Chapitre 04

Puissances et signaux périodiques

Capacités exigibles :

- Mesurer ou calculer une valeur efficace, un taux de distorsion harmonique.
- Exprimer la répartition de la puissance dans le domaine fréquentiel.
- Identifier les deux grandeurs intervenant dans le calcul de la puissance.
- Définir, mesurer la puissance instantanée, la puissance moyenne transportée par un signal.
- Calculer la puissance active dans le cas de signaux périodiques, connaissant leur contenu spectral

I. Puissance d'un signal constant :

Dans ce paragraphe, le signal étudié est constant et est noté U.

A. Qu'est-ce qu'une tension ? une intensité ?

Rappels :

La conduction électrique dans un matériau conducteur est modélisée par l'existence d'« électrons libres » dans ce matériau. Un matériau isolant n'en possède pas.
Un électron est chargé négativement : $q_{electron} = -1{,}60 \times 10^{-19} C$

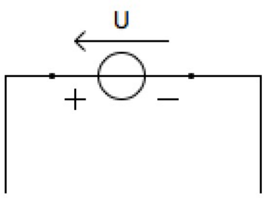
- **1er cas : générateur seul – circuit ouvert**

Soit un signal constant U.

Définition : tension électrique

Un signal de nature électrique, dit « tension électrique » représente une différence de potentiel électrique (ou d'états électriques) entre deux points d'un système électrique.

Cette différence de potentiel électrique est créée par un générateur de tension (constante).

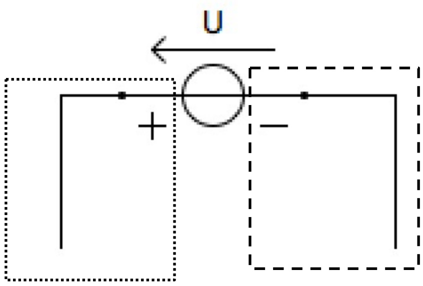


Le symbole d'un générateur de signal (tension) est celui présenté à gauche.
On schématise une tension électrique, par une flèche « en dehors » du circuit.
La **p**ointe de la flèche est sur la borne considérée **p**ositive.

Le générateur de tension créé un déséquilibre dans la répartition des charges / des électrons libres :

- Le fil relié à la borne négative présente un excès d'électrons,
- Le fil relié à la borne positive présente un défaut d'électrons.

Zone A :
Points du fil présentant un défaut d'électrons (absence de charges négatives)



Zone B :
Points du fil présentant un excès d'électrons (excès de charges négatives)

Tous les points du fil dans la zone A sont au même potentiel électrique.
Tous les points du fil dans la zone B sont au même potentiel électrique.

Conséquences : à comprendre

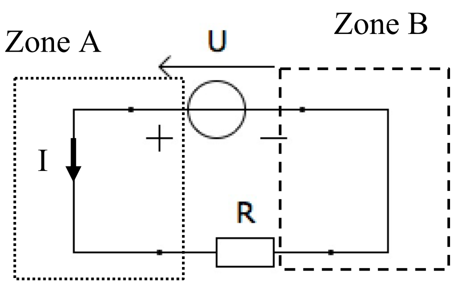
Le potentiel électrique d'un point de la zone A est plus élevé que le potentiel électrique d'un point de la zone B.
La différence de potentiel (ou tension électrique) entre deux points d'une même zone est nulle. Cela revient à dire que la tension aux bornes d'un fil est nulle.

Dans ce premier cas (simple), les électrons ne peuvent pas se déplacer entre les deux zones.

❖ 2ème cas : générateur avec un conducteur ohmique – circuit fermé

Dans ce modèle, les électrons sont dits « libres » car ils sont capables de se « déplacer » au sein d'un matériau conducteur : la vitesse moyenne de déplacement de ces charges électrique est de l'ordre du cm/h ou de la dizaine de cm/h (ce qui est très lent).

On place entre les deux zones A et B, un matériau conducteur : un conducteur ohmique. Il est caractérisé par sa résistance électrique, notée R, dont l'unité est l'ohm, de symbole Ω.

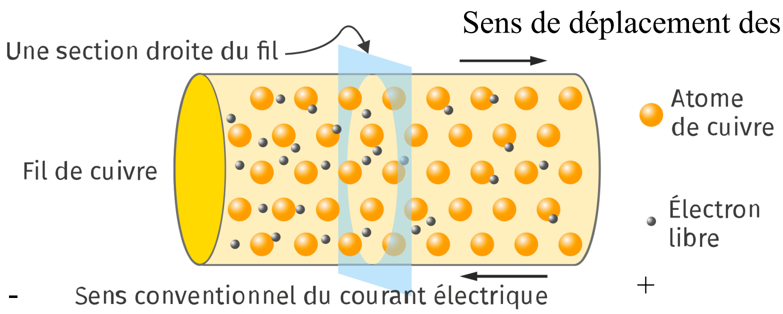


Le symbole électrique du conducteur ohmique est celui représenté à gauche.

Des électrons libres peuvent donc quitter la zone B pour aller dans la zone A en traversant le conducteur ohmique.
Une fois arrivés dans la zone A, des électrons libres sont réinjectés dans la zone B par le générateur, afin de maintenir le déséquilibre des potentiels électriques entre les deux zones.

Définition de l'intensité électrique :

Des électrons libres peuvent se déplacer au sein d'un conducteur électrique, de section S.
La grandeur nommée intensité, notée I, dont l'unité est l'ampère (de symbole A) correspond au débit de charge électriques dans ce conducteur, de section S.



$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Δq : charge électrique (en coulomb, noté C) traversant la section durant la durée Δt (en seconde)

$1\ A$ signifie donc $1\ C/s$ ou encore $1\ C.s^{-1}$

Par convention, on schématise cette intensité électrique, par une flèche « sur » le fil du circuit, allant toujours de la borne positive à la borne négative du générateur (sens opposé au déplacement des électrons libres).

Remarque : vitesse de déplacement des électrons libres et vitesse de propagation de l'onde

La vitesse moyenne de déplacement de ces charges électrique est de l'ordre du cm/h ou de la dizaine de cm/h, ce qui est très lent. Comment expliquer l'établissement quasi-instantanée du courant lorsque l'on ferme un interrupteur ?
C'est en réalité un mouvement de proche en proche des électrons libres : le phénomène étudié peut être modélisé par une onde, de vitesse de propagation dans le cuivre, entre $1{,}75 \times 10^8\ m/s$ et $2{,}00 \times 10^8\ m/s$ (proche de la vitesse de propagation des rayonnements électromagnétiques dans le vide $c = 3{,}00 \times 10^8 m/s$).

❖ **Comment mesurer une tension ?**

Une tension électrique se mesure à l'aide d'un voltmètre, placé en dérivation (ou en parallèle), entre les deux points étudiés du circuit.

❖ **Comment mesurer une intensité ?**

Une intensité électrique se mesure à l'aide d'un ampèremètre, placé en série, dans la branche étudiée du circuit.

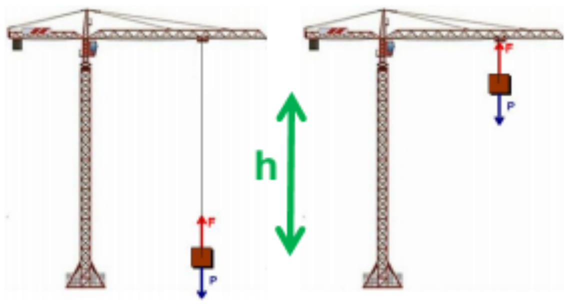
B. Qu'est-ce qu'une puissance ? une énergie ?

Exemple en mécanique :

Pour lever d'une hauteur h, la charge de masse m, il faut fournir une certaine quantité d'énergie. Dans un premier temps, on suppose que la vitesse de levée est constante.

Quelle que soit la vitesse de levage de la charge, la quantité totale d'énergie à fournir est toujours la même.

Plus la vitesse de levée de la charge est grande, plus la puissance fournie à la charge de masse m est grande.



❖ **Sens physique de la grandeur « énergie » :**

L'énergie (en joule) représente ce qu'il faut fournir à un système pour l'amener d'un état initial à un état final. La manière dont le chemin est parcouru entre les 2 états n'a pas d'importance.

❖ **Sens physique de la grandeur « puissance » :**

La puissance caractérise le **débit d'énergie** fournie entre l'état initial et l'état final. Elle ne dépend ni de l'état initial, ni de l'état final du système, mais permet de décrire la rapidité de ce transfert d'énergie.

❖ **Lien entre puissance et variation d'énergie :** *à connaitre par cœur*

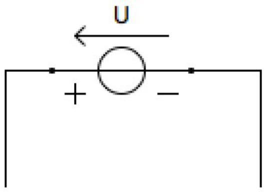
$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}, ou\ encore\ \Delta E = P \times \Delta t$$

P est la puissance (issue de la variation d'énergie ΔE). Son unité est le watt, de symbole W.
ΔE: variation d'énergie, dont l'unité est le joule, de symbole J
Δt: durée de cette variation d'énergie, en seconde, de symbole s

1 W signifie donc 1 J/s ou encore 1 $J.s^{-1}$

C. Signal constant, puissance et conventions :

❖ 1^er cas : générateur seul – circuit ouvert

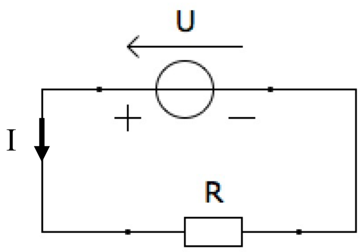


Soit un signal constant U. Ce signal « seul » ne peut ni fournir de l'énergie à l'extérieur, ni recevoir une énergie de l'extérieur. L'énergie électrique du signal est donc constante : elle ne varie pas $\Delta E = 0\ J$

Dans ce cas simple, il ne peut pas avoir de conversion de l'énergie électrique portée par le signal, en une autre forme d'énergie.

La puissance, étant un débit d'énergie, ne peut donc pas être définie.

❖ 2^ème cas : générateur avec un conducteur ohmique – circuit fermé



Le conducteur ohmique est parcouru par un courant électrique (débit d'électrons traversant une section de conducteur) : il y a conversion d'énergie.
Le signal électrique fournit de l'énergie électrique au conducteur ohmique, qui la transforme en énergie thermique

L'énergie électrique du signal varie au cours du temps : $\Delta E \neq 0\ J$

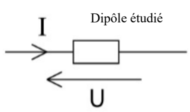
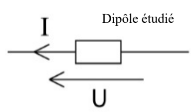
La puissance, étant un débit d'énergie, peut donc alors être définie.

À connaitre par cœur :

Pour un signal (tension) constant, on définit la puissance de ce signal, notée P, dont l'unité est le watt, de symbole W : $$P = U \times I$$ U: tension aux bornes du système, en volt I: intensité traversant le système, en ampère

❖ Convention générateur et convention récepteur : à connaitre par cœur

Lorsque l'on étudie un dipôle électrique soumis à un signal (ou une tension) constant, on peut adopter au choix deux conventions.

La flèche représentant la tension U est dans le sens opposé à la flèche représentant l'intensité I  On appelle cette convention, la **convention récepteur.** La puissance P s'appelle la **puissance reçue** par le dipôle étudié. Si $P > 0$ alors le dipôle reçoit effectivement une puissance de l'extérieur (provenant du signal). Si $P < 0$ alors le dipôle effectivement fournit une puissance à l'extérieur.	La flèche représentant la tension U est dans le même sens que la flèche représentant l'intensité I  On appelle cette convention, la **convention générateur.** La puissance P s'appelle la **puissance fournie** par le dipôle étudié : Si $P > 0$ alors le dipôle fournit effectivement une puissance à l'extérieur. Si $P < 0$ alors le dipôle reçoit effectivement une puissance de l'extérieur (provenant du signal).

❖ **Comportement d'un dipôle vs convention choisie :**

Un dipôle se **comportant en récepteur** (le dipôle reçoit de l'énergie provenant du signal et la transforme en une autre forme d'énergie) a :
- en **convention récepteur**, une puissance reçue **positive**
- en **convention générateur**, a une puissance fournie **négative**.

Un dipôle se **comportant en générateur** (le dipôle fourni de l'énergie électrique à l'extérieur) a :
- en **convention récepteur**, une puissance reçue **négative,**
- en **convention générateur**, a une puissance fournie **positive**.

A retenir :

Afin d'éviter le signe « - » dans nos calculs, il est pertinent d'adopter la convention correspondant au comportement du dipôle.

⚠ Quelle que soit la convention adoptée, le sens « réel » du transfert d'énergie ne change pas entre le signal constant et le dipôle étudié.

Remarque :
Il existe des dipôles capables de se comporter comme un récepteur puis comme un générateur (exemples : condensateurs, bobines, batteries, piles rechargeables etc.). Le choix de la convention se fait alors « au hasard ».

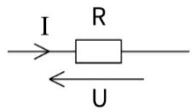
Pour la suite du chapitre :
Pourquoi choisir un conducteur ohmique comme dipôle ?
Le conducteur ohmique est le dipôle le plus « simple » pour déterminer la puissance reçue par ce dipôle provenant du signal étudié. En effet, la loi d'Ohm est une « simple » relation de proportionnalité entre u et i

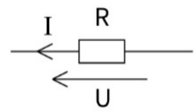
Puissance reçue par le conducteur ohmique
De façon logique, la puissance reçue par le conducteur ohmique est égale à la puissance fournie par le signal $u(t)$ à ses bornes. C'est ce qu'on appelle plus rapidement « puissance du signal $u(t)$ »

D. Cas du conducteur ohmique soumis à un signal constant :

Un conducteur ohmique caractérisé par sa résistance électrique, notée R, dont l'unité est l'ohm, de symbole Ω.

❖ **Loi d'Ohm : à connaitre par cœur**

<table>
<tr><td>En convention récepteur :


La loi d'Ohm s'écrit :
$U = R \times I$</td><td>En convention générateur :


La loi d'Ohm s'écrit :
$U = - R \times I$</td></tr>
<tr><td colspan="2">U: tension aux bornes du conducteur ohmique, en volt
I: intensité traversant le conducteur ohmique, en ampère
R: résistance du conducteur ohmique, en ohm (de symbole Ω)</td></tr>
</table>

Conclusion :

Quelle que soit la convention adoptée, le conducteur ohmique a un **comportement** récepteur : un conducteur ohmique est un dipôle permettant de convertir intégralement l'énergie électrique reçue par un signal électrique en énergie thermique. C'est l'effet Joule.

La convention récepteur semble donc la plus appropriée (on évite ainsi les signes « - » tout au long de notre étude).

Pour la suite du chapitre, la convention choisie pour le conducteur ohmique sera donc la convention récepteur.

II. Puissance d'un signal variable et périodique : puissance instantanée et puissance moyenne

A. Puissance instantanée d'un signal variable et périodique :

Les signaux (tensions) étudiés étant variables (et périodiques), cela conduit à définir une puissance dépendant du temps : la puissance instantanée.

À connaitre par cœur :

Avec un signal variable, la tension entre deux points du circuit et l'intensité en un point dépendent du temps : on les note alors respectivement u et i (plus de majuscules) ou encore $u(t)$ et $i(t)$.

En convention récepteur, on définit alors la puissance instantanée, notée $P(t)$, dont l'unité est le watt, de symbole W, par :

$$P(t) = u \times i \quad \textit{ou encore } P(t) = u(t) \times i(t)$$

u: tension aux bornes du système à l'instant t, en volt
i: intensité traversant le système à l'instant t, en ampère

Retour sur l'exemple de la grue :

La vitesse de levée n'est plus ici, une constante : elle dépend du temps. On peut la noter $v(t)$.
Plus la vitesse de levée de la charge est grande, plus la puissance fournie instantanément est grande.
La puissance caractérise le **débit d'énergie** fourni à chaque instant (instantanément).
La formule devient alors :

$$P(t) = \frac{dE}{dt}$$

P est la puissance instantanée (issue de la variation d'énergie dE). Son unité est le watt, de symbole W.
dE: variation infinitésimale de l'énergie (différentielle d'ordre 1)
dt: durée infinitésimale de cette variation d'énergie (différentielle d'ordre 1)

$\frac{dE}{dt}$ représente la dérivée de la fonction énergie $E(t)$ par rapport au temps t

B. Puissance instantanée pour un conducteur ohmique :

Pour toute la suite de ce chapitre, le **système étudié est un conducteur ohmique**, caractérisé par sa résistance électrique, notée R. On rappelle que la convention adoptée est la **convention récepteur**.

En d'autres termes, « nous sommes » ce conducteur ohmique et on cherche à savoir comment se font les échanges d'énergies entre le conducteur ohmique (nous) et le signal $u(t)$.

À connaitre par cœur :

En convention récepteur, la loi d'Ohm (qui ne s'applique que pour un conducteur ohmique) s'écrit :

$$u = R \times i$$

u: tension (signal) aux bornes du conducteur ohmique, en volt (V)
i : intensité traversant le conducteur ohmique, en ampère (A)
R : résistance du conducteur ohmique, en ohm (Ω)

La puissance instantanée reçue par le conducteur ohmique devient :

$$P(t) = u \times i = u \times \frac{u}{R} = \frac{u^2}{R}$$

Or, $\forall\ t, u(t)^2 > 0\ et\ R > 0,\ donc$:

$$P(t) > 0$$

On en conclut que le conducteur ohmique **reçoit** une puissance de l'extérieur (provenant du signal) : il transforme l'énergie électrique du signal en énergie thermique. C'est l'effet Joule.

On retrouve ici, que le conducteur ohmique a un **comportement récepteur.**

C. Puissance moyenne (ou active) reçue par un conducteur ohmique :

❖ **Principe général d'un appareil de mesure :**

Les fréquences des signaux étant assez élevées (et donc leurs périodes faibles face à la durée de l'observation), les appareils de mesures mesurent les **valeurs moyennes** des grandeurs mesurées (tension, intensité, énergie ou encore puissance) et non les valeurs instantanées (ce qui d'ailleurs, n'aurait aucun sens).

❖ **Détermination de la puissance moyenne (ou puissance active) reçue par un conducteur ohmique, à partir de la représentation temporelle du signal :**

Démonstration :

En convention récepteur, on définit alors la puissance moyenne reçue ou **puissance active** :

$$\langle P(t)\rangle = \langle u \times i\rangle \text{ avec } i = \frac{u}{R} \text{ donc } \langle P(t)\rangle = \langle u \times \frac{u}{R}\rangle$$

Pour un conducteur ohmique, on obtient :

$$\langle P(t)\rangle = \langle \frac{u^2}{R}\rangle, or\ R\ est\ constant, donc:$$

$$\langle P(t)\rangle = \frac{1}{R} \times \langle u^2\rangle$$

Or, on sait que :

$$U_{eff} = \sqrt{\langle u^2\rangle}, donc\ \langle u^2\rangle = {U_{eff}}^2$$

Finalement, on obtient :

$$\langle P(t)\rangle = \frac{1}{R} \times {U_{eff}}^2 = \frac{{U_{eff}}^2}{R}$$

À connaitre par cœur :

La puissance moyenne (ou puissance active) reçue par un conducteur ohmique de résistance R (puissance provenant du signal périodique) peut se déterminer à partir de la valeur efficace du signal :

$$\langle P(t)\rangle = \frac{{U_{eff}}^2}{R}$$

U_{eff} : valeur efficace du signal périodique, en volt.
R: résistance du conducteur ohmique, en ohm.
$\langle P(t)\rangle$: puissance moyenne reçue par le conducteur ohmique, en watt.

Plus la valeur efficace d'un signal périodique est grande, plus ce signal est susceptible de fournir une puissance importante au conducteur ohmique.

Méthode pour appliquer la précédente formule à partir d'une représentation temporelle :

Pour calculer la puissance moyenne du signal, à partir de sa représentation temporelle, il faut utiliser la formule suivante :

$$\langle P(t)\rangle = \frac{{U_{eff}}^2}{R}$$

- On détermine U_{eff} grâce aux méthodes vues dans le chapitre 02 (voir fiche méthode 05)
- On applique la formule en respectant les chiffres significatifs et l'unité de $\langle P(t)\rangle$ (en watt, noté W)

⚠ Ce calcul vous permet de déterminer la puissance moyenne fournie par **l'intégralité du signal** (au conducteur ohmique).

Remarque :
Pour un signal continu $u(t) = U$, on obtient :

$$\langle P(t)\rangle = P = \frac{U^2}{R}$$

On en conclut que, la tension efficace d'un signal périodique, correspond à la valeur qu'aurait un signal continu ayant la même puissance que ce signal périodique.

- **Détermination de la puissance moyenne (ou puissance active) reçue par un conducteur ohmique, à partir de la représentation fréquentielle du signal :**

Soit la décomposition en série de Fourier d'un signal $u(t)$ périodique, de fréquence f_1 , tel que :

$$u(t) = \langle u\rangle + \mathrm{A}_1\cos(2\pi f_1\, t + \varphi_1) + \mathrm{A}_2\cos(2\pi f_2\, t + \varphi_2) + \mathrm{A}_3\cos(2\pi f_3\, t + \varphi_3) + \cdots$$

$$avec\ f_n = n \times f_1, \qquad n \in \mathbb{N}^*$$

A_n: amplitude de l'harmonique de rang n, en volt
$\langle u\rangle$: valeur moyenne du signal, en volt
f_n: fréquence de l'harmonique de rang n, en hertz

A connaitre par cœur :

Lorsque l'on a connaissance des amplitudes des harmoniques et de la valeur moyenne du signal, la puissance moyenne $\langle P(t)\rangle$ du signal $u(t)$ se détermine ainsi :

$$\langle P(t)\rangle = \frac{\langle u\rangle^2}{R} + \frac{\mathrm{A}_1^2}{2R} + \frac{\mathrm{A}_2^2}{2R} + \frac{\mathrm{A}_3^2}{2R} + \cdots$$

A_n: amplitude de l'harmonique de rang n, en volt
$\langle u\rangle$: valeur moyenne du signal, en volt
R: résistance du conducteur ohmique, en ohm (Ω)

⚠ Ce calcul vous permet de déterminer la puissance moyenne fournie par **une partie des harmoniques d'un signal** possédant une infinité d'harmoniques.

- **Comment déterminer la puissance reçue par le système grâce à la composante continue ou à l'amplitude de l'harmonique de rang n?** *à connaitre par cœur*

Lorsque l'on a connaissance de la valeur moyenne du signal, la puissance P_0 reçue par le système grâce à la composante continue du signal $u(t)$ se détermine ainsi :

$$P_0 = \frac{\langle u \rangle^2}{R}$$

P_0: puissance (moyenne) reçue par le système grâce à la composante continue du signal

Lorsque l'on a connaissance des amplitudes des harmoniques du signal, la puissance moyenne $\langle P_n(t) \rangle$ reçue par le système grâce à l'harmonique de rang n du signal $u(t)$ se détermine ainsi :

$$\langle P_n(t) \rangle = \frac{\mathrm{A}_n^2}{2R}$$

$\langle P_n(t) \rangle$: puissance moyenne reçue par le système grâce à l'harmonique de rang n

Il faut diviser par $2R$ pour les harmoniques et par R pour la valeur moyenne

Conclusion :

La puissance électrique moyenne reçue par un conducteur ohmique provenant d'un signal périodique $u(t)$ est égale à la somme de la puissance reçue grâce à sa composante continue et des puissances moyennes reçues grâce à chacun des harmoniques.

$$\langle P(t) \rangle = P_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \langle P_n(t) \rangle$$

$\sum_{n=1}^{\infty} \langle P_n(t) \rangle$ représente la puissance moyenne reçue par le système grâce à la composante alternative du signal.
P_0 représente la puissance (moyenne) reçue par le système grâce à la composante continue du signal.

Remarque :
En toute rigueur, il faut prendre en compte **tous** les harmoniques du signal afin de retrouver la valeur déterminée par $\langle P(t) \rangle = \frac{{U_{eff}}^2}{R}$.

- **Pourcentage de la puissance moyenne du signal $u(t)$, transporté par l'ensemble de la composante continue et des k premiers harmoniques :**

On souhaite connaître la répartition de la puissance active dans le spectre du signal : on ne prend en compte que les k premiers harmoniques.

Méthode :
- On détermine la valeur efficace du signal U_{eff} à l'aide de sa représentation temporelle du signal (méthodes du chapitre 02) : la valeur efficace calculée contient ainsi l'intégralité des harmoniques.
- On calcule $\langle P(t) \rangle = \frac{{U_{eff}}^2}{R}$,
- On calcule la somme des puissances moyennes pour les k premiers harmoniques : $P_0 + \sum_{n=1}^{k} \langle P_n(t) \rangle$
- Il faut enfin calculer le rapport suivant :

$$\frac{P_0 + \sum_{n=1}^{k} \langle P_n(t) \rangle}{\langle P(t) \rangle}$$

- Multiplier le résultat par 100 afin d'obtenir le pourcentage.

III. Valeur efficace et représentation fréquentielle :

A. Valeur efficace d'un signal périodique à partir des amplitudes :

❖ **Comment déterminer la valeur efficace d'un signal périodique à partir des amplitudes des harmoniques ?** *à connaitre par cœur*

Lorsque l'on a connaissance des amplitudes des harmoniques et de la valeur moyenne du signal, la valeur efficace U_{eff} du signal $u(t)$ se détermine ainsi :

$$U_{eff} = \sqrt{\langle u\rangle^2 + \frac{A_1^2}{2} + \frac{A_2^2}{2} + \frac{A_3^2}{2} + \cdots} = \sqrt{\langle u\rangle^2 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n^2}{2}}$$

A_n: amplitude de l'harmonique de rang n, en volt
$\langle u\rangle$: valeur moyenne du signal, en volt

Remarque :
L'avantage de cette formule est qu'elle est valable, pour tout motif, alternatif ou non, ce qui n'était pas le cas des formules ou méthodes vues dans le chapitre 02.

B. Valeur efficace de la composante alternative d'un signal périodique :

❖ **Rappel :**

$$u(t) = \langle u\rangle + \underbrace{A_1 \cos(2\pi f_1\, t + \varphi_1) + A_2 \cos(2\pi f_2\, t + \varphi_2) + A_3 \cos(2\pi f_3\, t + \varphi_3) + \cdots}$$

Composante continue, auquel on attribue une fréquence nulle.

Composante alternative, notée $u_{alt}(t)$, somme de signaux sinusoïdaux alternatifs

Dans la formule de la valeur efficace d'un signal périodique, on observe deux parties :

$$U_{eff} = \sqrt{\langle u\rangle^2 + \underbrace{\frac{A_1^2}{2} + \frac{A_2^2}{2} + \frac{A_3^2}{2} + \cdots}}$$

Contribution de la composante continue, à la valeur efficace du signal

Contribution de la composante alternative, notée $u_{alt}(t)$, à la valeur efficace du signal

❖ **Comment déterminer la valeur efficace de la composante alternative d'un signal périodique ?** *à connaitre par cœur*

On appelle « valeur efficace de la composante alternative » d'un signal périodique, la grandeur notée $U_{alt,eff}$.
Lorsque l'on a connaissance des amplitudes des harmoniques A_n et de la valeur moyenne du signal, on utilise la formule suivante :

$$U_{alt,eff} = \sqrt{\frac{A_1^2}{2} + \frac{A_2^2}{2} + \frac{A_3^2}{2} + \cdots} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n^2}{2}}$$

Remarque :
On retrouve la formule vue dans le chapitre 02 :

$$U_{eff} = \sqrt{\langle u\rangle^2 + \underbrace{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n^2}{2}}_{U_{alt,eff}{}^2}} = \sqrt{\langle u\rangle^2 + U_{alt,eff}{}^2}$$

IV. Taux de distorsion harmonique d'un signal périodique :

On cherche ici à chiffrer la différence entre un signal périodique de fréquence f_1, et un signal de référence : un signal variable, périodique et sinusoïdal de même fréquence f_1.
Le vocabulaire utilisé est à manipuler avec précaution.

- **Pureté d'un signal :**

Un signal est dit « **pur** » s'il est variable, périodique et **sinusoïdal** (alternatif ou non). Il n'est donc constitué que de son fondamental (et de sa composante continue si le signal n'est pas alternatif).

Un signal est dit « **distordu** » s'il est variable, périodique, de **motif autre que sinusoïdal**. Il est donc constitué de son fondamental et de plusieurs harmoniques (et de sa composante continue si le signal n'est pas alternatif).

- **Taux de distorsion harmonique :** *à connaitre par cœur*

Afin de caractériser la « **pureté** » d'un signal périodique, on définit le taux de distorsion harmonique, noté D :

$$D = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + \cdots}}{A_1}$$

A_n: amplitude de l'harmonique de rang n, en volt
D est sans unité et exprimé en général en pourcentage (car souvent inférieur à 1).

Si $D = 0$ alors le signal étudié est « pur » : il possède donc un motif sinusoïdal.
Si $D > 0$ alors le signal étudié est « distordu » : il ne possède donc pas un motif sinusoïdal.
Plus la valeur de D augmente, plus le motif du signal s'éloigne d'un motif sinusoïdal.
Un signal périodique ayant un fondamental d'amplitude nulle, a un taux de distorsion D infini.

<u>Chapitre 04 - Ce qu'il faut savoir :</u>

- Connaitre la formule permettant de calculer la valeur efficace d'un signal périodique à partir de son spectre en amplitude.
- Connaitre la formule permettant de déterminer la valeur efficace de la composante alternative d'un signal périodique à l'aide d'un spectre en amplitude.
- Connaitre la formule permettant de calculer un taux de distorsion harmonique.
- Connaître la différence entre énergie et puissance.
- Comprendre la différence entre la puissance instantanée et la puissance moyenne/active d'un signal
- Connaître les conventions récepteur et générateur.
- Comprendre la différence entre les termes « convention » et « comportement »
- Connaître la loi d'Ohm selon la convention.
- Connaître la formule liant la puissance active à la valeur efficace du signal
- Connaître la formule liant la puissance active à l'amplitude des harmoniques

<u>Chapitre 04 - Ce qu'il faut savoir-faire :</u>

- Savoir calculer la valeur efficace d'un signal périodique.
- Savoir calculer la valeur efficace de la composante alternative d'un signal périodique.
- Savoir calculer un taux de distorsion harmonique.
- Savoir calculer une puissance à partir d'une variation d'énergie et réciproquement.
- Savoir appliquer la formule liant la puissance active à la valeur efficace du signal
- Savoir appliquer la formule liant la puissance active à l'amplitude des harmoniques
- Savoir calculer un pourcentage pour les puissances actives.