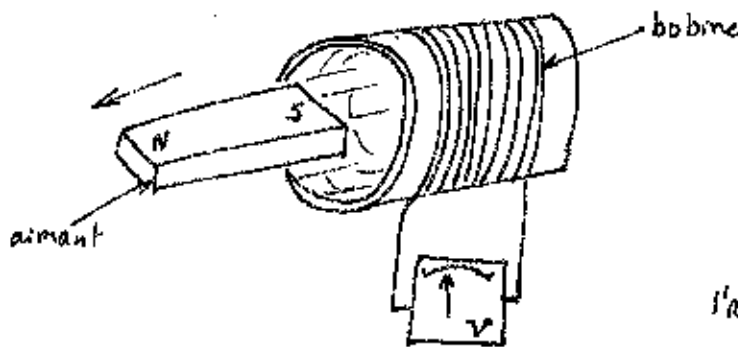


Induction :

On a vu précédemment qu'un courant électrique dans un conducteur créait un champ magnétique, (on emploie plutôt le terme d'"induction magnétique" dans ce cas) capable de faire dévier l'aiguille aimantée d'une boussole.

Inversement observons l'effet d'un champ magnétique sur un conducteur.
Expérience : Du fil électrique isolé est enroulé sur un tube cylindrique pour constituer ce qu'on appelle une bobine. Les deux extrémités du fil sont reliées à un voltmètre très sensible.



Un barreau aimanté est placé dans la bobine. Dans un premier temps il ne se passe rien.

Si on retire très rapidement l'aimant de la bobine on voit

l'aiguille du voltmètre dévier légèrement.

Si on remet très rapidement l'aimant dans la bobine le voltmètre dévie de nouveau très légèrement mais dans l'autre sens et revient à zéro comme précédemment.

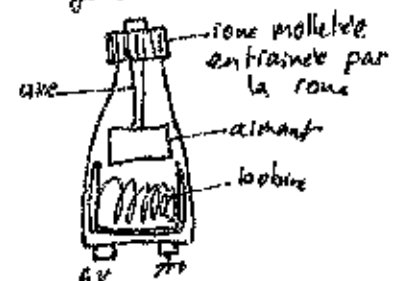
Si on inverse les pôles nord et sud de l'aimant les déviations de l'aiguille du voltmètre sont inversées.

Cette expérience montre qu'un conducteur placé dans un champ magnétique variable est soumis à une différence de potentiel (ddp) variable d'autant plus importante que la variation du champ magnétique a été importante et rapide. S'il n'y a pas de variation de champ (aimant fixe) il n'y a pas de ddp induite.

Cette ddp est la force électromotrice induite : le déplacement de l'aimant a transformé la bobine en générateur de tension variable.

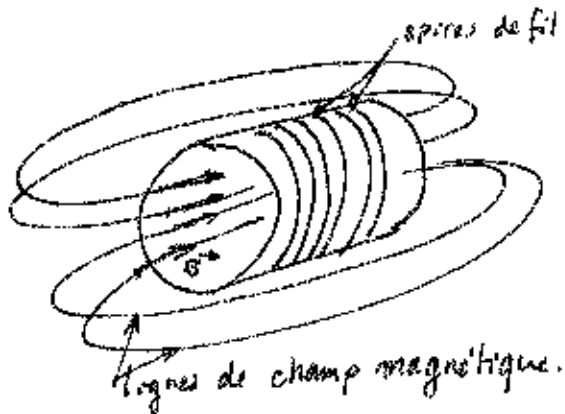
C'est sur ce principe que sont construites toutes les génératrices telles que dynamo, alternateur.

Ex : la "dynamo" de vélo est simplement constituée d'un aimant qui tourne devant une bobine de fil émaillé.



Valeur de la force électromotrice induite :

Si on revient à l'expérience précédente, la bobine est traversée par un champ magnétique \vec{B} dont la direction à l'intérieur de la bobine est l'axe de la bobine.



Chaque spire de la bobine (chaque tour de fil) est un cercle perpendiculaire au champ magnétique.

On appelle flux magnétique traversant une spire le produit de la surface S de la spire par la valeur du champ magnétique B (lorsque

le champ est perpendiculaire à la surface ce qui est le cas ici). Le flux c'est en fait la "quantité" de champ magnétique qui traverse une surface (ici une spire)

Si N désigne le nombre de spires de la bobine, le flux total traversant la bobine est $\Phi = B S N$ (Φ = phi lettre majuscule grecque) en supposant que B est constant à l'intérieur de la bobine

La valeur de la fem induite est $e = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ (= variation de flux pendant l'intervalle de temps Δt où on retire l'aimant)

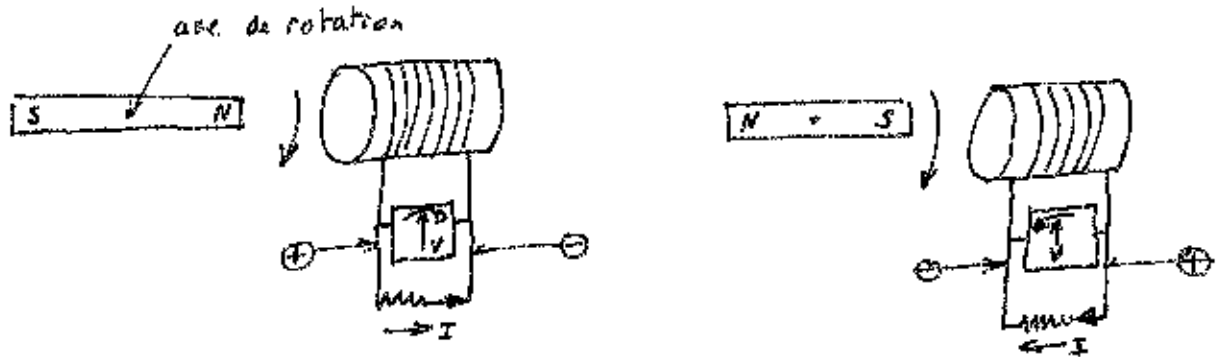
Δ (lire delta, lettre majuscule grecque) est souvent utilisé pour désigner la variation d'une grandeur (ici le flux et le temps)

Cette formule $e = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{\Delta (B S N)}{\Delta t}$ montre que e induite est d'autant plus élevée que B, S, N sont importants et que la variation de B est rapide. (S et N sont constants dans cet exemple)

Tension alternative

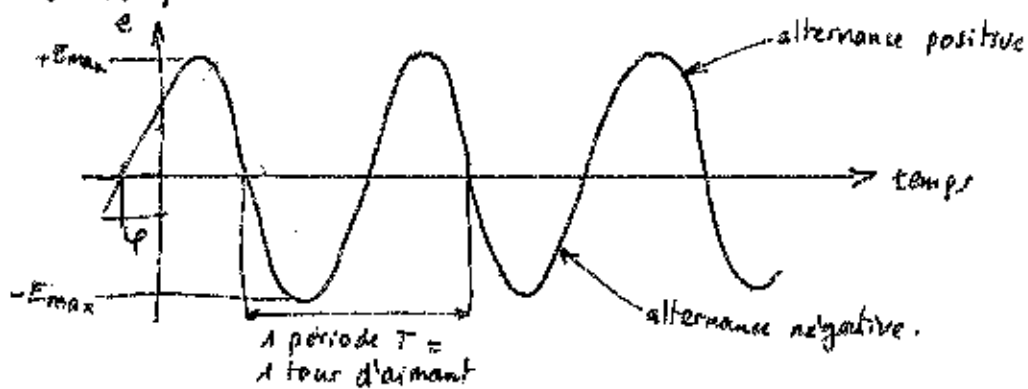
La plupart des génératrices de courant utilisant le principe de la fem induite par la variation de flux magnétique sont constituées soit d'un aimant ou électro-aimant tournant devant une ou plusieurs bobines, soit une ou plusieurs bobines tournant dans le champ d'un aimant ou d'un électro-aimant.

La figure suivante montre schématiquement la rotation d'un aimant devant une bobine



Comme à chaque demi-tour le pôle de l'aimant change, la tension induite dans la bobine change de sens, le voltmètre dévie alternativement à droite puis à gauche, les extrémités de la bobine sont alternativement \oplus et \ominus puis \ominus et \oplus . Le courant dans la résistance connectée à la bobine change aussi de sens.

Si on représente la valeur de la f.e.m. induite en fonction du temps on obtient la courbe suivante



La f.e.m. induite est dite alternative (tantôt positive, tantôt négative). On a un générateur de courant dont la polarité de ses bornes change constamment. A certains moments la valeur de la f.e.m. induite est nulle.

Dans la plupart des générateurs de courant alternatif, la f.e.m. induite est une fonction sinusoïdale du temps

$$e = E_{\max} \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

cos désigne la fonction cosinus qui varie continuellement de 1 à 0 puis -1

puis 0 puis 1 ...

ω est la pulsation exprimée en radians par seconde (rd/s)

$\omega = 2\pi f$ f fréquence en Hertz (Hz)

$T = \frac{1}{f}$ est la période en secondes (s)

φ (lire phi lettre minuscule grecque) désigne la phase c'est à dire le décalage entre l'instant $t=0$ et le moment où la valeur de e vaut 0.

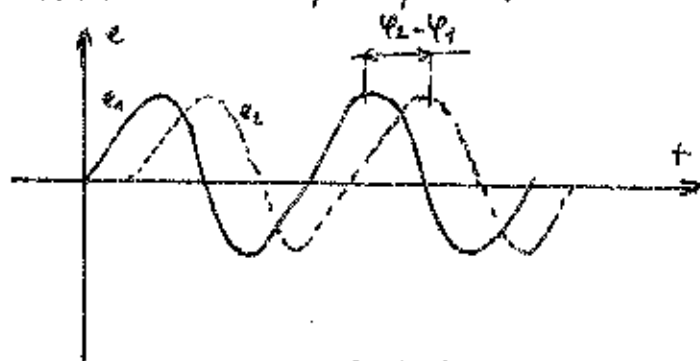
φ s'exprime avec la même unité que les angles (degrés ou radians) et aussi en secondes.

E_{\max} est l'amplitude de la tension, c'est à dire la valeur maximum que peut prendre la fem e .

Déphasage

Deux génératrices de courant alternatif sinusoïdale montée sur le même axe produisent des fem de même fréquence puisqu'elles tournent à la même vitesse, mais la position de l'aimant par rapport à bobine à un instant n'est pas forcément la même.

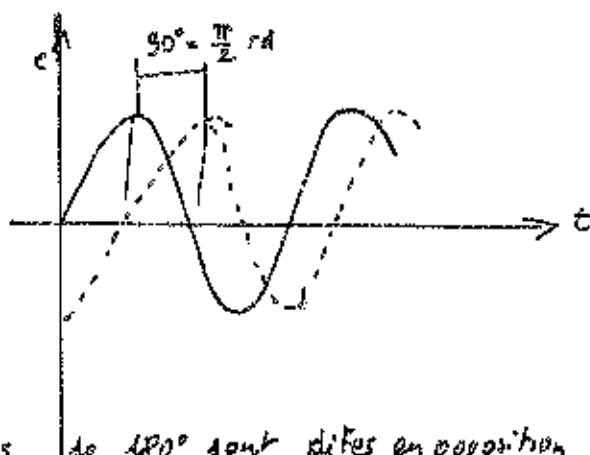
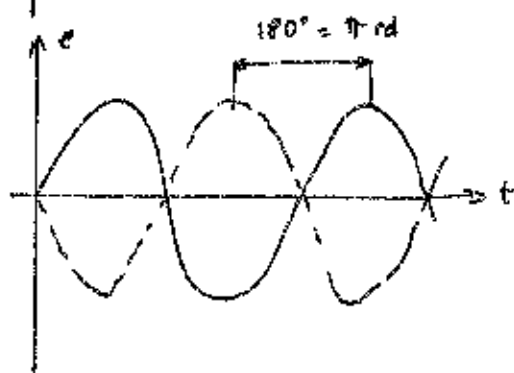
Il s'en suit que le maximum des fem n'a pas lieu au même moment. le temps qui sépare ces maxima est appelé déphasage.



$$\text{si } e_1 = E_{\max} \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$\text{et } e_2 = E_{\max} \cos(\omega t + \varphi_2)$$

le déphasage vaut $\varphi_2 - \varphi_1$



Deux tensions de même fréquence déphasées de 180° sont dites en opposition de phase : l'une est positive quand l'autre est négative.

Deux tensions déphasées de 90° ($\frac{\pi}{2}$ radians) sont dites en quadrature de phase : l'une est maximum quand l'autre est nulle.

Analogie mécanique :

le déplacement du balancier d'une pendule est une fonction sinusoïdale du temps.



Il se caractérise aussi par sa période, sa fréquence, son amplitude et sa phase.

Tension efficace :

Toutes les lois applicables aux courants continus (loi d'ohm, loi de Joule) sont applicables aux courants alternatifs mais pour des valeurs instantanées.

Si on veut calculer la puissance dissipée par un courant alternatif sinusoïdal dans une résistance on applique la loi de Joule à des valeurs instantanées. Si la tension u est de la forme $u = U_m \cos(\omega t + \phi)$

à l'instant t_1 la tension vaut $u_1 = U_m \cos(\omega t_1 + \phi)$ et la puissance instantanée $p_1 = \frac{u_1^2}{R} = \frac{(U_m \cos(\omega t_1 + \phi))^2}{R}$

La puissance instantanée varie en fonction du temps, mais reprend la même valeur à chaque période $T (= \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f})$

Si on calcule la valeur moyenne de cette puissance instantanée pendant une période on obtient après intégration (calcul mathématique de la somme de toutes les valeurs instantanées) $P = \frac{(U_m)^2}{2R} = \left(\frac{U_m}{\sqrt{2}}\right)^2 / R$

C'est à dire que la tension alternative $U_m \cos(\omega t + \phi)$ a la même efficacité pour produire de la chaleur dans une résistance qu'une tension continue de valeur $\frac{U_m}{\sqrt{2}}$

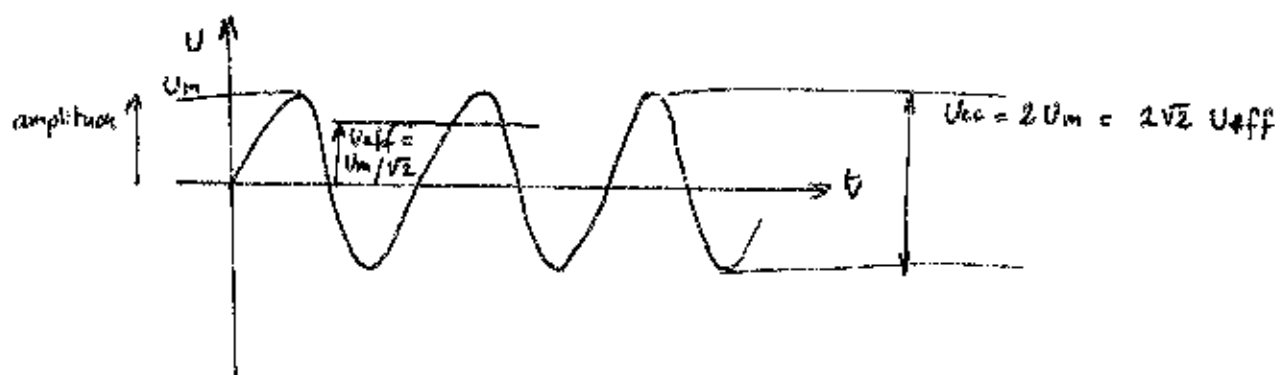
$\frac{U_m}{\sqrt{2}}$ s'appelle la tension efficace : $U_m = U_{eff} \times \sqrt{2}$ avec $\sqrt{2} \approx 1,41$
De même pour le courant $I_m = I_{eff} \times \sqrt{2}$

Quand on parle de courant alternatif de 220V, il s'agit toujours sauf précision contraire de la tension efficace. On dit aussi Volts RMS.

La valeur de crête (amplitude de la tension) vaut donc :

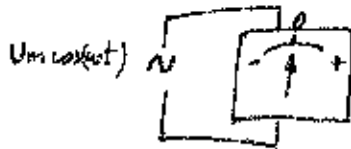
$$220 \times \sqrt{2} \approx 311 \text{ V}$$

On parle aussi de valeur crête à crête. Comme la tension oscille entre +311V et -311V la valeur crête à crête est de 622V



tension moyenne :

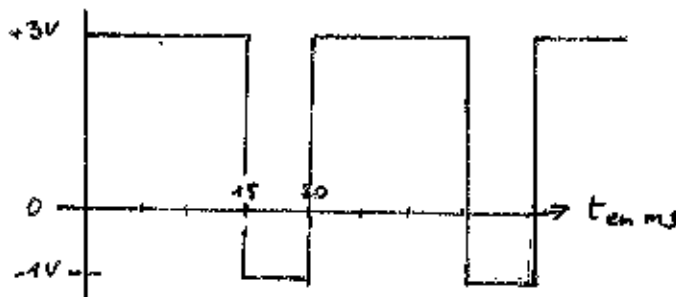
Dans le cas d'une tension sinusoïdale, comme la tension passe alternativement de $+U_m$ à $-U_m$ si on fait la moyenne sur plusieurs périodes la valeur moyenne est nulle.



C'est d'ailleurs ce qu'indiquera l'aiguille d'un voltmètre de mesure de courant continu dont l'aiguille attire alternativement à droite puis à gauche si une fréquence trop élevée pour qu'elle puisse suivre ces sollicitations vibrera légèrement mais restera sur le zéro.

La valeur moyenne est nulle mais pas la valeur efficace car le dégagement de chaleur dans une résistance se produit quelle que soit le sens du courant.

Si on considère la tension alternative non sinusoïdale suivante



Sa période est de 20ms

pendant 15ms elle vaut +3V et

pendant 5ms elle vaut -1V

La valeur moyenne pendant une période sera

$$U_{\text{moy}} = \frac{3V \times 15ms + (-1V \times 5ms)}{15ms + 5ms} = \frac{45 - 5}{20}$$

$$U_{\text{moy}} = 2V$$

On note souvent la valeur moyenne \bar{U} (lire u barre)

L'énergie dissipée dans une résistance R sera :

$$W = \frac{(3V)^2}{R} \times 15ms + \frac{(-1V)^2}{R} \times 5ms = \frac{135 + 5}{R} = \frac{140}{R}$$

La puissance moyenne sera $P_{\text{moy}} = \frac{W}{T} = \frac{140}{R} / 20ms = \frac{7}{R} = \frac{U_{\text{eff}}^2}{R}$

La tension efficace vaudra donc $\sqrt{7} \approx 2,6V$