



Généralité sur les signaux électriques





Table des matières

Objectifs	5
I - Partie I : Généralité sur les signaux électriques	7
A. 1. Définition.....	7
B. 2. Valeur moyenne d'un signal.....	9
C. 3. Valeur efficace d'un signal.....	10
D. 4. Ondulation d'une fonction périodique.....	11
E. 5. Etude expérimentale d'un signal.....	11
F. 6. Résumé.....	12
G. Exercice : Caractéristiques d'un signal.....	13
H. Exercice : Les questions 2 à 9 se rapportent à la figure ci-dessous :.....	13
I. Exercice : Il faut se référer au signal précédent.....	13
J. Exercice : Étude d'un signal.....	14
K. Exercice : Valeur moyenne et Efficace.....	14
II - Parti II : Tension et courant aux bornes d'un dipôle	15
A. 1 Courant électrique aux bornes d'un dipôle.....	15
B. 2. Loi des nœuds (1ère loi de Kirchhoff).....	16
C. 3. Tension électrique.....	16
D. 4. Loi des branches / mailles.....	17
III - Partie III : Puissance et Énergie électrique	19
A. 1. Puissance électrique.....	19
B. 2. Énergie électrique.....	20
IV - Exercice : loi de maille	21
V - Exercice : loi de maille	23


VI - Exercice : loi de nœuds

25

Solution des exercices

27





Objectifs

À la fin de cette leçon, vous serez capable de :

- Définir les signaux électriques, les notions de base de l'électricité et les principaux concepts qui y sont rattachés ;
- Différencier le courant de la tension électrique ;
- Identifier les différentes règles et méthodes de calcul dans les circuits électriques ;

Partie I : Généralité sur les signaux électriques

1. Définition	7
2. Valeur moyenne d'un signal	9
3. Valeur efficace d'un signal	10
4. Ondulation d'une fonction périodique	11
5. Etude expérimentale d'un signal	11
6. Résumé	12
Exercice : Caractéristiques d'un signal	13
Exercice : Les questions 2 à 9 se rapportent à la figure ci-dessous :	13
Exercice : Il faut se référer au signal précédent	13
Exercice : Étude d'un signal	14
Exercice : Valeur moyenne et Efficace	14

Objectifs

Définir les signaux électriques, les notions de base de l'électricité et les principaux concepts qui y sont rattachés ;

A. 1. Définition



Définition : Un signal

Un **signal** peut être défini comme **le support d'une information** ; il peut être modélisé par une fonction d'une ou plusieurs variables : **temps, température, pression**.

On peut classer les signaux suivant la nature de la variable et celle de la fonction.

On rencontrera des grandeurs **continues**, c'est à dire pouvant prendre n'importe

quelle valeur sur un intervalle et des grandeurs **discrètes** ne pouvant prendre qu'une suite de valeurs disjointes.

On distinguera donc :

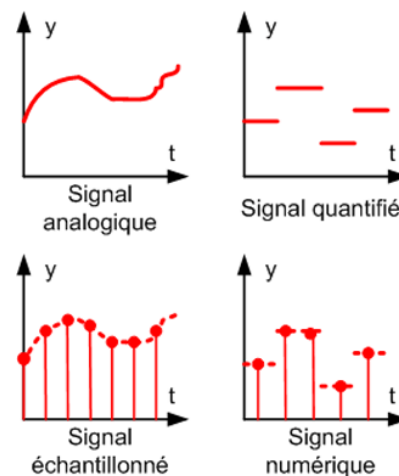
Les **signaux analogiques**, fonctions continues d'une variable continue ; c'est par exemple le cas de la tension du réseau de distribution électrique.

Les **signaux quantifiés**, fonctions discrètes d'une variable continue ; c'est par exemple le cas des signaux des circuits logiques

Les **signaux échantillonnés**, fonctions continues d'une variable discrète ; c'est par exemple le cas des signaux analogiques numérisés pour être visualisés sur un oscilloscope numérique.

Les **signaux numériques**, fonctions discrètes d'une variable discrète ; c'est par exemple les signaux que l'on rencontre dans les calculateurs.

Les différents types de signaux



En électricité, nous étudions des signaux qui sont des **tensions ou des courants fonctions du temps**.

Un signal $y(t)$ sera dit **périodique** s'il existe une valeur **T** du temps telle que **$y(t + T) = y(t)$** ;

T est la période exprimée en secondes, **$f = 1 / T$** est la **fréquence** exprimée en **hertz** (Hz) et **$\omega = 2\pi / T = 2\pi f$** est la **pulsation** exprimée en radian par seconde (rd.s⁻¹).

La figure ci-dessous donne un exemple de signal périodique.

Nous pouvons définir sur ce signal :

La **valeur maximale** ou crête **Y_{max}**

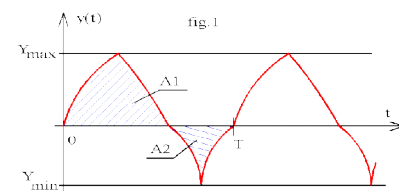
La **valeur minimale** **Y_{min}**

L'**amplitude crête à crête** **$\Delta y_{cc} = Y_{max} - Y_{min}$**

Un signal périodique est dit **alternatif** si **$y(t + T/2) = -y(t)$** .

Dans ce cas, nous avons : **$Y_{max} = -Y_{min}$** ; la valeur crête **Y_{max}** est alors appelée **amplitude** du signal.

Attention ! : ne pas confondre amplitude crête à crête et amplitude "tout court". Pour un signal alternatif, il y a un rapport de 2 entre ces valeurs.



B. 2. Valeur moyenne d'un signal

a. Définition

Lorsque nous voulons charger une batterie, nous la faisons traverser d'un instant t_1 à un instant t_2 par un courant $i(t)$. La charge électrique transportée par le courant est telle que : $i = dq/dt$. Durant le temps de charge, on a stocké dans la batterie la charge totale :

Si le courant est continu, $i(t) = I_0 = \text{Cste}$ et $\theta = (t_2 - t_1) \cdot I_0$. Un courant de forme quelconque stockera la même charge si on a :

cette expression correspond à la somme des échantillons de la fonction $i(t)$ divisée par l'intervalle d'étude ; elle correspond au calcul d'une moyenne.

Pour une fonction quelconque $y(t)$, nous appellerons valeur moyenne sur l'intervalle $[t_1; t_2]$ la quantité :

Lorsque la fonction est périodique, la longueur de l'intervalle de temps est pris égal à la période :

le résultat est **indépendant de la valeur de t_0** .

Conseils :

Lorsque la fonction contient des lignes trigonométriques (**sinus, cosinus**) il est préférable d'utiliser la variable **$\theta = w \cdot t$** et d'exprimer les intervalles en angles.

Lorsque la fonction est nulle sur un intervalle, il n'est pas nécessaire de poser le calcul de l'intégrale, nous savons que le résultat sera nul sur cet intervalle.

Attention! : Lorsqu'on utilise la variable $\theta = w \cdot t$, les angles doivent être obligatoirement exprimées en radians.

b. Propriétés de la valeur moyenne

P1 : calculer la valeur moyenne c'est exécuter une opération linéaire :

P2 : la valeur moyenne d'une fonction alternative est nulle

P3 : toute fonction périodique a une dérivée de valeur moyenne nulle

P4 : si la fonction $y(t)$ est bornée sur l'intervalle d'étude, sa valeur moyenne a les mêmes bornes :

C. 3. Valeur efficace d'un signal

a. Définition

Soit une résistance R parcourue par un courant d'intensité $i(t)$. L'énergie dissipée par effet Joule dans la résistance est, durant le temps dt , $dW = Ri^2 \cdot dt$. Si nous voulons calculer l'énergie totale dissipée entre deux instants t_1 et t_2 , nous devons calculer l'intégrale. Si le courant $i(t)$ est continu de valeur I_0 , nous avons $W = R \cdot I_0^2 \cdot (t_2 - t_1)$.

Un courant variable produira le même effet Joule si l'on a ,
c'est à dire si le carré de I^2_0 est égale à la valeur moyenne de i^2 .

Dans tous les phénomènes thermiques interviendra donc la valeur moyenne du carré appelé, valeur quadratique moyenne ; nous utiliserons de préférence en électricité la racine de la valeur quadratique moyenne appelée valeur efficace de la fonction :

La valeur efficace se note généralement par une lettre majuscule sans indice.

Attention ! : ne pas confondre la valeur moyenne du carré et le carré de la valeur moyenne

En anglais la valeur efficace est dite RMS pour Root Mean Square soit Racine de la Moyenne du Carré ce qui précise bien l'ordre des opérations à effectuer.

b. Calcul

La valeur efficace se calcule suivant la méthode décrite au précédent.

Calculons par exemple la valeur efficace de l'intensité de la fig.3 :

La valeur efficace du courant est donc $I = 0,646 \text{ A}$.

c. Propriétés

P5 : soit une constante K et une fonction $y(t)$ de valeur efficace Y , il vient :

valeur efficace :

P6 : si $Y = 0$ alors $y(t) = 0$ sur tout l'intervalle

Attention ! : calculer la valeur efficace n'est pas une opération linéaire. En particulier la valeur efficace d'une somme n'est généralement pas égale à la somme des valeurs efficaces.

D. 4. Ondulation d'une fonction périodique

a. Définition

Soit une fonction périodique $y(t)$ de valeur moyenne Y_{moy} ; l'ondulation de la fonction est la fonction du temps définie par : $y_{\text{ond}}(t) = y(t) - Y_{\text{moy}}$.

b. Propriétés

P8 : d'après la propriété P1, il vient

P9 : d'après la propriété P5, il vient en valeur efficace :

P10 : d'après P9, nous en déduisons que $Y \geq Y_{\text{moy}}$, l'égalité ayant lieu pour une fonction constante.

c. Facteur de forme et taux d'ondulation

Le facteur de forme d'une fonction périodique est le rapport $F = Y / |Y_{\text{moy}}|$. D'après P10, ce nombre est supérieur ou égal à 1. $F = 1$ équivaut à $y(t) = \text{Cste}$.

Le taux d'ondulation d'une fonction périodique est le rapport $b = Y_{\text{ond eff}} / |Y_{\text{moy}}|$. D'après P9, il vient :

E. 5. Etude expérimentale d'un signal

Visualisation

La visualisation du signal à l'oscilloscope permet de mesurer :

La période et la fréquence du signal

Les valeurs maximale et minimale avec un couplage DC des entrées

L'ondulation crête à crête avec un couplage AC des entrées.

Lorsqu'on passe du couplage DC au couplage AC des entrées, la valeur moyenne du signal est supprimée de l'affichage sur l'oscilloscope.

Le signal se décale alors vers le bas d'une quantité égale à sa valeur moyenne ; c'est un moyen rapide d'évaluer la valeur moyenne du signal.

Attention ! : généralement le couplage doit être en position DC ; on n'utilise le couplage AC que pour visualiser l'ondulation du signal, en particulier lorsque cette ondulation est d'amplitude faible devant la valeur moyenne (facteur de forme proche de 1).

La valeur moyenne d'une tension ou d'un courant se mesure avec un appareil de type continu. Ces appareils sont des appareils à aiguille de type magnétoélectrique ou des appareils numériques.

La valeur efficace d'une fonction se mesure avec un appareil dit "efficace vrai" ou "RMS". Ces appareils sont à aiguille de type ferromagnétique ou numériques spécifiques.

Attention ! :

Les appareils alternatifs "ordinaires" ne mesurent la valeur efficace que pour des

signaux purement sinusoïdaux.

Certains appareils numériques ne peuvent mesurer en position alternatif que la valeur efficace de l'ondulation ; il faut alors utiliser la propriété P9 pour obtenir la valeur efficace. D'autres permettent de mesurer au choix la valeur efficace de l'ondulation (position AC) ou la valeur efficace du signal (position AC+DC).

Lorsqu'on utilise un appareil pour mesurer la valeur efficace de l'ondulation, il faut prendre en compte le facteur de crête k de l'appareil : le calibre choisi doit être tel que k fois le calibre soit supérieur à la valeur maximale du signal. Par exemple pour $k = 10$, si on désire mesurer l'ondulation efficace d'une tension de valeur moyenne 9 V et d'ondulation crête à crête égale à 0,1V, le calibre utilisé doit être supérieur à $(9+0,05)/10 = 0,905$ V soit par exemple un calibre 1 V alors que la valeur efficace à mesurer ne dépasse pas 0,1V.

F. 6. Résumé

Types de signaux :

Les signaux

Caractéristiques d'un signal périodique :

signal

Valeur moyenne

Fonction quelconque :

Définir l'intervalle d'étude $[t_1; t_2]$

Calculer la valeur moyenne :

Fonction périodique :

Intervalle égal à une période $[t_0; T+t_0]$

Calculer la valeur moyenne

Valeur efficace :

Fonction quelconque :

Définir l'intervalle d'étude $[t_1; t_2]$

Calculer la valeur efficace

Fonction périodique :

Intervalle égal à une période $[t_0; T+t_0]$

Calculer la valeur efficace

G. Exercice : Caractéristiques d'un signal

[Solution n°1 p 27]

Question n°1 : Un signal de période $T = 5 \text{ ms}$ a une fréquence de :

☐ 200 s

☐ 200 Hz

☐ 0,2 Hz

H. Exercice : Les questions 2 à 9 se rapportent à la figure ci-dessous :

[Solution n°2 p 27]

Signal carré

donnez l'amplitude du signal.

☐ 6V

☐ 3V

☐ 4V

☐ on ne peut pas parler d'amplitude

I. Exercice : Il faut se référer au signal précédent

[Solution n°3 p 27]

quelle est la valeur moyenne et efficace du signal précédent ?

☐ -2 et 3

☐ 6 et 3

☐ -2 et $2\sqrt{3}$

J. Exercice : Étude d'un signal

[Solution n°4 p 28]

On étudie la fonction ci-dessous :

Quelle est la fréquence de ce signal ?

	7ms
	6ms
	12 ms

K. Exercice : Valeur moyenne et Efficace

[Solution n°5 p 28]

Quelles sont les valeurs moyenne et efficace du signal précédent ?

	2,5 et 9
	4 et 3
	2,5 et 5

Parti II : Tension et courant aux bornes d'un dipôle

1. Courant électrique aux bornes d'un dipôle	15
2. Loi des nœuds (1ère loi de Kirchhoff)	16
3. Tension électrique	16
4. Loi des branches / mailles	17

Objectifs

Définir les notions de bases du courant et tensions, ainsi que les principaux théorèmes

A. 1 Courant électrique aux bornes d'un dipôle

courant

Le courant électrique est un déplacement de **porteurs de charge** (électron, ion) dans un conducteur.

Le sens conventionnel du courant est celui du déplacement des porteurs de **charges positives**.

C'est donc le sens opposé au déplacement des porteurs de charges négatives ($q < 0$).

L'intensité I du courant qui traverse un conducteur est un **débit de charge**. C'est une grandeur algébrique. Elle est mesurée à l'aide d'un **ampèremètre**.

Soit **dq** la charge qui traverse dans le sens positif choisi arbitrairement une section de conducteur pendant une durée élémentaire dt . L'intensité s'écrit :

NB : un ampèremètre se comporte comme un fil.

Après calcul, c'est le signe de la valeur de l'intensité du courant I qui donne le sens réel du courant :

- $I > 0$ signifie que les porteurs positifs se déplacent dans le **sens choisi arbitrairement**
- $I < 0$ signifie que les porteurs positifs se déplacent dans le sens **inverse du sens choisi**.

sens du courant contraire à celui des électrons



Remarque : Danger

Danger pour l'homme



Exemple : Application

La charge d'une batterie

B. 2. Loi des nœuds (1ère loi de Kirchhoff)

Loi de maille en régime stationnaire

En régime stationnaire, il n'y a **ni accumulation ni disparition de charges** ; il y a conservation de la charge.

La loi des nœuds traduit la **loi de conservation de la charge**.

$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4$$

Conséquence : **l'intensité est la même** en tout point d'une branche car elle ne **contient pas de nœuds**.

C. 3. Tension électrique

Notion de tension

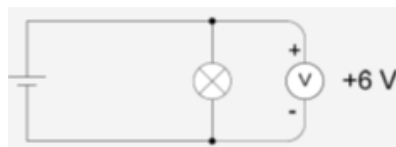
La tension entre deux points d'un dipôle est la grandeur électrique mesurée entre ses deux points par un voltmètre. Elle est représentée par une flèche. C'est une grandeur algébrique et elle s'exprime en volt (V).

Une tension électrique est **une différence de potentiel électrique (ou d.d.p.)** entre deux point d'un circuit.

Le potentiel électrique est défini à une constante près.

La référence des potentiels électriques est la « masse électrique ».

C'est le « **0 V** » :



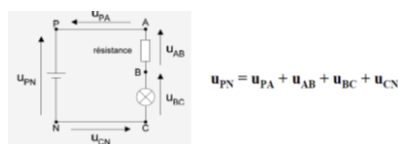
Il se comporte comme **un interrupteur ouvert**.

Un voltmètre mesure la tension présente à ses bornes.

Il est donc branché en dérivation

D. 4. Loi des branches / mailles

Tension dans un circuit



La tension totale entre deux points d'un circuit électrique est égale à la somme des tensions intermédiaires.

Une **maille** est une branche **refermée sur elle-même**.

On choisit arbitrairement un sens de parcours (sens horaire ou antihoraire).

Résolution



Exemple : Application : calcul d'une différence de potentiel

Déterminer la différence de potentiel U indiquée sur le schéma ci-dessous :

Résolution

Partie III : Puissance et Énergie électrique

1. Puissance électrique	19
2. Énergie électrique	20

A. 1. Puissance électrique

Mesure de la Puissance

Lorsqu'un courant circule dans un dipôle AB, des échanges d'énergie électrique ont lieu entre ce dipôle et les charges.

L'énergie potentielle d'une charge q passant du point A (au potentiel V_A) au point B (au potentiel V_B) varie ainsi de la quantité **$qV_A - qV_B = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$** .

La puissance électrique P_g fournie par le dipôle aux charges vaut donc :

Cette puissance électrique mis en jeu dans ce dipôle peut aussi s'écrire

La puissance reçue par un dipôle est **une grandeur algébrique**. Son **signe** indique le **caractère générateur ou récepteur du dipôle**.

Un dipôle a un caractère récepteur si la **puissance qu'il reçoit est positive**. Il transforme l'énergie qu'il reçoit en une autre forme d'énergie (thermique, mécanique, lumineuse, ...).

Un dipôle a un caractère générateur si la **puissance qu'il reçoit est négative**.

Exemple : Générateur et récepteur

Sens du courant

La puissance que fournit la pile est : $p = u_i = 6 \text{ W}$

La puissance que consomme l'ampoule est : 6 W

Résumé puissance :

B. 2. Énergie électrique

Énergie et puissance

La puissance dérive de l'énergie :

dE est l'énergie mise en jeu pendant la durée **dt**.

L'énergie électrique s'écrit donc : **dE = ui.dt**

Remarque : les compteurs d'énergie mesurent l'énergie électrique en kilowatt-heure (**kWh**).

--> **1 kWh = 3,6.10⁶ J**

Effet Joule

Un conducteur parcouru par un courant électrique dégage de la chaleur.

Plus généralement, l'effet Joule se traduit par la conversion d'énergie électrique en énergie thermique (chaleur).

Dans le cas des conducteurs ohmiques et des résistances, l'énergie électrique consommée est entièrement transformée en chaleur.

La puissance électrique consommée par une résistance est : **p = ui avec u = Ri**,

Exemple : Application

Calculer la résistance d'un grille-pain de 750 W,



Exercice : loi de maille

[Solution n°6 p 28]

On donne $U = 10 \text{ V}$ et $U_1 = 6 \text{ V}$
Calculer la tension U_2

	Je ne sais pas
	A) 16 V
	B) 4 V
	- 4 V



Exercice : loi de maille

[Solution n°7 p 28]

Que vaut la tension U_1 ?

	Je ne sais pas
	- 18 V
	- 6 V
	- 18 V
	6V



Exercice : loi de nœuds

[Solution n°8 p 29]

Que vaut l'intensité du courant i_1 ?

-750 mA
780 mA
60 mA
- 60 mA



Solution des exercices

> Solution n°1 (exercice p. 13)

☐ 200 s

☒ 200 Hz

☐ 0,2 Hz

> Solution n°2 (exercice p. 13)

donnez l'amplitude du signal.

6V

3V

4V

☒ on ne peut pas parler d'amplitude

Le signal n'est pas alternatif, on ne peut donc pas parler d'amplitude.

> Solution n°3 (exercice p. 13)

-2 et 3

6 et 3

-2 et $2\sqrt{3}$

Valeur moyenne

Résultat valeur efficace :

> **Solution n°4** (exercice p. 14)

	7ms
	6ms
	12 ms

Période $T = 6\text{ms}$

> **Solution n°5** (exercice p. 14)

	2,5 et 9
	4 et 3
	2,5 et 5

$V_{1\text{moy}} = 2,5$

$V_1 = 5 \cdot (t - 1)$ avec t en ms

$V_{1\text{eff}} = 5$

> **Solution n°6** (exercice p. 21)

	Je ne sais pas
	A) 16 V
	B) 4 V
	- 4 V

$U = U_1 + U_2,$

$U = 10 + 6 = 18\text{V}$

> **Solution n°7** (exercice p. 23)

	Je ne sais pas
	- 18 V
	- 6 V
	- 18 V
	6V

$12 + U_1 - 6 = 0$

--> $U_1 = - 6\text{ V}$

> **Solution n°8** (exercice p. 25)

Solution des exercices

-750 mA
780 mA
60 mA
- 60 mA

$$420 = i_1 + 360,$$

$$i_1 = 420 - 360$$

$$= 60 \text{ V}$$

