

Chapitre 10

Sécurité dans des circuits électriques

Objectifs

1. Avoir des notions de sécurité électriques
2. Savoir que la sécurité électrique d'une installation est écrit dans des normes et des lois.

Dans ce chapitre nous allons nous limiter à l'étude des installations de basses tensions.

10.1 Danger d' électrocution

Une définition pour sécurité peut être *l'absence de circonstances qui peuvent donner lieu à des blessures de personnes ou d'animaux ou à des dégât de biens mobiliers ou immobiliers*. Aussi des dangers électriques font partie d'une classe pareille. Il y a danger pour homme et animal par électrocution, incinération ... et pour l'environnement par feu, explosion... Pour un être vivant l'effet de contact avec l'électricité dépend de

- Intensité de courant : ceci dépend de personne à de personne
- Durée de passage de courant : Pour des intensités plus grande que le courant maximal de lequel une personne puisse se soustraire de lui même, le durée est d'une importance enorme.
- Impedance du corps : On peut considérer cette impédance comme un branchement parralèle d'une résistance et un condensateur, et dépend de la nature de la peau et le largeur de la surface de contact. L'impédance diminue avec tension augmentant. La condition d'humidité de la peau a aussi une importance considérable. cette condition est mis dans un code BB. (BB1 : en sueur, BB2 : mouillé, BB3 : plongé)
- Fréquence du courant : la fréquence la plus dangereuse est l'industrielle, donc de 50 à 60Hz.

10.2 CHAPITRE 10. SÉCURITÉ DANS DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

- Traject du courant á travers du corps : quand le courant coule á travers la région du coeur il y a le plus de possibilité de fibrillation cardiaque donc attaque cardiaque.

Avec ces résultats des expériences le IEC a mis l'influence du passage de courant en diagramme . Ensuite on a rédigé par convention des diagrammes de sécurité de courant. Mais parce qu'il n'est pas efficient de travailler avec des courants on a mis tout en diagrammes de sécurité de tension pour rédiger des normes de sécurité. ceci est fait en tenant compte des valeurs de résistance différentes du corps humain.

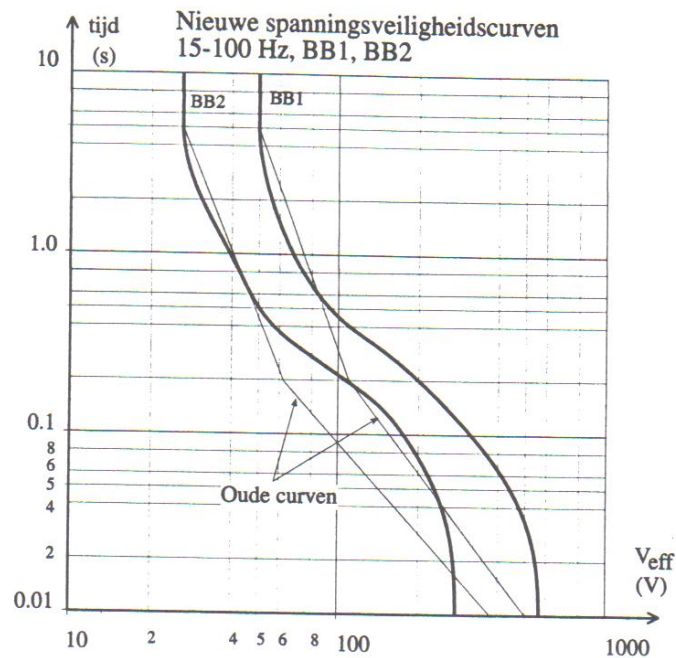


FIG. 10.1 – courbe de sécurité de tension BB1 et BB2

Le risque dépend de la quantité de l'énergie électrique qui entre le corps.

10.2 Normes

Une norme est un document publique de caractère technique, rédigé en coopération avec, et avec l'accord général de tout les parties intéressées, représenté dans l'organisme du normalisation. Elle est basée sur les résultats de science, technologie et expérience et est dirigée vers le fonctionnement optimal de la société. Une norme ne doit pas être observée. En Belgique des documents pareilles sont publié par l'Institut Belge de Normalisation (BIN/IBN) et sont caractérisés par les lettres NBN.

Pour les installations électriques nous retrouvons les normes dans le Règlement Général pour les Installations Electriques.(Algemeen Reglement voor de Elektrische Installatie(AREI))

10.2.1 Normes concernant les installations électriques.

- ISO : International Standard Organisation
- IEC : International Electrotechnical Commission
- CENELEC : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
- BEC : Belgisch Elektrotechnisch Comité

10.2.2 Législation concernant normes

De temps en temps les normes sont intégrées dans une législation et doivent être respectées. Ceci est le cas en Belgique pour l'AREI. La législation belge est organisée par degrés. Ceci veut dire que la législation supranationale doit être intégrée dans la législation belge. Entre ces législations se trouvent la directive européenne de basse tension et le poinçon 'CE' qui doivent être respectés dans le projet des installations électriques.

10.3 Systèmes de réseau

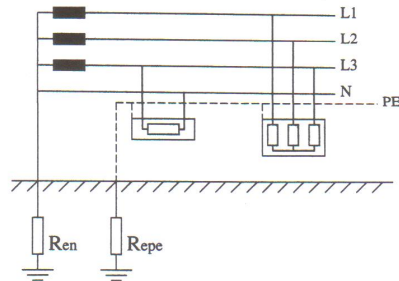
Il y a plusieurs systèmes de réseau pour le transfert d'énergie électrique par moyen de systèmes multiphasés. La connection d'une partie active du réseau avec la terre et la condition de la mise à la terre des masses de l'installation, déterminé par le fil protecteur, donne lieu à des systèmes de réseau différentes. Chaque type de réseau est caractérisé par deux lettres éventuellement complétés avec une ou deux lettres extra.

- La première donne la relation entre les parties actives et la terre.
 - T : Contact galvanique direct d'une partie active et la terre
 - I : Soit isolation de tous les parties actives de la terre, soit contact galvanique d'une partie active avec la terre par une impédance très grande.
- La deuxième lettre donne la relation des masses de l'installation électrique et la terre
 - T : Tous les masses sont directement connectées galvanique avec la terre qui est indépendant d'une mise en terre éventuelle d'une partie active de l'alimentation
 - N : Tous les masses sont directement connectées galvanique avec la mise en terre d'une partie de l'alimentation
 - U : Tous les masses sont directement connectées l'un l'autre et ne sont pas mise en terre
- La troisième ou quatrième lettre, séparé par une petite ligne des deux premières, donne la réalisation du conducteur neutre et le conducteur protectif (la terre).

10.4 CHAPITRE 10. SÉCURITÉ DANS DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

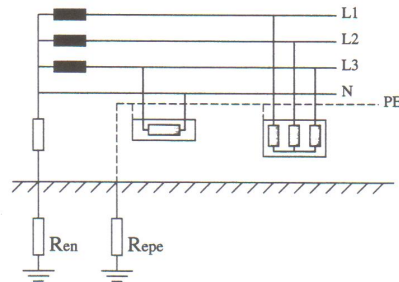
- S : Les fonctions des conducteur neutre et conducteur protectif (la terre) sont réalisés par des conducteurs séparés. (S = separated)
- C : Les fonctions des conducteur neutre et conducteur protectif sont réalisés par le même conducteur. (C=common)

10.3.1 Réseau TT



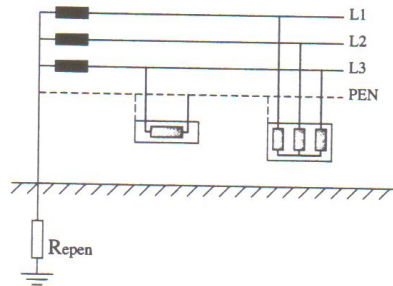
10.3.2 Réseau IT

Le neutre est mise en terre avec une grande impédance. On pourrait penser que ces systèmes sont différents mais en faite le neutre est jamais séparé complètement de la terre parce qu'il y a toujours des impédances de fuite concrétisées par des résistances et des capacités par rapport à la terre.

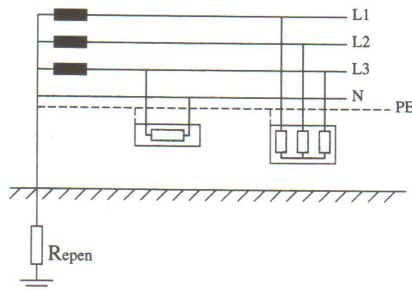


10.3.3 Réseau TN-C

Neutre N et la terre PE sont le même.



10.3.4 Réseau TN-S



Il existe encore des réseaux mais ils ne sont pas étudiés dans ce cours ci.

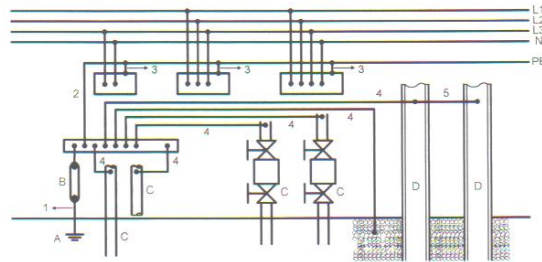
10.4 Circuit de terre

Dans un circuit de terre on fait la différence entre

- Le conducteur de la mise en terre : Ceci est le conducteur qui connecte la borne principal de la terre avec le mise en contact avec le sol. La section est déterminée par la solidité mécanique et la protection contre corrosion. $S_{min} = 16mm^2$
- Le conducteur protectif ou le neutre : Il doit être disponible à chaque appareil .
- Le conducteur d'équipotential principal : La mise en terre, différentiel ou conducteur protectif ne suffisent pas pour éliminer le danger d'électrocution. De parties étrange qui conduisent et donc peuvent distribuer une tension

dangereuse doivent être connecté l'un l'autre. On appelle ceci la connection équipotentielle principale. $S_{min} = 6mm^2$

- Connection équipotentielle additionelle : La continuité électrique d'un circuit n'est jamais sûr et pour cela on exige de temps en temps des connexions équipotentielles additionelles comme par exemple dans des salles de bains.



- A. Aardverbinding of aardingslus
- B. Aardingscheider
- C. Vreemde geleidende delen (gas, water, CV, ...)
- D. Metalen draagstructuren
- 1. Aardgeleider
- 2. Hoofdbeschermingsgeleider
- 3. Beschermingsgeleider
- 4. Hoofdequipotentiaal verbinding
- 5. Bijkomende equipotentiaalverbinding

10.5 Influence externe

Pour obtenir un bon projet il faut bien connaître les influences externes. Pour cette raison on a mis tout les influences en classes. Chaque influence est nommée avec une lettre capitale. Une deuxième lettre capitale vous donne le caractère de l'influence et puis un chiffre avec l'intensité de cette influence. 1 sera une influence normale.

- A : influences de l'environnement et qui sont indépendantes de l'installation.
- B : influences qui viennent de l'utilisateur de l'installation et les locaux ou les installations sont placés.
- C : influences de la construction du bâtiment dans lequel l'installation est placée.

Par exemple AM4 veut dire présence de rayonnement ionisante avec possibilité d'influence dangereuse.

10.6 Matériel électrique

On s'attend d'un appareil électrique qu'il fonctionnera normalement et qu'il sera sauf et fiable. En relation avec les influences externes on définit le degré

10.8 CHAPITRE 10. SÉCURITÉ DANS DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

de sécurité par une enveloppe construite autour des parties conductrices d'un appareil présent. Le caractère de protection est le suivant

- Protection des personnes contre le contact ou rapprochement des parties sous tension
- Protection du matériel dans l'enveloppe contre de pénétration de particules solides : AE
- Protection du matériel de présence d'eau : AD

Le degré de protection est reflété par les lettres dans IP suivi par 2 chiffres caractéristiques et éventuel 2 chiffres optionnelle. Il y a aussi des classes de matériel réparties par l'isolation de ce matériel. Les classes d'isolation commencent d'isolation fonctionnelle à isolation renforcé.

Il y a aussi le matériel sûr d'explosion.¹ Le matériel est classé en groupes et classe de sécurité et suivant ce classement on peut retrouver dans quelle zone quel matériel on peut utiliser. Ces classes sont précédées par le symbole EEx. Il y a les classes de sécurité contre explosions suivantes

- Caisse solide contre l'explosion : EEx d
La caisse est assez solide en point de vue mécanique pour éviter qu'une explosion se poursuive à l'extérieur.
- Sécurité augmentée : EEx e
La sécurité consiste en l'absence d'étincelles ou de températures élevées pendant service normal.
- Enveloppe : EEx h
Les parties qui peuvent donner l'occasion à une explosion sont coulées dans une résine.
- sécurité intrinsèque : EEx i
Le principe consiste sur le fait qu'on a besoin d'une énergie minimale pour chaque média explosif.
- Remplissage d'huile : EEx o
L'appareil va être plongé dans de l'huile. Cette technologie est utilisée de moins en moins.
- Surpression interne : EEx p
Dans ce cas ci on va éviter la possibilité qu'un mélange explosif peut pénétrer par la présence d'un gaz inerte dans l'enveloppe. Ce gaz est mis en pression plus haut que l'ambiant.
- Remplissage de poudre : EEx q Une poudre fine servira comme protection contre des explosions.

Exemple : EEx i IIA T6 : matériel sûr d'explosions par sécurité intrinsèque approprié pour des gaz de groupe IIA jusqu'à classe de température T6.

¹Ce classement est important pour le chapitre suivant concernant ATEX.

10.7 Fusibles

Un fusible est un appareil qui sert pour débrancher un circuit par fondre un ou plusieurs éléments qui ont été créé pour ce but quand le courant va au dela une frontière pendant un certain temps.

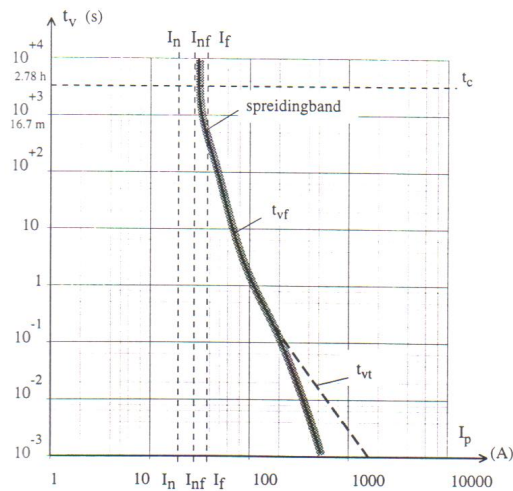
Donc le fonctionnement est fondé sur l'effet de Joule.

10.7.1 Caractéristique de déclenchement

Le courant qui peut couler par un fusible sans que ce fusible perd ses caractéristiques est nommé le courant nominal I_n . C'est ce courant sur lequel on calcule le fusible.

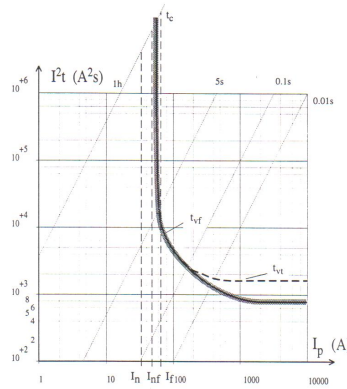
Parce qu'il est très dangereux de construire des fusibles qui réagissent vite autour du courant nominal on a défini dans la région des petits surchargement les concepts courant de fusion conventionnel I_f et courant de fusion non-conventionnel I_{nf} .

- I_{nf} : le courant qui doit être pris par le fusible sans fondre
- I_f : le courant pour lequel le fusible doit fondre dans le temps conventionnel ceci nous donne le graphique si dessous



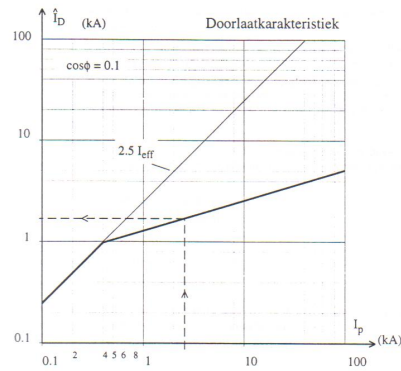
10.7.2 I^2t caractéristique

Quand il y a des courants très grands la puissance va converger à une valeur constante et ceci nous donne la caractéristique ci dessous. En fait cette caractéristique et la caractéristique de déclanchement vous donne la même information. Mais on va utiliser la dernière pour des temps de déclanchement petit et pour des temps de déclanchement plus grand le caractéristique de déclanchement



10.7.3 Caractéristique de passage

On peut calculer pour chaque fusible la valeur maximale du courant que cette fusible laisse passer dans les circonstances le plus défavorable. Ceci nous donne la caractéristique de passage mis ci dessous.



10.7.4 Fusibles standardisées

Fusibles sont classées dans deux classes de fonctions.

- Fusibles qui peuvent protéger au même temps contre surchargement et contre court circuit. Ceci sont des fusibles de type g, general purpose fuses.
- Fusibles qui ne sécurisent que contre court circuit. Ceci sont des fusibles de type a, accompanied fuses.

Sauf ce classement on va faire un classement en point de vue d'objets à protéger. Protection de :

- cablage : I
- appareils et moteurs : M
- transformateurs : Tr
- semi-conducteurs : R
- installations d'exploitation des mines : B

Ainsi on obtient les classes suivantes : gI,aM,aR,gR,gB,gTr avec ses propres caractéristiques.

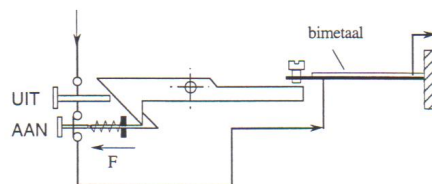
10.8 Interrupteurs de puissances

Un interrupteur de puissance est un appareil mécanique qui peut connecter, laisser parcourir ou interromper le courant en service normal. Un interrupteur de puissance peut aussi détecter et éliminer par débranchement des erreurs du réseau.

Dans ce qui suit nous allons nous limiter au débranchement. Dans ce cas il faut faire une distinction entre court circuit et surchargement.

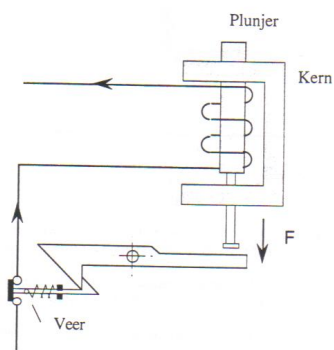
10.8.1 Surchargement

La protection se passe par un interrupteur électrothermique. L'élément principal est un bi-métal. La figure ci dessous vous donne un schéma de ce type de protection.



10.8.2 Protection de court circuit

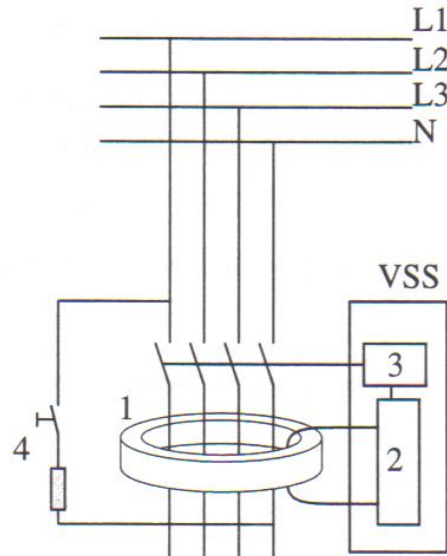
Ceci est réalisé par un interrupteur électromagnétique. Il est composé d'un noyau électromagnétique et une spire parcouru par un courant proportionnel au courant dans le circuit à protéger. Le courant dans la spire fait naître un flux. Dès le moment qu'une valeur maximale est atteinte, il y a une interruption par des forces électromagnétiques. La figure ci dessous vous donne le schéma de principe.



Ces deux composants ont aussi leurs caractéristiques mais cette étude n'est pas couverte dans ce cours ci.

10.9 Interrupteur de perte de courant

L'interrupteur de perte de courant est un appareil de sécurité qui est mis en marche quand un courant de perte se dirige vers la terre. Le circuit dangereux est interrompu quand cette fuite à terre atteint la perte nominale. La construction est mis dans la schéma suivante



1. L'organe de dépiage est un noyau ferromagnétique en forme d'anneau où tout les conducteurs, *conducteur zéro compris, mais conducteur de protection(terre) exclu*, doivent parcourir qui alimentent le circuit protégé.
2. Dans un installation *sans* perte de courant la somme de vecteurs qui parcourent l'anneau zéro et il n'y a pas d'induction magnétique. Quand il y n a des pertes de courant il y a donc de l'induction.
3. L'organe de déclenchement débranche l'interrupteur quand la sensibilité est atténué.
4. Un interrupteur de perte de courant a un bouton de contrôle.

Il y a différentes classes d'interrupteur de perte de courant. AC sert pour courant alternatif pur, A pour courant direct pulsant et B pour courant direct.