

Les dangers de l'électricité et la sécurité au laboratoire

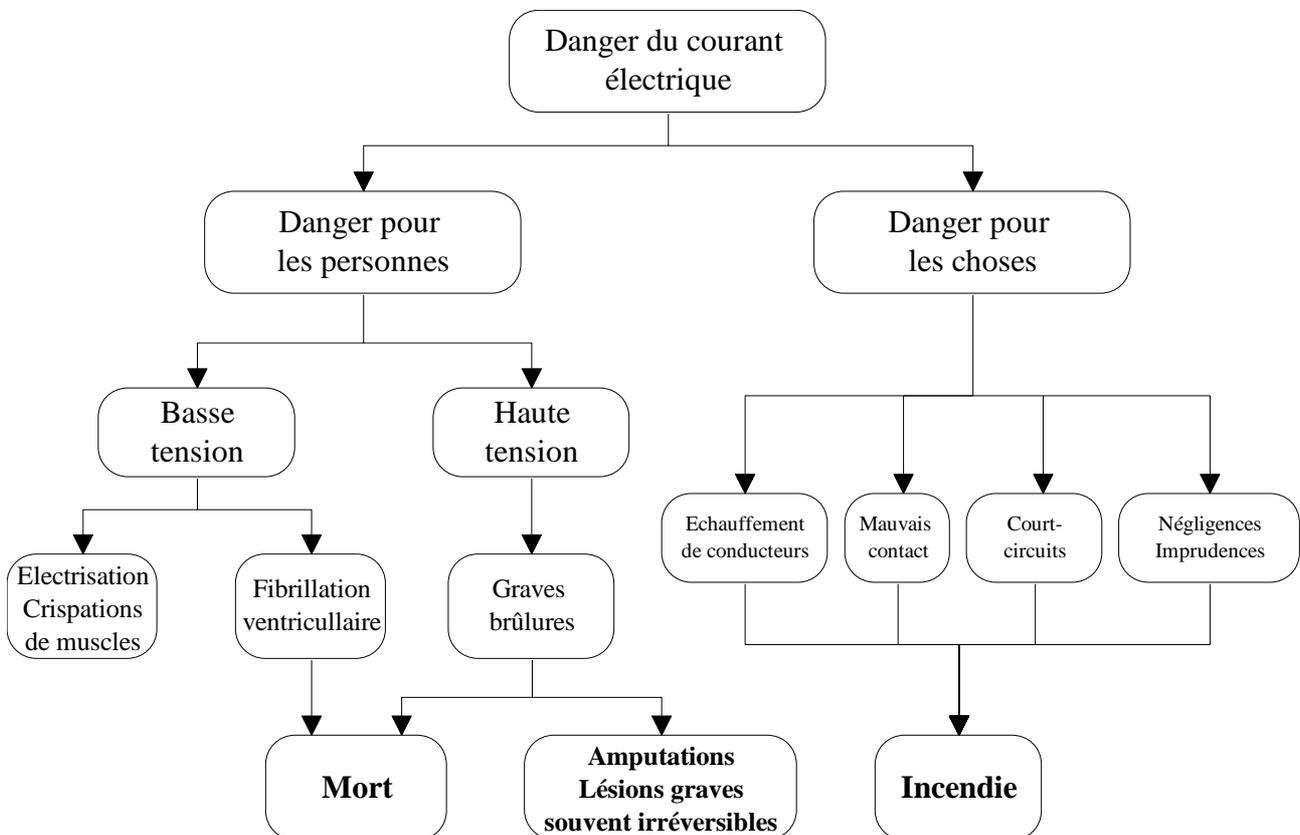


TABLE DES MATIERES

1. Les dangers du courant électrique	3
1.1. Organigramme des dangers du courant électrique	3
1.2. Terminologie.....	3
1.3. Organigramme des effets du courant électrique	4
2. Les accidents	4
2.1. Les accidents survenus en Suisse	4
2.2. Les causes des accidents dus à l'électricité.....	5
2.3. Comment un accident dû à l'électricité se produit-il ?	5
3. Courant de contact et résistance du corps humain	6
3.1. Définition du courant de contact.....	6
3.2. La résistance électrique du corps humain.....	7
3.3. Valeurs du courant de contact et courbe de sécurité	8
4. Distances de sécurité.....	10
5. Le couplage de protection FI	11
5.1. Principe de fonctionnement.....	11
5.2. Limites de la protection différentielle	12
6. Comportement face à l'électricité	12
6.1. Les cinq règles d'or de l'électricien.....	12
6.2. Comportement en cas d'accident dû à l'électricité	12
7. Les consignes de sécurité au laboratoire	13

1. Les dangers du courant électrique

1.1. Organigramme des dangers du courant électrique



1.2. Terminologie

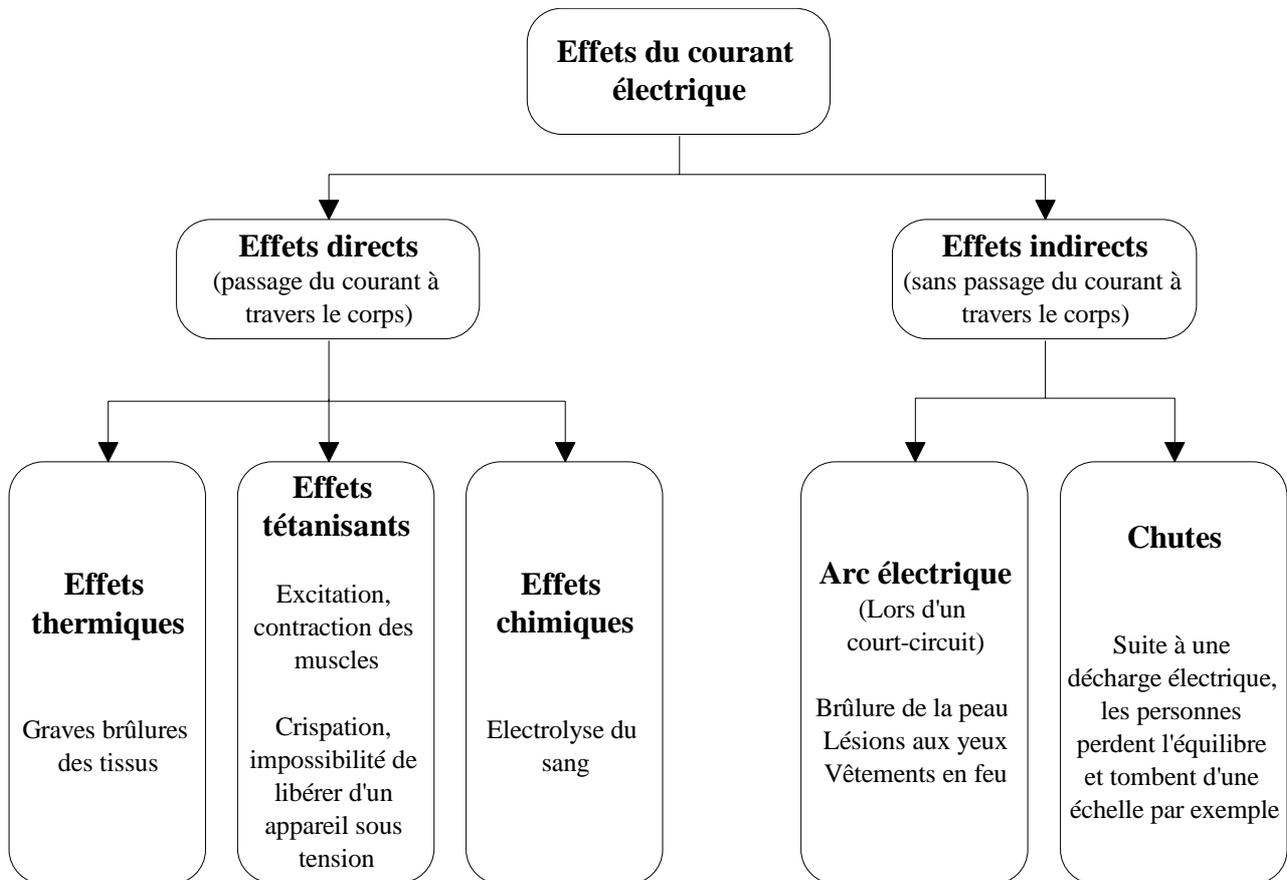
Précisons la définition exacte des termes suivants :

Electrisation : Action d'électriser.

Electriser : Communiquer à un corps des propriétés, des charges électriques; faire apparaître sur lui de l'électricité positive ou négative.

Electrocution : Ensemble des effets provoqués dans un organisme vivant par des courants électriques, surtout par les courants de haute tension (mort instantanée, perte de connaissance brutale, convulsions, brûlures aux points de contact).

1.3. Organigramme des effets du courant électrique



2. Les accidents

2.1. Les accidents survenus en Suisse

On enregistre chaque année, en Suisse, environ 140 accidents causés par l'électricité; un accident sur sept a été mortel.

L'examen des statistiques permet de constater que les accidentés sont, pour 45%, des professionnels des installations électriques,

Selon les niveaux de tensions suivants :

Niveau de tension	Blessés	Morts
Basse tension (< 1000 V)	98	16
Haute tension (> 1000 V)	21	4
Total des accidents	119	20

Tableau 1. Nombre d'accidents en fonction du niveau de tension.

De plus, les incendies provoqués par les installations électriques sont assez nombreux et entraînent des dégâts énormes.

On remarque que la basse tension fait un plus grand nombre de victimes que la haute tension, ceci s'explique par le fait qu'il est beaucoup plus facile de bricoler sur une installation basse tension que sur une destinée à la haute tension.

2.2. Les causes des accidents dus à l'électricité

Environ 80% des accidents ont pour cause le **non respect** des règles de sécurité.

Une caractéristique typique des accidents dus à l'électricité est que leur issue dépend pour une bonne part de facteurs impondérables; ainsi, un accident aux suites sans conséquences importantes aurait pu être mortel si les circonstances momentanées avaient été légèrement différentes. Le contraire est aussi vrai.

Les accidents sont dus le plus fréquemment à l'exécution de travaux sous tension ou à proximité de pièces sous tension, sans mesures de protection ou avec des protections insuffisantes.

Les erreurs de câblage d'installations sont aussi à l'origine de beaucoup d'accidents. Les interversions de conducteurs se rencontrent relativement souvent.

C'est pour cette raison que les prescriptions de l'ASE (Association Suisse des Electriciens), sur les installations intérieures exigent que soient **reconnaissables sans équivoque** les conducteurs servant à la **protection** ainsi que le **conducteur neutre**.

2.3. Comment un accident dû à l'électricité se produit-il ?

Tout d'abord, le circuit doit être fermé de manière à ce qu'un courant électrique s'établisse.

Le courant s'établit dès que le corps, la main par exemple, entre en contact avec des conducteurs ou des parties d'une installation électrique sous tension.

Les deux plus grandes causes d'électrisation sont les suivantes :

- Passage du courant d'une main à l'autre (figure 1).
- Passage du courant d'une main aux pieds (figure 2).

L'homme, sur un sol isolant, empoigne les conducteurs polaires nus de la ligne d'alimentation des récepteurs électriques, selon la figure 1, ci-dessous.

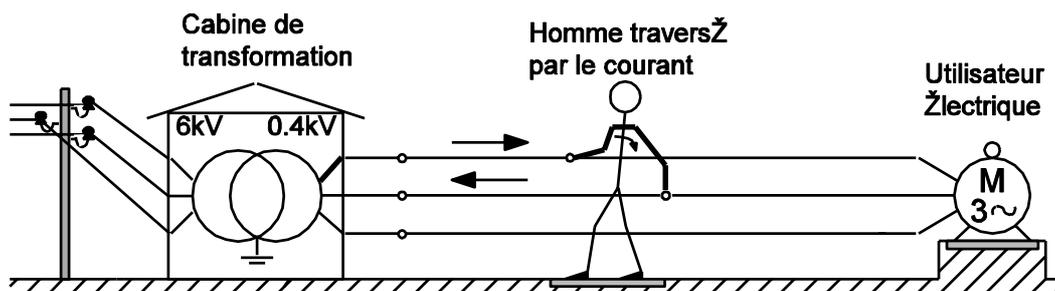


figure 1. Passage du courant d'une main à l'autre.

L'homme, sur un sol conducteur, empoigne un récepteur électrique ayant un défaut d'isolement, selon la figure 2, ci-dessous.

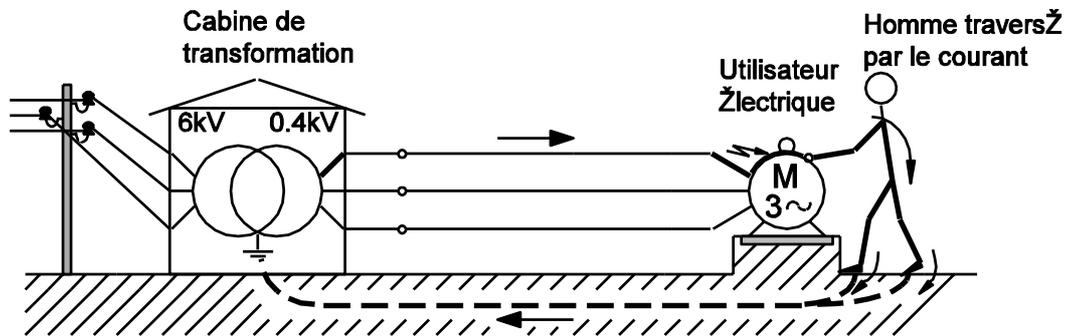


figure 2. Passage du courant des mains aux pieds.

Si par contre l'homme se trouve sur un sol isolant, il ne court aucun danger, car il se met au potentiel du câble électrique, de la même manière qu'un oiseau sur une ligne aérienne.

Donc on constate que pour qu'une personne perçoive un choc électrique, il faut que le courant traverse cette dernière.

Nous verrons plus loin que l'intensité du courant électrique traversant une personne dépend de:

- la différence de potentiel à laquelle est soumise la personne;
- la résistance électrique que présente la personne.

3. Courant de contact et résistance du corps humain

3.1. Définition du courant de contact

Définition : C'est le courant électrique qui traverse le corps humain soumis à une tension électrique.

Lorsqu'une personne est soumise à une différence de potentiel, l'intensité du courant qui traverse son corps est donnée par la loi d'Ohm :

$$I_c = \frac{U_c}{R}$$

Avec : I_c : Courant de contact.

U_c : Tension électrique.

R : Résistance du corps humain.

Le danger est constitué par :

- **L'intensité du courant** qui traverse le corps humain quand celui-ci est soumis à une tension électrique.
- La durée de son action.

On considère comme déterminants les paramètres suivants :

- L'intensité du courant de contact.
- Le temps de passage du courant de contact dans le corps humain.
- L'instant auquel a lieu l'électrocution en fonction du rythme cardiaque.

Remarque: Dans certains cas il n'y a pas forcément un contact physique entre la personne et le câble électrique. Par exemple, si la tension est suffisamment élevée pour qu'un arc électrique puisse s'amorcer.

3.2. La résistance électrique du corps humain

Elle peut varier dans une très large mesure d'une personne à l'autre et dépend des facteurs suivants:

- Etat de la peau: sèche, moite, transpiration.
- Importance de la pression de contact (résistance de contact).
- Aire de la surface de contact.
- Parcours du courant dans le corps humain.
- Tension à laquelle est soumis le corps humain.
- Etat physiologique de la personne.
- Autres résistances s'opposant aussi au passage du courant (vêtements, chaussures).

Prenons comme exemple un doigt; il présente les valeurs suivantes :

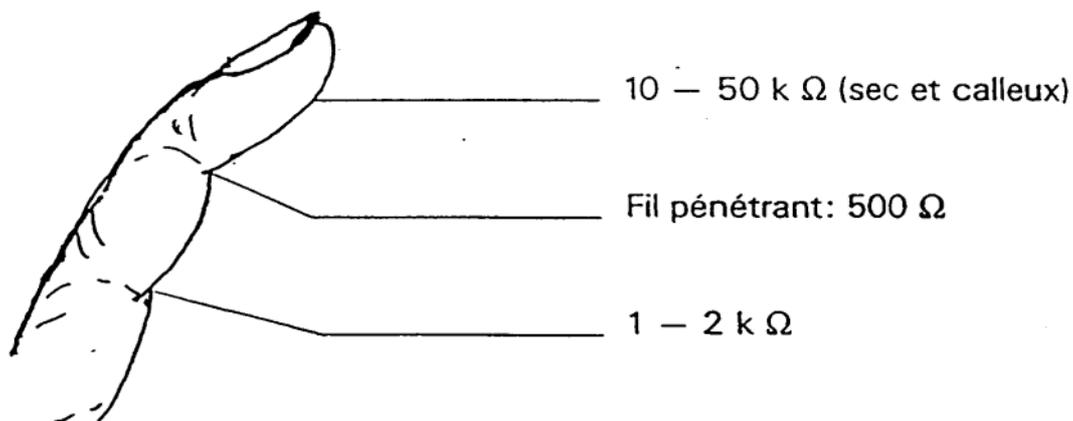


figure 3. Résistance du corps humain en fonction des points de contact.

La résistance électrique du corps immergé dans l'eau est d'environ 500Ω, alors que celle de la peau des doigts secs et calleux est d'environ 50kΩ.

3.3. Valeurs du courant de contact et courbe de sécurité

Le tableau suivant donne des indications sur les intensités des courants de contact et comment l'être humain le ressent :

0.05 mA	Fourmillement perceptible de la langue.
1 mA	Fourmillement perceptible au contact des doigts.
1 à 15 mA	Fourmillement progressif et finalement début de crispation musculaire.
15 à 20 mA	Crispation musculaire empêchant la victime de se libérer du conducteur qu'elle tient dans la main (seuil de libération), trouble de la respiration.
20 à 50 mA	Accentuation de la crispation musculaire, irrégularité des pulsations, et de la respiration; traitement encore possible. Si le courant n'est pas interrompu après trois à quatre minutes, mort par asphyxie.
50 mA	Seuil de fibrillation. Fibrillation ventriculaire possible après quelques secondes; mort.
Plus de 50 mA	Fibrillation ventriculaire due à une durée d'action dépassant env. 500 ms, et sans intervention médicale immédiate, provoque la mort.

Tableau 2. Valeur du courant de contact et effets sur le corps.

Remarque : Le passage du courant électrique dans un organisme vivant déclenche des processus pathologiques qui peuvent être très divers et qui, de surcroît, dépendent encore de la nature du courant (alternatif, basse ou haute tension, continu, impulsions, etc.), ainsi que des endroits du passage et de la durée d'application.

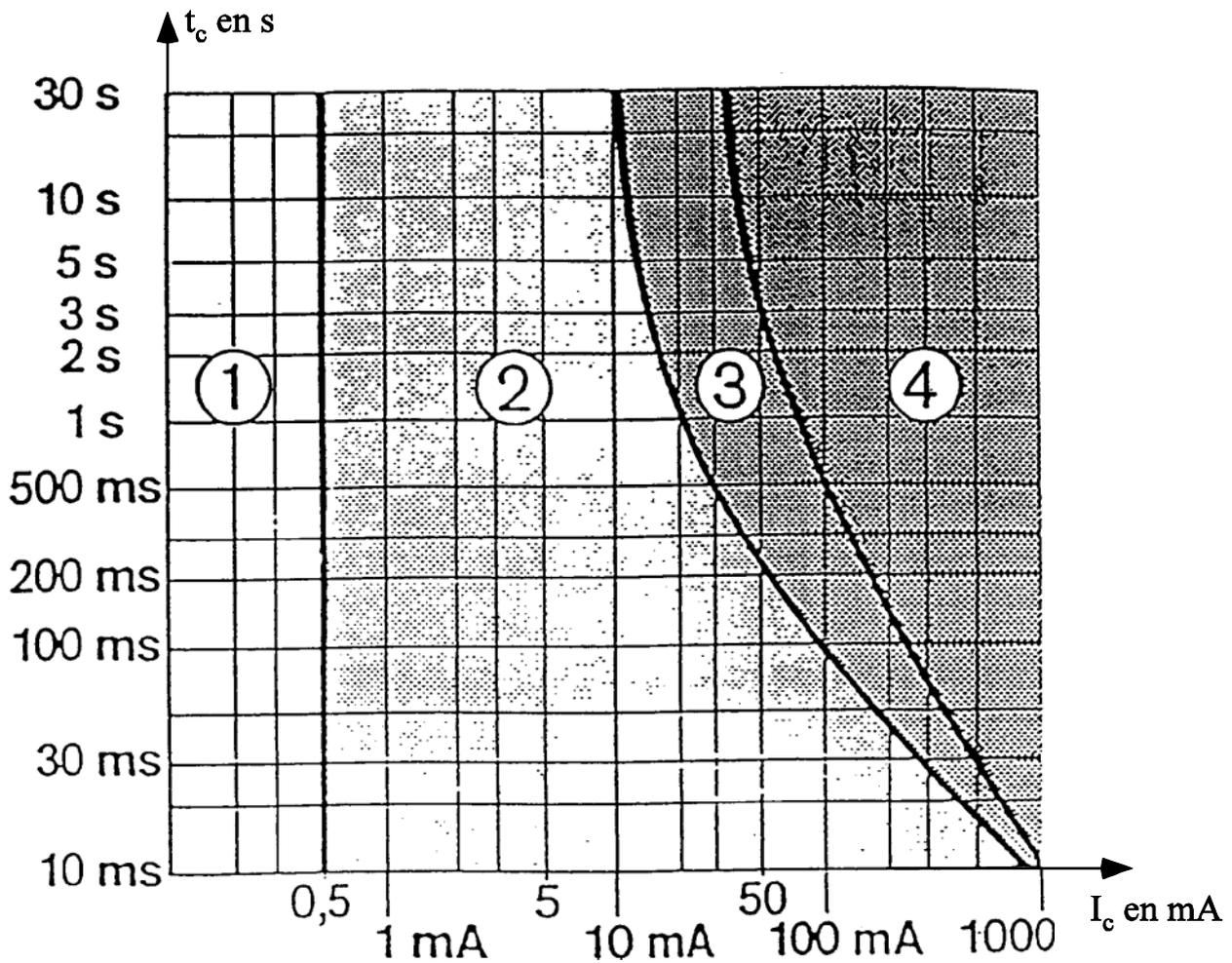


Figure 4. Effets du courant de contact en fonction du temps de contact.

Grandeurs : I_c Courant de contact
 t_c Durée de contact

Zones : (1) Aucune réaction
 (2) Aucun danger
 (3) Crispations musculaires
 (4) Fibrillation ventriculaire

Remarque : Il y a danger, si le courant de contact dépasse 10mA. Il faut faire attention, car cette valeur est très faible.

4. Distances de sécurité

Il faut respecter certaines distances de sécurité en fonction des tensions en jeu des installations.

U_N [kV] (efficace)	U_m [kV] (efficace)	U_{imp} [kV] (crête)	D_L [mm]	D_V [mm]
< 1	1	4	sans contact	500
3	3.6	40	120	1120
6	7.2	60	120	1120
10	12	75	150	1150
15	17.5	95	160	1160
20	24	125	220	1220
30	36	170	320	1320
36	41.5	200	380	1380
45	52	250	480	1480
60	72.5	325	630	1630
70	82.5	380	750	1750
110	123	550	1100	2100
132	145	650	1300	3300
150	170	750	1500	3500
220	245	1050	2100	4100
275	300	1275	2400	4400
380	420	1575	3400	5400
480	525	1762.5	4100	6100
700	765	2480	6400	8400

Tableau 3. Distances de sécurité en fonction des tensions.

- Grandeurs :** U_N Tension nominale du réseau.
 U_m Tension la plus élevée pour l'équipement.
 U_{imp} Tension de choc la plus élevée.
 D_L Distance dans l'air définissant la limite extérieure de la zone de travail sous tension.
 D_V Distance dans l'air définissant la limite extérieure de la zone de voisinage.

Ces différentes dimensions sont représentées sur la figure 5.

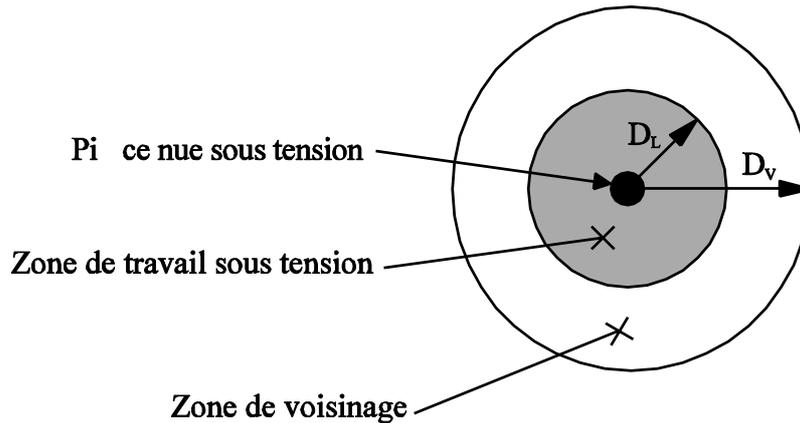


figure 5. Distances dans l'air et zones pour les procédures de travail.

5. Le couplage de protection FI

5.1. Principe de fonctionnement

Il s'agit ici de décrire brièvement le principe de fonctionnement d'un interrupteur différentiel à courant de défaut.

Dans une installation en parfait état, où aucun courant ne s'écoule à la terre, le courant I vient du réseau, traverse le transformateur de courant totalisateur, parvient au récepteur d'énergie et retourne au réseau par le transformateur totalisateur. La somme algébrique des courants dans le transformateur est nulle (loi de Kirchoff).

Si un courant s'écoule à la terre à cause d'un défaut, le courant de retour du récepteur d'énergie est plus faible que celui d'aller; cette différence de courant crée un champ magnétique dans le transformateur d'intensité et induit une tension dans l'enroulement secondaire.

Le courant actionne le déclencheur électromagnétique et l'interrupteur FI coupe immédiatement tous les pôles.

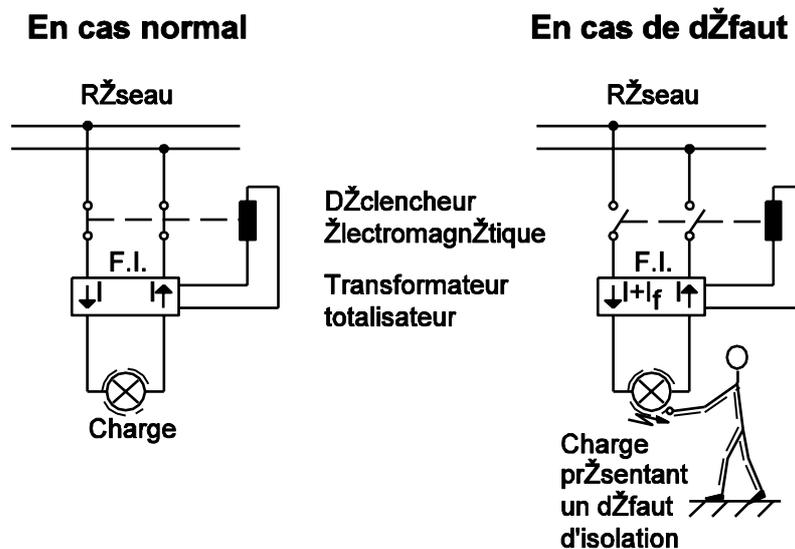


figure 6. Fonctionnement du FI.

5.2. Limites de la protection différentielle

Comme tout moyen de protection, ce couplage a ses limites et ses propres exigences qui ne lui sont d'ailleurs pas préjudiciables.

Le couplage différentiel ne réagit bien évidemment qu'aux courants qui s'écoulent à la terre. Si une personne se tient sur une plaque ou un sol isolant et saisit à mains nues deux conducteurs polaires ou un neutre, elle sera électrisée sans que le FI ne réagisse.

Un interrupteur différentiel n'influence pas la valeur de l'intensité qui traverse le corps humain. Par contre, celui-ci déclenche normalement en moins de **0,2s**.

En conséquence, ce courant qui traverse le corps est ressenti par la personne, mais **le temps de passage est trop court** pour qu'il puisse produire des brûlures ou provoquer la mort.

Le FI évite donc l'électrocution, mais pas l'électrisation.

6. Comportement face à l'électricité

6.1. Les cinq règles d'or de l'électricien

L'analyse des accidents montre la grande diversité des causes. L'origine des accidents est souvent due à **l'imprudence** ou au **laisser-aller** de la victime. On constate principalement **des mesures de sécurité insuffisantes** ou la non utilisation de dispositifs de protection conçus pour assurer la sécurité au travail.

C'est pourquoi, cinq règles d'or de l'électricien se sont imposées sur la manière de se comporter en face d'une installation électrique.

1. **Déclencher l'installation**, ne jamais travailler sous tension.
2. **Assurer l'installation contre tout réenclenchement non autorisé**: verrouiller par cadenas, retirer les cartouches fusibles, apposer une pancarte, etc...
3. **Contrôler l'absence de tension**.
4. **Mettre à la terre** (et en court-circuit dans le cas d'un système triphasé), décharger les éléments capacitifs.
5. **Protéger la place de travail** à l'aide de matériaux isolants, contre tout contact fortuit avec d'autres parties de l'installations restées sous tension.

6.2. Comportement en cas d'accident dû à l'électricité

- Arrêtez immédiatement le passage du courant, en mettant l'interrupteur sur "0" ou en enlevant la fiche ou encore en retirant les fusibles.
- Si vous êtes vous-même la victime, essayez absolument, avec force de vous sortir du circuit électrique (en vous dégageant d'un bond).
- Si vous essayez de venir en aide à quelqu'un, n'oubliez pas que pour votre sécurité, il faut que vous soyez à un endroit isolé afin de libérer la personne sous tension.

- Appelez immédiatement un médecin.
- Mettez le blessé dans la position latérale de sécurité.
- Si l'accidenté cesse de respirer, pratiquez tout de suite la respiration artificielle.
- S'il est inanimé, pratiquez la respiration artificielle tout en procédant à un massage du coeur.
- Versez immédiatement de l'eau froide sur les brûlures.

Remarque: Les quatre derniers points sont à réaliser par des personnes ayant déjà reçu des cours de samaritains.

7. Les consignes de sécurité au laboratoire

Voici un aperçu des différentes consignes de sécurité à respecter lors des séances de laboratoire. Ces consignes ont pour but la protection des personnes et du matériel.

- **Faire vérifier tous les montages** ou modifications de câblage par un membre du groupe d'encadrement, **avant** la mise sous tension.
- **Demander** impérativement **l'approbation** d'un responsable pour toute modification d'échelle sur les appareils analogiques.
- Connaître, **avant la mise sous tension du montage**, la commande à actionner en cas de mauvais fonctionnement ou de danger.
- **Repérer** l'emplacement, le plus proche, du **déclenchement d'urgence** du laboratoire. A n'utiliser qu'en cas de danger !
- L'utilisation d'un wattmètre sera toujours accompagnée d'un voltmètre et d'un ampèremètre de contrôle.
- Lors de l'emploi d'un moteur à courant continu, **s'assurer** que les **connexions du circuit d'excitation sont bien faites**. Tout mauvais contact dans ce circuit, a fortiori une interruption, provoque l'emballement de la machine.
- En ce qui concerne les transformateurs d'intensité, **vérifier** soigneusement les **connexions de son secondaire**. Toute **ouverture de ce circuit**, sous charge, provoque la **destruction** de l'appareil et un risque d'électrisation.
- Réaliser toutes les **manipulations** et réglages des installations de façon **réfléchie et prudente**, en **contrôlant** les indications de **tous les appareils** de mesure.
- Veiller à ne placer **aucun objet** sur les **fentes de ventilation** des appareils.
- **Avant** de décâbler, s'assurer que **l'alimentation est coupée**.