



# L'ÉLECTRICITÉ

C'EST



FACILE !



## NOTIONS DE BASE EN ELECTRICITE

Ce fascicule édité par Imexco, est un support pédagogique destiné à faire comprendre aux stagiaires non électriciens en formation à l'habilitation BO, BS, HO(V), ce qu'est l'électricité : sa constitution, sa production et sa distribution.

La Loi d'Ohm (ou Loi du risque électrique) est abordée avec les différents dispositifs de protection des biens et des personnes.

Ainsi le contenu de la formation à l'habilitation, selon la Norme NFC 18-510 sera beaucoup plus facile à assimiler.

**N.B :**

Seules dans ce fascicule ont été abordées les notions de base nécessaires à la compréhension du Risque Electrique, tel qu'il ressort du programme de formation réglementaire selon la norme NF C 18-510.

n'ont pas été abordées :

- Le magnétisme et l'électromagnétisme,
- Le courant alternatif (monophasé et triphasé),
- Les machines tournantes : dynamos, alternateurs, moteurs asynchrones,
- Les transformateurs,
- Les différents Régimes de Neutres " SLT " et leurs protections,
- Les sections et longueurs des conducteurs en fonction de l'ampérage, etc.



Michel FOUGERE DE HAUTMONT  
Ingénieur Ecole Nationale Supérieure d'Electricité  
Expert en Normalisation à l'AFNOR

❖ *La reproduction de ce fascicule est interdite*  
Mise à jour Juin 2017

*IMEXCO S.A.S – Organisme de Formation Professionnelle*

S.A.S capital de 80 000 € ; R.C.S PARIS B 453789224 ; SIRET 45378922400012 ; Code NAF: 8559 A ; R.C.P AXA n°244082704

Déclaration d'Activité de Formation enregistrée sous le n° 11 75 43 187 75 auprès du Préfet de Région Île de France.

Déclaration CNIL n°194 9808vO

Membre de la Fédération de la Formation Professionnelle – Certifié ISQ - OPQF

Siège Social : 68 Boulevard de Port Royal PARIS 75005 – Tél. 0979 32 35 99- email : [paris@imexco.org](mailto:paris@imexco.org)  
Siège Administratif : 50 Bd Gambetta 16300 BARBEZIEUX - Tél. 05 45 78 50 83 – email : [charentes@imexco.org](mailto:charentes@imexco.org)

CHAPITRE I	STRUCTURE DE LA MATIERE	3
CHAPITRE II	COMPRENDRE L'ELECTRICITE	6
	- ELECTRICITE STATIQUE	
	- ELECTRICITE DYNAMIQUE (Courant électrique)	
CHAPITRE III	EXPLICATION DES GRANDEURS ELECTRIQUES	9
	- RESISTANCE	
	- INTENSITE ELECTRIQUE	
	- QUANTITE D'ELECTRICITE	
	- TENSION ELECTRIQUE	
CHAPITRE IV	DEFINITION DU CIRCUIT ELECTRIQUE	12
	- GENERATEUR, FIL CONDUCTEUR, RESISTANCE	
CHAPITRE V	LOI D'OHM = LOI DU RISQUE ELECTRIQUE	14
	- $U = RI$	
	- EFFETS DU COURANT ELECTRIQUE	
CHAPITRE VI	DISPOSITIFS DE PROTECTION	16
	- PROTECTION DES EQUIPEMENTS ET DES INSTALLATIONS (FUSIBLES ET DISJONCTEURS)	
	- PROTECTION DES PERSONNES (DISPOSITIFS DIFFERENTIELS DDR )	
CHAPITRE VII	DISTRIBUTION DE L'ELECTRICITE	20
	- CONDUCTEURS ELECTRIQUES	
	- CONDUCTEUR DE TERRE	
	- MISE A LA TERRE DES MASSES	
	- RESISTANCE DE TERRE	
	- LIAISON EQUIPOTENTIELLE	



## L'ATOME

En tant que la plus petite partie d'un corps, l'atome a été imaginé déjà dans l'Antiquité.

Mais c'est seulement au 19ème siècle qu'il put être étudié et modélisé.

On doit à Ernest Rutherford, un physicien anglais d'avoir proposé la représentation de l'atome sous la forme d'un système solaire miniature.

Conventionnellement, on représente l'atome comme constitué d'électrons (grains d'électricité) gravitant autour d'un noyau, comme le feraient des satellites autour d'une planète.

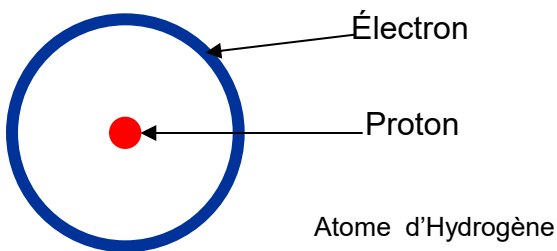
Par rapport au diamètre de l'atome, le noyau semble très petit, la matière est essentiellement constituée de vide.

Si le noyau d'un atome était de la grosseur d'une balle de tennis, les électrons tourneraient à 4 000 m de distance.

## NOYAU

Le noyau est constitué de nucléons : Neutrons + Protons.

La charge électrique du neutron est nulle. Le proton a une charge positive égale en valeur absolue à celle de l'électron qui lui, est négatif.



A son état normal un atome est neutre, le nombre d'électrons  $(-)$  étant égal au nombre de protons  $(+)$

L'Atome est neutre  $(-) = (+)$

- Masse du Proton =  $1,672 \times 10^{-27}$  kg
- Masse de l'électron =  $9 \times 10^{-31}$  kg
- Le Proton est environ 10 000 fois plus lourd que l'Électron
- Charge électrique de l'électron  $1,61 \times 10^{-19}$  coulombs

## ELECTRONS

Les électrons, de charges négatives, sont répartis par couches. Chaque couche ne peut comporter qu'un nombre limité d'électrons.

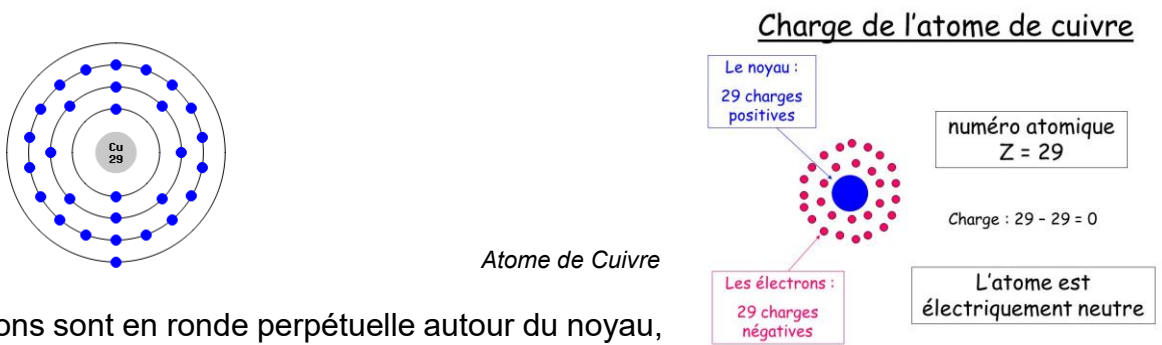
Par exemple la couche K qui est la plus proche du noyau est saturée avec 2 électrons.

La couche la plus à l'extérieur de la plupart des atomes n'est pas complète, elle peut ainsi accepter (provisoirement) des électrons, ou éventuellement en perdre.

Le nombre d'électrons maximum par couche est le suivant : couche K : 2 électrons, couche L : 8 électrons, couche M : 18 électrons, couche N : 32 électrons, O = 50 é, P = 72 é, Q = 98 é.

La figure 5 représente dans un plan un atome d'hélium avec ses 2 électrons, son noyau 2 protons et 2 neutrons, la fig. 3 représente les 14 électrons d'un atome de silicium gravitant autour du noyau composé de 14 protons, la fig. 4 représente un atome de cuivre avec ses 29 électrons et son noyau composé de 29 protons.

(les neutrons de l'atome de cuivre et de silicium ne sont pas représentés pour simplifier le dessin).



Les électrons sont en ronde perpétuelle autour du noyau, la vitesse de rotation autour du noyau est de :  $10^{16}$  tours/sec.

Les électrons tournant autour du noyau peuvent être assimilés à une hélice qui en tournant fait un disque. En fait, les électrons constituent un nuage autour du noyau (fig.6).

### Flux d'Electrons

Les électrons restent liés au noyau, mais certains électrons des couches périphériques les plus éloignées peuvent se :

❖ **Détacher facilement du Noyau et sortent des Atomes en se déplaçant avec une totale liberté.**

Ils forment un flux d'électrons, c'est à dire un courant électronique : on les appelle des **électrons libres**

### Les Ions

Les Atomes qui ont perdu ou gagné des électrons s'appellent des Ions.

**Ion + : atome qui a perdu un électron**  
**Ion - : atome qui a gagné un électron**

Dans un « matériau conducteur », il y a des électrons libres (e-) et des atomes qui ont perdu des électrons et deviennent ainsi des ions positifs (+).

**Matériau Conducteur**

Un matériau conducteur est formé d 'électrons libres (e-) et des ions positifs (+) (fig.7).

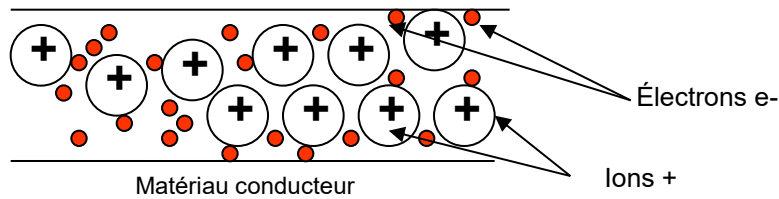
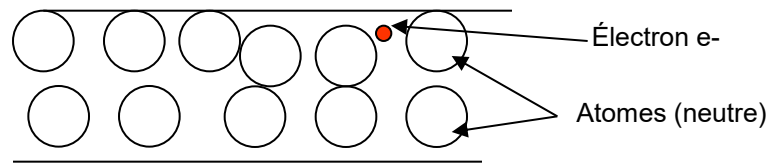


Fig 7

**Matériau Isolant**

La force d'attraction des charges positives du noyau est telle que tous les électrons y compris les périphériques ne peuvent se détacher : ils sont prisonniers.

Pas de transfert de charges électriques entre atomes voisins



Matériau isolant

Fig 8

Un matériau isolant ne contient pas (ou peu) d'électrons libres (fig.8).

## L'ELECTRICITE STATIQUE

Dans l'Antiquité, les Grecs (Thalès de Millet au 5<sup>e</sup> siècle avant JC) avaient constaté que lorsqu'on frottait de l'ambre jaune (sorte de résine fossile de conifère, nommé en grec *électron*), celle-ci avait la propriété d'attirer des corps très légers. On peut reproduire facilement cette expérience en frottant une règle en plastique ou un tube en verre à l'aide d'un chiffon. La règle se charge d'électricité et il est facile d'attirer de petits fragments de polystyrène expansé ou un ruban de bande magnétique suspendu. Ce phénomène est appelé électrisation. Il fut étudié d'abord au 17<sup>e</sup> et 18<sup>e</sup> siècles et constituait la base de distractions spectaculaires dans les salons aristocratiques. C'est dans le cadre de ces expériences que Coulomb établit sa loi [fondamentale de l'électrostatique](#).

Électriser un corps : c'est contraindre un ou plusieurs électrons, soit à quitter momentanément leurs atomes, soit à venir augmenter le nombre d'électrons des atomes.

Pour les matériaux isolants, la source qui va arracher des électrons doit être principalement mécanique : en frottant de l'ébonite sur de la fourrure, on force les électrons à quitter la fourrure pour aller sur le bâton d'ébonite.

Ces charges électriques négatives : électrons qui vont se fixer sur l'ébonite qui sera chargée négativement : les électrons vont y rester momentanément jusqu'au moment où ils peuvent quitter le matériau; c'est pour cela que on appelle cette électrisation : [électricité statique](#).

Mais l'électricité produite est faible, l'énergie emmagasinée est faible, et on ne peut l'utiliser (sauf pour quelques rares applications)...la peinture, talcage, flocage, dépoussiérage, etc.

### L'Electrisation par Contact

#### Corps isolant

Lorsqu'un matériau isolant est frotté par un autre matériau isolant, des électrons sont arrachés par le frottement aux atomes superficiels.

L'équilibre des charges proton-électron est alors rompu dans les atomes concernés qui se retrouvent alors chargés positivement. D'un autre côté, l'objet qui a arraché les électrons les a emportés à sa surface et se trouve à son tour chargé négativement.

En théorie, la charge positive d'un des objets est identique à la charge négative de l'autre.

En pratique, l'air n'est pas un isolant parfait, surtout quand il est humide, et des électrons s'échappent de l'objet chargé négativement tandis que des électrons vagabonds sont attirés par les charges positives de l'autre objet.

Ce phénomène d'électrisation se rencontre dans la nature, pendant les orages où des masses d'air importantes en mouvement s'électrisent au point d'accumuler des charges électriques importantes capables de provoquer des éclairs d'une puissance considérable.

#### Corps conducteur

Si l'on touche un corps conducteur isolé non chargé électriquement avec un autre corps chargé, une partie des charges se déplace du corps chargé vers le corps neutre.

[C'est l'électrisation par contact.](#)

L'électrisation peut se produire également sans contact, en rapprochant simplement les deux corps ; on parle alors [d'électrisation par influence](#).



### L'électrisation par influence

Lorsqu'on approche d'un corps A, électriquement neutre un corps B électrisé, il se produit sur le corps A une électrisation, telle que des charges de signes opposés s'accumulent en regard du corps B.

Comme le corps A ne reçoit, ni ne cède aucune charge, des charges de signes opposés se répartissent à la surface du corps A avec une prédilection pour les surfaces courbes ou pointues des extrémités.

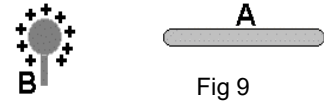


Fig 9

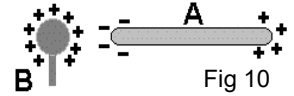


Fig 10

Les charges de signes opposées s'attirent



Les charges de même signe se repoussent



### ELECTRICITE DYNAMIQUE = Courant Electrique

Dans un conducteur, les électrons libres se déplacent naturellement dans TOUTES les directions. Le résultat de ces déplacements désordonnés est une énergie NULLE.

Si on peut faire déplacer tous ces électrons dans le même sens par un moyen quelconque, ces électrons circulant tous dans le même sens produiront alors de l'ENERGIE.

Ce déplacement des électrons tous dans le même direction, crée un courant appelé : **COURANT ELECTRIQUE CONTINU**.

Comment faire pour amener les électrons qui ont des déplacements erratiques, à s'organiser pour créer des déplacements uniformes ?

Il faut un GENERATEUR

(Par exemple une PILE - fig.11)

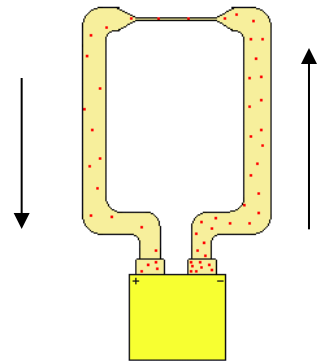


Fig 11

## ELECTRICITE DYNAMIQUE = Courant Electrique

On réunit par un fil conducteur le pôle – qui est un réservoir d'électrons chargés négatifs et le pôle + de cette pile chargés d'ions positifs à travers une résistance (fig.12)

Aussitôt, il va s'établir un déplacement des électrons du pôle – au pôle + :

**C'est un courant électrique**

Un courant est dit **continu** quand il ne change pas de sens (qu'il soit constant ou variable)  
et **alternatif** quand il s'inverse.

Il s'établit un courant électrique dans un conducteur lorsque celui-ci relie un "réservoir" électrique négatif, donc chargé d'électrons à un "réservoir" électrique positif, donc chargé d'ions positifs.

L'exemple typique est celui d'une pile débitant dans une résistance (fig.13 & 14).

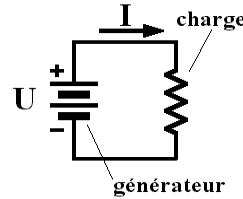


Fig 14

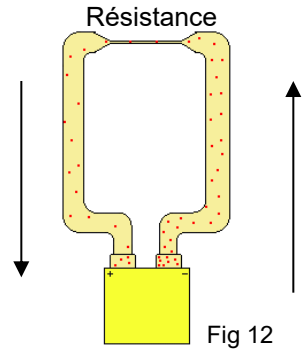


Fig 12

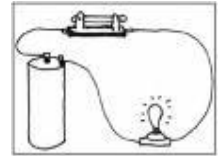


Fig 13

## ELECTRICITE DYNAMIQUE = Courant Electrique

### L'énergie électrique, Symbole $W$ = Joule

L'énergie peut se présenter sous toutes sortes de formes :

- Mécanique,
- Chimique,
- Thermique.

Toutes ces formes d'énergie peuvent se transformer en énergie électrique et inversement.

Quelques exemples :

- Dans une pile ou un accumulateur, l'énergie chimique se transforme en énergie électrique,
- Un moteur électrique permet de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique,
- Un des phénomènes les plus ordinaires est la production de chaleur par un courant électrique (effet Joule) :

$$W = R.I^2 t$$

$W$  en joules,  $t$  en seconde

- Un courant électrique dans un conducteur produit également des effets magnétiques.

Pour mieux comprendre l'électricité, on peut en première approximation la comparer avec l'eau, dont la **GOUTTE** d'eau serait l'**ELECTRON**

RESISTANCE ELECTRIQUE

Symbole  $R$

La notion de résistance

Lorsque qu'un tuyau transporte de l'eau, il suffit d'écraser un peu le tuyau pour que le débit diminue et que la pression augmente en amont A du point d'étranglement et diminue en aval B de celui-ci.

Plus la résistance au point d'étranglement sera importante et plus sera grande la différence de pression entre les points A et B.  
En même temps que la résistance augmente, le débit diminue.

Si le tuyau est complètement écrasé, l'eau ne passe plus, le débit est nul et la résistance est infinie.

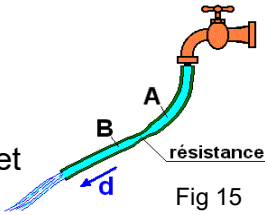


Fig 15

On imagine également que s'il y a deux points d'étranglement l'un à la suite de l'autre (en série) sur le tuyau, la résistance globale sera plus grande et le débit encore plus faible.

Autres constatations :un tuyau court est moins résistant qu'un tuyau long, et un petit tuyau plus résistant qu'un gros tuyau.

RESISTANCE ELECTRIQUE

Symbole  $R$

De même, si on met des tamis plus ou moins fins à l'intérieur du tuyau on va augmenté + ou – la résistance au passage de l'eau.

La grosseur des tamis intérieurs sera une caractéristique intrinsèque au tuyau.  
On peut faire l'analogie avec un conducteur électrique.

- Plus la section du conducteur est petite, plus la résistance au passage des électrons sera grande (fig.18)

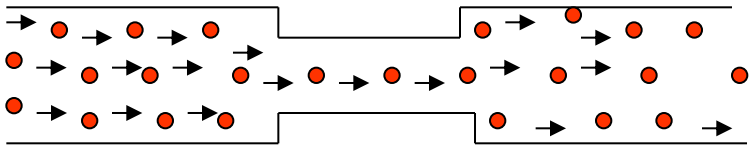


Fig 18

- Plus la longueur du conducteur est importante, plus la résistance sera importante (par les choc des électrons sur les parois)
- Plus le conducteur possède des électrons libres, moins la résistance est grande, car ils ne butent pas sur les ions positifs (fig.19).

● = Electrons  
+ = Ions

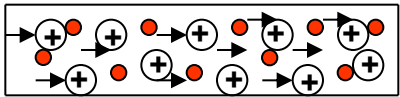
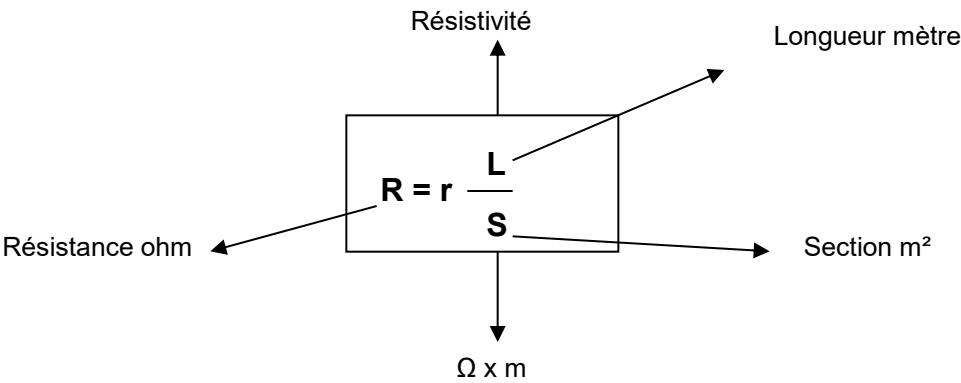


Fig 19

❖ Cette notion de résistance au passage des électrons propre à chaque conducteur s'appelle la Résistivité.

**La Résistivité : Symbole  $r$**

La résistivité par exemple du fer est plus grande que celle du cuivre ou de l'argent. On voit que la résistance d'un conducteur  $R$  sera fonction de sa résistivité propre, de sa longueur et inversement proportionnelle à sa section.



L'unité de résistance électrique est l'ohm (symbole  $\Omega$ ).  
Les valeurs communes de résistance vont de quelques milli-ohms à des dizaines de mégohms.

**INTENSITE ELECTRIQUE                      Symbole  $I$**

On peut comparer l'intensité d'un courant électrique au débit d'eau circulant dans un tuyau d'arrosage.  
L'unité d'intensité du courant électrique est l'ampère (symbole A).  
C'est l'intensité du courant constant qui dépose 1,118 mg d'argent en une seconde dans l'électrolyse d'une solution nitrate d'argent, ce qui correspond à un coulomb/seconde.  
La définition légale de l'ampère est basée sur les effets magnétiques du courant électrique.  
L'appareil qui permet de mesurer l'intensité d'un courant électrique est *l'ampèremètre*

**LA QUANTITE D'ELECTRICITE                      Symbole  $Q$**

Un courant électrique est déterminé par le déplacement d'électrons.  
La quantité d'électricité  $Q$  (en coulomb) est le produit de l'intensité  $I$  du courant (en ampère) par le temps  $t$  (en seconde) :  
  
Le coulomb (symbole C) est la quantité d'électricité nécessaire pour déposer 1,118 mg d'argent dans l'électrolyse d'une solution de nitrate d'argent ( $AgNO_3$ ).  
  
On utilise aussi fréquemment l'ampère-heure, par exemple pour exprimer la quantité d'électricité utilisée pour la charge d'un accumulateur.

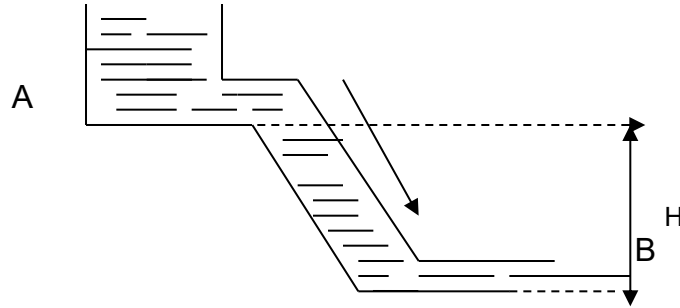
$1\text{ Ah} = 3600\text{ C}$



**TENSION ELECTRIQUE et d.d.p****Symbole U**

Une analogie hydraulique de la tension ou *différence de potentiel* (d.d.p.) est la différence de pression entre deux points d'un circuit hydraulique, par exemple entre l'aval et l'amont d'une vanne à moitié fermée ou entre la surface d'une retenue d'eau (altitude A) et la vallée (altitude B).

Plus la différence de hauteur A-B est importante, plus la pression sera grande au point B. Cette différence de hauteur correspond à la « différence de potentiel » en électricité.  
Si le point A est à la même hauteur que B, la différence de hauteur (potentiel) est nulle et il n'y a pas de circulation d'eau (courant électrique).



Ce qui est dangereux ce n'est pas la hauteur (ou le potentiel) quel qu'il soit, mais la différence de hauteur (ou différence de potentiel).

L'unité de tension électrique est le volt (symbole V), c'est la différence de potentiel entre deux points d'un circuit où une quantité d'énergie de 1 joule est perdue entre ces deux points lorsqu'une quantité d'électricité de 1 coulomb y a circulé.

L'appareil qui permet de mesurer une différence de potentiel ou une tension est le [voltmètre](#).

## CIRCUIT ELECTRIQUE

Un circuit électrique se compose au minimum d'un générateur et d'une charge reliée par des fils conducteurs.

Les électrons qui participent à l'établissement du courant dans le circuit quitte le générateur par le pôle " - " pour retourner dans le générateur par le pôle " + ".

### Schéma d'un circuit électrique.

En électrocinétique, un circuit électrique est un ensemble simple ou complexe de conducteurs et de composants électriques ou électroniques parcouru par un courant électrique.

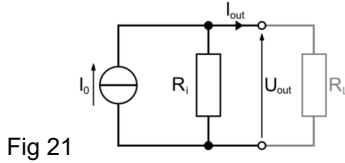


Fig 21

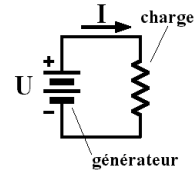


Fig 22

Un circuit est constitué d'un générateur qui est la source de courant (pile, accumulateur, dynamo...) et d'un ou plusieurs récepteurs (lampe, fer à repasser, radiateur, machine à laver...). Les bornes de ces appareils sont reliées entre elles par des conducteurs (fils de cuivre, lames de laiton...) pour constituer un circuit fermé, c'est-à-dire ininterrompu.

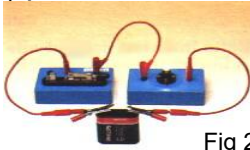


Fig 23

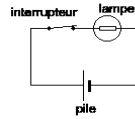


Fig 24

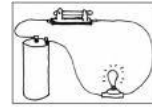


Fig 25

## GENERATEURS

### Nature du courant

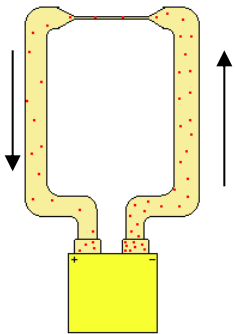


Fig 27

### La pile et sa force électromotrice:

Entre les deux bornes d'une pile existe continuellement une différence de densité des électrons libres :

- La borne négative possède une concentration d'électrons plus forte que la normale tandis que :
- la borne positive est déficitaire en électrons.

Si un circuit électrique est relié à la pile, les électrons libres du circuit sont attirés par la borne positive, repoussés par la borne négative de la pile.

Symbole d'une pile

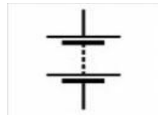


Fig 26

Ils circulent de la borne « moins » vers la borne « plus » à l'extérieur du générateur.

La différence de potentiel (ou tension électrique) qui existe ainsi entre les bornes de la pile est encore appelée force électromotrice, car elle est capable de mettre en mouvement les électrons libres du circuit.

Dans le schéma fig.27, les points rouges symbolisent les électrons libres se déplaçant dans les fils.

Le "tuyau" plus fin représente le filament de la lampe.

Les électrons se déplacent très lentement dans les fils de connexion (souvent quelques fractions de millimètre par seconde) .

La vitesse est plus grande dans le filament, ce qui provoque son échauffement.

## GENERATEURS

Sens conventionnel du courant

Les effets magnétiques et chimiques s'inversent lorsqu'on permute les bornes du générateur.

Les savants qui ignoraient la réalité de l'électron ont donc été amené à choisir arbitrairement un sens au courant.

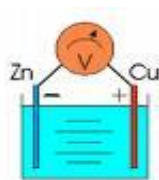
Ils ont choisi celui qui part de la borne positive vers la borne négative, c'est-à-dire :

**l'inverse du sens de déplacement des électrons.**



Fig 28

Dynamo



Accumulateur  
2 électrodes Zinc et  
Cuivre Immergées dans  
une solution acidulée

Fig 29



Pile inventée par M. VOLTA

Fig 30



Groupe électrogène triphasé

Fig 31

## LA LOI D'OHM

C'est une loi fondamentale de l'électricité. Elle exprime la relation qui existe entre l'intensité  $I$  dans une portion de circuit de résistance  $R$  et la différence de potentiel  $U$  aux bornes de cette portion de circuit et s'énonce :

"La différence de potentiel en volts aux bornes d'une résistance est égale au produit de la valeur en ohm de cette résistance par l'intensité en ampères qui la traverse".

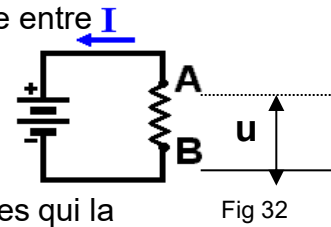


Fig 32

Ce qui se traduit par la formule :

$$U = R \cdot I$$

Note :

**R en Ohm, I en Ampère, U en Volt**

R doit être une résistance pure, c'est à dire ne transformant l'énergie électrique qu'en énergie calorifique.

Deux autres formules très utiles en découlent :

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{et} \quad I = \frac{U}{R}$$

Pour conserver l'analogie avec notre tuyau d'arrosage du début nous dirons que la différence de pression entre l'aval et l'amont d'un étranglement dans une conduite d'eau est proportionnel à la résistance de l'étranglement et au débit d'eau dans le tuyau. La comparaison s'arrête là, elle n'a pas d'autre but que d'aider à la compréhension du phénomène

## EFFETS DU COURANT

Dans le chapitre II, le courant se manifestait par de la lumière (étincelles, éclair), par du bruit (tonnerre, crépitement) ou par des sensations désagréables. Il s'agissait de décharges électriques, de l'électricité à l'état brut. Mais quels sont les effets d'un courant qui circule sagement dans les fils d'un circuit ?

### 1) Effet thermique :

Le courant électrique provoque l'échauffement de tous les conducteurs qu'il traverse.

On appelle ce phénomène **l'effet Joule**.

Le dégagement de chaleur est variable, il dépend de la nature et de la grosseur du conducteur ainsi que de l'intensité (grandeur) du courant.

Dans le filament d'une lampe à incandescence, le dégagement de chaleur entraîne une élévation très grande de la température (plus de 2500°C). Le filament émet alors une lumière vive.

Principales applications: appareils de chauffage et d'éclairage.

$$W = R \cdot I^2 t, \quad P = \frac{W}{t} \quad (W \text{ en joules, } t \text{ en secondes})$$

donc

$$P = VI = R \cdot I^2 \quad (V = Ri) \quad (P \text{ en watt, } V \text{ en Volts, } I \text{ en Intensité})$$



**2) Effet magnétique :**

Une boussole placée près d'un fil parcouru par le courant est perturbée. Si l'on permute les bornes du générateur, la perturbation s'inverse. Voir expérience de l'[aiguille d'Oersted](#).

**Principales applications: Les électro-aimants, les moteurs électriques**

**3) Effet chimique :**

Lorsqu'un courant électrique circule dans un liquide conducteur (électrolyte), il se produit des réactions chimiques au niveau des électrodes (conducteur solide en contact avec le liquide): dégagement gazeux, dépôt d'un métal...

Si on permute les bornes du générateur, on observe que les réactions s'inversent.

**Principales applications: Recharge des [accumulateurs](#).**

## PROTECTION DES EQUIPEMENTS ET DES INSTALLATIONS

Une installation électrique doit être en mesure d'assurer :

- La protection des conducteurs,
- La protection des équipements,
- La protection des personnes.

Différents organes de protection sont disponibles :

Nous abordons dans ce chapitre les cas du fusible, du disjoncteur (protection des installations) et du dispositif différentiel à courant résiduel ddr (protection des personnes).

### Le fusible

Le fusible est un objet qui a pour rôle d'assurer la sécurité d'une installation en interrompant la circulation du courant électrique.

Lorsque l'intensité qui traverse cet élément est supérieure à une valeur donnée, il ouvre le circuit en se détruisant par une fusion du filament conducteur qui le compose (d'où son nom de fusible).

La section du filament est calculée en fonction de l'intensité maximale du courant à laisser passer.

En effet, la section des câbles dépend de l'intensité du courant à transporter : plus un courant est important, plus le fil conducteur doit avoir une section élevée si l'on ne veut pas qu'il fonde.

La norme [NF C 15-100](#) donne les sections que doivent avoir les conducteurs en fonction du courant assigné.



Fig 33



Fig 34

## PROTECTION DES EQUIPEMENTS ET DES INSTALLATIONS

### Le disjoncteur Magnéto-Thermique

Le disjoncteur a la même vocation : la protection des conducteurs et des équipements.

C'est un dispositif capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales, mais aussi dans des conditions de surcharge et/ou de court-circuit.

Sa différence avec un interrupteur est qu'il peut ouvrir un circuit traversé par un courant très grand (c'est à dire de l'ordre de 1000 A), ce qu'un interrupteur ne peut pas faire :

- on dit qu'il a un fort **Pouvoir de Coupure**.

Il remplace de plus en plus le fusible, en particulier parce qu'il ne se détruit pas lors de l'ouverture du circuit : c'est un dispositif réarmable.

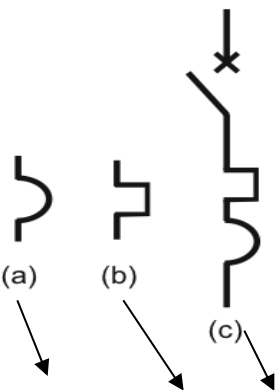
Il existe plusieurs types de disjoncteurs :

- le disjoncteur magnétique, qui assure la protection contre les court-circuits (fig.36 symbole a);
- le disjoncteur thermique, qui assure la protection contre les surcharges (fig.36 symbole b);
- le disjoncteur magnéto-thermique, qui cumule les deux fonction et assure la protection contre les court-circuits et contre les surcharges (fig.36 symbole c).

❖ C'est ce type de disjoncteurs qui équipe nos tableaux électriques domestiques (fig.35 et fig.37).

PROTECTION DES EQUIPEMENTS ET DES INSTALLATIONS

Nous donnons sur la Fig. 7 les symboles électriques correspondant aux différents éléments de protection ainsi que celui du disjoncteur magnéto-thermique.



Protection magnétique, thermique, magno-thermique

Fig 36

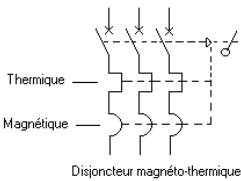


Fig 35



Fig 37

Fig. 35 et 37 : Elément de protection magnétique (a), thermique (b) et disjoncteur muni d'un déclencheur sur surcharge (thermique) et court-circuit (magnétique) (c).

❖ Remarque :

Attention à ne pas confondre disjoncteur magno-thermique et disjoncteur ou interrupteur différentiel !

Le disjoncteur est un dispositif assurant la fermeture et l'ouverture d'un circuit.  
Il n'est différentiel que lorsqu'il assure une fonction de protection particulière.

PROTECTION DES PERSONNES (DDR)

Le dispositif différentiel à courant résiduel (DDR)

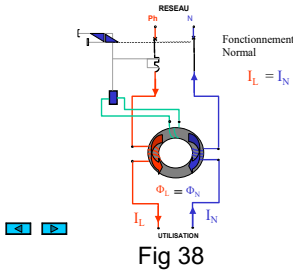


Fig 38

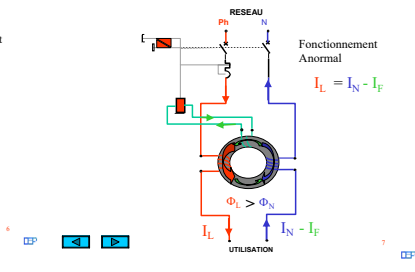


Fig 39

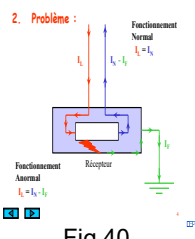


Fig 40

Dans une installation monophasée ou triphasée ([voir fascicule Imexco Notions Élémentaires en Electricité](#)), un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) est un appareil de protection des personnes, dont la fonction est de comparer les intensités traversant les fils de phase et de neutre.

En cas de différence, **il coupe immédiatement le courant.**

En effet, si l'on prend l'exemple d'une installation monophasée domestique, le courant électrique qui arrive dans un récepteur par le fil de phase doit ressortir dans sa totalité par le fil de neutre (fig.38).

De fait, si le courant dans le conducteur de phase au départ d'un circuit électrique est différent de celui du conducteur neutre, c'est qu'il y a une fuite de courant : un défaut électrique (fig. 39 et fig. 40).

## PROTECTION DES PERSONNES (DDR)

La différence d'intensité du courant à laquelle réagit un disjoncteur est appelée la **sensibilité différentielle du disjoncteur, notée  $I\Delta n$** .

Elle est obligatoirement de 30 mA sur les circuits terminaux domestiques, mais il peut y avoir d'autres sensibilités suivant les applications.

### Explication Technique

Nous avons reporté sur la figure le schéma ci-contre d'un dispositif différentiel à courant résiduel dans le cas d'une installation monophasée.

- 1 : pôles de puissance du disjoncteur ;
- 2 : déclencheur thermique (il ouvre le circuit en cas de surcharges)
- 3 : tore ;
- 4 : bobinages principaux ;
- 5 : déclencheur magnétique (il ouvre le circuit en cas de court circuit) ;
- 6 : bobine de détection (c'est elle qui détecte une différence d'intensités dans les fils de phase et neutre) ;
- 7 : relais de détection sur lequel agit la bobine de détection ;
- 8 : bouton de réarmement.

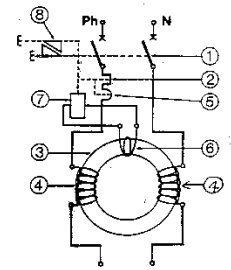


schéma  
Fig 41

Nous pouvons voir que la phase et le neutre traversent un tore magnétique.

**Ils y induisent deux champs magnétiques de même direction, mais de sens opposés.**

## PROTECTION DES PERSONNES (DDR)

Lorsqu'il n'y a pas de défaut dans le circuit, le courant qui traverse le conducteur de phase est égal à celui qui traverse le fil relié au neutre du générateur et, par conséquent, les champs magnétiques présents dans le tore ont un même module, une même direction, mais un sens opposé : ils s'annulent.

Il n'y a donc pas de courant qui circule dans le relais sensible :

la gâchette est maintenue dans une position fermée par l'aimant permanent, en dépit des efforts du ressort.

Par contre, si les valeurs des courants de phase et de neutre sont différentes, les champs magnétiques créés dans le tore ne peuvent plus s'annuler :

il apparaît alors au sein du tore un champ magnétique alternatif qui va engendrer à son tour un courant dans l'enroulement alimentant l'électro-aimant.

Ce dernier induit alors un champ magnétique qui s'oppose à celui de l'aimant permanent, ce qui permet à la gâchette de se libérer de l'emprise de l'aimant.

Celle-ci subit alors la force de rappel du ressort et bascule dans la position ouverte, provoquant ainsi la coupure du courant.

## PROTECTION DES PERSONNES (DDR)

## modèles DDR

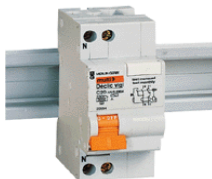


Fig 42



Fig 43

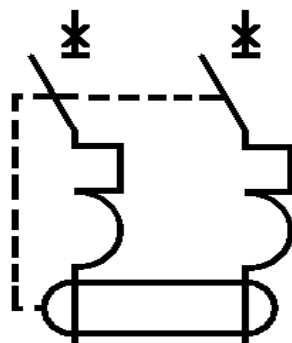
Sensibilité d'un différentiel :

Sur la face avant du différentiel représenté fig.42 et fig.43, figure l'indication : 0,03 A.

Cette indication représente la sensibilité du différentiel. Elle signifie que le différentiel ouvre le circuit de l'installation dès que la différence entre l'intensité du courant dans le fil de phase et l'intensité du courant dans le fil neutre atteint 30 mA.

❖ Remarque :

Il existe pour les différentiels d'autres sensibilités : 500 mA par exemple. Un tel différentiel de 500 mA est dit moins sensible qu'un différentiel de 30 mA. la fig.44 représente le symbole du disjoncteur différentiel.



symbole

Fig 44

## CONDUCTEURS ELECTRIQUES

L'électricité est amenée par des câbles qui distribuent l'électricité dans la maison.

- ❖ Phase = fil rouge, noir, marron (Toutes les couleurs, sauf Bleu, Vert et Jaune)
- ❖ Neutre = fil bleu
- ❖ Terre = fil vert et jaune



Fig 45

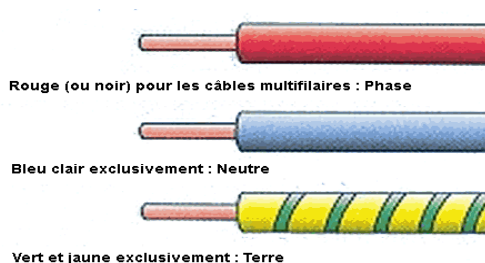


Fig 46

## CONDUCTEURS TERRE

### ❖ A quoi sert le conducteur de terre

Dans les installations domestiques, on utilise le régime TT dont le schéma de principe est reporté sur la fig. 47.

Ce SLT a en effet l'avantage d'empêcher les surtensions, réduisant ainsi les risques d'incendie. De plus, il est simple à mettre en oeuvre et à contrôler, et il ne demande pas d'entretien. Il permet la coupure au premier défaut, ce qui facilite la détection de celui-ci (mais qui s'avère un inconvénient dans le domaine industriel).

En revanche, de par sa nature même, il induit des courants de fuite en cas de défaut, et c'est d'ailleurs la détection de ces courants qui permet l'ouverture du circuit.

Or, si une protection différentielle de type 300 ou 500 mA, telle que celle effectuée dans les disjoncteurs principaux que fournit EDF à ses abonnés suffit à protéger les installations, il faut ajouter un organe de protection pour les personnes : un dispositif différentiel sensible aux courants de 30 mA.

En effet, nous pouvons aisément comprendre d'après ce que nous avons vu précédemment :

### ❖ Qu'un courant de 500 mA présente un Danger Mortel pour l'utilisateur.

## MISE A LA TERRE DES MASSES

Au moment où le défaut d'isolement apparaît, une partie du courant passe directement à la terre.

Les intensités dans le fil neutre et le fil de phase ne sont plus, alors, égales et le disjoncteur "disjoncte".

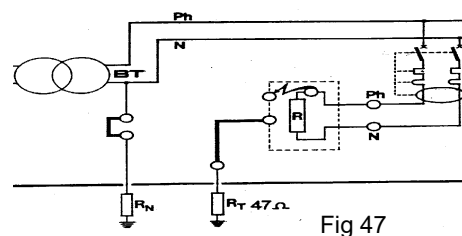


Fig 47

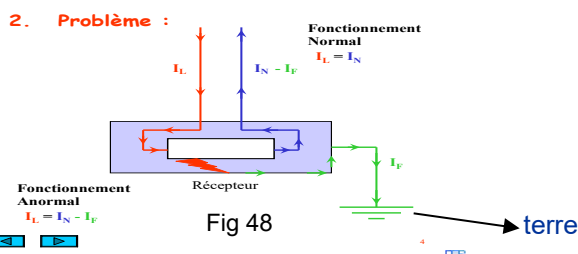
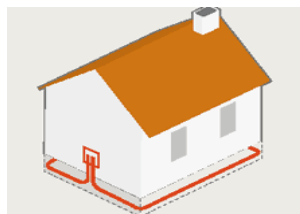


Fig 48



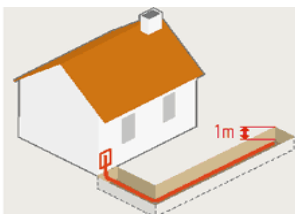
## RESISTANCE DE TERRE

Le fil de terre est obligatoire pour la protection des personnes, ce fil doit être relié à la prise de terre. Il existe 3 possibilités essentielles de réaliser une résistance de terre (**fig.49, fig.50 et fig.51**).



**MISE A LA TERRE 1**  
Un câble en cuivre est noyé dans les fondations

Fig 49



**MISE A LA TERRE 2**  
Un câble en cuivre est enterré dans une tranchée.

Fig 50

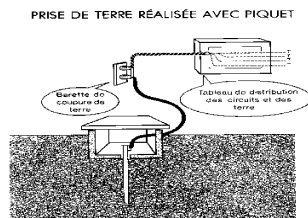


Fig 51

### ❑ Résistance d'une prise de terre

Plus la résistance d'une prise de terre est faible, meilleure est cette prise de terre ;  
La résistance de la prise de terre dépend de la nature (plus ou moins conductrice) du sol, du taux d'humidité et de la température. Elle dépend également de ses dimensions et de sa forme.

## RESISTANCE DE TERRE

### ❑ Sans terre ou avec terre déconnectée :

S'il existe un défaut d'isolation au niveau d'un appareil, le différentiel ne détectera pas de différence entre le courant dans la phase et le courant dans le neutre et la carcasse métallique sera portée au potentiel d'alimentation de l'appareil.

Si une personne touche alors à la carcasse (**contact indirect**), le différentiel de 30 mA peut sauver l'utilisateur, mais un différentiel de 500 mA ne sert à rien.

### ❑ Avec mauvaise terre ou cosses desserrées :

La résistance de terre étant trop élevée, le courant de fuite sera inférieur au courant de déclenchement du différentiel. Celui-ci ne déclenche pas et ne sert donc à rien.

Si une personne touche à la carcasse (**contact indirect**) d'un appareil mal isolé, elle ne peut être sauvée que par un différentiel de 30 mA.

### ❑ Avec une " bonne " terre :

En cas de mauvaise isolation d'un appareil, le courant de défaut sera supérieur au calibre du différentiel et celui-ci ouvrira ses contacts et mettra l'installation hors tension.

La protection remplira donc son rôle avant qu'une personne rentre en contact avec la carcasse métallique (**contact indirect**) .

## RESISTANCE DE TERRE

Le défaut d'isolement d'un appareil électrique peut provoquer l'électrisation d'un de ses éléments métalliques (par exemple la carcasse d'une machine à laver).

Au contact de cet élément, le corps humain peut subir cette électrisation, car il offre un chemin au courant (contact indirect).

Si la machine à laver est raccordée au fil de terre, les électrons suivent ce chemin plus aisé que celui du corps humain.

Cette fuite déclenche le dispositif différentiel 30 mA avant tout risque d'électrocution.

### **Chez vous, il existe plusieurs façons de la mettre en œuvre :**

- ❖ Grâce à un câble en cuivre nu de 25 mm<sup>2</sup> de section, enterré ou noyé dans les fondations.
- ❖ Grâce à un piquet en acier galvanisé enterré d'au moins 2m.

En logement collectif, il faut se raccorder à la borne située sur les paliers de tous les immeubles modernes.

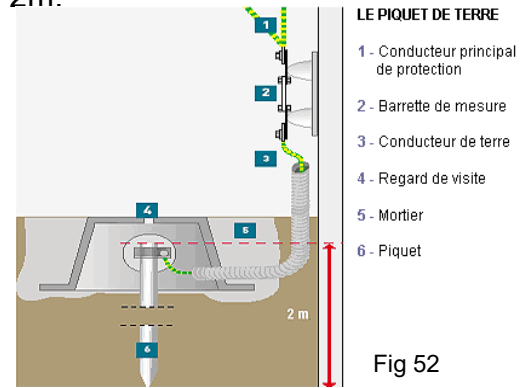


Fig 52

## LIAISON EQUIPOTENTIELLE

Les différentes sections de câble :

- Le conducteur de protection relie les terminaux au tableau électrique.  
Sa section est égale à celle des conducteurs phase et neutre.
- Le conducteur principal de protection relie le tableau électrique à la barrette de mesure.  
Sa section est de 16 mm<sup>2</sup>.
- Le conducteur de terre relie la barrette de mesure à la prise de terre.  
Sa section est de 16 mm<sup>2</sup> en cuivre isolé ou de 25 en cuivre nu.

### ✓ **LA LIAISON EQUIPOTENTIELLE**

Elle a pour but de limiter les différences de potentiel entre les éléments conducteurs afin d'éviter tous les risques d'électrisation.

#### ▪ **Vous devez équiper votre maison de deux liaisons :**

- ❑ **Une liaison équipotentielle « principale »** qui relie entre elles et à la terre les conduites métalliques (alimentation extérieures en eau et en gaz ; réseau de chauffage central) et les éléments de structures (poteaux et poutres en métal).
- ❑ **Une liaison équipotentielle « locale »** dans les salles d'eau, qui consiste à relier entre eux tous les éléments conducteurs (baignoire, siphon de baignoire, tuyauterie...) et de les raccorder à la terre.

