

Chapitre 1 : Les Circuits Electriques

1. Courant et tension dans les circuits électriques

Dans cette première partie, nous aborderons les unités de mesure de l'électricité et les différents types d'électricité existant.

Nous comprenons aisément que l'eau qui descend par gravité constitue un circuit comparable au circuit électrique :

- Réservoir A d'eau correspond au générateur,
- la canalisation d'eau correspond aux conducteurs électriques,
- Réservoir B est assimilée au récepteur.

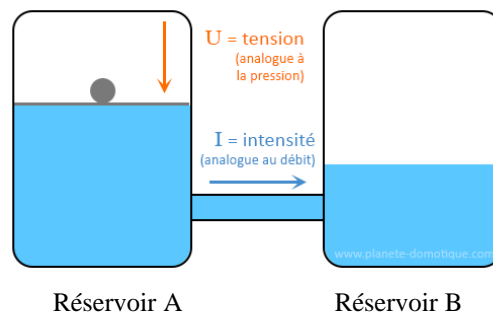


Fig.1.1. Analogie entre l'électricité et un montage hydraulique

La tension correspond à la pression d'eau présente dans le tuyau, tandis que l'intensité correspond au débit.

La circulation d'eau dépend de deux facteurs :

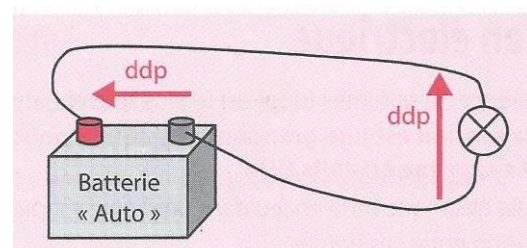
- la différence d'altitude sans laquelle l'eau ne peut pas circuler (par gravité) de la réserve d'eau vers la baignoire,
- le débit d'eau, c'est-à-dire le volume d'eau circulant par seconde dans la canalisation.

1.1. Différence de potentiel

Comme pour l'eau, un courant électrique ne peut circuler que s'il existe une différence dite de potentiel (ddp) entre les deux bornes du générateur. Sans différence de potentiel, le courant électrique ne peut pas circuler

De même tout dipôle récepteur ne peut être traversé par un courant que s'il existe entre ses bornes une différence de potentiel.

La différence de potentiel de la batterie d'accumulateurs est appliquée à la lampe. La lampe est traversée par un courant et éclaire.



1.2. Intensité du courant électrique

Le courant électrique est une circulation organisée d'électrons.

Il correspond au nombre d'électrons qui circulent pendant chaque seconde (débit d'électrons). L'intensité du courant électrique peut être comparée au débit d'eau du circuit hydraulique.

Comme pour un circuit hydraulique, il est important d'adapter la section du conducteur à l'intensité du courant que l'on veut faire passer.

Pour faciliter le déplacement des électrons et éviter l'échauffement des conducteurs, la section des conducteurs doit être suffisante pour assurer la libre circulation des charges électriques.

Étroitement liée à la notion d'intensité, il y a la notion de résistance. La résistance, notée R , s'exprime en Ohms (symbole : Ω) et détermine la capacité d'un circuit ou autre composant à ralentir le passage du courant. Ainsi, sur un circuit très conducteur, la résistance est proche de 0Ω . Deux éléments qui ne sont pas en contact auront une résistance approchant l'infini. La formule indiquant la relation entre la puissance est la Loi d'Ohm : $U = R \times I$ (tension égale au produit de la résistance et de l'intensité).

Lorsqu'un courant traverse le corps humain (composé d'environ 75 % d'eau), celui-ci agit comme une résistance.

La résistance du corps humain, est variable selon :

- les personnes,
- l'humidité de la peau,
- et aussi le circuit qu'emprunte le courant dans le corps.

En moyenne, le corps humain présente une résistance de l'ordre de 3 à 5 k Ω .

D'après la formule ci-dessus, on voit donc qu'avec une tension de 12V, le corps sera traversé par une intensité de 2.5mA (non dangereux). Par contre avec une tension de 230V, on arrive à une intensité de 45mA qui peut être dangereuse.

Le courant qui traverse le corps humain est dangereux suivant son intensité:

- à 0,5 mA : c'est le seuil de perception
- à 10 mA : contractions musculaires, seuil de non lâcher : maximum 3-4 minutes.
- à 30 mA : seuil de la paralysie respiratoire : maximum 20-30 secondes.
- à 75 mA : seuil de fibrillation cardiaque irréversible : maximum 2 à 5 secondes.
- à 1000 mA : arrêt cardiaque : maximum 30 à 100 ms.

Il faut bien noter que dans tous les cas, quel que soit la capacité d'une alimentation elle ne délivrera que le courant nécessaire à la charge qui lui est connectée.

Par exemple, une batterie 12V de voiture de 50A ne sera pas pour autant mortelle pour une personne qui touchera les bornes + et -, puisque le corps humain ne consommera que 2 ou 3mA.

2. Quantité d'électricité

L'énergie mise en jeu dépend du nombre d'électrons qui circulent.

La quantité d'électricité Q transportée par un courant électrique correspond au nombre n d'électrons qui ont circulé.

$$Q = n \times e$$

Q : quantité d'électricité en coulombs (C)

n : nombre d'électrons

e : quantité d'électricité élémentaire en coulombs (C)

La quantité d'électricité élémentaire est celle d'un l'électron, elle est notée e :

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Autre unité de quantité d'électricité : sur les piles et les accumulateurs, la quantité d'électricité est souvent indiquée en ampères-heures (Ah).

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

3. Tension électrique

La différence de potentiel (ddp) est le plus souvent appelée « tension ». La tension est symbolisée par la lettre U et s'exprime en volts (V).

L'énergie électrique mise en jeu dans un dipôle est :

$$W = Q \times U$$

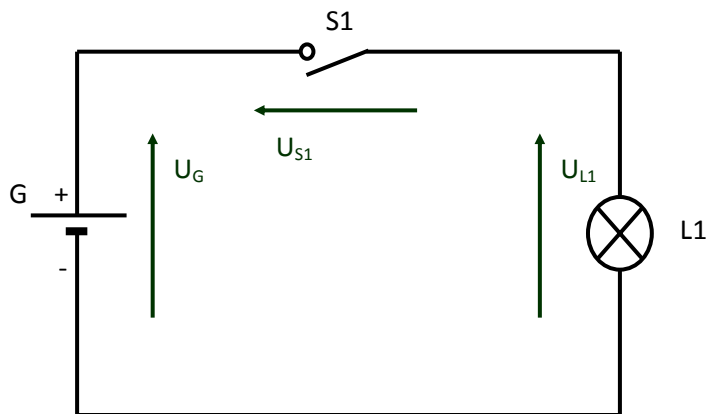
W : énergie en joules (J)

Q : quantité d'électricité en coulombs (C)

U : tension en volts (V)

La tension se représente par une flèche orientée

Exemple :



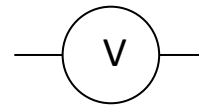
L'appareil qui mesure la tension est le voltmètre.



Voltmètre analogique



Voltmètre numérique



Symbole

Branchement du voltmètre : le voltmètre est raccordé en dérivation entre les deux points du circuit dont on veut déterminer la différence de potentiel.

4. Intensité du courant électrique

L'intensité correspond au nombre de coulombs transportés par seconde par le courant électrique.

L'intensité du courant électrique est symbolisée par la lettre I et s'exprime en ampères (A).

L'intensité est égale à la quantité d'électricité qui circule pendant l'unité de temps.

$$I = Q / t$$

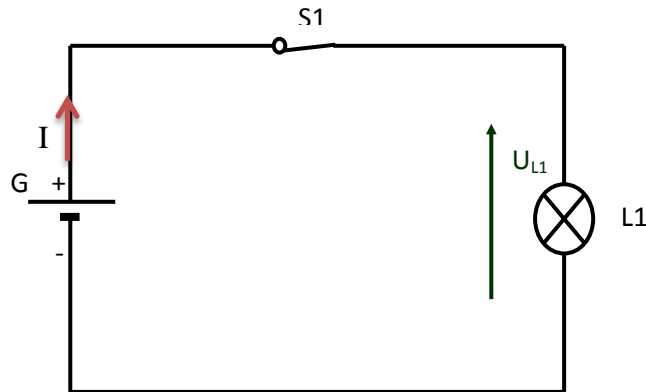
I : intensité du courant en ampères (A)

Q : quantité d'électricité en coulombs (C)

t : temps en secondes (s)

L'intensité d'un courant est symbolisée par une flèche placée sur le schéma électrique et orientée du plus vers le moins.

Exemple :



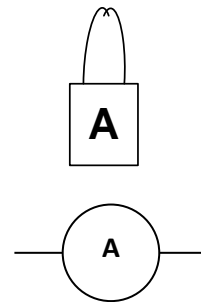
L'appareil qui mesure l'intensité d'un courant électrique est l'ampèremètre.



Ampèremètre analogique



Pince ampèremétrique



Symbole

Branchement de l'ampèremètre : le courant électrique dont on veut mesurer l'intensité doit traverser l'ampèremètre. L'ampèremètre se branche en série dans le circuit électrique.

5. Courant alternatif et courant continu

Cette notion de AC ou DC est généralement indiquée juste après la tension, pour indiquer ce qu'une alimentation délivre ou le type d'alimentation électrique dont un appareil a besoin : il y a par exemple un courant alternatif 230 VAC pour le courant au secteur en sortie d'une prise électrique, et un courant continu de 12 VDC pour une alimentation d'un petit appareil.

Dans un courant continu, les charges électriques ne vont que dans un seul sens, du [-] vers le [+], tandis que dans un courant alternatif, le sens des charges change très régulièrement. Un courant alternatif est donc défini par sa tension mais également par sa fréquence, à savoir le nombre de fois que les charges changent de sens. Cette fréquence est de 50 Hz dans la plupart des pays, y compris l'Algérie, et de 60 Hz aux États-Unis. Vous constaterez sur la plupart des alimentations la mention 50/60 Hz, indiquant qu'elles acceptent les deux fréquences.

Les types de courant

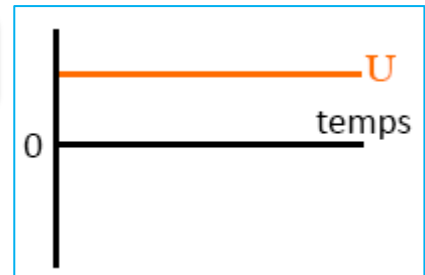
Le courant continu

Symbole =
DC en Anglais



Le courant continu est le courant délivré par les piles ou les batteries

Représentation graphique



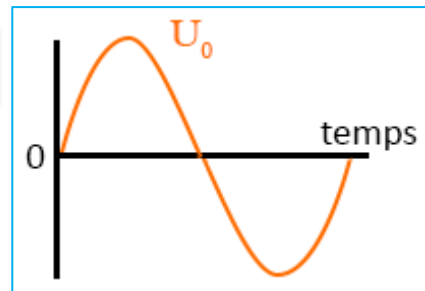
Le courant Alternatif

Symbole ≈
AC en Anglais



Le courant alternatif est le courant Distribué dans votre installation

Représentation graphique



6. Puissance réelle et puissance apparente

Une autre notion indispensable est la puissance électrique. La puissance est exprimée en watts (symbole : W) et elle est notée P. C'est le produit de la tension par l'intensité ($P = U \times I$), et comme elle prend en compte la quantité et le mouvement d'électricité, elle permet d'indiquer l'énergie fournie en une seconde par le circuit électrique.

$$P = U \times I$$

Puissance	tension	Intensité
en Watts (W)	en volts (V)	en ampère (A)

N.B : c'est la formule correspondant au cas de figure le plus simple, le courant continu où la tension ne varie pas. Dans le cas d'un courant alternatif, des formules plus complexes entrent en jeu, et cette formule permet de calculer la puissance apparente.

Cette notion de puissance apparente explique qu'en courant alternatif, pour avoir une mesure précise de la puissance consommée, il faut avoir une mesure précise de la tension.

Suivant le type de charge, il peut en effet y avoir un décalage entre la tension et l'intensité (charge inductive). La puissance est alors totalement dépendante de la mesure de tension.

Vous n'aurez pas ce problème sur une charge résistive (comme un radiateur), mais vous pouvez l'avoir sur un moteur (machine à laver, ...)

Voici un ordre de grandeur des puissances présentes dans des objets du quotidien :

- Chargeur de téléphone : 5 W
- Appareil électrique (TV, imprimante...) en veille : 5 à 10 W
- Réfrigérateur : 200 W
- Air conditionné : 400 W
- Ordinateur en fonctionnement avec moniteur LCD : 80 W
- Lampe avec ampoule à économie d'énergie : 10 W
- Lave-vaisselle : 1200 W
- Lave-linge : 2500 W
- Four classique : 2000 à 2500 W
- Chauffage électrique : 1000 W à 2000 W

Vous trouverez parfois une puissance exprimée en voltampères (VA) : il s'agit de la puissance apparente. Là où le watt permet de mesurer la puissance réelle (puissance active) et dépend donc de différents facteurs, le voltampère permet d'exprimer la puissance apparente, soit la valeur maximale de puissance pouvant être prise.

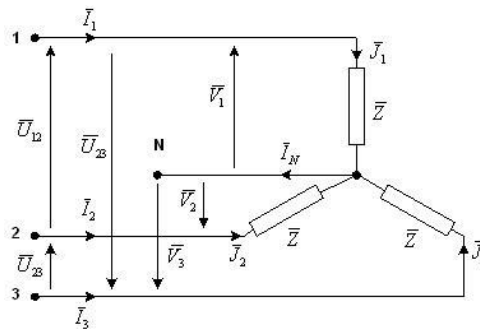
La formule pour la puissance [$P = U \times I$] indiquée ci-dessous est toujours valable pour calculer la puissance apparente, quelles que soient les particularités du circuit mesuré.

Pour un circuit en courant continu (DC), la puissance réelle est égale à la puissance apparente. Le voltampère n'est donc pertinent que pour les circuits en courant alternatif (AC).

7. Circuit triphasé

7.1. Tensions

C'est un système constitué de 3 tensions alternatives sinusoïdales monophasées de même valeur efficace V déphasées de $2\pi/3$ l'une à l'autre et ayant un point commun N appelé point Neutre. C'est donc un système équilibré.



- $V_1 = V\sqrt{2} \sin \omega t$
- $V_2 = V\sqrt{2} \sin \omega t - \frac{2\pi}{3}$
- $V_3 = V\sqrt{2} \sin \omega t - \frac{4\pi}{3}$

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 + \vec{V}_3 = \vec{0}$$

V : valeur efficace

Ces tensions sont appelées tensions simples ou entre phase et neutre. On peut également mesurer la tension entre 2 phases, on aura des tensions composées.

$$\begin{cases} U_{12} = V_1 - V_2 \\ U_{23} = V_2 - V_3 \\ U_{31} = V_3 - V_1 \end{cases}$$

Le système de tensions composées est équilibré

$$\vec{U}_{12} + \vec{U}_{23} + \vec{U}_{31} = \vec{0}$$

Le système étant équilibré les 3 tensions ont la même valeur efficace V

Relation entre U et V :

$$U_{12}^2 = V_1^2 + V_2^2 - 2 V_1 V_2 \cos 120$$

$$U_{12}^2 = U = V\sqrt{3}$$

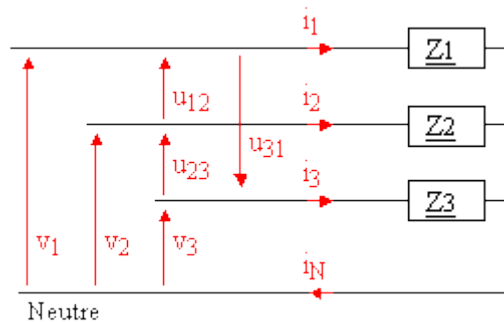
7.2.Intensités

La source triphasée équilibrée alimente les récepteurs triphasés qui peuvent être équilibrés ou déséquilibrés. D'autre part il y a 2 types de couplages possibles pour les récepteurs

Triangle Δ et Etoile Y

La source peut être également en Y et en Δ

1. Couplage étoile équilibré :



Les 3 dipôles doivent être totalement identiques

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$$

$$\begin{cases} I_1 = V_1/Z_1 \\ I_2 = V_2/Z_2 \\ I_3 = V_3/Z_3 \end{cases} \quad I_1 = I_2 = I_3 = I$$

Selon la nature des dipôles le déphasage entre courant sera plus ou moins important et est identique pour les 3 phases (compris entre $+\pi/2$ et $-\pi/2$).

Bilan énergétique

Puissance active totale consommée :

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3$$

$$\begin{cases} P_1 = V_1 I_1 \cos \phi_1 \\ P_2 = V_2 I_2 \cos \phi_2 \\ P_3 = V_3 I_3 \cos \phi_3 \end{cases} = 3VI \cos \phi$$

$$P_t = 3VI \cos \phi$$

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}} \quad \rightarrow \quad P_t = 3 \frac{U}{\sqrt{3}} I \cos \phi = \sqrt{3} UI \cos \phi$$

Puissance réactive totale consommée

$$\begin{cases} Q_1 = V_1 I_1 \sin \phi_1 \\ Q_2 = V_2 I_2 \sin \phi_2 \\ Q_3 = V_3 I_3 \sin \phi_3 \end{cases} = VI \sin \phi$$

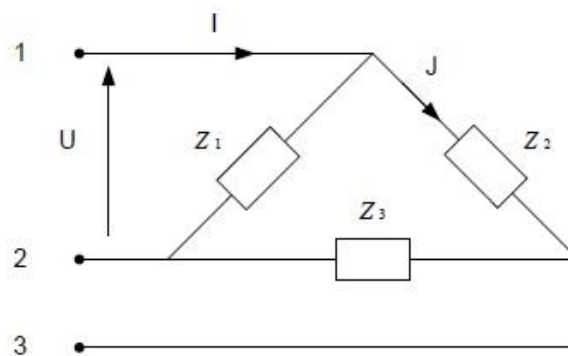
$$Q_t = \sqrt{3} UI \sin \phi$$

Puissance apparente totale consommée

$$S_t = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2} = UI\sqrt{3}$$

2. Couplage Triangle équilibré

❖ Il n'y a pas de neutre dans un couplage triangle



Chaque impédance sera soumise à la tension composée U et sera parcourue par le courant

$$J = \frac{I}{\sqrt{3}} \quad (I : \text{courant de ligne, vient de la source} ; J : \text{courant de phase, traverse le récepteur})$$

Si le système est équilibré, les 3 impédances ($Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$) sont totalement identiques.

Bilan énergétique

Puissance active totale consommée :

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3$$

$$\begin{cases} P_1 = U_1 J_1 \cos \phi_1 \\ P_2 = U_2 J_2 \cos \phi_2 \\ P_3 = U_3 J_3 \cos \phi_3 \end{cases} = UJ \cos \phi$$

$$J = \frac{I}{\sqrt{3}} \quad \rightarrow \quad P_t = \sqrt{3}UI \cos \phi$$

Puissance réactive totale consommée

$$\begin{cases} Q_1 = U_1 J_1 \sin \phi_1 \\ Q_2 = U_2 J_2 \sin \phi_2 \\ Q_3 = U_3 J_3 \sin \phi_3 \end{cases} = UJ \sin \phi$$

$$Q_t = \sqrt{3}UI \sin \phi$$

La puissance réactive est plus abstraite que la puissance active, mais le fait qu'elle puisse être compensée peut offrir un voie d'économie d'énergie et donc d'une baisse de la facture d'électricité.