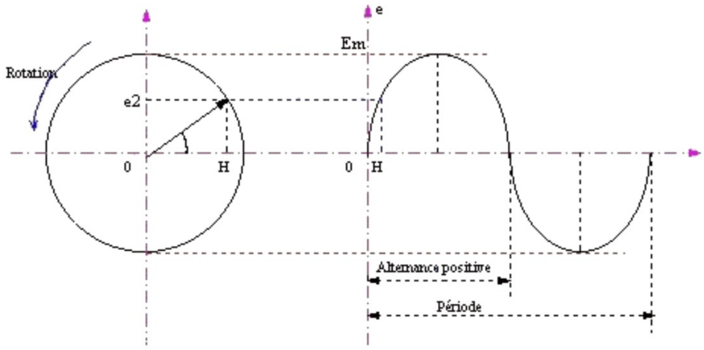
Courant Alternatif

Définition:

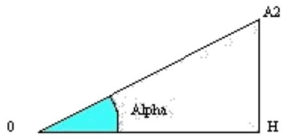
On appelle courant alternatif un courant qui change de sens plusieurs fois par seconde. Par exemple, la tension produite par le secteur EDF, qui change 50 fois par seconde, et que l'on appelle courant sinusoïdal.

Trace d'une sinusoïde:

Si l'on représente une force électromotrice maximum Em par un vecteur *OA*, sur un cercle trigonométrique. Faisons tourner le vecteur *OA* (*Em*) autour de son origine *O* à une vitesse angulaire (rad/s). Pour chaque position de *Em* (ou *OA*) et en projetant le point *A* sur un axe vertical, on obtient pour chaque instant correspondant à la position du vecteur, la valeur instantanée "*e*". La courbe obtenue en joignant tous les points est la courbe de la tension et cette courbe est une sinusoïde.

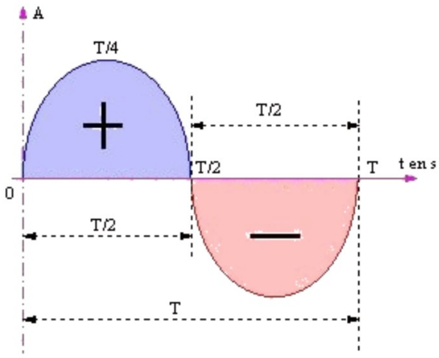


Un peu de trigonométrie simple:



En effet, dans le triangle rectangle OHA2, nous avons $\sin(x)=\frac{HA2}{OA2}\,soit\,\sin(x)=\frac{Oe2}{OA2}\,car\,HA2=Oe2$. comme la mesure algébrique du vecteur Oe2 représente la valeur de la force électromotrice " e " au temps " t " et le vecteur OA2 est le vecteur Em, force électromotrice maximum, nous pouvons écr $\sin(\alpha)=\frac{e}{Em}\,soit\,e=Esin(\alpha)$ ire . mais l'angle alpha est balayé en "t" secondes à la vitesse angulaire (rad/s), c'est-à-dire $\alpha=\omega t$ ce qui donne $e=Em\sin(\omega t)$ fonction sinusoïdale.

Définitions:



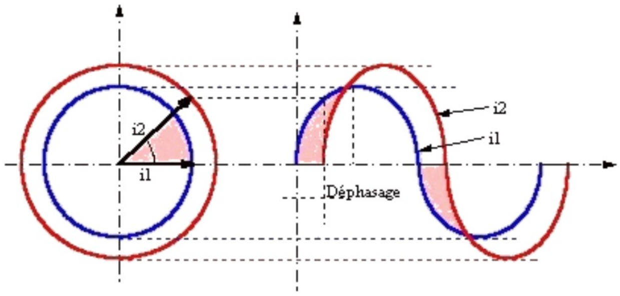
1. **La période:** (symbole T en secondes). C'est une seule rotation des cercles trigonométriques de 0 à $0\ \grave{a}\ 2\pi$. une alternance positive suivie d'une alternance négative est une période. Pour le courant industriel $T=\frac{1}{50}secondes$.
2. **L'alternance:** est égale à la période divisée par 2 (T/2). Il existe l'alternance positive et l' alternance négative.
3. **La fréquence**: (symbole f) c'est le nombre de période en une seconde. donc $f=\frac{1}{T}$, et l'unité est le Hertz. f s'exprime en hertz. pour le courant EDF *T=1/50 ===> f=50* hertz.
4. **L'amplitude:** C'est la valeur maximum prise à chaque alternance, par le courant, c'est-à-dire *Em*.
5. **La pulsation:** (symbole ω). Elle est égale à la vitesse angulaire du vecteur OA donc de Em.Pour un tour par seconde, sa valeur serait $\frac{2}{\pi}$ radian, pour f tours par seconde, $2\pi f$. soit ou $2\pi f=\omega ou\,\omega=2\frac{\pi}{T}$. Pour le courant EDF: $\omega=6.28\times 50=314\ rd/s$.

Tensions et intensités instantanées:

Nous avons vu que la force électromotrice instantanée était une fonction sinusoïdale. La d.d.p pour un récepteur est . $u = Um\sin(\omega t)$ D'autre part comme , si $i = \frac{u}{R}$ le récepteur est une résistance pure, l'intensité du courant dans le circuit à pour équation: $i = Im\sin(\omega t)$.

Déphasage:

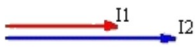
Deux courants ayant même période (T), même pulsation (ω), mais de position différentes dans le temps, peuvent parcourir le même conducteur. S'ils ne sont maxima et nuls simultanément on dit qu'ils sont déphasés. Le déphasage est l'angle (φ dit phi) formé par les vecteurs qui représentent les deux courants.
Leurs équations seraient: $i = Im\sin(\omega t)$ et $i2 = I2m\sin(\omega t - \varphi)$. Le décalage de temps correspondant est θ (têta)..



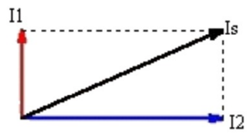
Déphasage particuliers:

Deux courants peuvent être:

1. **En phase:** $\varphi = 0$ dans ce cas *Is=I1+I2..*



2. **En quadrature de phase:** $\varphi = \frac{\pi}{2} radian. dans ce cas Is = \sqrt{I1^2 + I2^2}$



3. **En opposition de phase:** $\varphi = \pi\, radians$ *Is=I1-I2* si *i1>I2*..Notons enfin que, pour un même récepteur, il peut y avoir un déphasage entre la tension et l'intensité qui correspondent au récepteur. Nous verrons plus tard l'importance d'un déphasage.

Valeurs efficaces:

Définition de l'intensité efficace: (I eff):

L'intensité efficace d'un courant alternatif est égale à l'intensité d'un courant continu qui produirait, pendant le même temps , la même quantité de chaleur, dans la même résistance pure.

Si Im est l'intensité maximum d'un courant alternatif, on démontre que: $I\,eff = \frac{Im}{\sqrt{2}}$ ou *Ieff= 0,707 Im*.

Remarques importantes:

- *Les valeurs indiquées par les appareils de mesures à courant alternatif sont toujours des valeurs efficaces.*
  - *Par la suite, quand nous parlerons d'intensité d'un courant alternatif ou de tension, sans autre spécification, il s'agira toujours de valeurs efficaces.*

    Exemple: quand on dit que la tension secteur est *U=220 volts*, il s'agit de la tension efficace. La tension maximum de *U* est :

$$U_m = 220 \times \sqrt{2} = 220 \times 1.414 \approx 311 \text{ volts}$$

Que faut-il entendre par récepteur quelconque?

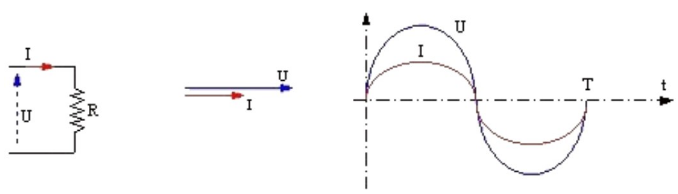
Dans tout circuit électrique, on peut distinguer 3 éléments simples seulement. Il est donc intéressant de savoir comment chacun d'eux se comporte lorsqu'il est soumis à une tension alternative, pour comprendre les résultats relatifs à un récepteur quelconque.
Il s'agit:

de la résistance pure;

de l'inductance pure;

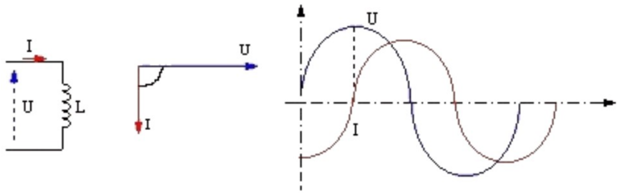
de la capacité pure.

La résistance pure: un fil rectiligne dans lequel se manifeste l'effet joule, quand un courant le parcourt.



La tension et l'intensité sont en phase $\varphi=0$. La loi d'ohm s'écrit comme pour le courant continu. $I=\frac{U}{R}$ en conséquence $P=UI=RI^2$ $Q=0.$

L'inductance pure: Bobine réalisée à spires jointives présente une inductance L (en henry). Nous avions montré qu'alimenté en courant continu, nous mesurions . $R=\frac{U}{I}$ alimenté en courant alternatif, U et I étant des valeurs efficaces, le rapport U/I donne un résultat supérieur à la résistance pure, dite résistance ohmique. Par définition, la résistance apparente de la bobine, en courant alternatif est dite impédance (Z) exprimée en ohm soit $Z=\frac{U}{I}$ .Supposons une bobine dont la résistance ohmique serait négligeable. Elle constitue une inductance pure.



On constate alors:

- que l'intensité est déphasée d'un angle $\frac{\pi}{2}$ (= *90* °) en arrière de la tension.

- En mesurant U et I, que la loi d'ohm pour une inductance pure s'écrit: . $\frac{U}{I}=L\omega$ e prod $L\omega$ uit est une caractéristique de la bobine en alternatif. C'est la réactance de la bobine X_L . Par analogie $\frac{U}{I}=R$; la réactance s'exprime en ohms: $X_L=L\omega$.

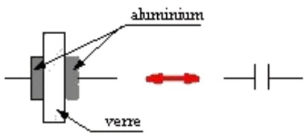
En conséquence:

Puissance active dépensée: $\cos\frac{\pi}{2}=0$ ce qui donne $P=UI\cos(\varphi)--->P=0$

Puissance réactive dépensée: $\sin\frac{\pi}{2}=1$ ce qui donne $Q=U\sin(\varphi)--->Q=L\omega I^2$

La capacité pure:

Un condensateur est un ensemble formé de deux plaques conductrices (armatures) séparées par un isolant (diélectrique).



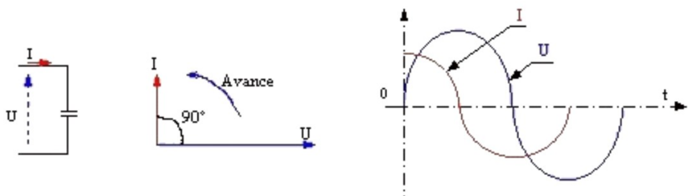
Supposons un condensateur parfait alimenté en courant alternatif de pulsation ω (radian/seconde).On constate que l'intensité est déphasée en avance de la tension d'un angle $\varphi=\frac{\pi}{2}$ rd/s (= 90°). en mesurant U et I, la loi d'ohm pour une capacité pure s'écrit $\frac{U}{I}=\frac{1}{(C\omega)}$ .Le rapport $\frac{1}{(C\omega)}$ est une caractéristique du condensateur en courant alternatif. C'est la réactance de capacité X_c . Par analogie avec $\frac{U}{I}=R$, elle s'exprime en ohm.

$$X_c=\frac{1}{(C\omega)}$$

En conséquence:

Puissance active dépensée $\cos\frac{\pi}{2}=0$ ce qui donne $P=UI\cos(\varphi)--->P=0$;

Puissance réactive fournie par le condensateur $\sin\frac{\pi}{2}=1$, ce qui donne $Q=U\sin(\varphi)--->Q=C\omega U^2$



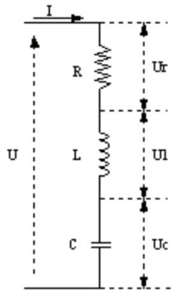
Nous avons dit: puissance réactive fournie par la capacité, en effet la bobine inductrice qui dépense une puissance réactive produit un déphasage arrière de l'intensité sur la tension. Comme le condensateur produit un déphasage avant de *I* sur *U*, sa puissance réactive est de sens contraire à celle de la bobine inductive. Cette propriété est utilisée dans les installations industrielles pour relever le cosinus phi.

Exemple:

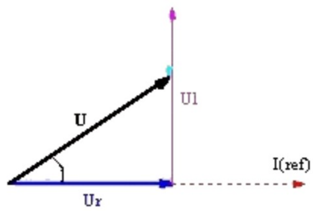
Impédance d'un circuit réel:

Circuit RLC série:

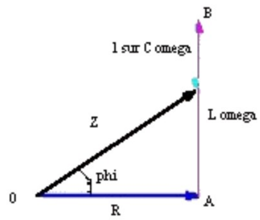
Considérons un circuit formé de 3 éléments RLC placés en série et déterminons l'impédance du circuit. il suffit d'appliquer les principes relatifs au circuit série. L'intensité est commune. Sa phase sera donc prise comme référence.



Les tensions s'ajoutent vectorielle ment: $U+U_R+U_B+U_C$. Ce qui traduit le diagramme vectoriel suivant.



Mais *U=ZI* , *U=RI* , $U=L\omega I$, $U_C=\frac{I}{(C\omega)}$. On peut donc obtenir le triangle d'impédance en divisant les vecteurs par le module *I.*



D'ou l'impédance du circuit(voir théorème de Pythagore). $Z=\sqrt{(R^2+L\omega^2+\frac{1}{(C\omega^2)})}$. Le déphasage étant égal à

$\tan(\varphi)=\frac{(L\omega-\frac{1}{(C\omega)})}{R}---\gg ou---\gg\cos(\varphi)=\frac{R}{Z}$ Selon la valeur du déphasage, les 3 cas suivants sont possibles:

Si $L\omega>\frac{1}{(C\omega)}$ la tension U est déphasée en avance sur I, on dit que le circuit est inductif.

Si $L\omega<(\frac{1}{C}\omega)$ la tension U est déphasée en arrière sur I, on dit que le circuit est capacitif.

Si $L\omega=\frac{1}{(C\omega)}$, $\varphi=0$ la tension et l'intensité sont en phase. on dit qu'il y a résonance. On a alors *Z=R*, valeur minimale de l'impédance. Pour une tension U donnée, $I=\frac{U}{Z}=\frac{U}{R}$, le courant appelé est maximum à la résonance. On tire la condition de résonance d'un circuit série: $LC\omega^2=1$.

Prenons un exemple:

$$R=5\,\Omega---\gg L=1\,henry---\gg C=10\,\mu F---\gg f=50\,H_Z---\gg U=220\ volts\ .$$

$$X_L=L\omega=1\times 314=314\,\Omega\ ;$$

$$X_C=\frac{1}{(C\omega)}=\frac{1}{(10\times 10^{-6}\times 314)}=320\,\Omega\approx 314\,\Omega$$

$$Z=\sqrt{(R^2+L\omega^2+\frac{1}{(C\omega^2)})}=R\ .$$

Le courant dans le circuit est : $I=\frac{U}{R}=\frac{20}{5}=4\,A$. La tension U_L vaut $L\omega I---\gg U_L=314\times 4\ =1256\ volts$ Aux bornes de C, on a également 1256 volts; mais la tension aux bornes de C s'oppose à celle qui existe aux bornes de L et $U\approx U_R$. il ne reste que 20 volts aux bornes de *R.* ainsi, avec un générateur ayant une tension efficace de 20 volts, on trouve une tension de 1256 volts aux bornes, soit de la bobine soit du condensateur. Le rapport des tensions $\frac{U_L}{U_R}$ est égal à $\frac{(L\omega I)}{RI}$ en simplifiant par I on trouve $\frac{(L\omega)}{R}$ Supposons que R soit une résistance de la bobine, d'inductance L, on appelle ***coefficient***

de qualité de la bobine, le rapport $\frac{(L\omega)}{R}$ Il est désigné quelquefois, sous le nom de ***coefficient de surtension***. Le rapport $\frac{(L\omega)}{R}$ s'appelle le *Q* du circuit et on le mesure avec un appareil appelé le Qmètre.

Résonance série: Si *R=0* , *Z=0* , le circuit RLC se comporte comme un court-circuit à la fréquence de résonance. la fréquence de résonance est indépendante de la résistance de la bobine.

Résonance parallèle: Si $R=0 ; Z_p=\propto$, le circuit RLC se comporte comme un isolant à la fréquence de résonance. Cette fréquence dépend de la valeur de *R*, $R \neq 0$.

$$LC\omega^2+1--- \gg \omega_C=\frac{1}{\sqrt{LC}}---- \gg f_c=\frac{1}{(2\pi\sqrt{LC})}$$.

Haut de page