

Chapitre III LE RISQUE ELECTRIQUE

Introduction

Dans notre société industrielle, l'électricité est la forme d'énergie la plus utilisée. Les travailleurs sont amenés à utiliser du matériel électrique. Cela implique que toute entreprise peut être confrontée à un accident d'origine électrique. Si le nombre d'accidents liés à l'électricité diminue régulièrement, ceux-ci sont souvent très graves.

Le risque électrique comprend le risque de contact, direct ou non, avec une pièce nue sous tension, le risque de court-circuit, et le risque d'arc électrique. Ses conséquences sont l'électrisation, l'électrocution, l'incendie, l'explosion...

La prévention du risque électrique repose, d'une part, sur la mise en sécurité des installations et des matériels électriques et, d'autre part, sur le respect des règles de sécurité lors de leur utilisation ou lors d'opération sur ou à proximité des installations électriques.

1. Définition du risque électrique

C'est un risque qui peut causer des lésions ou la mort par le choc électrique ou brûlures pouvant résulter des :

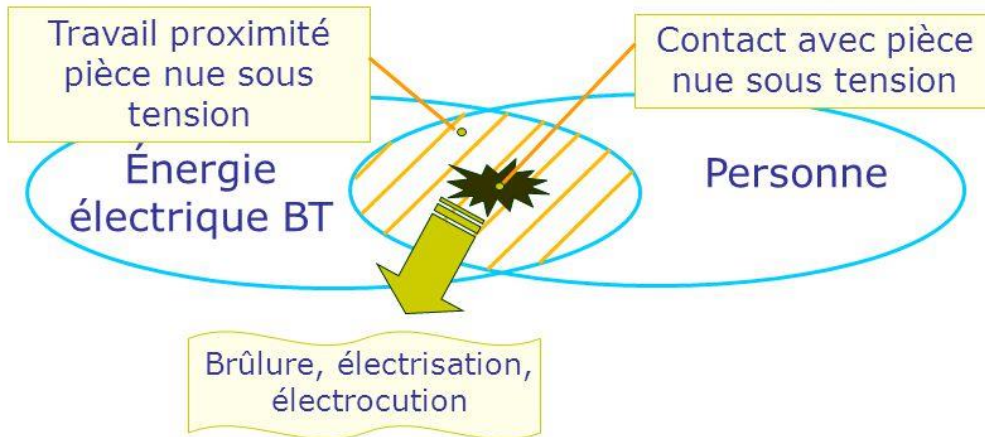
1.1.Contacts directs

Des contacts des personnes avec des parties actives ; c'est-à-dire des parties normalement sous tension :

- Soit entre un fil de phase et la terre ;
- Soit entre deux fils de phase ;
- Soit entre deux parties d'un même fil de phase momentanément séparées.

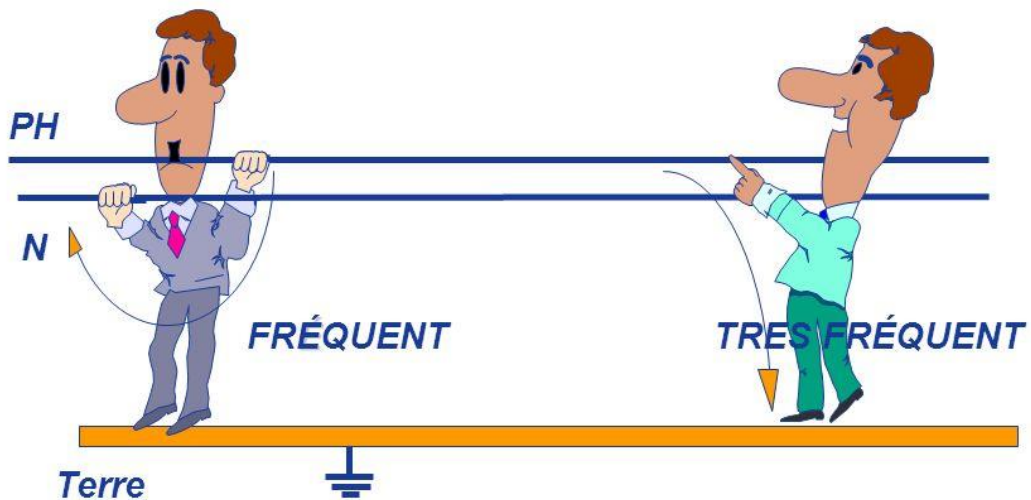
Définition du **contact direct**

contact d'une personne avec des parties actives, c'est à dire des parties normalement sous tension



FORMES D'ÉLECTRISATION

CONTACT DIRECT



1.2. Contacts indirects

Ces contacts ont lieu entre :

- Soit entre des masses accidentellement mises sous tension (défaut d'isolement) et la terre ;
- Soit entre deux masses portées accidentellement à des potentiels différents.



Définition du risque électrique

– des parties qui sont devenues actives accidentellement en particulier à cause d'un défaut d'isolement

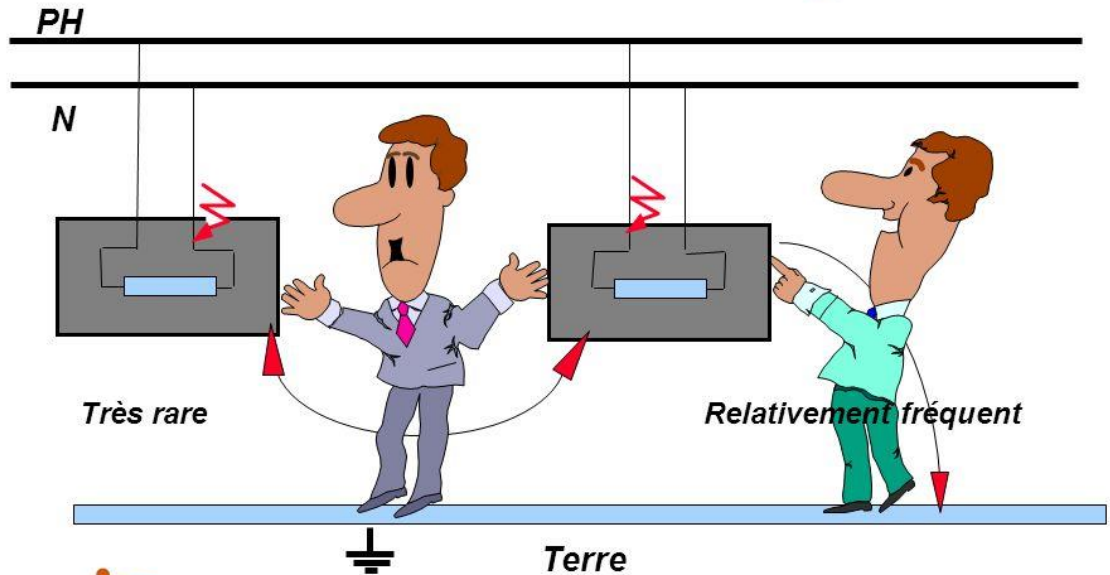
→ **contact indirect**

=> **20 % des accidents**



Contact indirect

Formes d'électrisation *Cas d'un régime TT*

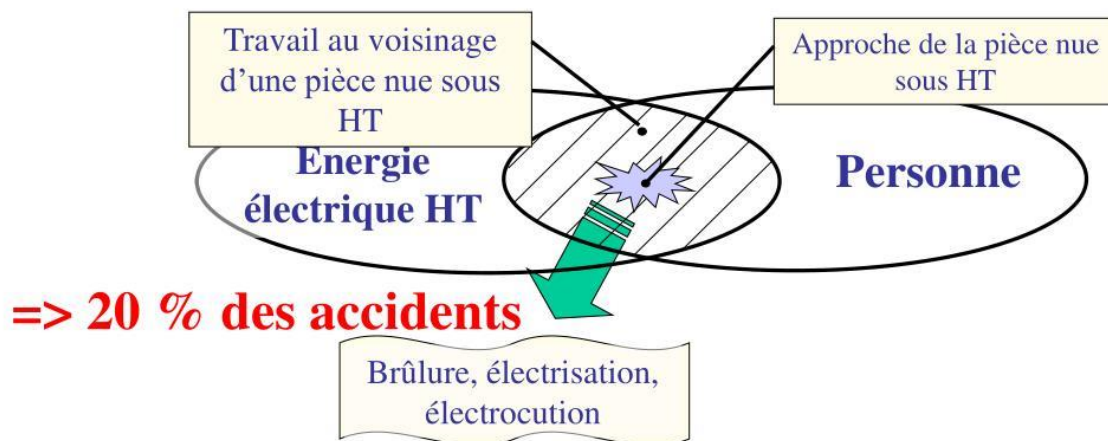


Source  ED 1522-208

- De l'approche de personne au voisinage de parties actives, particulièrement dans la catégorie Haute Tension.

Définition du risque électrique

- de l'approche de personne au voisinage de parties actives, particulièrement dans la catégorie **Haute Tension**



* Habilitation électrique - 37 -

D'après EN 292 – 1 :

- D'une isolation ne convenant pas dans des conditions prévues
- De phénomènes électrostatiques, tels que le contact d'une personne avec des parties chargées
- Du rayonnement thermique ou des phénomènes tels que la projection de particules en fusion et effets chimiques dus à des courts-circuits, surcharges,....

➔ 15% des accidents

D'après EN – 292 – 1 :

- Il peut également occasionner des chutes de personnes (ou d'objets lâchés par ces personnes), dues à l'effet de surprise provoqué par ces chocs électriques.

2. Les effets sur les personnes

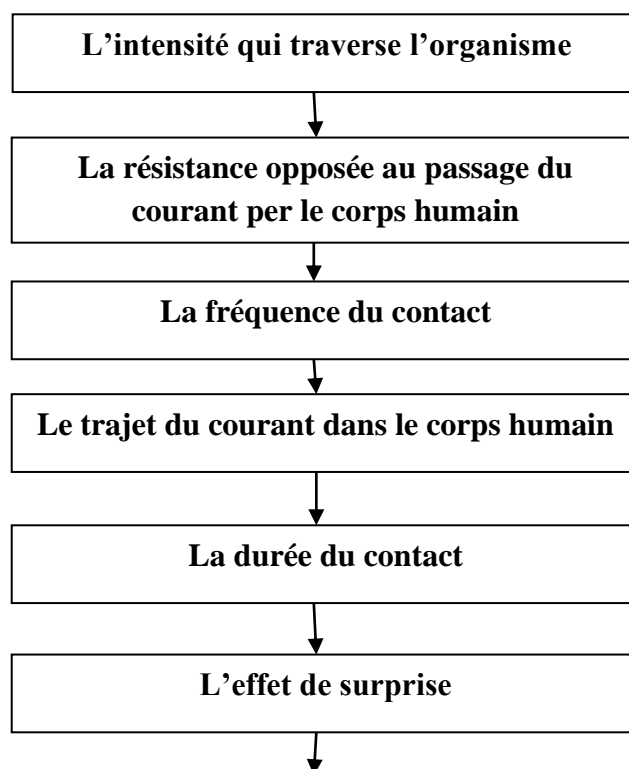
- **L'électrocution (décès)** 32%
- **L'électrisation** : réaction du corps due à un contact accidentel avec l'électricité (choc électrique) 36%
- **Les brûlures** : 32%

1. Les facteurs de gravité du courant électrique

L'action du courant électrique sur le corps humain varie en fonction :

- De la nature du courant (continu ou alternatif) ;
- De la résistance opposée par le corps humain au passage du courant ;
- De la tension du courant ;
- De l'intensité qui traverse l'organisme (milliampère ou ampère) ;
- Du trajet du courant à travers le corps humain ;
- De la durée du contact ;
- De l'urgence du contact ;
- De l'effet de surprise selon les résultats de certaines expériences).
- La gravité de l'accident électrique est essentiellement fonction de la quantité de courant traversant l'organisme.

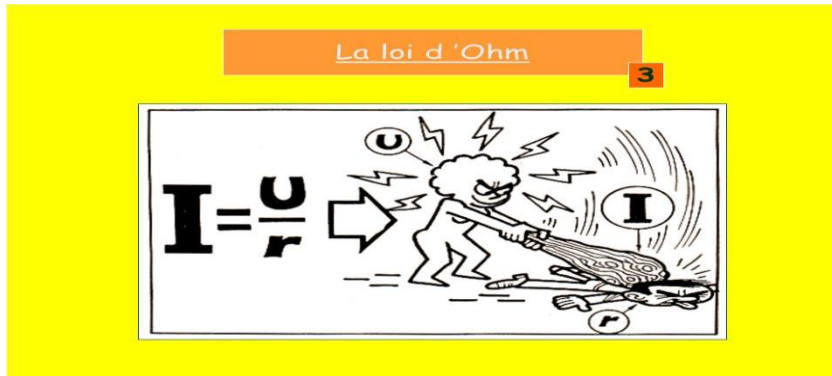
Synoptique des facteurs de gravité du courant électrique



La tension du courant dont dépendra avec la résistance opposée par le corps humain, l'intensité qui traversera l'organisme.

$$\text{Intensité traversant le corps} = \frac{\text{Tension du courant}}{\text{Résistance opposée par le corps humain}}$$

2. La loi d'Ohm appliquée au corps humain



I : intensité du courant en Ampères (A)

U : tension du générateur en Volts (V)

R : Résistance du récepteur en Ohms (Ω)

Plus l'intensité du courant qui traverse le corps est importante, plus le choc électrique est dangereux.

Il faut donc rechercher à diminuer la valeur du courant I pour éviter ce choc ou le supprimer.

2.1. Résistance du corps

Le corps humain se comporte vis-à-vis du courant électrique comme un récepteur. On peut donc évaluer l'importance du risque auquel il est, ou auquel il a été exposé, lui appliquer **la loi d'Ohm** $U=R I$ avec :

- U, tension de contact existant entre les points d'entrée et de sortie du courant, exprimée en **volts** ;
- R, résistance du corps humain au passage du courant, exprimée en **ohms** ;
- I, intensité du courant qui traverse le corps, exprimée en **ampères ou milliampères**.

Le corps humain présente une certaine résistance au passage du courant qui varie d'un individu à l'autre et pour un même individu suivant divers facteurs :

1. La qualité de la peau : elle va déterminer la valeur de la résistance sous une tension donnée ; une peau fine, blessée, ou humide offrira une résistance faible ; au contraire, une peau épaisse, saine et sèche, sera plus résistante.
2. Organes internes : leur résistance est constante et faible (500 ohms).
3. La tension de contact : la valeur de la tension de contact en augmentant va forcer la barrière de la peau et donc diminuer la résistance du corps.

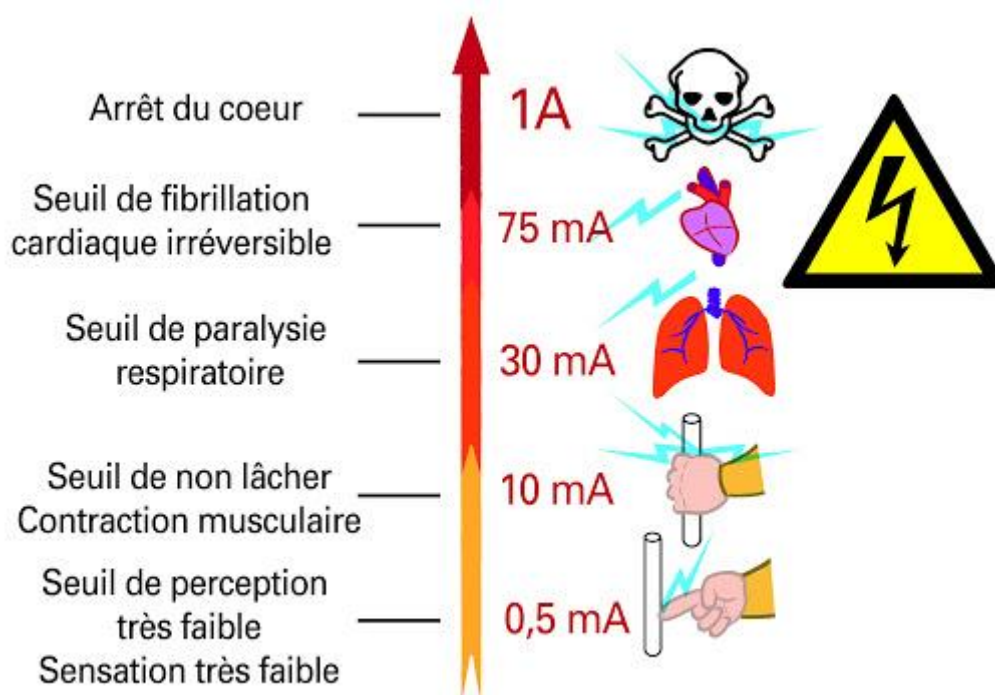
2.2. Les seuils de sensibilité et les effets correspondants du courant électrique

- 1) **Seuil de sensibilité** : à partir de 0.5 mA (picotement).
- 2) **Effets thermiques** : à partir de 10 mA (brûlures superficielles si contact maintenu plusieurs secondes).
- 3) **Effets téтанisant** : à partir de 10 mA il y a contraction des muscles (seuil de non – lâcher).
- 4) **Effets respiratoires** : à partir de 20 mA, 60 secondes suffisent pour bloquer le diaphragme et les muscles respiratoires. La téтанisation s'accompagne généralement d'un état d'hébéture, d'une sidération totale de la victime qui devient incapable de communiquer et d'appeler à l'aide.
- 5) **Fibrillation cardiaque** : avec un courant de 80 mA de brève durée (inférieure au cycle cardiaque) il serait possible de déclencher les fibrillations à deux conditions :
 - Le courant doit passer dans la région cardiaque ;
 - Le choc électrique doit atteindre le cœur après la phase de contraction produisant l'éjection du sang dans l'aorte, au moment où le cœur se prépare à se remplir de nouveau de sang (début de la diastole), c'est la phase vulnérable voisine de 0.16 seconde (20% du cycle total).

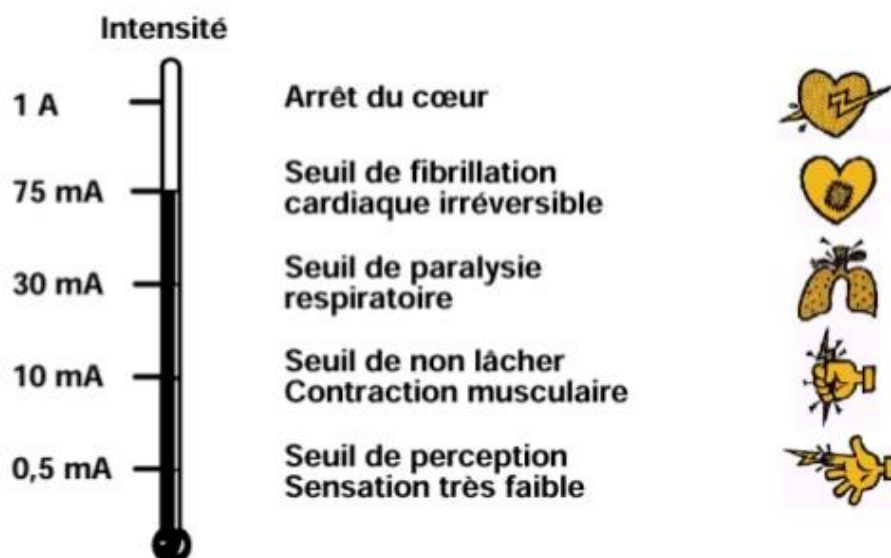
La fibrillation est fonction de l'intensité et du temps de passage

40 mA (3s) – 50 mA (1s) – 400 mA (0.1 s) – 500 mA (0.01s)

- 6) **Brûlures internes** : lorsque l'intensité augmente (accident sur tension supérieure à 1000 V), le long du trajet du courant apparaissent des brûlures internes très graves (libération de myoglobine et blocage des reins).
- 7) **Inhibition des centres nerveux** : lorsque l'intensité est de l'ordre de 2 à 3 ampères.



Les effets du passage du courant alternatif



*risque électrique - 31 - Enseignement technique 

Effets du passage du courant alternatif		
Intensité	Perception des effets	Temps
0,5 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 30
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
1 000 mA	arrêt cardiaque	25 ms
2 000 mA	centre nerveux atteints	instantané

*risque électrique - 32 - Enseignement technique 

Les effets du passage du courant continu



Les effets du courant continu

- Le risque de fibrillation cardiaque est de 3.75 plus petit
- Le moment le plus difficile est la mise sous tension et la coupure du courant
- Les brûlures sont plus profondes
- Phénomène d'électrolyse

Les organes fragiles

Ils sont 40 fois moins résistants que la peau

- **Le cerveau**
- **Les poumons**
- **Le cœur**
- **Le foie**
- **Les reins**

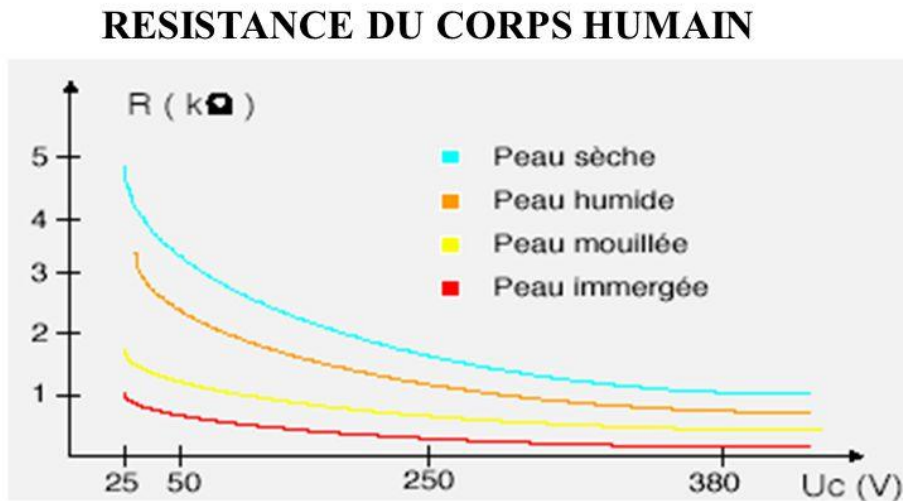
La résistance du corps humain

Elle varie avec :

- **La surface de contact**
- **La pression de contact**

- L'épaisseur de la peau
- La présence d'humidité
- Le poids, la taille, la fatigue.....

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



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

TENSION DE CONTACT	PEAU SÈCHE	PEAU HUMIDE	PEAU MOUILLÉE	PEAU IMMERGÉE
25 V	5000	2500	1000	500
50 V	4000	2000	875	440
250 V	1500	1000	650	325
> 250 V	1000	1000	650	325



3. La prévention du risque électrique

3.1. Les mesures de protection contre les contacts directs

- Rendre le contact impossible par mise hors portée des pièces sous tension :
 - **Par Eloignement des pièces nues sous tension**
 - Protection collective

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...).

- **Par interposition d'Obstacles**
 - Protection collective

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.

- **Par Isolation**
 - Protection intrinsèque

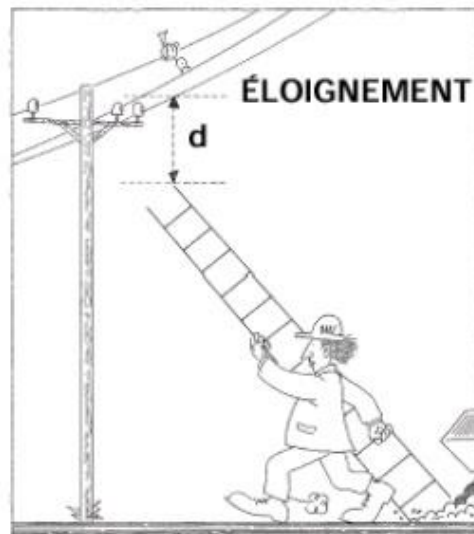
L'isolation consiste à recouvrir les parties actives par une isolation appropriée. L'isolation intervient lorsque l'éloignement et les obstacles ne peuvent être utilisés.

- **Rendre le contact inoffensif :**
 - Par utilisation des protections individuelles adaptées (gants, tabourets ou tapis isolants, perche isolante, outillage spécifique, etc.).



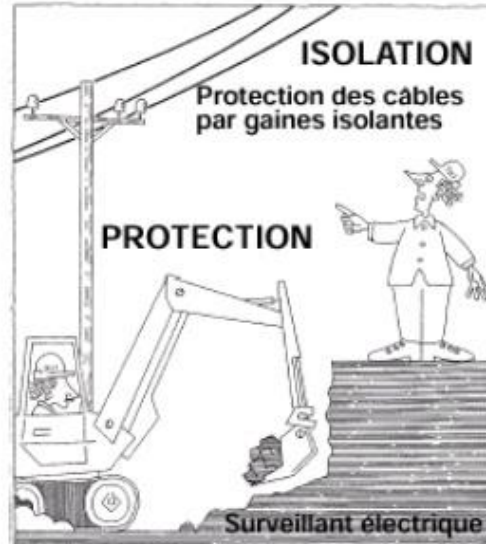
Les mesures de protection contre les contacts directs


- * **éloignement des pièces nues sous tension**



Les mesures de protection contre les contacts directs

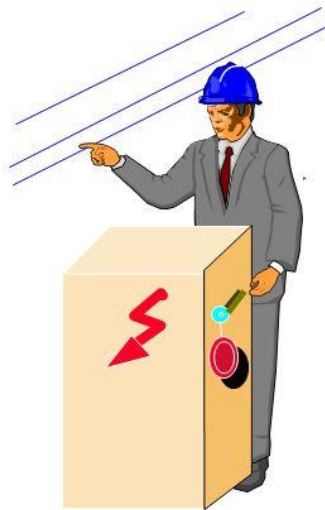
* par isolation



*risque électrique - 43 - enseignement technique 

Les mesures de protection contre les contacts directs

* par obstacles



* risque électrique - 44 - Enseignement technique 

3.2. Les mesures de protection contre les contacts indirects

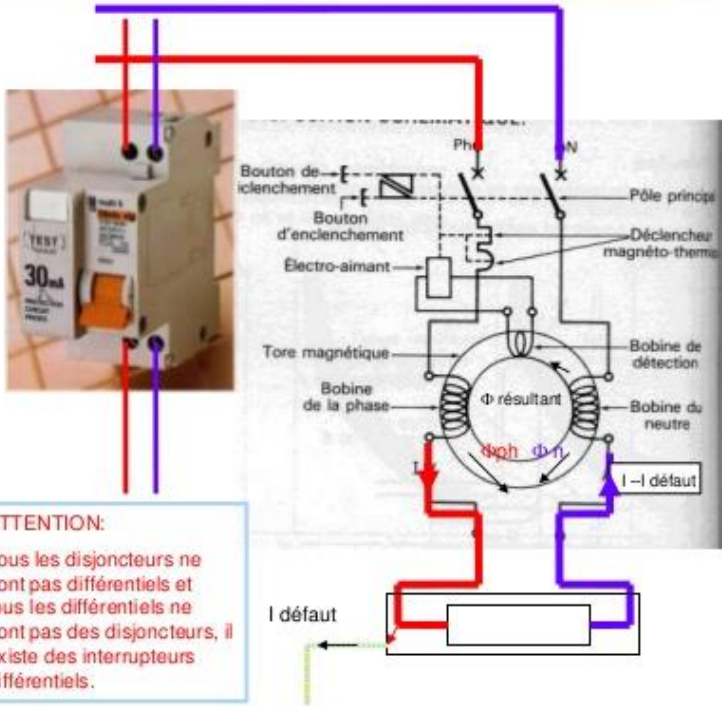
a) Par coupure automatique de l'alimentation

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



Le principe d'un dispositif à courant résiduel est de **comparer l'intensité circulant dans le conducteur de phase (l'aller) et celle du conducteur de neutre (le retour)**.

Dispositif de protection Différentiel à courant Résiduel



ATTENTION:
Tous les disjoncteurs ne sont pas différentiels et tous les différentiels ne sont pas des disjoncteurs, il existe des interrupteurs différentiels.

• **Sans courant de défaut, $I_{ph} = I_N$**

La bobine de phase et la bobine de retour créent des flux égaux et de sens opposés. Donc le flux résultant est nul. La bobine de détection n'est pas activée. Le DDR reste enclenché.

• **S'il y a défaut, $I_{ph} \neq I_N$.**

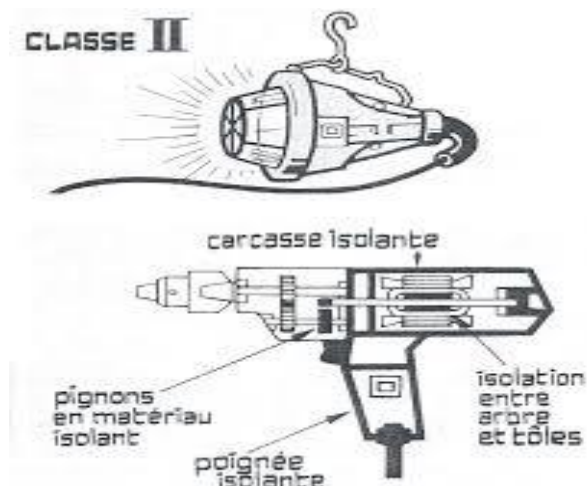
Dès que l'écart entre les flux créés par les bobines est suffisant, l'électroaimant provoque le déclenchement du DDR.

b) Sans coupure automatique de l'alimentation

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

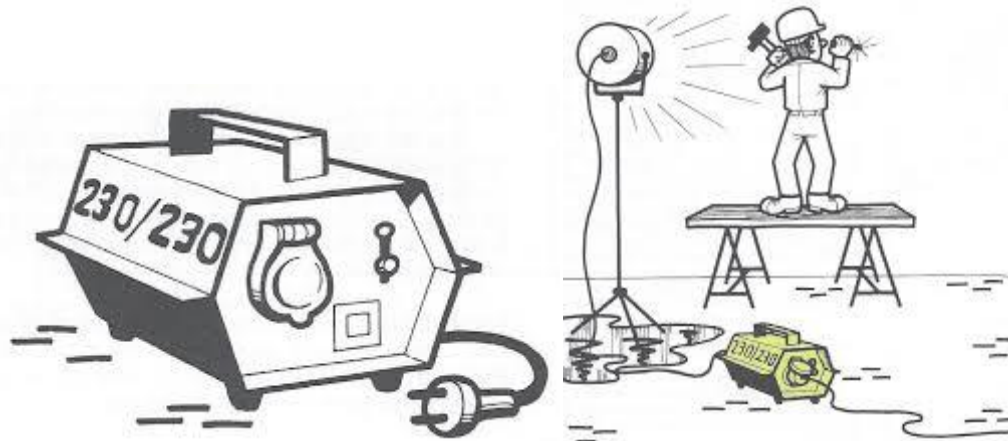
- **Le matériel de classe 2**

En plus de l'isolation principale, ce matériel comporte une double isolation.

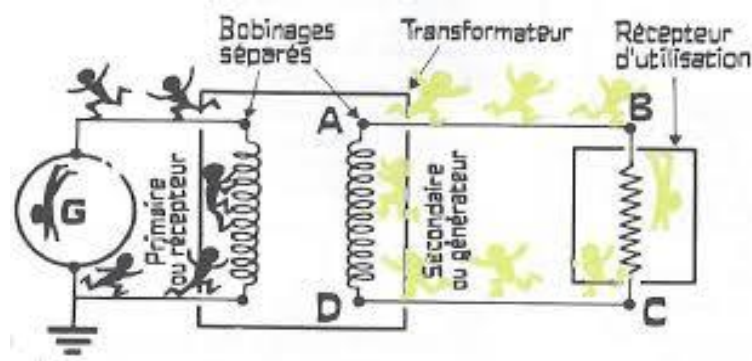


- **La séparation de circuit**

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



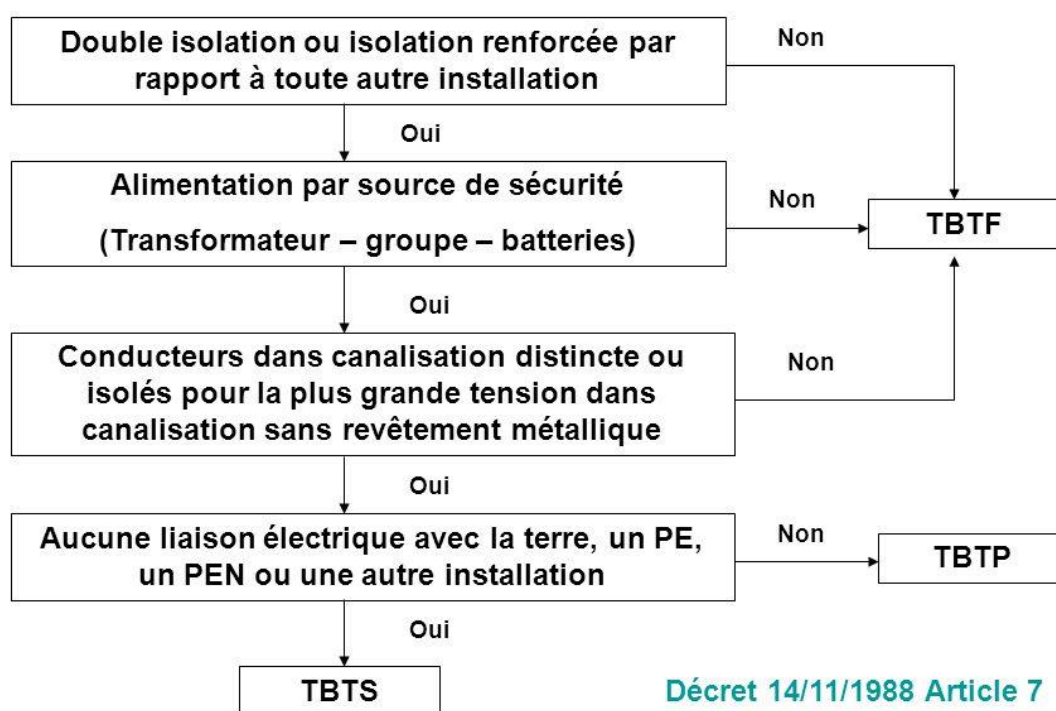
Le transformateur de séparation interrompt la liaison entre le conducteur neutre et la terre. Suite à cette séparation, le conducteur de phase et le conducteur neutre ne présentent plus de différence de potentiel par rapport à la terre; aucun courant ne circule si l'on entre en contact avec un conducteur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



- **Protection par l'utilisation de la très basse tension (TBT)**

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

Installations TBT (Alternatif $U < 50V$ et Continu $U < 120 V$)



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

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

Tensions maximales à mettre en œuvre en TBTS :

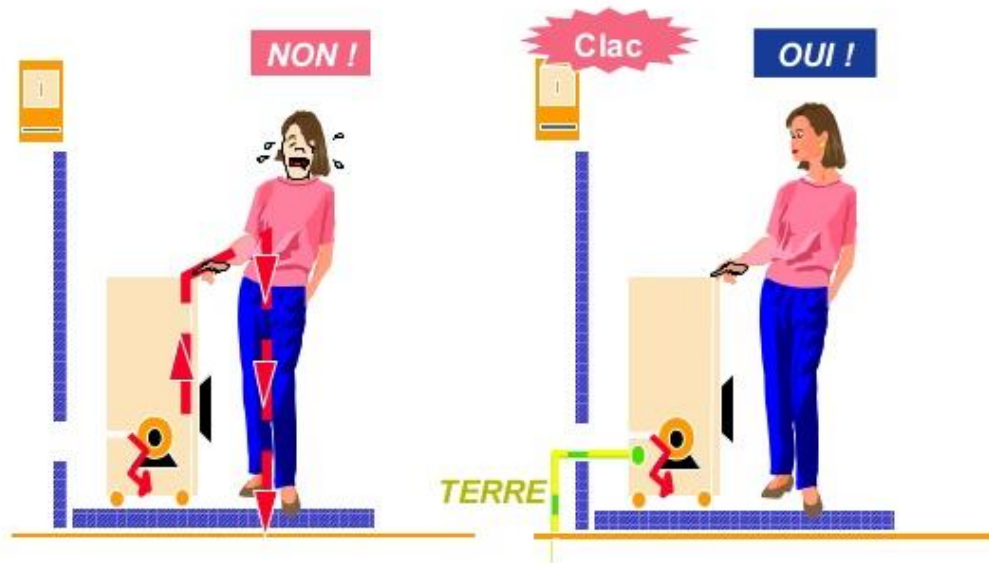
Locaux ou emplacement	Tension (courant alternatif)	Tension (courant continu)
Secs	$U \leq 50 V$	$U \leq 120 V$
Mouillés	$U \leq 25 V$	$U \leq 60 V$
Immergés	$U \leq 12 V$	$U \leq 25 V$

L'alimentation des installations en TBT est obligatoire :




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

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

Coupure automatique



Les classes de matériel

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

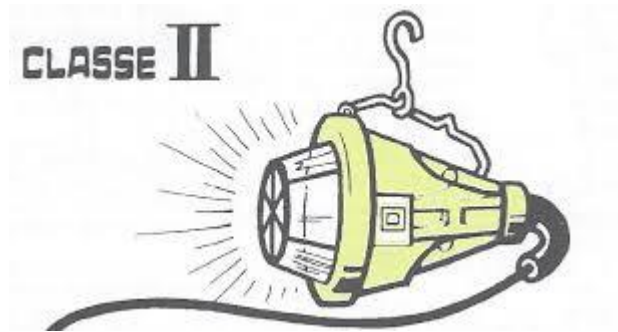
*risque électrique - 47 - Enseignement technique 

Classe 0 : matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques repose sur l'isolation principale ; ceci implique qu'aucune disposition n'est prévue pour le raccordement des parties conductrices accessibles (masses).

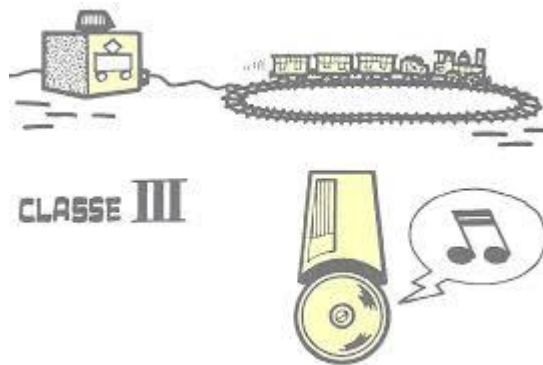


Classe I : matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'isolation principale mais qui comporte une mesure de sécurité supplémentaire sous forme de moyens de raccordement des parties conductrices accessibles (masses).

Classe II : matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'isolation principale mais qui comporte des mesures supplémentaires de sécurité telles que la double isolation ou l'isolation renforcée.



Classe III : matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques repose sur l'alimentation sous très basse tension de sécurité TBTS.



Symbolisation

CLASSE	0	I	II	III
SYMBOLE	absence			

La très basse tension de sécurité :

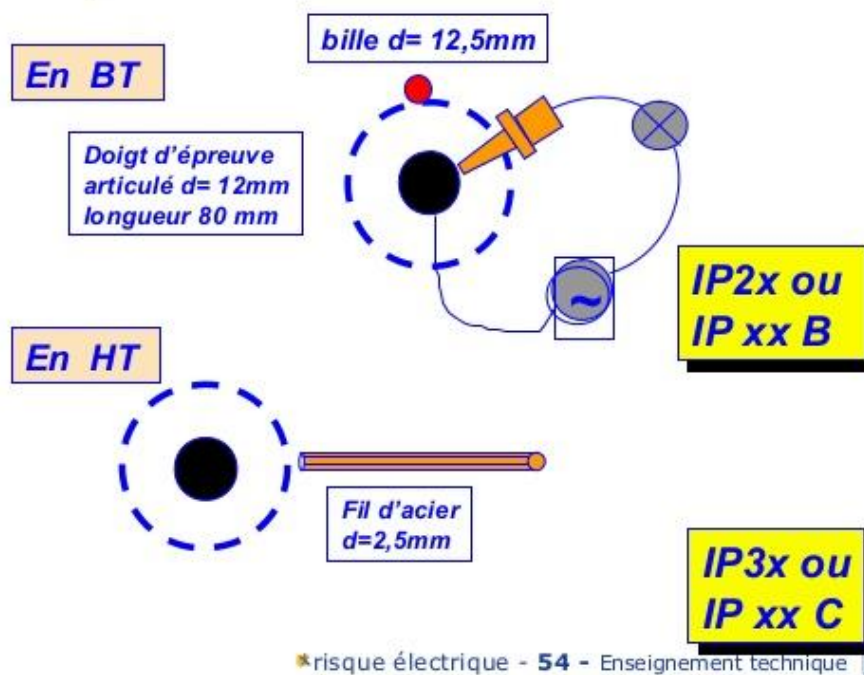
- **Locaux secs :**
 - 50 V en alternatif
 - 120 V en continu
- **Locaux mouillés**
 - 25 V en alternatif
 - 60 V en continu
- **Types de source de sécurité**
 - Transformateur (EN 60 – 742)
 - Groupe moteur - générateur
 - Générateur autonome : piles, accumulateurs, moteur thermique,...
- **Conditions électriques**
 - Le secondaire ne doit pas être relié à la terre
 - Les masses de matériels électriques devront:
 - ❖ Ne pas être reliés à la terre

- ❖ Ni à un conducteur de protection
- ❖ Et être isolés de toutes les autres masses.

Les degrés de protection du matériel



Les degrés de protection



Les degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques de tension assignée inférieure ou égale à 72,5 kV sont définis par la norme française NF EN 60529.

Pour symboliser le degré de protection procuré par une enveloppe, il est fait usage des lettres « IP » (International Protection) suivies de 2 chiffres et d'une ou plusieurs lettres. Plus un chiffre du code IP est grand, meilleure est la protection.

Degrés de protection IP des matériels électriques

- **1er chiffre (compris entre 0 et 6)** : protection contre les corps solides
- **2ème chiffre (compris entre 0 et 8)** : protection contre l'eau
- **Lettre additionnelle (A, B, C ou D)** : accès aux parties dangereuses

- **Lettre(s) supplémentaire(s) (H, M, S ou W) :** informations supplémentaires spécifiques



* Le code IK indique le degré de protection procuré par l'enveloppe d'un matériel électrique entre les impacts même externes.

Outillages et matériel de protection individuel et collectif



- 1) **Equipement de protection individuel : gants, lunettes, casques, écrans faciaux, chaussures isolantes, vêtements de protection isolants,.....**
- 2) **Equipement de protection collectif :**
 - ❖ Le tapis ou le tabouret isolant NF N 18 – 420
 - ❖ Le vérificateur d'absence de tension : NF C 18 – 510 et NF C 18 – 311
 - ❖ Les dispositifs mobiles de mise à la terre et en court-circuit : MALT et CCT

Tapis isolant

- Attention à la tension nominale des ouvrages
- L'isolation par rapport au sol doit être assurée
- Il doit être conforme à la norme : NF C 18 – 420

Le vérificateur d'absence de tension

- Les vérificateurs d'absence de tension et détecteurs unipolaires doivent répondre aux prescriptions des normes en vigueur (NF C 18 – 310 et NF C 18 – 311)
- Les appareils de mesure ne doivent pas être utilisés à cet usage, pas plus que les vérificateurs d'absence de tension ne peuvent être considérés comme des appareils de mesure
- Ils peuvent être du type lumineux ou du type sonore, mais dans tous les cas ils doivent être adaptés à la tension des installations sur lesquelles ils sont utilisés.
- Immédiatement avant chaque opération, effectuée avec ce matériel et immédiatement après cette opération, il est indispensable de vérifier son bon fonctionnement, soit à l'aide de parties actives restées sous tension à proximité, soit à l'aide d'un dispositif à source indépendante prévue par le constructeur.
- Lors de l'utilisation de ces appareils en BT, l'emploi de gants isolants est obligatoire lorsque l'opérateur opère à proximité de pièces nues présentant des risques notables de contact direct en cas de faux mouvement
- L'utilisation d'une lampe montée sur douille à bouts de fils est formellement interdite.

La conduite à tenir en cas d'accident d'origine électrique

La règle générale : P.S.A

P : Protéger

S : Secourir

A : Alerter

1) Protéger

- **But** : soustraire les personnes présentes et l'accidenté de tous conducteurs ou pièces sous tension
- **Moyens** :
 - ❖ Couper ou faire couper l'alimentation en énergie électrique
 - ❖ S'assurer que la remise sous tension ne pourra être effectuée

2) Secourir

- **But** : assister la victime dans l'attente de l'arrivée des secours
- **Moyens** : gestes enseignés lors des formations des secouristes, suivant le plan d'intervention

3) Alerter (ou faire alerter)

- **But** : prévenir les secours à l'aide d'un message d'alerte
- **Moyens** : par téléphone,
- il est impératif de préciser le lieu précis, la nature de l'accident, le nombre de victimes, l'état apparent des victimes, les risques particuliers et les moyens à mettre en œuvre
- ne jamais couper la communication le premier, attendre l'ordre du correspondant