

Electricité

La sélection des chapitres se fait sur la gauche de la fenêtre.

1 Notions de circuit

On appelle circuit électrique une boucle fermée composée d'éléments conducteurs.

On distingue quatre types d'éléments :

- Les éléments actifs qui fournissent l'énergie (ex : les piles),
- Les éléments passif qui consomment l'énergie (ex : une lampe),
- Les organes de commande (ex : un interrupteur),
- Les conducteurs qui relient entre eux les différents éléments.

1.1 Les lois de base

Dans les circuits électriques la conservation de l'énergie et de la charge s'expriment au travers de deux lois dites de Kirchhoff :

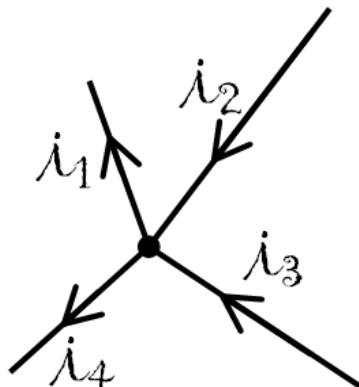
- la loi des noeuds,
- la loi des mailles.

Gustav Robert Kirchhoff 1824-1887 : physicien allemand.

1.1.1 La loi des noeuds

La somme des courants qui arrivent à un nud du circuit est égale à la somme des courants qui en partent.

Exemple :

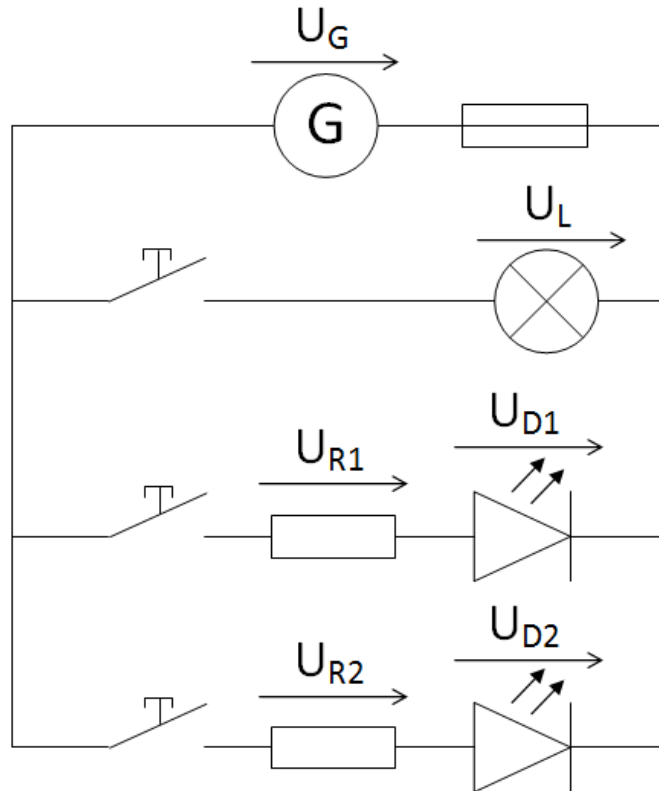


$$i_2 + i_3 = i_1 + i_4$$

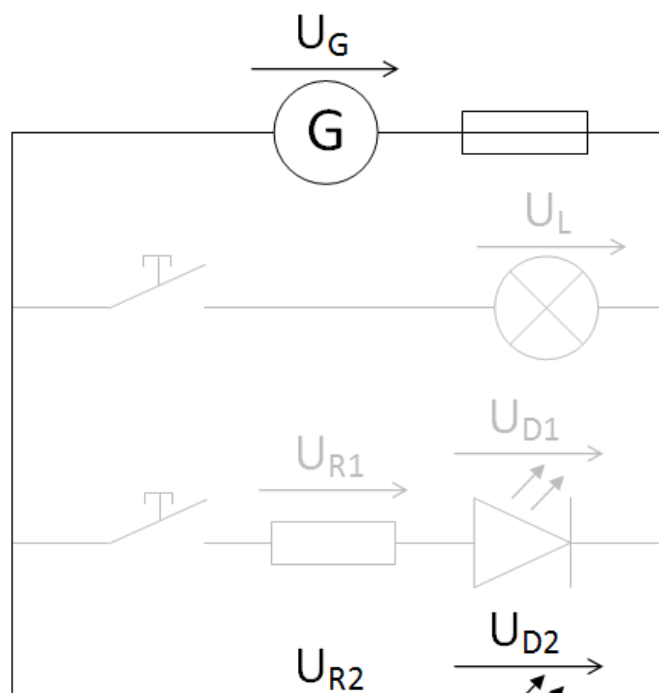
1.1.2 La loi des mailles

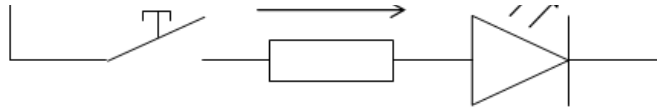
La somme des différences de potentiel électrique rencontrées successivement sur un contour fermé du circuit est nulle.

Exemple : Soit le schéma suivant sur lequel on veut réaliser des calculs.



Avec la loi des mailles, on ne s'occupe que de la maille (boucle) qui nous intéresse, il faut occulter le reste du circuit :





Appliquons la loi des mailles sur la maille ci-dessus en partant de la gauche du générateur et en parcourant la maille dans le sens des aiguilles d'une montre :

$$U_G - U_{D2} - U_{R2} = 0$$

soit

$$U_G = U_{D2} + U_{R2}$$

Remarque : lorsqu'on applique la loi des mailles, on peut partir de n'importe quel point de la maille et la parcourir dans n'importe quel sens.

1.2 Les dipôles

Un dipole est un conducteur électrique qui possède deux bornes.

Il est caractérisé par le courant qui le traverse et par la tension à ses bornes.

Classification des dipôles

Dipôle actif : il fournit l'énergie aux circuits.

Dipôle passif : Il consomme l'énergie.

Dipôle symétrique : c'est un dipôle passif qui fonctionne de façon identique dans les deux sens de branchement. Ils n'est pas polarisé.

Dipôle linéaire : il est régi par une loi linéaire qui lie l'intensité du courant le traverse et la tension à ses bornes. Cette loi est de la forme :

$$U = a \times I + b$$

a et b sont des constantes

1.3 Les caractéristiques nominales

Pour fonctionner correctement, les caractéristiques des récepteurs doivent être adaptées à celles du générateur.

Les tensions doivent être voisines.

La puissance du récepteur doit pouvoir être supportée par le générateur.

1.3.1 Les piles

Les piles sont des générateurs de tension continue.

Les caractéristiques des piles sont :

- La **nature du courant** fournit : **continu**.

- La **tension à vide** qui s'exprime en volt, V.
- La **capacité** qui s'exprime en ampère heure, Ah. Pour les piles on l'exprime en milliampère heure mAh. Elle représente la réserve d'énergie de la pile.

Exemple :



Cette pile est une pile dont la tension à ses bornes est de 4,5 V.

La capacité des piles n'est malheureusement que très rarement indiquée. C'est pourtant une caractéristique importante qui détermine, en fonction de son utilisation, sa durée de vie.

Avec une capacité de 1500 mAh, Une pile est capable de délivrer un courant de 150 mA pendant 10h ou 15 mA pendant 100h.

1.3.2 Les accumulateurs

Les accumulateurs ou batteries ont les mêmes caractéristiques que les piles, mais il est possible de les recharger.

Contrairement aux piles la capacité y est toujours indiquée (2300 mAh dans l'exemple ci-dessous).



1.3.3 Les ampoules

Les ampoules sont des dispositifs d'éclairage.

Les propriétés électriques caractéristique sont :

- La tension d'utilisation, en volt (V),
- La puissance électrique absorbée en watt (W) ou l'intensité du courant électrique en ampère (A).
- Le type de culot (à baïonnette, à vis, à picots...). La douille qui accueille le culots de l'ampoule doit être compatible.

Quelques exemples :



Ampoule à baïonnette (B22), tension 250 V, puissance 75 W



Ampoule à vis, tension 3,5 V, intensité 0,2 A, culot E 10



Ampoule à led, tension 230 V, culot à vis E27

(Autonomie : 15 000 heures d'autonomie, label énergétique : A,
nombre de lumens : 12, Température de couleur : 6400 °K)



Ampoule fluocompact, tension 250 V, puissance 20 W culot à vis E27
(équivalent à une ampoule à incandescence au tungstène de 100 W,
nombre de lumens : 1200, Température de couleur : 6500 °K)



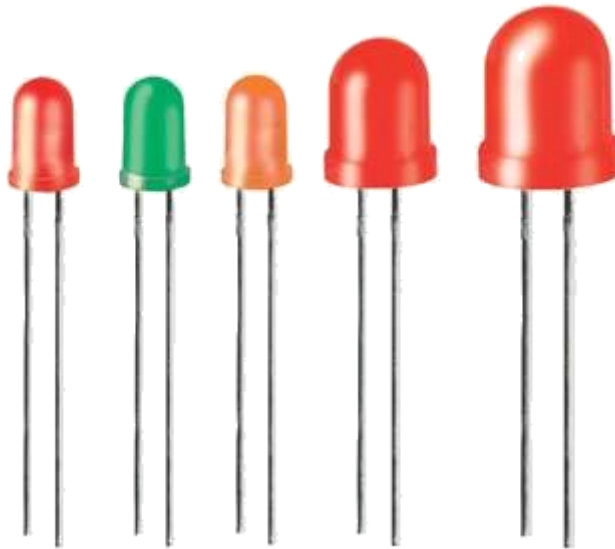
Ampoule à picots, puissance 150 W, tension 24 V, tube halogène

1.3.4 Les dels

La del, diode électroluminescente ou LED (Light Emmitting Diode), est une diode qui émet un rayonnement visible lorsqu'elle est traversée par un courant direct, de l'anode à la cathode. Elle est polarisée et possède une tension de seuil (tension au delà de laquelle elle est passante).

Les caractéristiques nominales d'une del :

- Tension de seuil : de 1,6 à 2,5 V,
- Intensité de courant nominale : de quelques mA à quelques dizaines de mA.



1.3.5 Les interrupteurs

Les interrupteurs sont des organes de commande qui ont pour caractéristique principale l'intensité maximale de coupure (intensité du courant électrique en dessous de laquelle l'interrupteur fonctionnera normalement)

Quelques exemples :



Interrupteur à bascule 10 A

Caractéristiques techniques supplémentaires : courant de coupure, 6 A ;

puissance de coupure : 10 A/125 V AC/6 A/250 V AC, ;

tension de coupure : 250 V AC.



Bouton poussoir miniature

Caractéristiques techniques : connexion : cosses à souder ;

courant de coupure : 0,5 A ;

tension de coupure: 250 V ;

type de contact : Contact au repos.

1.3.6 Les fils conducteurs

La caractéristique nominale importante d'un conducteur est sa section exprimée en mm².

Dans les installations électriques domestiques on utilise des conducteurs ayant une section de 1,5 mm², de 2,5 mm² ou 6 mm², c'est la norme en vigueur.



Pour des prises 10/16 A, on utilise un câble de 2,5 mm², il est capable de laisser une puissance de 3600 W. Le métal, du cuivre, est recouvert d'une gaine de PVC. Plage de température d'utilisation : -15 / +70 °C

1.4 Les Unités - définitions

1.4.1 L'ampère

L'ampère est une unité de base du système international définit par :

L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à 2×10^{-7} unité MKS de force [newton] par mètre de longueur.

source : Comité international des poids et mesures, <http://www.bipm.org/>

Symbole : A

C'est en l'honneur d'André-Marie Ampère (1775-1836), mathématicien et physicien français, que le nom

"Ampère" a été donné à l'unité internationale de l'intensité électrique.

1.4.2 Le volt

Le volt est une unité dérivée du système international de différence de potentiel (ou tension) et de force électromagnétique définit par :

Le volt est la différence de potentiel électrique qui existe entre deux points d'un fil conducteur transportant un courant constant de 1 ampère, lorsque la puissance dissipée entre ces points est égale à 1 watt.

source : Comité international des poids et mesures, <http://www.bipm.org/>

Symbole : V

Ce nom a été donné en l'honneur d'Alessandro Volta (1745-1827), inventeur italien de la pile électrique
e n 1 8 0 0 .

1.4.3 L'ohm

L'ohm est une unité dérivée du système international pour la résistance électrique définit par :

L'ohm est la résistance électrique qui existe entre deux points d'un conducteur lorsqu'une différence de potentiel constante de 1 volt, appliquée entre ces deux points, produit, dans ce conducteur, un courant de 1 ampère, ce conducteur n'étant le siège d'aucune force électromotrice.

source : Comité international des poids et mesures, <http://www.bipm.org/>

symbole : ?

Le nom de cette unité a été donné en l'honneur de Georg Ohm (1798-1854), physicien allemand.

1.4.4 Le watt

Le watt une unité dérivée du système international pour la puissance électrique définit par :

Le watt est la puissance qui donne lieu à une production d'énergie égale à 1 joule par seconde.

source : Comité international des poids et mesures, <http://www.bipm.org/>

Symbole : W

2 La sécurité en électricité

Deux grandes parties concernent la sécurité dans le cadre de l'utilisation de l'énergie électrique :

- La sécurité des biens.
- La sécurité des personnes.

2.1 La protection des biens

Le problème le plus important dans la sécurité des installations électriques concerne une des propriétés de l'énergie électrique que l'on appelle l'**effet joule**.

L'énergie électrique en traversant un corps conducteur peut provoquer une **élévation de température** importante et provoquer alors un **incendie** (la puissance varie avec le carré de l'intensité).

Pour cette raison il est important de couper le circuit quand l'intensité dépasse une certaine valeur : c'est le rôle des **fusibles** ou des **disjoncteurs divisionnaires**.

Ces appareils coupent "automatiquement" le circuit si l'intensité dans celui-ci dépasse une certaine valeur.



Fusibles



Disjoncteur divisionnaire

Les circuits d'éclairage sont protégés par des fusibles ou des disjoncteurs divisionnaires de 10 A avec des câbles de section 1,5 mm².

Les circuits de prises de courant standards sont protégés par des dispositifs 16 A avec des câbles de section de 2,5 mm².

Pour chacun des appareils électroménagers (sèche-linge, machine à laver la vaisselle, le linge, et le chauffe-eau...) il faut un circuit spécialisé de 20 A avec des câbles de section de 2,5 mm².

Pour les cuisinières, le circuit devra être de 32 A avec des câbles de section de 6 mm².

2.1.1 Les fusibles

Les fusibles sont des organes de sécurité dont le rôle est d'interrompre le courant électrique dans le circuit électrique qu'ils protègent en cas de défaut.

Quand le courant électrique devient trop important il provoque la fusion d'un filament qui coupe le circuit.



Le fusible doit alors être changé. Il est moins pratique que le disjoncteur divisionnaire car si un fusible est "grillé", on ne le voit pas à l'œil, il faut un multimètre pour le contrôler.

Comme on peut le constater dans l'image ci-après, les fusibles ont des dimensions différentes afin d'éviter toute erreur lors du remplacement d'un fusible défectueux.



Dans le tableau électrique, chaque fusible est placé dans un porte-fusible :



L'ensemble fusible porte-fusible forme un coupe-circuit.

2.1.2 Les disjoncteurs divisionnaires

Le disjoncteur divisionnaire est un organe de sécurité dont le rôle est d'interrompre le courant électrique dans le circuit électrique qu'il protège en cas de défaut lorsqu'il détecte un courant électrique trop important.

En cas d'incident, seul le disjoncteur du circuit concerné "saute". Son levier ou bouton-poussoir est en position inverse des autres. Une fois l'incident réglé, il suffit de réenclencher le disjoncteur divisionnaire.

Son coût est plus élevé que le porte fusible mais il est beaucoup plus pratique.

Il existe, bien évidemment, des disjoncteurs divisionnaires pour chacune des valeurs normalisées.



2.1.3 Les principales causes d'incendie d'origine électrique

L'échauffement par surintensité : dégagement de chaleur lié à la résistance du récepteur et à l'intensité.

La **surintensité par surcharge** : une intensité supérieure à ce que peut supporter un circuit.

Le **court-circuit**.

Un **défaut d'isolement** conduisant à une circulation anormale du courant entre récepteurs et masse ou entre récepteur et terre.

Contacts défectueux entraînant une résistance anormale et un échauffement.

2.2 La protection des personnes

Le corps humain est conducteur, mauvais conducteur, mais cependant assez conducteur pour laisser passer un courant qui peut provoquer de graves dommages corporels, voire la mort. On considère qu'un courant de 30 mA pendant 30 ms n'est pas encore dangereux.

En revanche dès que le courant risque d'être supérieur à cette valeur il y a danger.

Pour une même valeur de résistance d'un corps, le courant qui le traverse est proportionnel à la tension d'alimentation. ($I = U/R$ si U augmente, I augmente proportionnellement).

Pour cette raison on a normalisé les tensions de sécurité.

2.2.1 Les Très basses tensions de sécurité

Pour des raisons de sécurité on a normalisé les tensions appelées tensions TBTS : Très Basse Tension de Sécurité.

Valeurs maximales de la tension en TBTS :

Milieu sec	$U_{\text{alternatif}} = 50 \text{ V}$	$U_{\text{continu}} = 120 \text{ V}$
Milieu mouillé	$U_{\text{alternatif}} = 25 \text{ V}$	$U_{\text{continu}} = 60 \text{ V}$
Milieu immergé	$U_{\text{alternatif}} = 12 \text{ V}$	$U_{\text{continu}} = 25 \text{ V}$

BT (Basse Tension) : Attention les termes employés ne sont pas à prendre à la lettre, car la basse tension concerne toutes les tensions inférieures à 1000 V.

2.2.2 Les effets de l'électrisation

Les effets du courant électrique sur le corps humain :

Courant	Effet
Peu intense + De plus en plus intense + Très intense	 Picotement Douleur, brûlure Tétanisation des muscles Asphyxie Arrêt du cœur

2.2.3 Les dispositifs de protection des personnes

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 est conducteur.

C'est un **couple** de dispositifs qui assure la protection des personnes dans le cadre de l'utilisation de l'énergie électrique, l'un ne va pas sans l'autre.

C'est l'**interrupteur différentiel ET la prise de terre** qui assurent la protection des personnes.

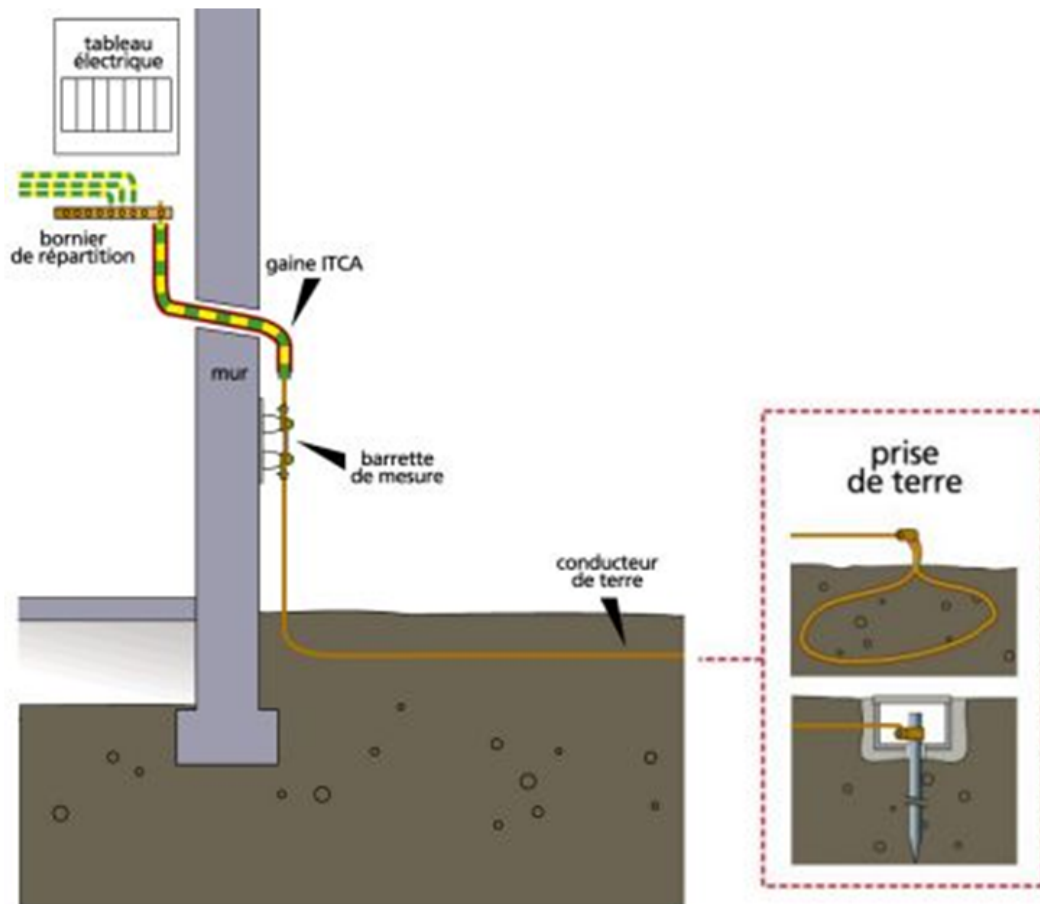
2.2.3.2 La prise de terre

La mise à la terre est obligatoire dans toutes les installations.

Dans le cas d'un défaut d'isolement d'un appareil électrique le courant électrique passera par le fil de terre plutôt que par le corps humain, moins conducteur.

Mise en œuvre :

1. Grâce à un câble en cuivre nu de 25 mm² de section, enterré ou noyé dans les fondations.
2. Grâce à un piquet en acier galvanisé enterré d'au moins 2 m. En logement collectif, il faut se raccorder à la borne située sur les paliers de tous les immeubles modernes.

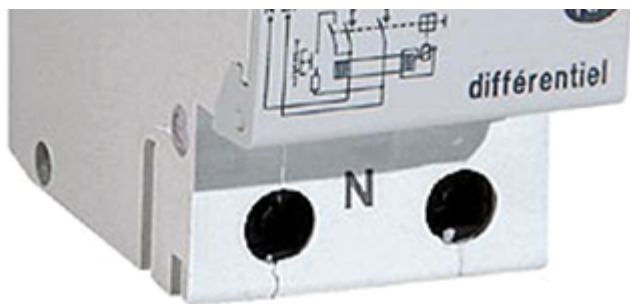


Source : [Leroy Merlin](https://www.leroymerlin.fr)

2.2.3.1 L'interrupteur et le disjoncteur différentiel

Les interrupteurs différentiels et les disjoncteurs différentiels sont des dispositifs qui détectent la différence d'intensité du courant électrique entre la phase et le neutre. Dès que cette différence dépasse 30 mA le disjoncteur coupe l'alimentation en courant électrique en moins de 30 ms.





Un interrupteur différentiel détectera la différence d'intensité du courant électrique entre la phase et le neutre.

Le disjoncteur différentiel peut détecter en plus une surcharge électrique, un court-circuit par exemple.

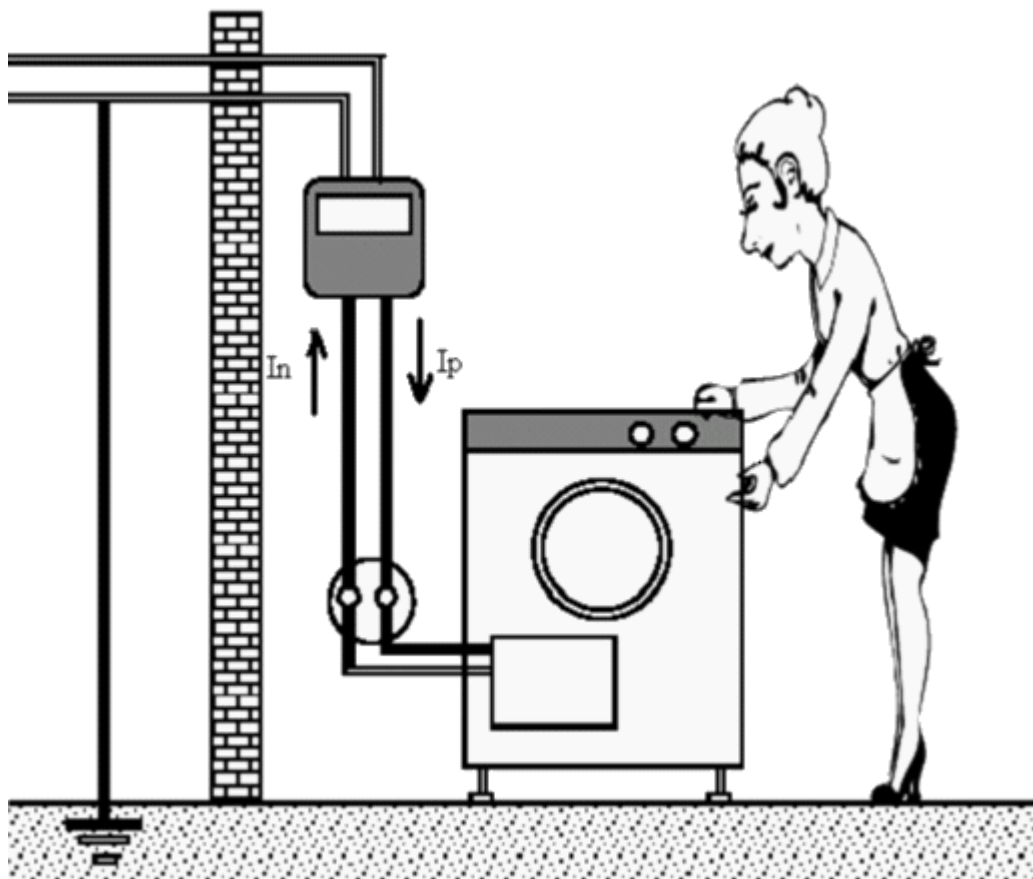
Il existe deux types de d'interrupteur/disjoncteur différentiel : Les disjoncteurs différentiels de **type AC** détectent les fuites de courant alternatif. Un disjoncteur différentiel de type A détecte les fuites de courant alternatif ET les fuites de courant continu.

Un interrupteur/disjoncteur différentiel de type A est obligatoire pour alimenter les circuits "cuisson" (plaques de cuisson, four) et le lave linge.

Le interrupteur/différentiel de type A étant plus performant que le type AC, on peut également brancher les autres circuits sur un différentiel de type A.

2.2.4 Différents cas de figure

Machine sans terre et sans défaut



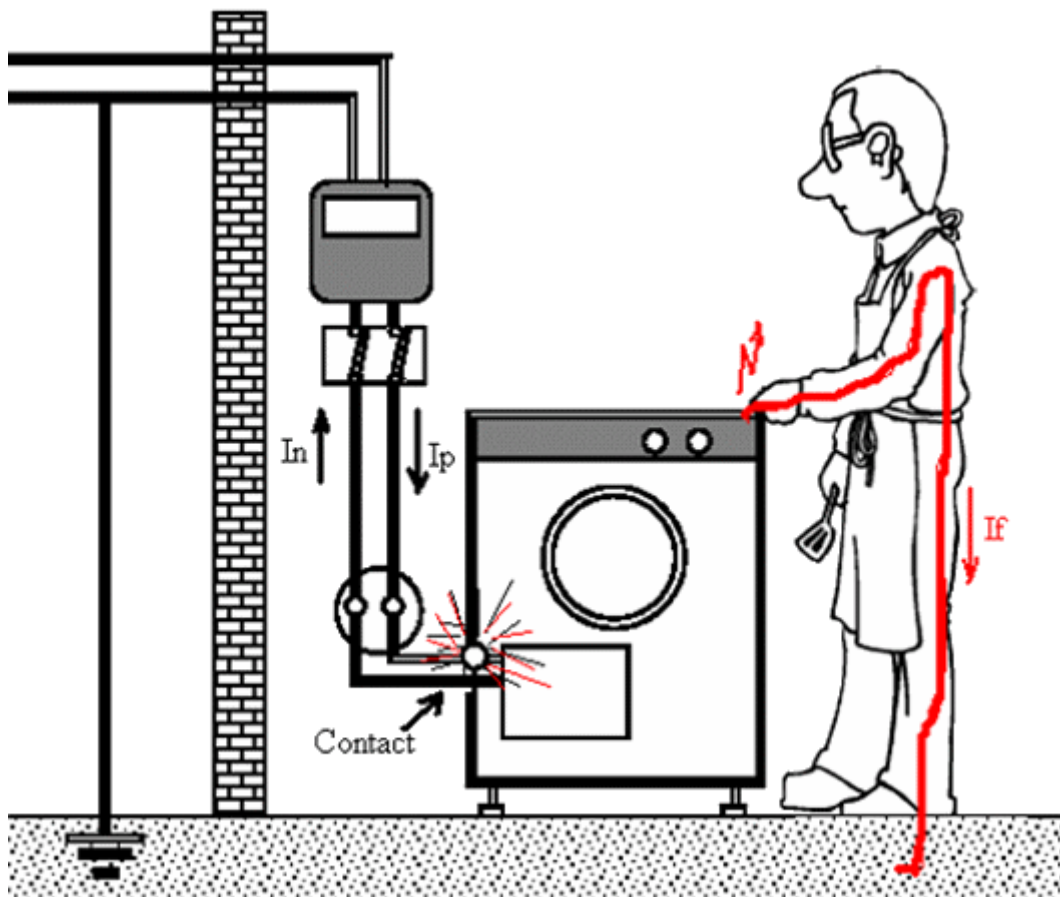
Le fonctionnement est normal, il n'y a pas de défaut.

L'intensité est la même partout dans le circuit.

I_p dans la phase est égale à I_n dans le neutre.

$$I_p = I_n$$

Une installation avec dispositif différentiel, une machine sans terre et avec un défaut.



La machine à laver n'est pas reliée à la terre. Un défaut d'isolation porte la carcasse métallique de la machine au potentiel de phase.

La personne qui utilise cette machine sera traversée par un courant I_p , elle est donc électrisée voire électrocutée.

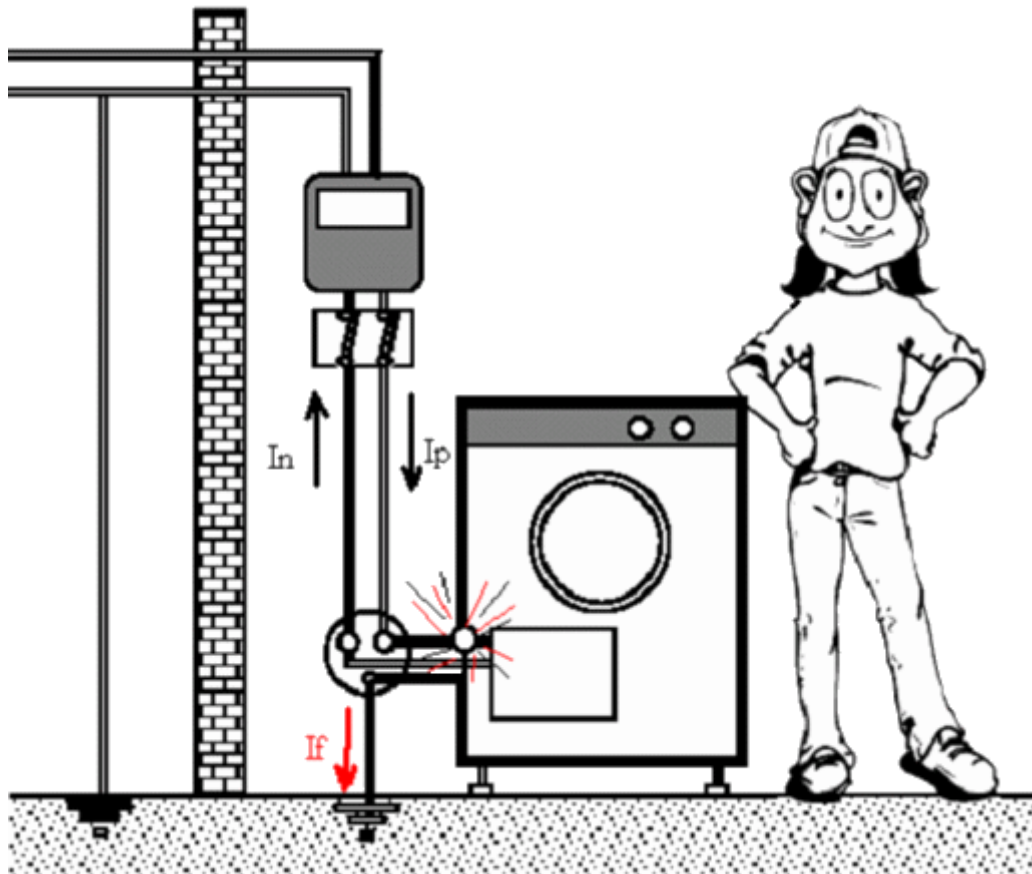
$$I_p = I_n + I_f$$

$$I_p \neq I_n$$

I_p est différent de I_n ,

1. Si le dispositif différentiel est un dispositif 30 mA alors il disjoncte et coupe le circuit protégeant ainsi l'utilisateur.
2. Si le dispositif différentiel est un dispositif 500 mA (celui d'EDF) alors il y a un risque d'électrocution de l'utilisateur.

Une installation avec dispositif différentiel, machine avec défaut et reliée à la terre



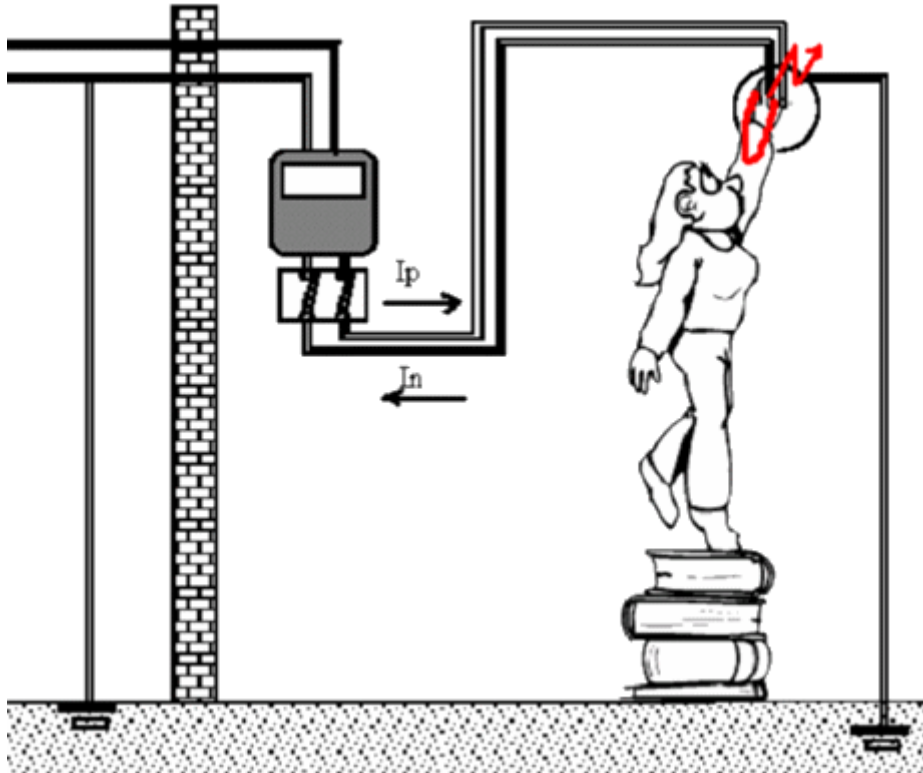
L'installation comporte une prise de terre. Dès que le défaut apparaît, le courant de fuite I_f va déclencher le dispositif différentiel. Le courant de fuite est évacué par le fil de terre évitant l'électrisation de l'utilisateur.

$$I_p = I_n + I_f$$

$$I_p > I_n$$

Le circuit est coupé dès que la machine est sous tension.

Une installation complète, sans défaut mais



Si la personne est bien isolée de la terre et si elle est en contact avec la phase et le neutre un courant peut la traverser, comme un récepteur ordinaire.

$$I_p = I_n$$

Le dispositif différentiel ne déclenchera pas, il y a danger d'électrisation voire d'électrocution.

2.3 Les installations électriques

En France le réseau EDF pour les habitations a les caractéristiques suivantes :

230 V - 50 Hz

Une prise électrique standard et normalisée comprend trois pôles :

- la phase,
- le neutre,
- la terre.

Pour repérer facilement ces différences on utilise des câbles de couleurs différentes :

Pour la phase, on utilise un fil de couleur rouge ou noire.



Pour le neutre, on utilise un fil de couleur bleue.



Pour le fil de terre on utilise un fil de couleurs jaune et vert.



Lorsque l'on regarde une prise électrique, la phase doit se trouver à droite, le neutre à gauche et la terre au milieu.

4 Glossaire

Conducteur : Dans les matériaux conducteurs, comme les métaux, les électrons libres circulent de façon aléatoire. Un matériau est considéré comme un bon conducteur si sa résistance est faible. Le corps humain et la Terre sont de mauvais conducteurs. L'eau conduit l'électricité si elle est impure (ce qui est presque toujours le cas). Par extension on nomme "conducteurs" les fils qui conduisent l'électricité dans un circuit.

Consignation : Ensemble des dispositions permettant de mettre et de maintenir en sécurité un matériel ou une installation de façon qu'un changement d'état (fermeture du circuit électrique) soit impossible sans l'intervention d'une personne habilitée.

Courant alternatif : Avec un générateur de courant alternatif (comme la distribution EDF), le courant change de sens périodiquement en fonction de la fréquence. En France, la fréquence est de 50 Hz, c'est à dire que le courant change de sens 100 fois chaque seconde.

Courant continu : Avec un générateur de courant continu (pile, batterie, dynamo), le courant circule toujours de la borne positive vers la borne négative.

Court-circuit : Il résulte d'une liaison accidentelle entre deux pièces conductrices présentant entre elles une différence de potentiel. Le courant de court-circuit qui en résulte est dangereux : il peut atteindre, selon l'emplacement où il se produit, une intensité très élevée (50 kA et plus). A l'origine des courts-circuits on peut citer : la détérioration des isolants par vieillissement ou usure mécanique, la rupture d'un conducteur, la chute ou l'introduction d'un outil conducteur dans un circuit présentant des parties nues sous tension.

Dipôle : on appelle dipôle, un composant électrique ou électronique, ou toute association de composants comportant deux bornes (exemple : les résistances, les condensateurs, les diodes sont des dipôles ; les potentiomètres et les transistors qui possèdent trois bornes ne sont pas des dipôles).

Dipôle actif : les dipôles actifs, encore appelés générateurs, sont les dipôles grâce auxquels un courant électrique peut circuler dans un circuit. Ils présentent une tension à leurs bornes même s'ils ne sont traversés par aucun courant.

Exemple : une pile électrique, une batterie d'accumulateurs sont des dipôles actifs.

Dipôle passif : un dipôle est dit passif, si, en circuit ouvert, la tension à ses bornes est nulle. Exemples : les résistances, les diodes sont des dipôles passifs.

Domaines de tension : Les principaux domaines de tension sont la haute tension et la basse tension. Ce sont des valeurs de tension qui définissent leurs limites, mais ces limites sont variables selon la nature du courant et les conditions environnementales.

En courant alternatif et à l'intérieur des locaux les domaines de tension sont :

Basse tension :	$U < 1\,000\text{ V}$
Moyenne tension :	$1\,000\text{ V} < U < 33\text{ kV}$
Très haute tension :	$33\text{ kV} < U < 800\text{ kV}$
Ultra haute tension :	$U > 800\text{ kV}$

Électrisation : Manifestations physiopathologiques dues au passage du courant électrique à travers le corps humain.

Électrocution : Mort consécutive au passage du courant électrique à travers le corps humain.

Isolant : Au contraire des matériaux conducteurs, les isolants électriques ne possèdent pas d'électrons libres.

L'air, les matières plastiques, le caoutchouc et le verre sont de bons isolants. Cependant, dans certaines conditions, les isolants peuvent devenir de mauvais conducteurs. C'est le cas si l'isolant renferme trop d'impuretés, s'il est soumis à une température élevée, s'il est mouillé...

Masse : Partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée directement ou indirectement par une personne et qui n'est normalement pas sous tension mais peut le devenir en cas de défaut d'isolement.

Prise de terre : Conducteur enterré assurant une liaison électrique avec la terre. Les masses des machines fixes doivent être reliées à la terre par une telle prise.

Résistance : Tous les corps opposent une résistance au passage du courant électrique. Les bons conducteurs peuvent cependant avoir une résistance négligeable (exemple : les fils électriques). La résistance s'exprime en ohm (Ω).

5 Formulaire

$$P = U \times I$$

$$U = R \times I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$P = R \times I^2$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$W = P \times t$$

$$W = U \times I \times t$$

$$W = R \times I^2 \times t$$

$$w = 2 \times \pi \times f$$

avec :

U : tension en volt (V),
 I : intensité du courant électrique en ampère (A),
 R : résistance électrique en ohm (?),
 P : puissance en watt (W),
 W : énergie en joules (J),
 t : temps écoulé en secondes (s),
 w : pulsation en radian par seconde (rd/s),
 f : fréquence en Hertz (Hz).

Energie : 1Wh = 3600 joules

Piles en série :

$$U_T = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

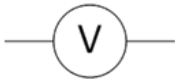
Résistances en série :

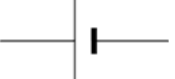
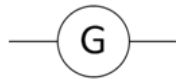
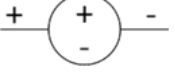
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

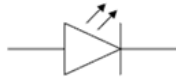
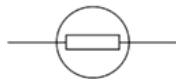
Résistances en parallèle :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

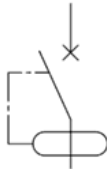
6 Symboles normalisés

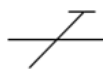
Appareils de mesure			
Voltmètre		Ampèremètre	
Ohmmètre		Wattmètre	

Dipôles actifs			
Pile		Générateur	
Source de tension continue		Source de tension alternative	

Dipôles passifs			
Résistance		Del	
Lampe		Lampe à incandescence	
Buzzer		Condensateur	
Moteur		Inductance	

Organe de commande			
Interrupteur		Bouton poussoir	

Dispositifs de protection					
Fusible		Disjoncteur divisionnaire		Disjoncteur différentiel	
Terre			Masse		

Les conducteurs					
Phase		neutre		terre	

3 La production d'électricité

En France l'électricité est principalement produite par EDF.

Pour s'informer sur les différents modes de production :

- [EDF](#)
- [Wikipédia](#)