partie : Ch01, Ch02 et Ch03)

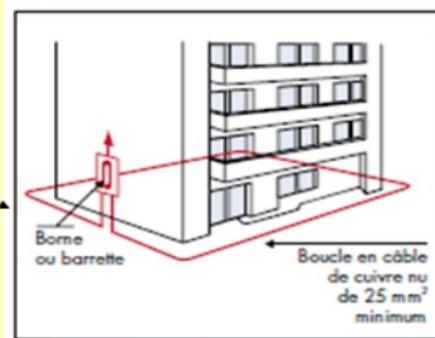
- ❑ **Il convient de canaliser le courant de défaut vers la terre** et d'interrompre automatiquement l'alimentation électrique dès que la tension de contact devient dangereuse (> 50 V).
- ❑ **La boucle de défaut qui canalise le courant de défaut est constituée :**
 - ✓ de l'alimentation électrique depuis le transformateur du distributeur d'électricité dont le neutre est mis à la terre,
 - ✓ du matériel électrique présentant un défaut d'isolement,
 - ✓ et de la personne ou du réseau de terre.
- **Les masses des appareils de classe I** (machine à laver, réfrigérateur, congélateur, cuisinière, four électrique, chauffe-eau, etc.) doivent être reliées à un conducteur de protection raccordé à une prise de terre.
- **Le couple "Mise à la Terre - Protection différentielle"** est une obligation et doit être de qualité . D'où l'importance d'une bonne mise à la terre dont la réalisation comporte :
 - une prise de terre,
 - un conducteur de terre,
 - une borne principale de terre,
 - des conducteurs de protection,
 - ainsi que des liaisons équipotentielles.

Chapitre 03: Mesures de Protection

1. LA PRISE DE TERRE

❖ Une boucle à fond de fouille.

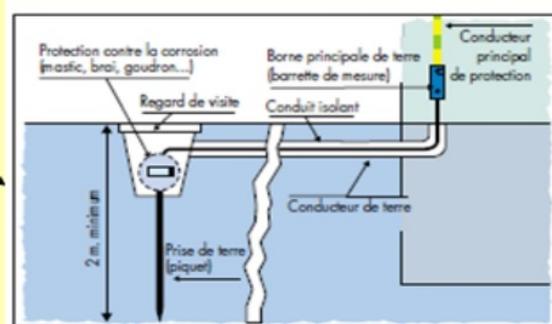
La meilleure solution consiste à réaliser une boucle à fond de fouille établie pendant la construction des bâtiments avec généralement un câble en cuivre nu de 25 mm² de section (ou 95 mm² en acier galvanisé).



Boucle à fond de fouille

❖ Un ou plusieurs piquets.

Une autre solution très couramment employée consiste à réaliser la prise de terre avec un ou plusieurs piquets enfoncés verticalement au-dessous du niveau permanent d'humidité, à une profondeur minimale de 2 m. Des piquets de 1,50 m sont donc insuffisants.

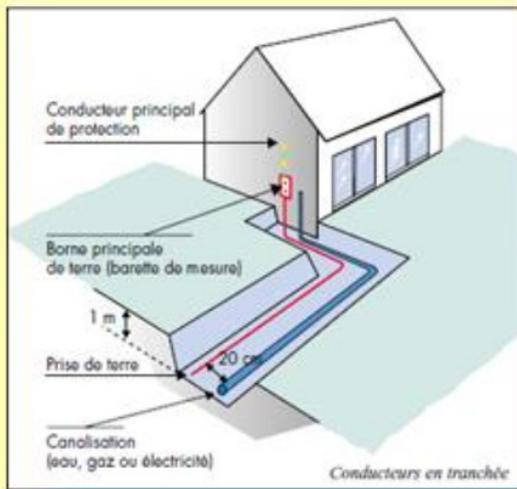


Conducteurs verticaux

Ces piquets peuvent être :

- des tubes en acier galvanisé de diamètre au moins égal à 25mm,
- des profilés en acier doux galvanisé d'au moins 60 mm de côté,
- des barres en cuivre ou en acier recouvertes de cuivre ou galvanisées d'au moins 15 mm de diamètre.

❖ **D'autres solutions** peuvent être utilisées: conducteurs enfouis à une profondeur d'environ 1 mètre dans des tranchées,



on retiendra

L'utilisation de canalisations de distribution publique d'eau comme prise de terre n'est pas admise par les distributeurs d'eau.

on retiendra

- PRISE DE TERRE, 3 SOLUTIONS :**
- boucle à fond de fouille
 - plusieurs piquets enfoncés à 2 m dans le sol
 - plusieurs conducteurs en tranchée

❑ **A titre indicatif, le tableau 1 donne des ordres de grandeur de résistances de prises de terre.**

CONSTITUTION DE LA PRISE DE TERRE	NATURE DU TERRAIN		
	ARABLES GRAS REMBLAIS HUMIDES	ARABLES MAIGRES REMBLAIS GROSSIERS	PIERREUX SECS SABLE SEC
MAISON INDIVIDUELLE 8 x 7m			
• boucle à fond de fouille	3 à 10	30 à 60	100 à 200
• 1 piquet vertical de 2 m	6 à 75	220 à 300	750 à 1500
• 4 piquets verticaux (un à chaque angle)	2 à 18	60 à 120	220 à 450
• 1 tranchée de 10 m	8 à 30	90 à 120	300 à 600
IMMEUBLE COLLECTIF 10 x 40 m			
• boucle à fond de fouille	1 à 3	10 à 20	50 à 100
• 10 piquets verticaux de 2 m régulièrement répartis à la périphérie	3 à 8	23 à 45	120 à 220

*Un ensemble de poteaux métalliques enterrés interconnectés répartis sur le pourtour d'un bâtiment présente une résistance du même ordre de grandeur que celle de la boucle à fond de fouille.
L'enrobage éventuel de béton ne s'oppose pas à l'utilisation de poteaux comme prises de terre et ne modifie pas sensiblement la valeur de la résistance de la prise de terre.*

Résistances de prises de terre (en ohms) - Tableau 1

cours Sécurité Electrique
(Partie : Ch01, Ch02 et Ch03)

Les valeurs maximales de la prise de terre sont précisées dans le **tableau 2** selon la sensibilité du dispositif différentiel et suivant la loi d'Ohm : $R_x * I_{\Delta x} \leq 50V$
 Pour des valeurs de résistance de la prise de terre supérieures à 500 ohms, il convient d'installer un dispositif ayant un courant résiduel assigné au plus égal à 30 mA.
 Toutefois, cette possibilité n'est que le dernier recours après avoir réalisé avec le plus grand soin la prise de terre notamment dans les terrains de nature "Pierreux secs -Sable sec".
 Pour les autres natures de terrain, le **tableau 1** montre qu'il est toujours possible de réaliser des prises de terre de résistance inférieure à 100 ohms.

COURANT DES FONCTIONNEMENTS DU DISPOSITIF DIFFÉRENTIEL (SENSIBILITÉ) $I_{\Delta n}$	VALEUR MAXIMALE DE LA RÉSISTANCE DE LA PRISE DE TERRE R_A
650 mA	77 ohms
500 mA	100 ohms
300 mA	166 ohms

Tableau 2

Exemple pour la 1ere ligne du tableau 2 :
 $R_x * I_{\Delta x} = 0,65 * 77 \leq 50V$

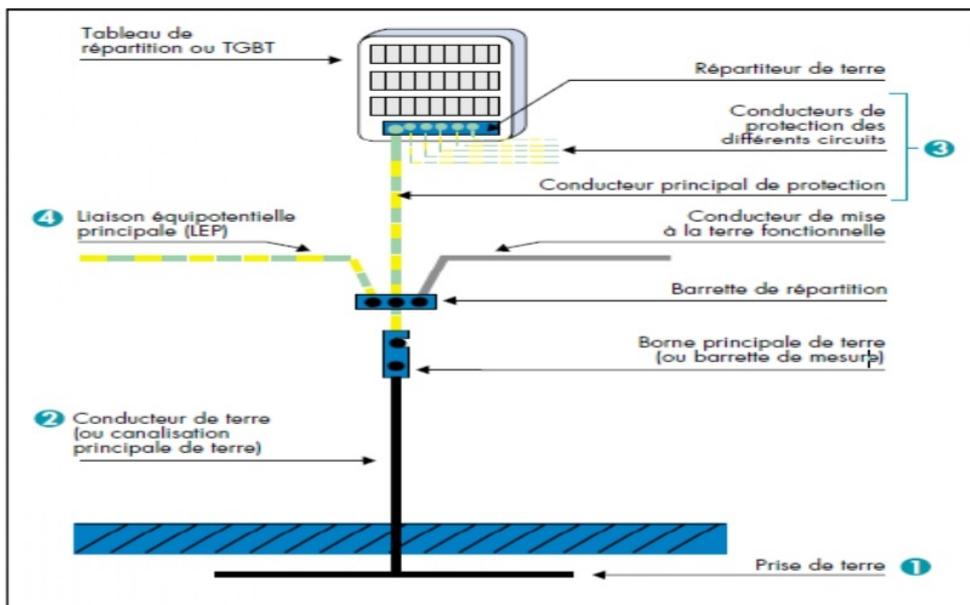
2. LE CONDUCTEUR DE TERRE

Le conducteur de terre (appelé encore canalisation principale de terre) relie la prise de terre à la borne principale de terre ou barrette de mesure.

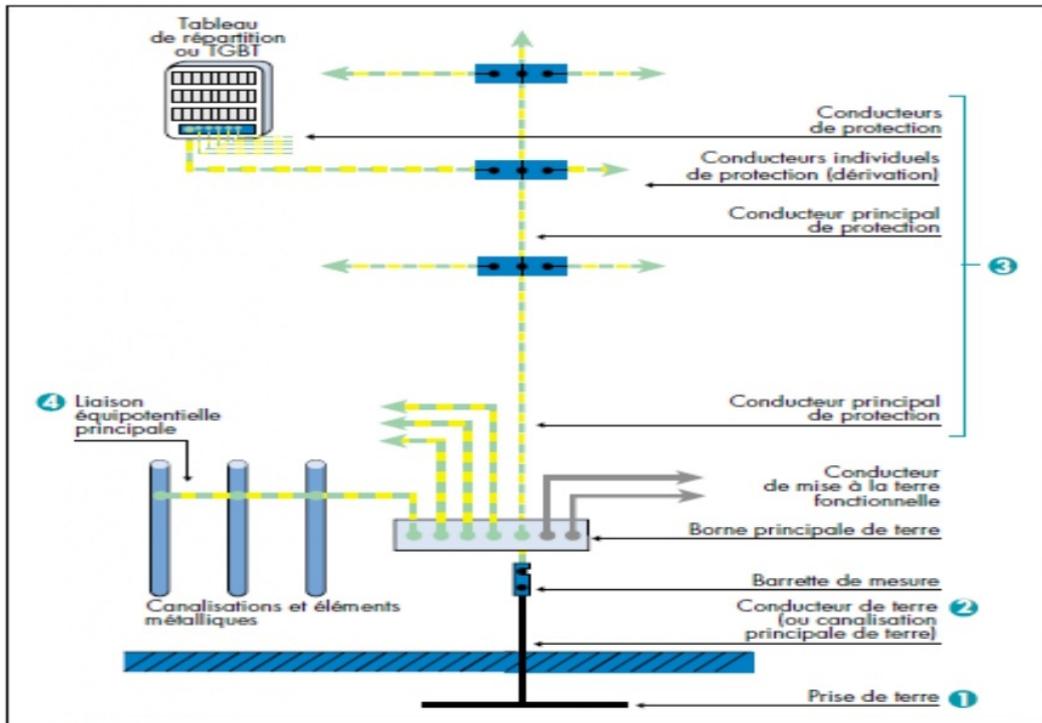
Sa section doit être au moins de :

- ✓ 16 mm² cuivre ou acier galvanisé protégé contre la corrosion et non protégé des chocs.
- ✓ 25 mm² cuivre ou 50 mm² acier galvanisé non protégé contre la corrosion.

La connexion du conducteur de terre à la prise de terre doit être accessible, sauf si elle est effectuée dans une boîte remplie de matière de remplissage ou dans des joints scellés.



Circuits de terre en bâtiment individuel



Circuits de terre en bâtiment collectif

3 LA BORNE PRINCIPALE DE TERRE (barrette de mesure)

Une borne principale de terre doit être prévue dans toute installation.
Un dispositif (barrette de mesure) doit être : prévu sur le conducteur de terre.

On la fixera au mur, dans l'axe du conduit, puis raccordez le câble nu en serrant avec la clé. La borne du haut doit recevoir un conducteur : le principal, de 16 mm² de section, chemine jusqu'au tableau électrique. L'ouverture de la barrette permet de mesurer la résistance de la prise de terre. Le contrôle de la terre sur la barrette de coupure doit être confié à un professionnel, seul à posséder un telluromètre.



Chapitre 03: Mesures de Protection

4) les différents schémas de liaisons à la terre
(définis voir la norme NF-C-1500)

- Une distribution d'énergie électrique est caractérisée par la nature du courant, le nombre de conducteurs actifs et les liaisons entre le conducteur neutre, les masses et la terre, c'est ce que l'on appelle les régimes de neutre.
- Les dispositions prises permettant d'assurer la protection des personnes contre les contacts indirects par coupure automatique de l'alimentation dépendent du type de régime de neutre

□ Les Trois régimes de Neutre

4-1) Types de réseaux

Les réseaux de distribution en basse tension les plus courants sont réalisés en fonction de l'alimentation des récepteurs, soit en courant continu, soit en courant alternatif monophasé ou triphasé.

4-2) Notion d'isolement

Tout réseau électrique est plus ou moins bien isolé par rapport aux masses métalliques et à la terre. On peut représenter les fuites de courant à la terre par une succession de résistances en parallèle entre chaque phase et la terre ; ces résistances schématisent la résistance des isolants des câbles et isolateurs.

4-3) Codification des régimes de neutre

*On définit trois régimes de neutre qui sont caractérisés par **deux lettres** : (Par exemple La norme C.15-100)*

- **1^{ère} lettre** : elle représente la situation du neutre de l'alimentation par rapport à la terre
 - **T** : liaison du neutre avec la terre.
 - **I** : isolation de toutes les parties actives par rapport à la terre, ou liaison à travers une impédance.

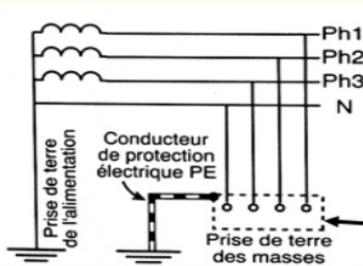
- **2^{ème} lettre** : elle représente la situation des masses de l'installation par rapport à la terre
 - **T** : masses reliées directement à la terre ;
 - **N** : masses reliées au neutre de l'installation, lui-même relié à la terre.

- **Autres lettres éventuelles** : elles représentent la disposition du conducteur neutre et du conducteur de protection.
 - **S (séparé)** : on dispose de deux conducteurs séparés. Le conducteur neutre (N) est séparé du conducteur de protection électrique (PE).
 - **C (commun)** : les fonctions neutres et protections sont combinées en un seul conducteur (PEN).

Chapitre 03: Mesures de Protection

On a défini trois régimes de neutre différents qui sont :

❖ Neutre à la terre : TT

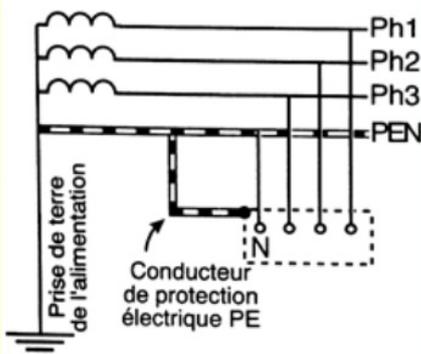


Le neutre de l'alimentation est relié à la terre. Les masses de l'installation sont aussi reliées à la terre. C'est cette disposition qui est mise en œuvre pour les réseaux de distribution d'abonnés.

appareillages

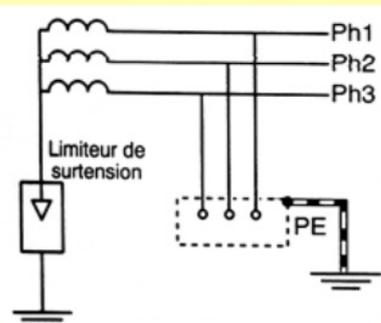
Aussitôt qu'un défaut d'isolement survient, il doit y avoir coupure. C'est la coupure au premier défaut.

❖ Mise au neutre : TN



Le neutre de l'alimentation est relié à la terre et les masses sont reliées au neutre. Cette disposition est employée dans des réseaux industriels.

❖ Neutre isolé : IT



Le neutre est isolé ou relié à la terre, mais par une forte impédance, les masses sont reliées entre elles et à la terre. Cette disposition est surtout utilisée lorsque l'on veut une continuité de service

Chapitre 03: Mesures de Protection

Neutre à la terre TT

1. Principe

Dans ce régime de neutre, le neutre de la source d'alimentation est mis à la terre, les masses sont reliées entre elles et mises à la terre.

Exemple : soit le réseau TT de distribution suivant

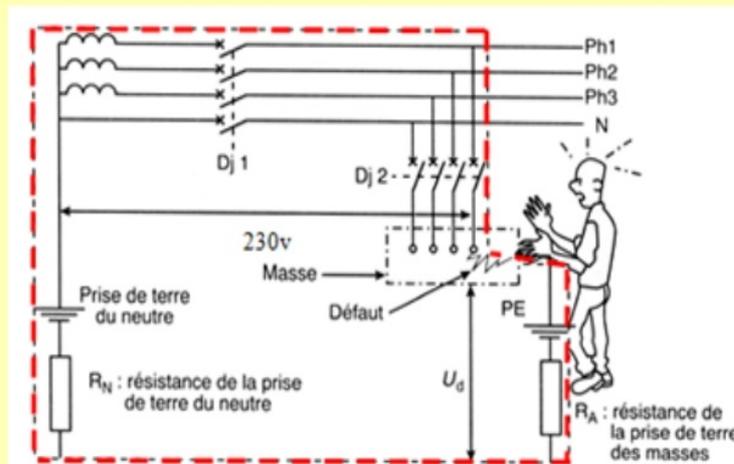


Fig. 10 : Réseau triphasé + neutre, tension 220/380 V régime TT.

Lorsqu'une phase touche la masse, il y a élévation du potentiel de cette masse.

soit par exemple :

- R_d = résistance du défaut = $0,1 \Omega$
- R_N = résistance de la prise de terre du neutre = 10Ω ;
- R_A = résistance de la prise de terre des masses = 20Ω

Il s'établit dans **le circuit en pointillé rouge** un courant qui parcourt cette boucle de défaut dont la valeur est :

$$I_d = \frac{U_0}{R_d + R_N + R_A} = \frac{230}{0,1 + 10 + 20} = 7,64 \text{ A} \quad (\text{Avec } U_0 = \text{tension simple})$$

La tension de la masse par rapport à la terre est donnée par la loi d'Ohm. (U_d = tension de défaut).

$$U_d = R_A \times I_d = 20 \times 7,64 = 152,8 \text{ V}$$

C'est une tension mortelle

En conclusion, lorsque dans un réseau TT survient un défaut d'isolement, il y a une élévation dangereuse du potentiel des masses métalliques, qui normalement sont à un potentiel nul (0 volt).

Chapitre 03: Mesures de Protection

2. Règles de protection

1re règle:

Coupure automatique de l'alimentation. En cas de défaut, il doit y avoir coupure automatique du circuit alimentant l'appareil où s'est produit un défaut (mise à la masse) dans le temps conventionnel prévu par la norme et fonction de la tension du réseau.

Le temps de coupure ne doit jamais être supérieur à 5 s.

2e règle:

Toutes les masses des matériels électriques, protégées par un même dispositif de protection, doivent être **interconnectées** avec les **conducteurs de protection** et reliées à une même **prise de terre**.

3e règle:

La condition suivante doit être satisfaite :

$$R_A * I_{\Delta n} \leq U_L$$

R_A = résistance de la prise de terre des masses

$I_a = I_{\Delta n}$ courant de fonctionnement du dispositif de protection

U_L = tension limite de contact, selon les conditions elle peut être de 50 V, 25 V, ou 12 V selon les locaux.

Milieu sec

milieu humide

milieu immergé

3. Dispositif de protection contre contacts indirects:

Dans les schémas TT, on assure la protection par un **dispositif à courant différentiel résiduel**. Dans ce cas, le courant I_a est égal au courant différentiel résiduel du disjoncteur.

a) Sensibilité du différentiel $I_{\Delta n}$

La sensibilité d'un disjoncteur différentiel résiduel est indiquée par le symbole $I_{\Delta n}$. On peut employer selon les cas des **disjoncteurs différentiels** pour la protection en cas de court-circuit, ou des **interrupteurs différentiels** dont le pouvoir de coupure est beaucoup plus faible.

b) Emplacement des dispositifs différentiels

Toute installation TT doit être protégée au moins par un **dispositif différentiel résiduel à l'origine de l'installation**.

Il est possible de protéger différents départs avec des dispositifs différentiels de différentes sensibilités ce qui évite la coupure générale de l'installation en cas de défaut.

4) Résumé

- ✚ Régime de neutre type TT : neutre à la terre et masses à la terre.
- ✚ Protection par dispositif différentiel résiduel.
- ✚ Condition de protection : $R_a * I_{\Delta n} \leq U_L$
- ✚ Le neutre ne doit jamais être relié à la terre en aval du DDR
- ✚ Les masses sont reliées à une seule terre