FORMULAIRE D'ELECTRONIQUE

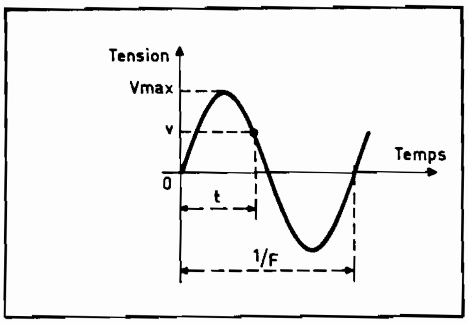
E11 COURANT ET TENSION EN ALTERNATIF

VALEUR INSTANTANEE : **La valeur instantanée d'un signal alternatif sinusoïdal (tension et courant) est la valeur de l'amplitude à un instant donné.**

La valeur instantanée d'une tension sinusoïdale est : $\boxed{i = I_{max} \sin \omega t}$

La valeur instantanée d'un courant sinusoïdal est : $\boxed{v = V_{max} \sin \omega t}$

v = valeur instantanée de la tension sinusoïdale au temps t, en volts (V).
i = valeur instantanée du courant sinusoïdal au temps T, en ampères (A).
V_{max} = valeur crête de la tension sinusoïdale, en volts (V).
I_{max} = valeur crête du courant sinusoïdal, en ampères (A).
ω = pulsation, ou vitesse angulaire, en radians par seconde (rd/s).
t = temps écoulé depuis le début de la sinusoïde, en secondes (s).



Application numérique :

Une tension alternative sinusoïdale de 100 V crête a une fréquence de 50 Hz. Quelle est la valeur instantanée à 7 ms, 10 ms et 15 ms ?
La pulsation ω est égale à $2\pi F$, soit $2 \times 3{,}1416 \times 50$, ce qui donne $\omega = 314{,}16$.
a) à 7 ms, la valeur instantanée v est :
$100 \sin (314{,}16 \times 7 \times 10^{-3}) = 100 \sin 2{,}198$, soit 80,9 V.
b) A 10 ms, $v = 100 \sin (314{,}16 \times 10 \times 10^{-3}) = 0$ V,
c) A 15 ms, $v = 100 \sin 4{,}71 = -100$ V.

VALEUR EFFICACE : **La valeur efficace d'un signal alternatif sinusoïdal (tension et courant) est l'amplitude produisant le même effet calorifique qu'un signal continu ayant une amplitude de même valeur**
(1 $V_{eff} \equiv$ 1 V continu ; 1 $A_{eff} \equiv$ 1 A continu).
La valeur efficace d'une tension ou d'un courant est donnée par les formules :

$$\boxed{V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \quad \text{ou} \quad V_{eff} = 0{,}707\, V_{max}}$$

$$\boxed{I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \quad \text{ou} \quad I_{eff} = 0{,}707\, I_{max}}$$

E12 FREQUENCE, PERIODE, PULSATION

PERIODE : **La période d'un signal alternatif sinusoïdal (tension et courant) est le temps nécessaire pour un cycle complet.**

FREQUENCE : **La fréquence est le nombre de périodes par seconde.**
La relation entre période et fréquence est donnée par les deux formules :

$$\boxed{T = \frac{1}{F}} \quad \text{et} \quad \boxed{F = \frac{1}{T}}$$

T = période en seconde (s).
F = fréquence en périodes par seconde ou hertz (Hz).

Application numérique :

Si F = 50 Hz, la période T est 0,02 s, soit 20 ms.
Si T = 1 μs, la fréquence est 1 MHz.

ALTERNANCE : **L'alternance d'un signal alternatif sinusoïdal est égale à une demi-période.** (L'alternance positive est celle placée au-dessus de l'axe horizontal, l'alternance négative en dessous de cet axe.)

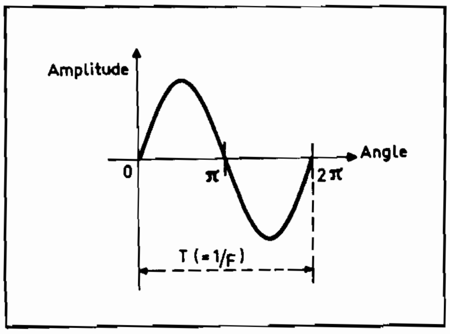
PULSATION : **La pulsation, ou vitesse angulaire, est la valeur de la variation angulaire d'un signal sinusoïdal pour une variation de temps donné.**

$$\boxed{\omega = \frac{\text{angle de variation}}{\text{temps de variation}}}$$

Formules pratiques :

$$\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}} \quad \text{et} \quad \boxed{\omega = 2\pi F}$$

ω = pulsation, en radians par seconde (rad/s)
T = période, en secondes (s)
F = fréquence, en hertz (Hz)
$\pi = 3{,}1416$.



FORMULAIRE D'ELECTRONIQUE

De ces formules, on obtient celles pour le calcul des valeurs crêtes :

$$\boxed{V_{max} = V_{eff} \times \sqrt{2} \quad \text{ou} \quad V_{max} = 1{,}414\ V_{eff}}$$

$$\boxed{I_{max} = I_{eff} \times \sqrt{2} \quad \text{ou} \quad I_{max} = 1{,}414\ I_{eff}}$$

VALEUR MOYENNE : **La valeur moyenne d'un signal périodique (tension et courant) est l'amplitude relevée à la lecture de la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre.**
La valeur moyenne d'un signal alternatif sinusoïdal (tension et courant) est nulle.
La valeur moyenne d'un signal sinusoïdal redressé est donnée par les formules ci-dessous :

a) Redressement double alternance :

$$\boxed{V_{moy} = \frac{2\,V_{max}}{\pi} \quad \text{ou} \quad V_{moy} = 0{,}637\ V_{max}}$$

$$\boxed{I_{moy} = \frac{2\,I_{max}}{\pi} \quad \text{ou} \quad I_{moy} = 0{,}637\ V_{max}}$$

b) Redressement monoalternance :

$$\boxed{V_{moy} = \frac{V_{max}}{\pi} \quad \text{ou} \quad V_{moy} = 0{,}318\ V_{max}}$$

$$\boxed{I_{moy} = \frac{I_{max}}{\pi} \quad \text{ou} \quad I_{moy} = 0{,}318\ I_{max}}$$

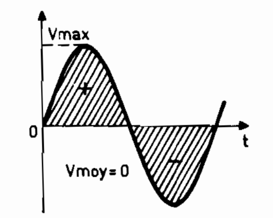
Remarques :

– Les mêmes unités (volt et ampère) expriment les valeurs instantanées, crêtes, efficaces et moyennes.
– Ces formules ne sont valables que pour des signaux sinusoïdaux.
– La valeur d'une tension ou d'un courant lue sur un appareil de mesure est donnée en valeur efficace (en anglais : RMS).
– Lorsque, en alternatif, on parle de « volt » ou d'« ampère » sans mentionner max, eff ou moy, il s'agit de valeur efficace.

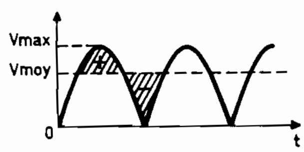
Application numérique :

Quelle est la valeur maximale d'une tension alternative de 220 V ? Quelle est sa valeur moyenne après son passage dans un redresseur bi-alternance ?

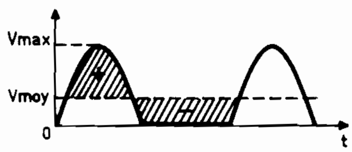
– valeur max. = 220 × 1,414 ≃ 311 V,
– valeur moy. = 0,637 × 311 ≃ 198 V.



Signal complet



Redressement double alternance

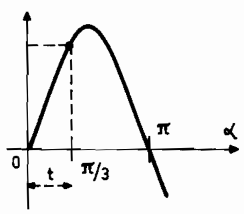


Redressement mono-alternance

Applications numériques :

1° Un signal de 50 Hz a une pulsation de :
2 × 3,1416 × 50 = 314,16 rads/s.

2° On demande quelle est la pulsation du signal représenté ci-contre, sachant que t = 4 millisecondes.



L'angle de variation étant de $\pi/3$ pour une durée de 4 ms, la pulsation ω est de :

$$\frac{\pi/3}{4 \times 10^{-3}} \text{ soit } \frac{\pi \times 10^3}{4 \times 3} = 261{,}8 \text{ radians par seconde}$$

3° Le signal représenté ci-dessous est composé de quatre périodes dont la durée totale est de 100 microsecondes. Quelle est la fréquence de ce signal ?

La durée d'une période est de 100/4 soit 25 µs. La fréquence est donc :

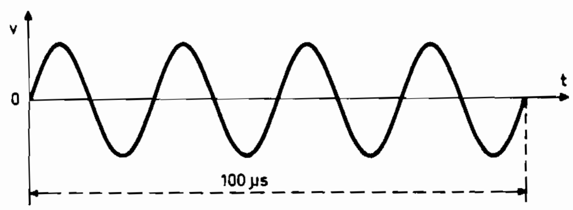
$$F = \frac{1}{25 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{25} \text{ soit } 40\,000 \text{ Hz ou } 40 \text{ kHz.}$$

Remarque :

En électronique, les fréquences sont le plus souvent exprimées par les multiples du hertz : kilohertz, mégahertz et gigahertz.
De même, les périodes les plus courantes sont la milliseconde, la microseconde et la nanoseconde.
La relation entre ces multiples et sous-multiples est donnée ci-après.

1 gigahertz (GHz) = 10^9 Hz = 1 000 000 000 Hz
1 mégahertz (MHz) = 10^6 Hz = 1 000 000 Hz
1 kilohertz (kHz) = 10^3 Hz = 1 000 Hz

1 milliseconde (ms) = 10^{-3} s = 0,001 s
1 microseconde (µs) = 10^{-6} s = 0,000 000 s
1 nanoseconde (ns) = 10^{-9} s = 0,000 000 001 s



E14 PUISSANCE ELECTRONIQUE (EN ALTERNATIF)

La puissance électrique développée par un courant alternatif dépend des éléments (résistifs, inductifs, capacitifs) constituant le circuit.
Cette puissance est donnée par la formule générale :

$$\boxed{P = V_{eff} \times I_{eff} \times \cos\varphi}$$

P = puissance « active » en watts (W)
V_{eff} = valeur efficace de la tension aux bornes du circuit, en volts (V)
I_{eff} = valeur efficace du courant dans le circuit, en ampères (A)
Le **facteur de puissance** cos φ est le cosinus de l'angle de déphasage R/Z.

$$\boxed{\cos\varphi = \frac{R}{Z}}$$

R = résistance du circuit, en ohms (Ω)
Z = impédance du circuit, en ohms (Ω)
Dans un circuit purement résistif (courant et tension en phase), on a : $\cos\varphi = 1$.
Dans un circuit inductif ou capacitif (déphasage entre la tension et le courant), on distingue :
– la puissance « apparente » P_s, en volts-ampères ;
– la puissance « réactive » P_q, en volts-ampères-réactifs ou VAR.

$$\boxed{P_s = V_{eff} \times I_{eff}}$$

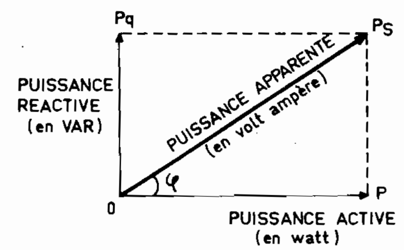
$$\boxed{P_q = V_{eff} \times I_{eff} \times \sin\varphi} \quad \text{avec} \quad \boxed{\sin\varphi = \frac{X}{Z}}$$

X = réactance du circuit, en ohm (Ω)

Les formules de puissance sont parfois données sous la forme :

$$\boxed{P_s = \sqrt{P^2 + P_q{}^2}}$$

$$\boxed{\text{et } P = P_s \cos\varphi}$$



Le facteur de puissance est également donné sous la forme :

$$\boxed{\cos\varphi = \frac{P}{P_s}}$$

E13 DEPHASAGE

DEPHASAGE : **Il y a déphasage d'un signal alternatif par rapport à un autre lorsque ces deux signaux, bien que de même période, ont leur origine décalée l'une par rapport à l'autre.**

La valeur instantanée d'un signal déphasé est donnée par la formule :

$\boxed{v = V_{sin}\ (\omega t - \varphi)}$ (cas d'une tension)

$\boxed{i = I_{sin}\ (\omega t - \varphi)}$ (cas d'un courant)

φ = angle de déphasage en radians (rd)

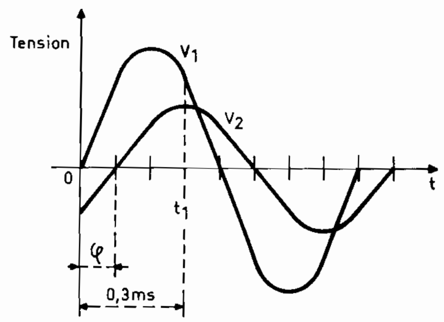
Remarques :

Sur la figure ci-contre, la tension V_2 est déphasée de $\varphi = \pi/4$.
Les tensions ont pour valeur :
$v_1 = V_1 \sin \omega_t$
$v_2 = V_2 \sin(\omega t - \pi/4)$

On reconnaît que V_1 est en avance sur V_2 en se déplaçant sur l'axe horizontal à partir de l'origine vers la droite : la crête positive de V_1 apparaît avant celle de V_2.

La valeur instantanée peut être connue à l'aide d'une calculatrice, ne pas oublier de la régler sur la position « RAD ».

Au cas où la valeur de φ est donnée en degrés, la calculatrice doit être réglée sur « DEG », et la valeur de la pulsation ω est 360 F, ou 360/T.
Si l'angle ω est donné en grades, la calculatrice est réglée sur « GRAD », et la pulsation a pour valeur 400 F ou 400/T.



FORMULAIRE D'ELECTRONIQUE

Remarques :

– La puissance active P est celle mesurée par un wattmètre.
– La puissance apparente P_s est celle mesurée par un voltmètre et un ampèremètre.

Applications numériques :

1° La valeur lue sur un wattmètre est de 2 W. On sait que R = 1 000 Ω et Z = 1 414 Ω. Quelle est la valeur de la puissance apparente et de la puissance réactive ?

Valeur du facteur de puissance :

$$\cos \varphi = \frac{1\,000}{1\,414} = 0{,}707$$

On utilise la formule $P = P_s \cos \varphi$ d'où l'on tire la valeur de la puissance apparente :

$$P_s = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{2}{0{,}707}$$

soit une puissance apparente de 2,83 volts-ampères.
La valeur de la puissance réactive est obtenue en transformant la formule :

$P_s = \sqrt{P^2 + P_q{}^2}$, soit $P_q = \sqrt{P_s{}^2 - P^2}$,
ce qui donne $P_q = \sqrt{(2{,}83)^2 - (2)^2}$,
d'où une puissance réactive de 2 VAR.

2° Un circuit d'impédance 50 Ω et de résistance 30 Ω est alimenté sous 220 V. Quelle est la puissance apparente et la puissance active ?

Le cosinus φ est égal à :

$$\frac{30}{50} = 0{,}6$$

Pour calculer les puissances, il faut connaître le courant I_{eff}. Il est égal à :

$$\frac{220}{50} = 4{,}4 \text{ A},$$

ce qui donne une puissance apparente égale à :
$P_s = 220 \times 4{,}4 = 968$ VA.
On peut également calculer cette puissance d'une façon plus directe par la formule classique :

$$P_s = \frac{E^2_{eff}}{Z} \text{ soit } \frac{(220)^2}{50} = 968 \text{ VA}$$

La puissance active est donnée par :
$P = P_s \times \cos \varphi = 968 \times 0{,}6 = 580{,}8$ W.

Application numérique :

Les deux tensions alternatives représentées sur la figure ont une fréquence de 1 250 Hz. Les amplitudes sont :

$V_{1max} = 60$ V et $V_{2max} = 40$ V.
L'angle φ est égal à $\pi/4$.
On désire connaître la valeur instantanée des deux tensions au temps t_1 (= 0,3 ms).
La pulsation est égale à 2 × 3,1416 × 1 250, soit $\omega = 7\,854$ rd/sec.

La tension v_1 au temps t_1 est égale à :
$60 \sin (7\,854 \times 0{,}3 \times 10^{-3}) \simeq 42{,}4$ V.
La tension v_2 au même moment est égale à :
$40 \sin [7\,854 \times 0{,}3 \times 10^{-3} - \pi/4] = 40$ V

Si le déphasage est donné en degrés ($\varphi = 45°$), la pulsation est $\omega = 360 \times 1\,250$ soit 450×10^3 degrés/seconde. On retrouve les mêmes amplitudes :
$v_1 = 60 \sin (450 \times 10^3 \times 0{,}3 \times 10^{-3}) \simeq 42{,}4$ V
$v_2 = 40 \sin [(450 \times 10^3 \times 0{,}3 \times 10^{-3}) - 45] = 40$ V

Si le déphasage est donné en grades ($\varphi = 50$ grades), la pulsation est $\omega = 400 \times 1\,250$ soit 5×10^5 grades/seconde. Le calcul des amplitudes donne :
$v_1 = 60 \sin (5 \times 10^5 \times 0{,}3 \times 10^{-3}) \simeq 42{,}4$ V
$v_2 = 40 \sin [(5 \times 10^5 \times 0{,}3 \times 10^{-3}) - 50] = 40$ V

Conversion des unités courantes d'angle plan

1 radian = 57,32 degrés ou 57°17'14"
1 radian = 63,66 grades
1 degré = 0,01745 radian ou 17,45 milliradians (mrd)
1 degré = 1,111 grade
1 grade = 0,9 degré ou 0°54'
1 grade = 0,0157 radian ou 15,7 milliradians (mrd)

Applications numériques :

1° Nous avons un angle de 100 mrd dont nous voulons connaître la valeur en degrés. Il suffit de multiplier 0,1 rd par 57,32, ce qui donne 5,73°.

2° Quelle est la valeur en radians d'un angle de 45 degrés ?
En multipliant 45 par 0,01745, on obtient 0,785 rd.

NOTES..
....
....
....
....
....