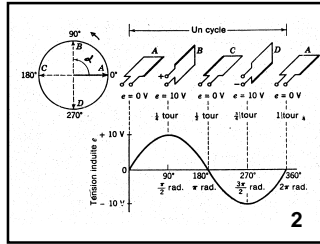
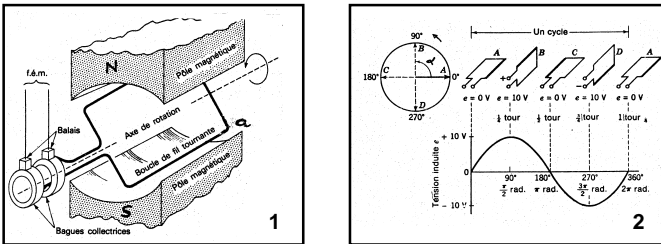


# Le courant alternatif

## PRODUCTION D'UNE TENSION ALTERNATIVE

On fait tourner à une vitesse constante une boucle de fil de cuivre à l'intérieur d'un champ magnétique uniforme. On obtient ainsi une tension électrique alternative.



A partir de la position A (fig. 2), le conducteur a commence à tourner et coupe de plus en plus de lignes de champ magnétique à chaque instant jusqu'en (B). La variation continue du flux produit une tension

dans la boucle qui augmente de 0 à un maximum (= Force Electromotrice induite = FEM = E). En continuant la rotation de la boucle, le nombre de lignes de champ qui la traverse diminue jusqu'à 0 et la tension aussi (C).

Après un demi-tour, la boucle ne coupe plus aucune ligne de champ et la FEM s'annule.

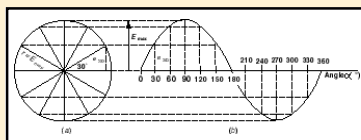
En effectuant un 2<sup>e</sup> demi-tour les lignes retraversent la boucle mais en sens inverse, on a alors une tension qui augmente jusqu'à un maximum négatif (D) puis diminuer jusque 0 (A).

Après un tour complet on a une tension alternative. En pratique, on remplacera la boucle par une bobine.

**On appelle donc un COURANT ALTERNATIF un courant qui change périodiquement de valeur et de sens.**

## FORME ET VALEUR DE LA TENSION

La tension produite a une allure alternative variant entre un maximum (+) et un minimum (-), suivant une loi dite " sinusoïdale ".



La valeur de la tension est proportionnelle à la vitesse de rotation de la boucle c'ad que plus la variation du flux est rapide plus la FEM instantanée " e " est grande :

$$e = (-) D \Phi / Dt$$

Le temps mis pour accomplir un cycle complet est appelé " PERIODE T ", en seconde (sec).

En répétant la rotation de la boucle à une vitesse constante, le signal se reproduit identiquement.

On appelle " FREQUENCE f ", en Hertz (Hz) le nombre de cycle par seconde.

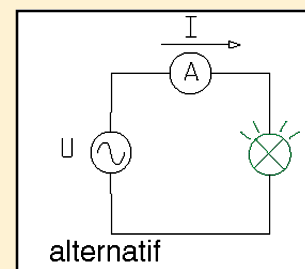
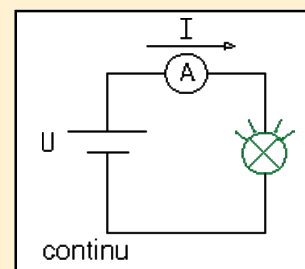
$$f = 1/T$$

Notre réseau électrique fournit une tension alternative de 230 /400 V à une fréquence de 50 Hz.

### Valeur efficace

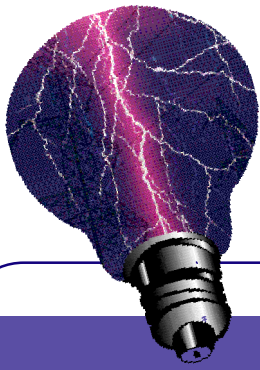
La valeur d'une tension ou d'un courant alternatif varie dans le temps

Supposons qu'une ampoule alimentée par un courant continu constant de 1 A éclaire d'un certain éclat.



Si un même courant alternatif la fait briller du même éclat, la valeur de ce courant alternatif sera définie comme "valeur efficace". On dira que ce courant a une intensité "efficace" de 1 A.

C'est cette valeur qui sera utilisée en pratique.



# Le courant alternatif

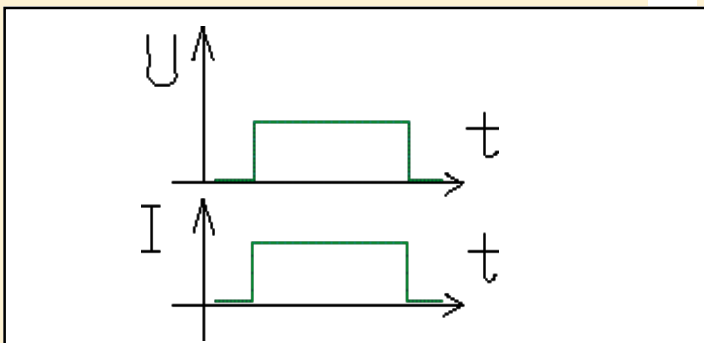
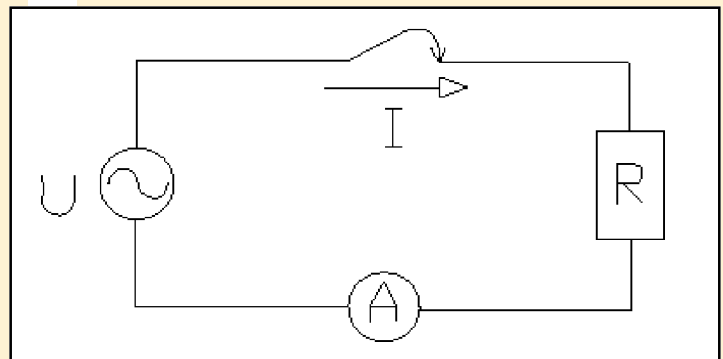
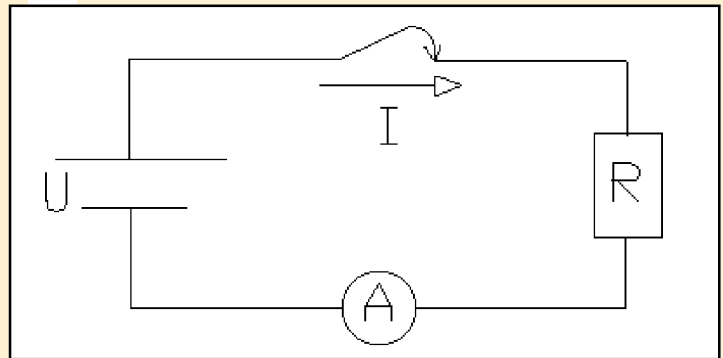
## RÉSISTANCE PURE

Etude du comportement en alternatif en comparaison avec le continu

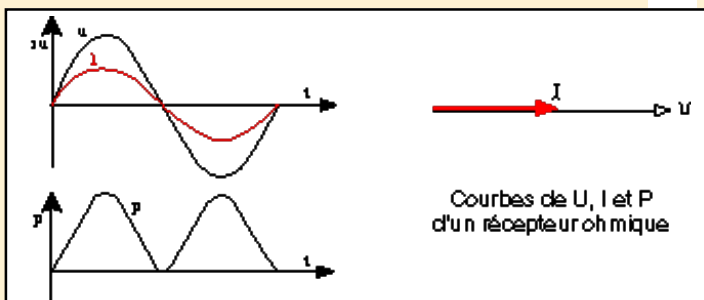
Quand on applique une tension à une résistance, le courant  $I$  s'établit instantanément et en même temps que la tension, aussi bien en alternatif qu'en continu. Comme  $I$  et  $U$  s'établissent en même temps, on dira qu'ils sont en phase

Selon la loi d'Ohm :

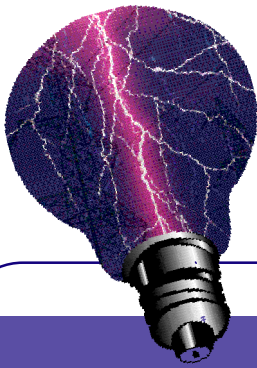
$$I = U/R$$



Une résistance produit les mêmes effets pour un courant efficace identique en continu comme en alternatif.



La puissance  $P$  consommée par la résistance est égale au produit  $U \cdot I$  comme en continu.

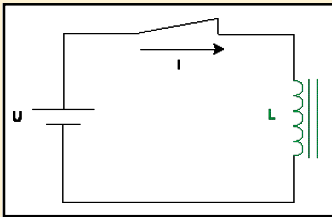


# Le courant alternatif

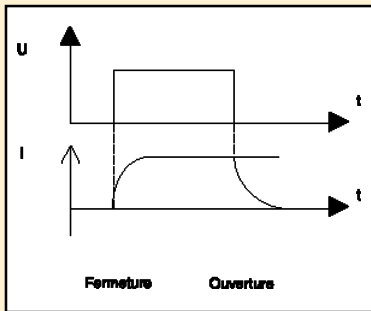
## INDUCTANCE PURE

### En continu

Par rapport à la résistance, le courant  $I$  s'établit avec un retard sur la tension  $U$



En continu, à la fermeture de l'interrupteur, le courant croît progressivement de 0 à une valeur  $I = U/R$  ( $R =$  résistance de la bobine).



La croissance de  $I$  crée un champ magnétique (flux) qui varie aussi de 0 à une valeur maximum.

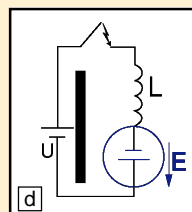
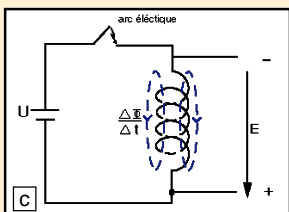
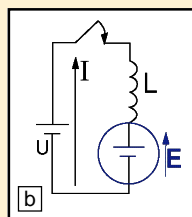
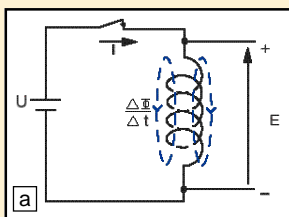
On a ainsi une variation de flux ( $DF$ ) qui crée une FEM induite  $E$  dans la bobine,

$$E = (-) N \cdot \frac{DF}{Dt}$$

De manière équivalente, la tension  $U$  et la FEM  $E$  induite sont représentées par des sources de polarités opposées (a et b).

La FEM est toujours orientée de façon à ralentir la croissance du courant  $I$  qui n'atteint pas immédiatement sa valeur nominale.

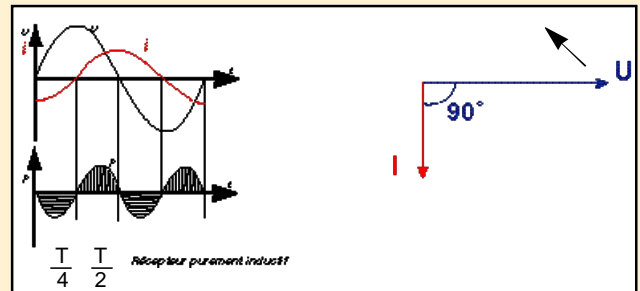
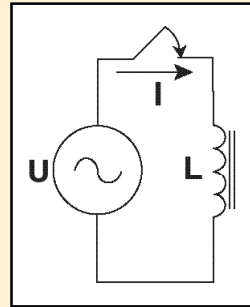
Quand le courant  $I$  est établi, il n'y a plus de variation de flux, la bobine se comporte comme une résistance. De même, lors de l'ouverture du circuit, le phénomène se reproduit en ralentissant la diminution de  $I$ . (c et d)



### En alternatif

Il provoquera l'apparition d'étincelles (arc électrique) aux bornes de l'interrupteur.

En alternatif :



La tension varie continuellement mais on peut comparer le temps où  $U$  augmente de 0 à son maximum ( $0 \rightarrow T/4$ ) comme la fermeture du circuit en continu. Le courant  $I$  s'établit avec un retard par rapport à  $U$ .

Le temps ( $T/4 \rightarrow T/2$ ) où  $U$  diminue est comparable à l'ouverture du circuit en continu, la diminution du courant s'effectue avec un retard.

Ce retard est appelé "DEPHASAGE ARRIERE  $w$ " (en degré)

Pour une même tension  $U$  la valeur de  $I$  dans une bobine est plus faible que celle en continu.

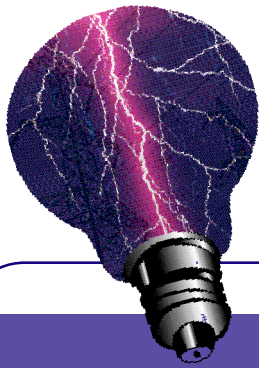
L'opposition supplémentaire au passage de  $I$  est la "REACTANCE  $X_L$ " (en Ohm)

$$I = U/X_L$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$L =$  inductance de la bobine (en Henry)  
 $f =$  fréquence (en Hertz)

La courbe de puissance s'obtient en faisant le produit des valeurs instantanées  $u \cdot i$ , elle est pulsatoire, sa fréquence est double de celle de  $U$  et  $I$ , sa valeur moyenne est nulle. Une inductance pure ne consomme pas de puissance en watt.



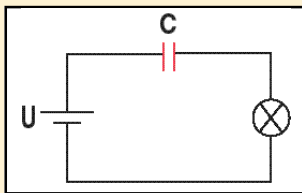
# Le courant alternatif

## CONDENSATEUR PUR

### En continu

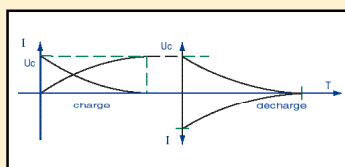
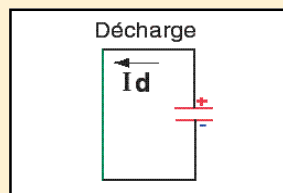
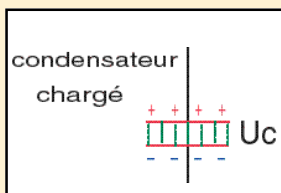
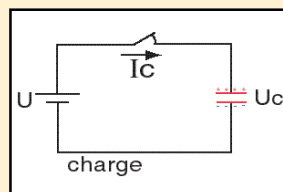
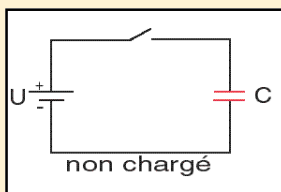
Lorsqu'une tension est appliquée, il circule un bref courant et la lampe peut scintiller brièvement puis elle s'éteint.

On dit que le condensateur "bloque" le courant continu.



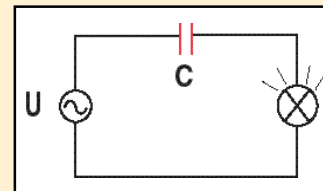
#### Explications :

A la fermeture du circuit, le condensateur n'étant pas chargé, un courant  $I_c$  de charge s'établit avant d'avoir une tension aux bornes du condensateur. Au fur et à mesure que les charges (+) et (-) s'accumulent sur les plaques,  $I_c$  diminue et  $U_c$  augmente jusqu'au moment où il est chargé avec  $U = U_c$  et  $I_c = 0$ .

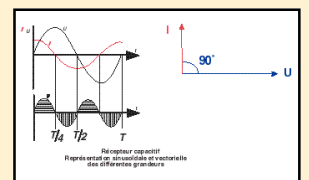
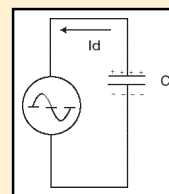
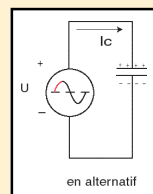


En reliant les 2 plaques par un conducteur, c'est le condensateur qui devient la source de tension ( $U_c$ ), un courant  $I_d$  de décharge circule en sens opposé à  $I_c$  jusqu'au moment où le condensateur est complètement déchargé,  $U_c = 0$  et  $I_d = 0$

### En alternatif



La lampe brille en permanence. On a l'impression qu'un courant traverse le condensateur. Ceci n'est pas possible car les 2 plaques sont séparées par un isolant. La lampe brille sous l'effet du courant alterné de charge et de décharge.



- \* De 0 à  $T/4$ , la tension augmente, le condensateur se charge et  $I_c$  de charge circule jusqu'au moment  $U_c = U$  source (fig. a)
- \* De  $T/4$  à  $T/2$ ,  $U$  diminue, le condensateur se décharge, on a un  $I_d$  de décharge dans l'autre sens jusqu'à  $U = 0$  (fig. b).

Le phénomène recommence pour une tension  $U$  négative à  $T/2$ . Il se produit donc une charge et une décharge périodiques, les charges oscillent sur place sur les armatures, le courant obtenu a une allure alternative et circule en permanence.

On constate sur les courbes que le courant  $I$  apparaît avant la tension  $U$ .

On dira qu'il y a un "DEPHASAGE AVANT  $\omega$ " entre  $I$  et  $U$ .

Le courant  $I$  varie proportionnellement à la valeur de la capacité des condensateurs :

$$I = U/X_c$$

$X_c$  = réactance capacitive (en Ohms)

$$X_c = 1/2\pi \cdot f \cdot C$$

$C$  = capacité (en Farad)

$f$  = fréquence (en Hertz)

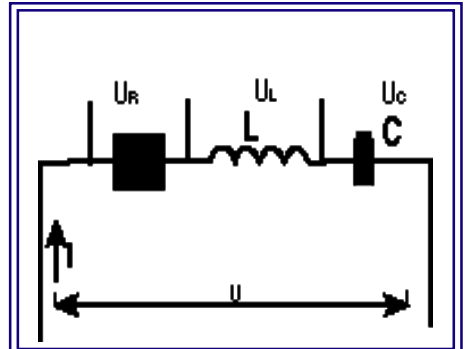
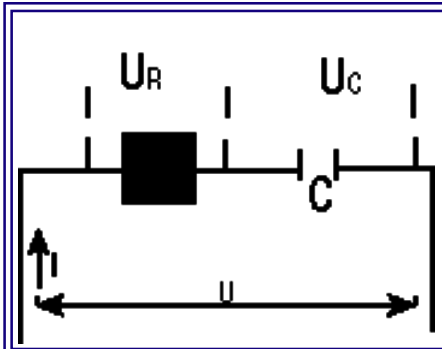
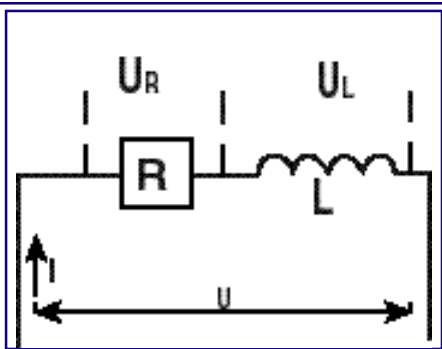
La courbe de puissance s'obtient en faisant le produit des valeurs instantanées  $u \cdot i$ , elle est pulsatoire, sa fréquence est double de celle de  $U$  et  $I$ , sa valeur moyenne est nulle. Un condensateur pur ne consomme pas de puissance en watt.



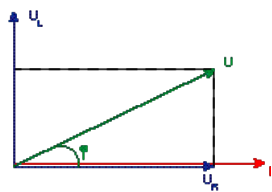
# Le courant alternatif

Dans les appareils, dans les installations électriques, on ne trouve pas toujours les composants R, L, C purs mais souvent associés en série ou en parallèle. On appelle " IMPEDANCE Z " la valeur équivalente du couplage série ou parallèle de ces composants.

## CIRCUITS RLC



### Diagramme vectoriel

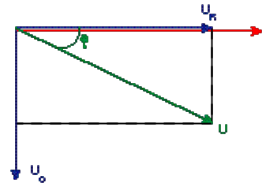


$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$X_L = L \cdot \omega = 2\pi \cdot f \cdot L$$

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

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R}$$

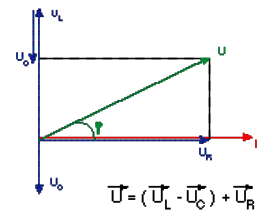


$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$X_C = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

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

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_C}{R}$$

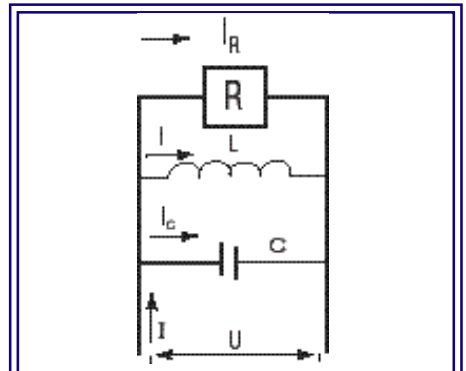
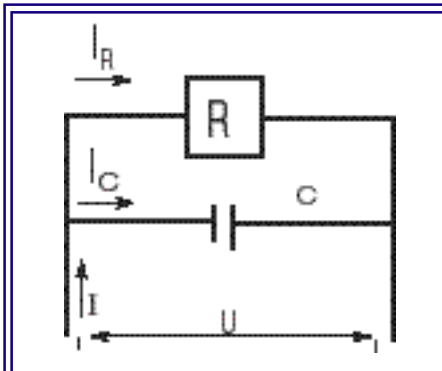
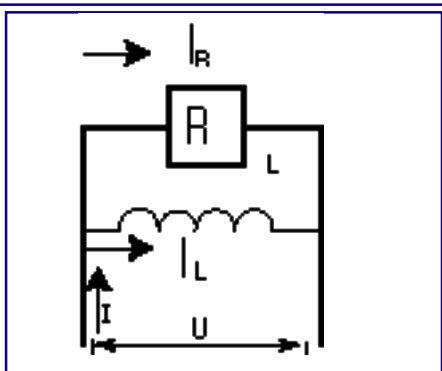


$$U = (\vec{U}_L - \vec{U}_C) + \vec{U}_R$$

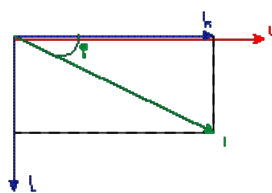
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

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

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

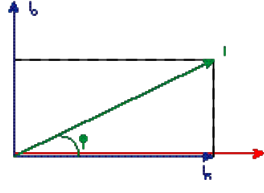


### Diagramme vectoriel



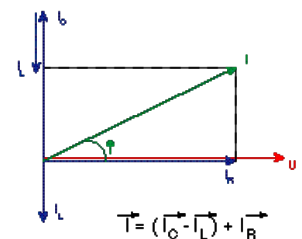
$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X^2}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{X}$$



$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}}$$

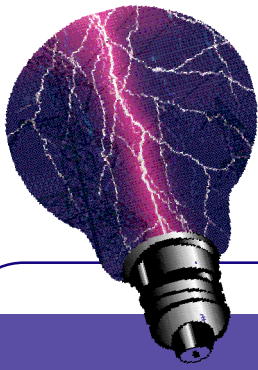
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{X_C}$$



$$I = (\vec{I}_C - \vec{I}_L) + \vec{I}_R$$

$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{(X_C - X_L)^2}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{X_C - X_L}$$



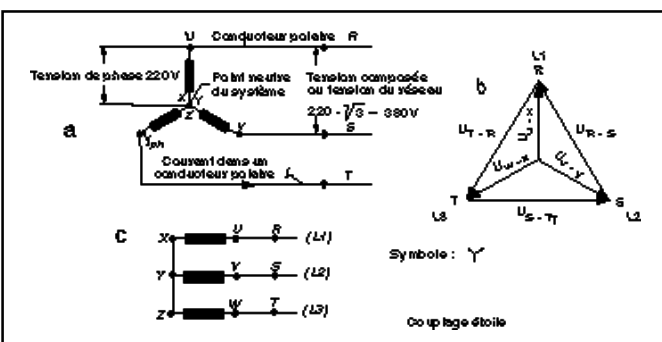
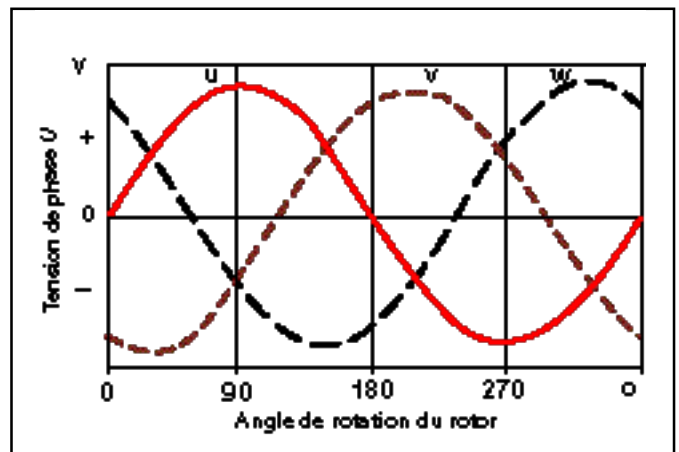
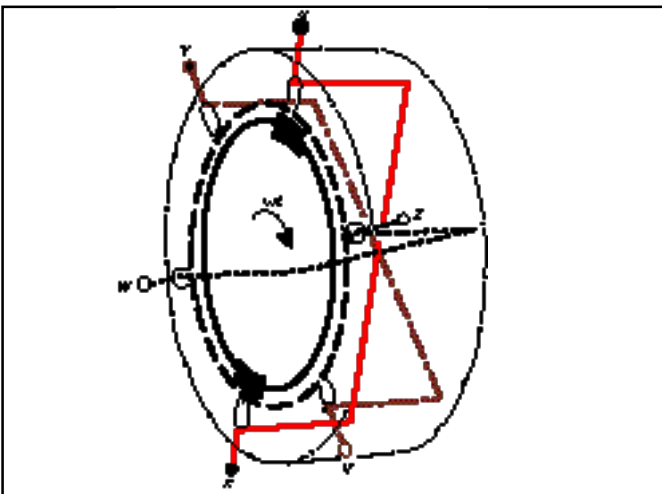
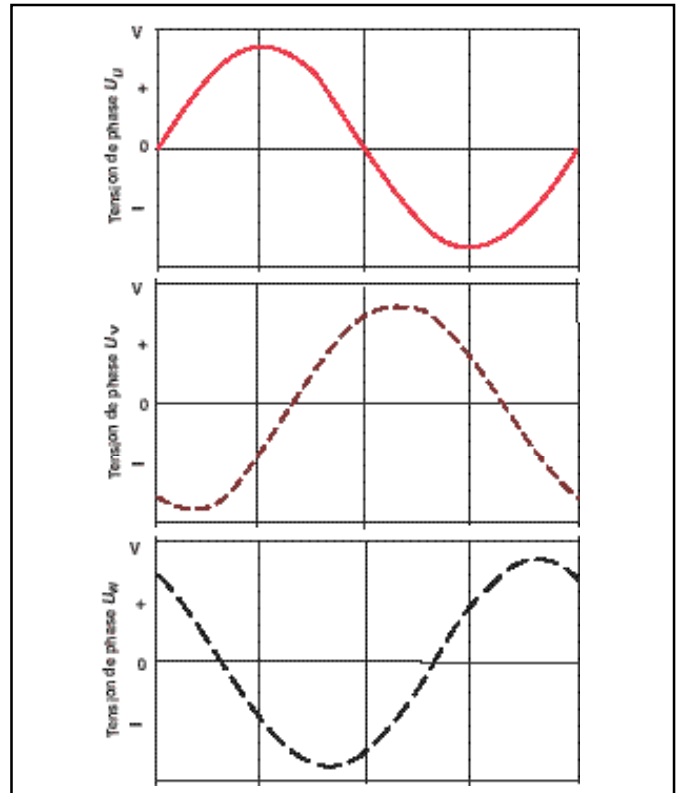
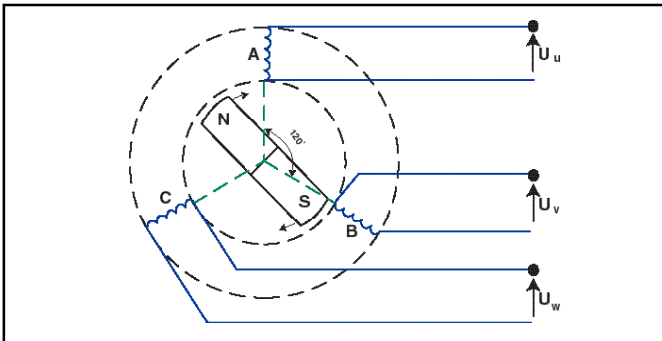
# Le courant alternatif

## TRIPHASÉ

Trois bobines identiques sont placées en étoile autour d'un aimant mobile. On fait tourner l'aimant, chaque bobine se voit traversée par un nombre variable de lignes de champ magnétique (variation de flux  $\Delta F$ ) à des moments différents.

Une tension apparaît aux bornes de chaque bobine. On obtient 3 tensions  $u_1, u_2, u_3$ , décalées de  $120^\circ$  entre elles.

En raccordant les 3 bobines ensemble, en étoile par exemple, on a un système de 3 tensions (= différence de potentiel par rapport au point commun, point neutre) appelé "tensions triphasées".





# Le courant alternatif

## FACTEUR DE PUISSANCE

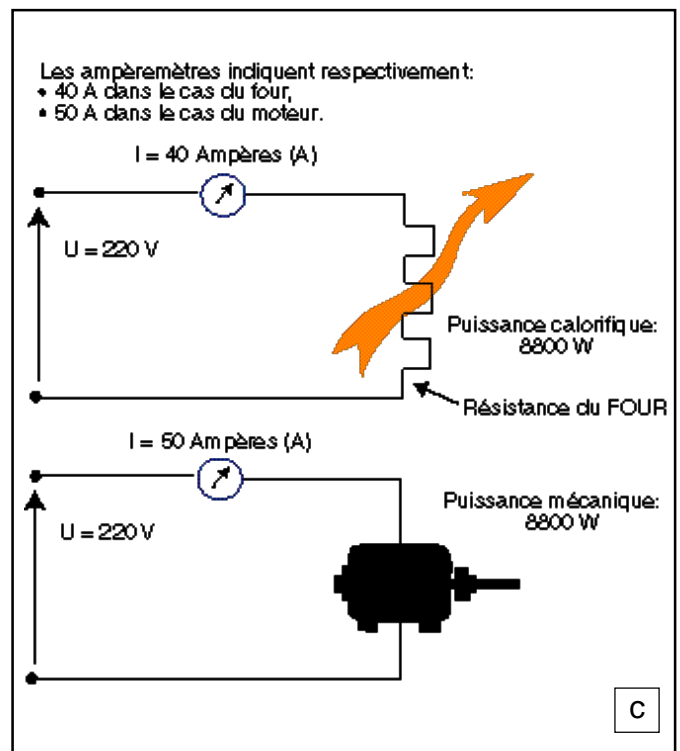
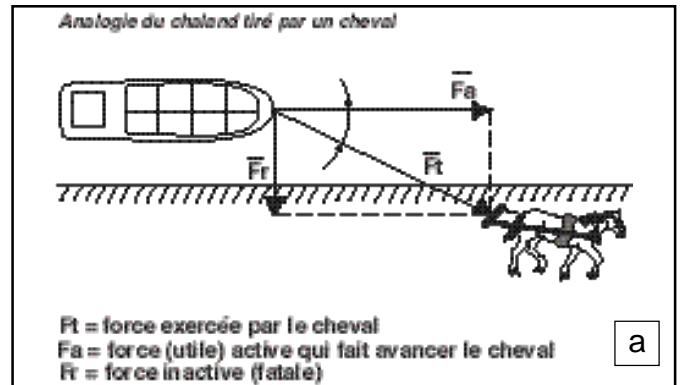
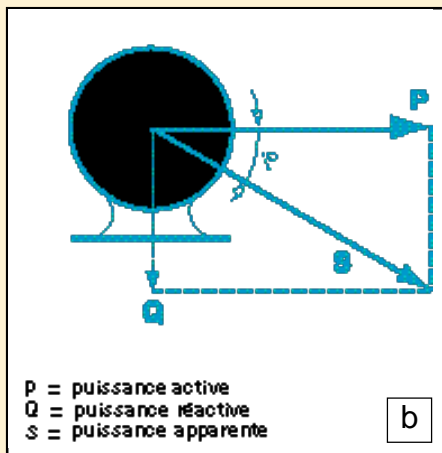
Si un cheval tire une barque comme sur le croquis, le cheval exerce une force totale  $F_t$  qu'on peut décomposer en 2 parties, l'une nécessaire pour faire avancer le chariot (= force utile ou "active"  $F_a$ ); l'autre, perpendiculaire au mouvement, ne sert à rien ( $F_r$ ). On peut considérer cette force comme une force "réactive" (a).

Il faut exercer une force totale qui est apparemment plus grande que la force active. Cette force totale est composée des 2 forces "active" et "réactive".

De même, dans un réseau électrique, en plus de la puissance utile ou active (P) on a aussi de la puissance inutile ou réactive (Q), elle ne sert à rien mais elle est quand même produite et transportée. Cette puissance réactive est consommée par des circuits comprenant des bobines comme les moteurs où il faut créer un champ magnétique.

La puissance totale que doit fournir le réseau = Puissance apparente (S), avec  $S = U \cdot I$

La représentation vectorielle des 3 puissances donne l'image d'un triangle rectangle (b).



Le rapport entre P et S :  $P/S = \text{facteur de puissance} = \cos \varphi$

### Expressions des puissances :

	monophasé	triphase	
Puissance active :	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	$= 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$	en Watt (W)
Puissance réactive :	$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$	$= 3 \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$	en Volt.Ampère réactif (VAr)
Puissance apparente :	$S = U \cdot I$	$= 3 \cdot U \cdot I$	en Volt.Ampère (VA)

Avec un faible facteur de puissance c'est à dire un mauvais facteur de puissance, le réseau électrique devra transporter des courants plus grands. Ceci provoquera un surdimensionnement des installations et une

facture supplémentaire pour le consommateur (c). Pour améliorer le facteur de puissance, on raccordera des condensateurs avec les circuits ayant un mauvais  $\cos \varphi$ .