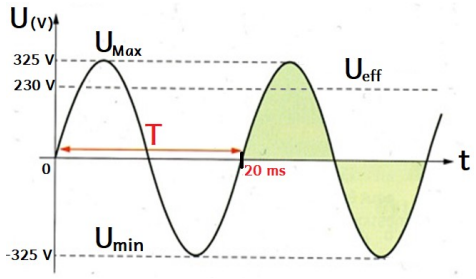
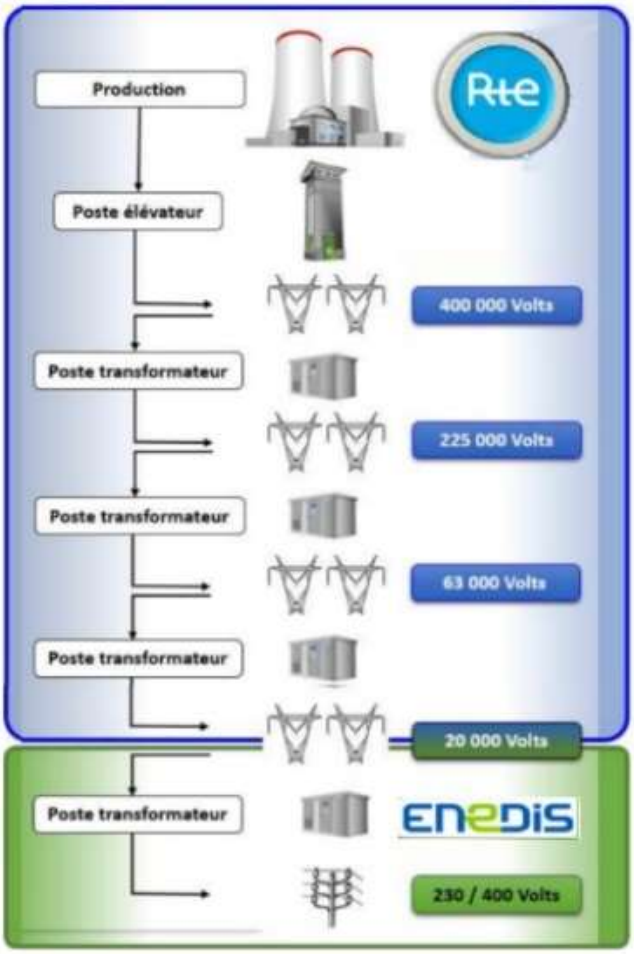
Lois d'électricité en régime alternatif sinusoïdal



Après avoir étudié le régime continu, nous allons nous intéresser au régime alternatif. Il s'agit ici du courant domestique que nous utilisons tous les jours.
Dans ce régime, la tension alterne, tantôt positive, tantôt négative à intervalle régulier, d'où le terme alternatif.

1.1 Intérêt du régime alternatif



Le régime alternatif a la capacité d'être facilement produit, adapté et transporté sur de longues distances. La perte en énergie de l'électricité ainsi transportée est diminuée par l'augmentation du voltage.
A puissance identique, on augmente la tension afin de réduire le courant. (Les pertes par effet Joule sont proportionnelles au carré du courant).

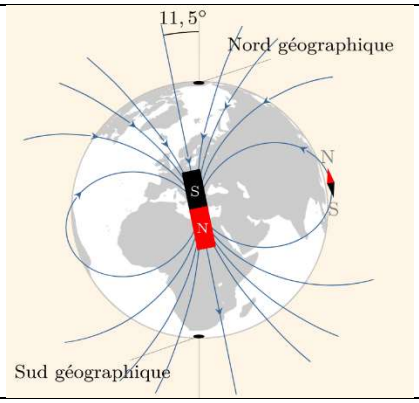
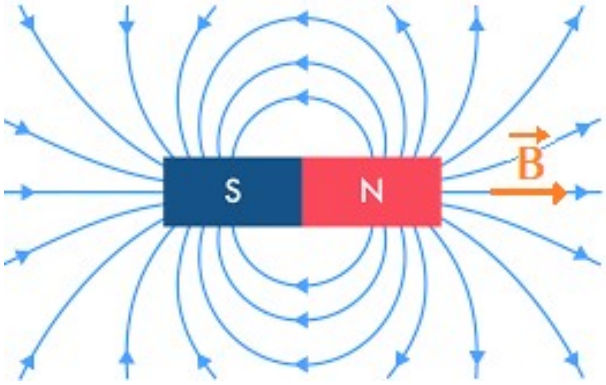
Une centrale nucléaire fournit une tension en sortie de 400.000 Volts. L'avantage en alternatif, c'est que l'on peut facilement adapter cette tension grâce à une série de transformateurs avec un très bon rendement.
Plus on se rapproche de l'utilisateur final, plus la tension est abaissée.
Nos prises électriques fournissent une tension alternative (dite efficace) de 230 V.

1.2 Notions d'électromagnétisme

Le champ magnétique est une grandeur vectorielle permettant de décrire les effets du courant électrique ou des matériaux magnétiques tels que les aimants.

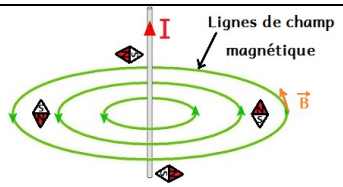
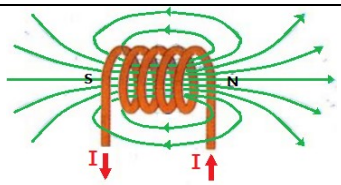
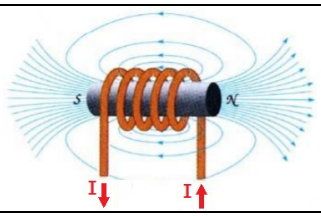
1.2.1 Origines du champ magnétique

- Les matériaux magnétiques

	
La terre génère son propre champ magnétique	Champ magnétique généré par un aimant

Les lignes de champ magnétique sont des courbes fermées qui entourent les sources. Elles divergent du pôle nord et convergent vers le pôle sud. Les lignes de champ vont du pôle Nord au pôle Sud à l'extérieur de l'aimant. Le vecteur champ magnétique est porté par les lignes de champ.

- Le courant électrique

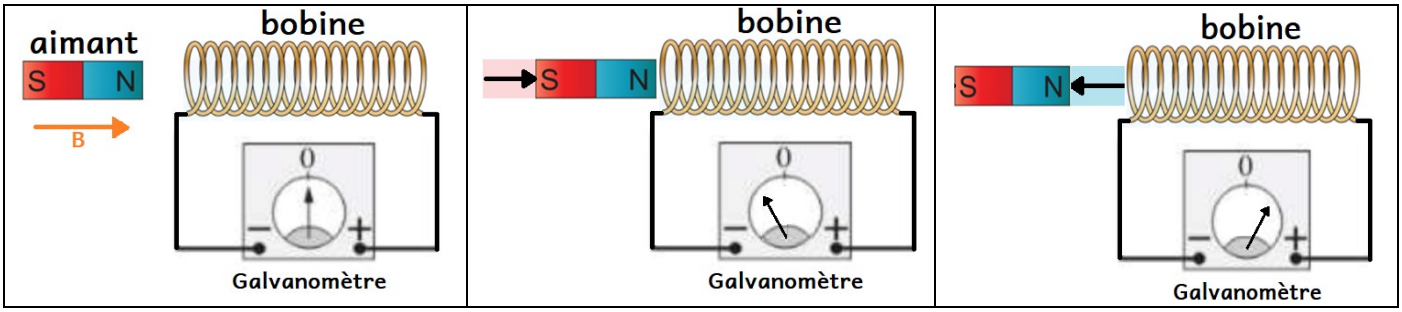
		
Un fil parcouru par un courant électrique génère un champ magnétique.	Une bobine parcourue par un courant génère un champ magnétique	On canalise ce champ magnétique en ajoutant un noyau de fer.

On retiendra qu'un courant électrique génère un champ magnétique.

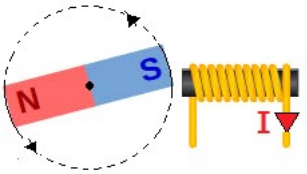
1.2.2 L'induction magnétique

A l'inverse, la variation de champ magnétique entraîne l'apparition d'un courant dans la bobine.

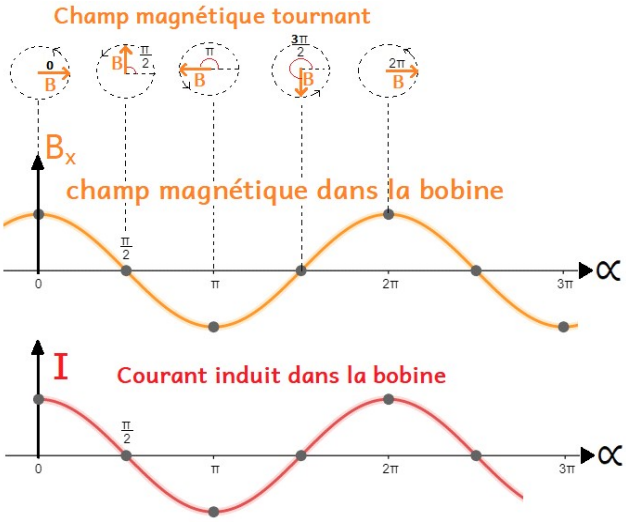
- Déplacement rectiligne du champ magnétique
  Le fait de déplacer un aimant devant une bobine crée une variation de champ magnétique dans la bobine. Cette variation engendre un courant dans la bobine. Le sens du courant dépend du sens du déplacement et de la polarité de l'aimant.



- Champ magnétique tournant

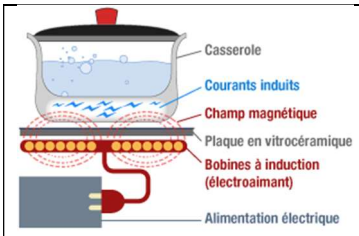
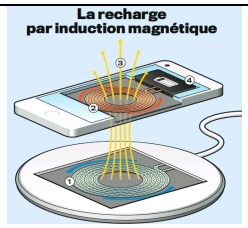
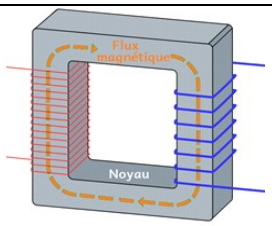
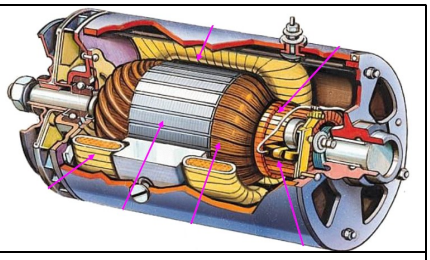


Si nous faisons tourner un aimant devant une bobine, la variation de champ magnétique aura une forme sensiblement sinusoïdale et le courant induit dans la bobine aura la même forme.



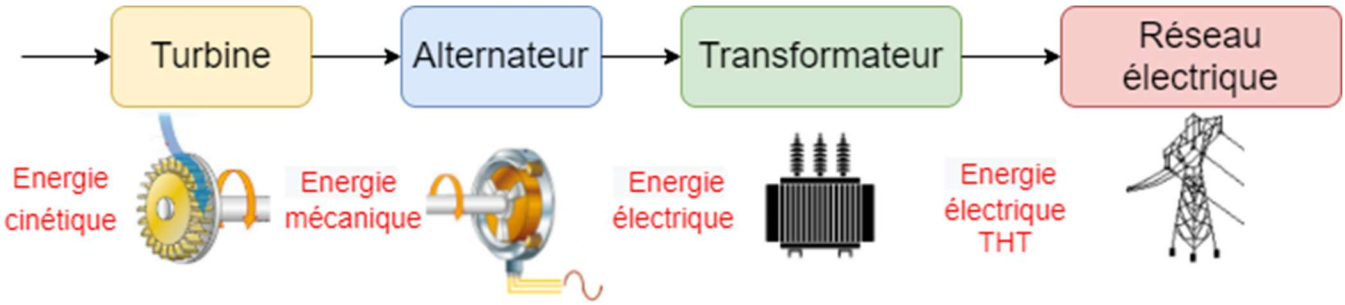
L'aimant tournant produit un champ magnétique tournant.
Lorsque l'aimant est dans l'axe de la bobine le champ résultant dans la bobine est maximum.
Lorsque l'aimant est perpendiculaire à l'axe de la bobine, la résultante dans la bobine est nul.
La bobine reçoit donc un champ magnétique alternatif de type sinusoïdal.
Ce champ engendre en réponse un courant sinusoïdal dans la bobine.

Exemples d'application de l'induction

			
Plaque de cuisson	Chargeur	Transformateur	Moteur

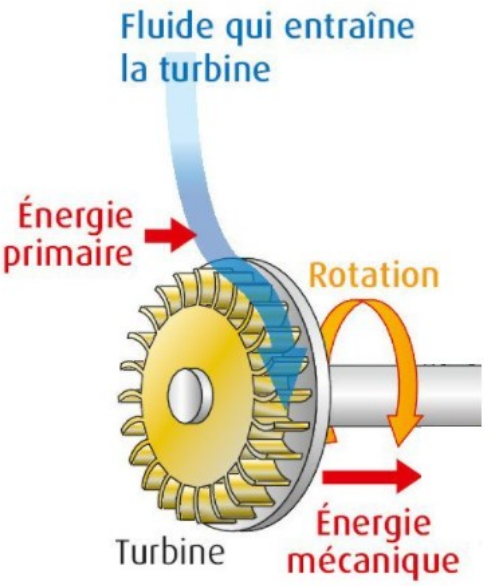
1.3 Produire du courant alternatif

1.3.1 Principe

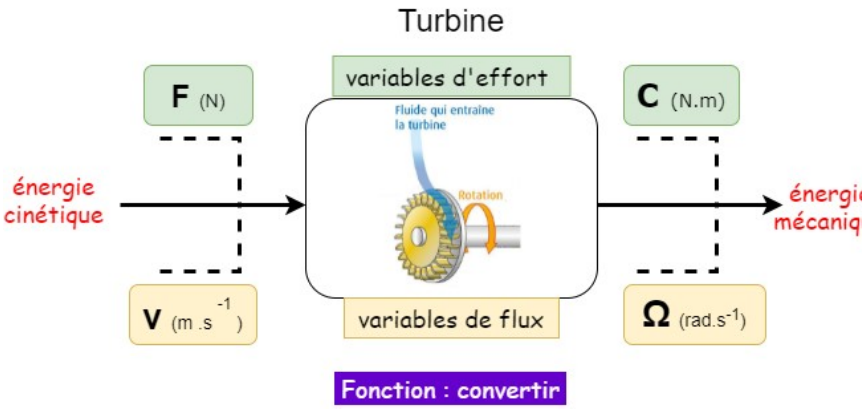


On exploite comme énergie primaire l'énergie cinétique d'un fluide (eau, vapeur d'eau, gaz).
La turbine convertie cette énergie cinétique en énergie mécanique de rotation.
Cette énergie mécanique de rotation est convertie par l'alternateur en énergie électrique.
Un transformateur permet d'élever la tension de sortie (de 5 kV à 400 kV) avant de l'injecter sur le réseau.

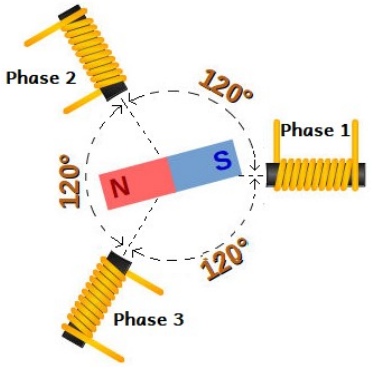
1.3.2 Turbine



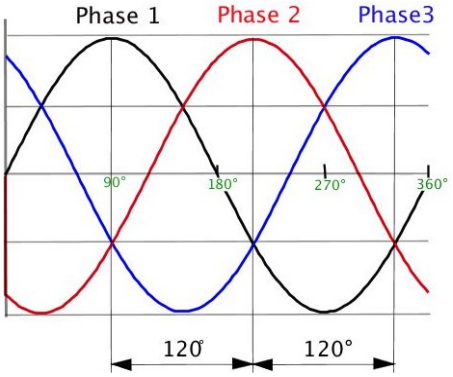
C'est un dispositif qui convertit le déplacement d'un fluide (eau, vapeur ou gaz) en mouvement de rotation.
Il convertit une énergie cinétique en énergie mécanique.

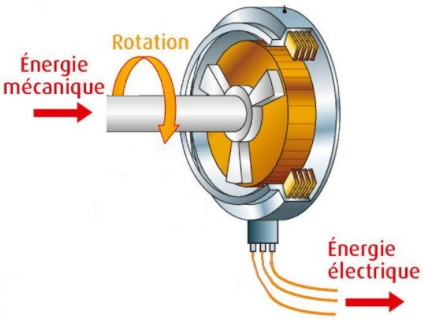


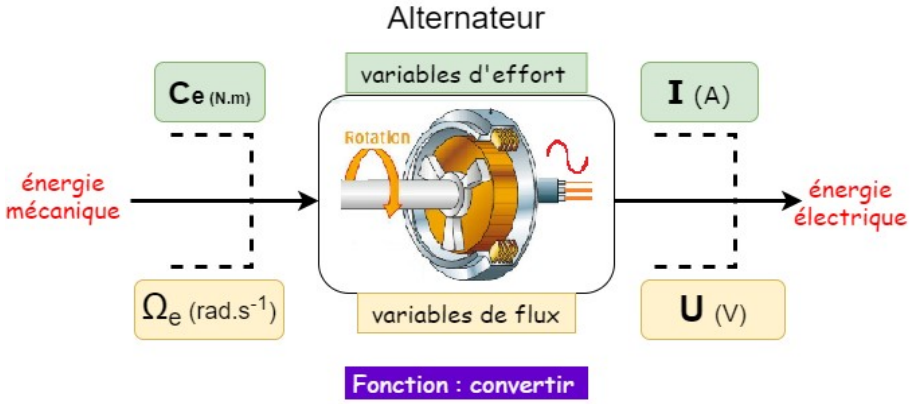
1.3.3 Alternateur



On va utiliser le principe précédent de champ magnétique tournant, mais on va placer 3 bobines décalées d'un angle de 120°. On obtiendra alors 3 sinusoïdes décalées dans le temps.
Avec une phase, c'est du monophasé.
Avec 3 phases, c'est du triphasé.



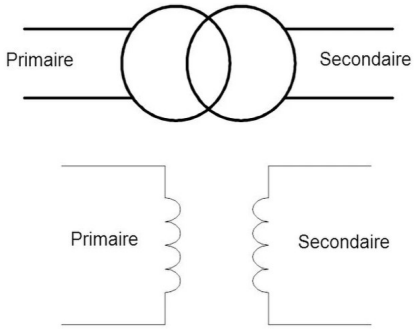
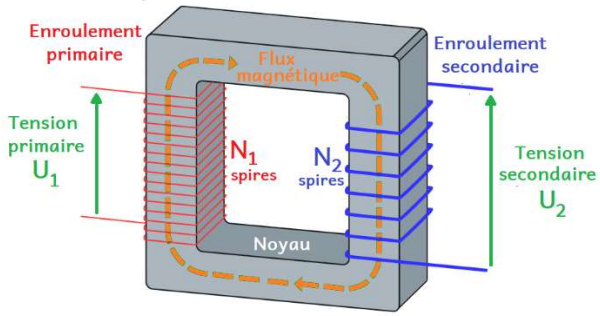




L'alternateur convertit l'énergie mécanique en énergie électrique.

1.3.4 Transformateur

Un transformateur convertit une tension alternative en une tension alternative de même fréquence, mais d'amplitude différente. Il sert à augmenter ou à baisser la tension d'un courant électrique.

Symboles	Principe de fonctionnement
	

Principe de fonctionnement : le courant dans la bobine du primaire crée un champ magnétique qui est transporté par le noyau de fer vers la bobine du secondaire. Ce champ magnétique dans la bobine secondaire crée un courant par induction dans celle-ci.

Caractéristiques : La bobine primaire a N_1 spires et la bobine secondaire a N_2 spires.
Une spire correspond à un tour d'enroulement autour du noyau.

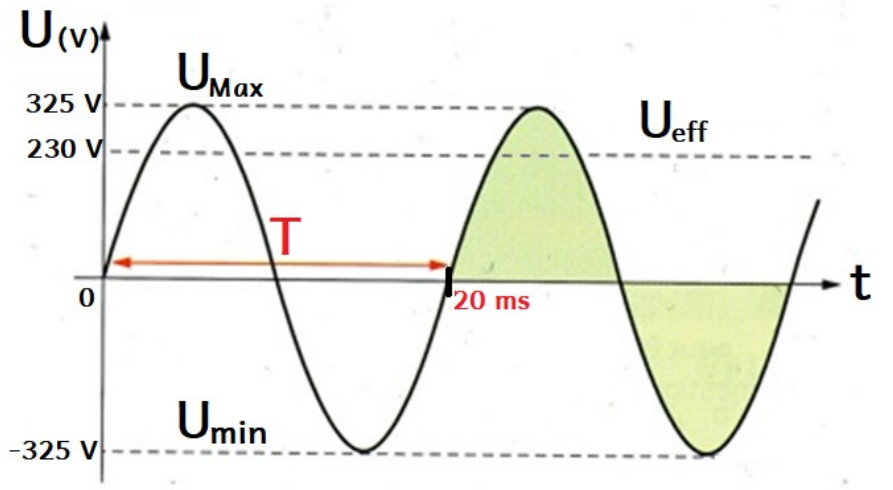
Relations : $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$

1.4 Caractéristiques du courant alternatif

On parle de courant alternatif périodique sinusoïdal.

- Alternatif car le courant change alternativement de sens.
- Périodique car sa représentation dans le temps se répète à intervalle régulier (la période).
- Sinusoïdal car sa représentation dans le temps épouse la courbe de la fonction sinus.

1.4.1 Forme, période, fréquence, pulsation



Forme :	Sinusoïdal
Période :	0,02 s
Fréquence :	50 Hz
Tension max :	325 V
Tension min :	-325 V

$f = \frac{1}{T}$ [Hz] [s]	**La période**, noté T, correspond à la durée du plus petit motif qui se répète au cours du temps et s'exprime en seconde (s). **La fréquence**, noté f, correspond au nombre de motifs répétés par seconde et s'exprime en Hertz (Hz).

En une seconde, notre courant électrique a donc changé 50 fois de sens !

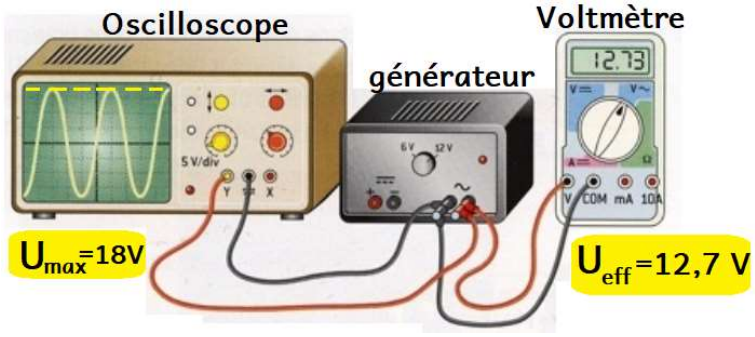
On peut écrire l'équation de la tension U(t) sous la forme :

$$U(t) = U_{max}\sin(\frac{2\pi}{T}t)$$
$$U(t) = U_{max}\sin(\omega\, t)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$
[rad] [rad] [rad.s^{-1}] [s] [s^{-1}]

ou ω est appelé **pulsation** en $rad.s^{-1}$

1.4.2 Valeur efficace

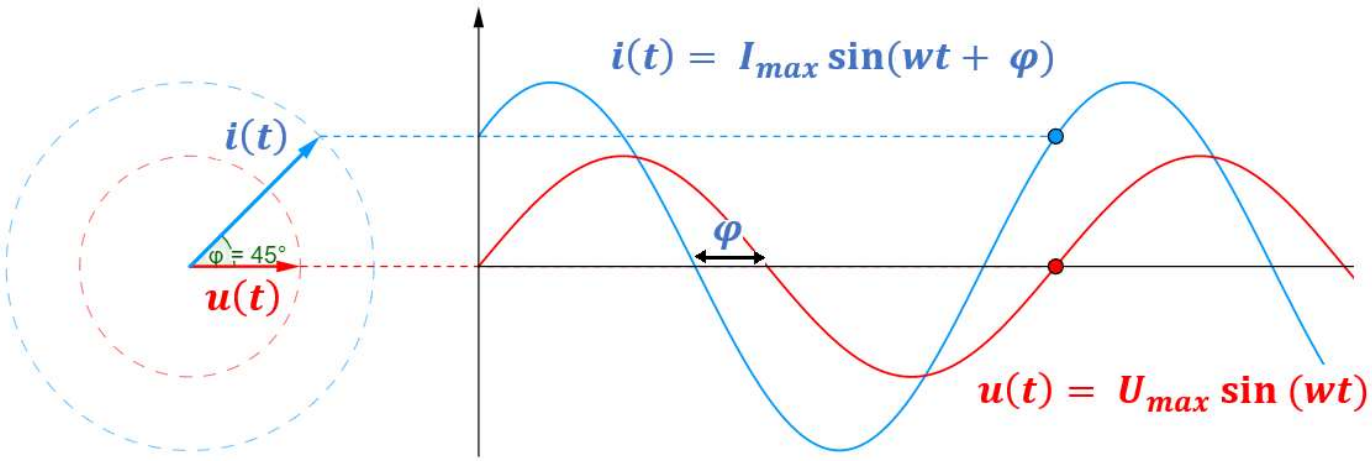


Si on fait l'expérience suivante :
On utilise un générateur de tension sinusoïdal et on mesure cette tension à l'aide de deux appareils : un oscilloscope et un voltmètre.
Et surprise, on ne mesure pas les mêmes valeurs. Pourquoi ?

Le voltmètre calcule à partir de la tension alternative, une valeur appelée tension efficace.
Un générateur de tension continu réglé sur cette valeur produirait le même effet Joule que la tension alternative. On a la relation suivante :

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

1.4.3 Déphasage courant/tension

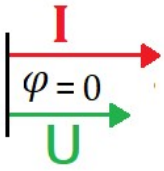
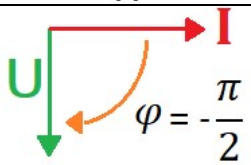
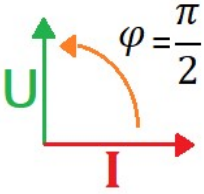
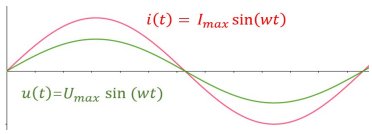
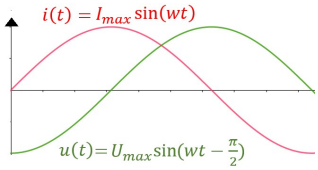
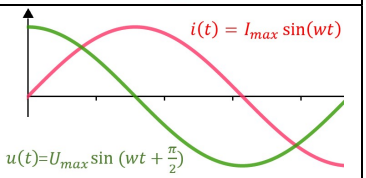


$$\varphi_{(radian)} = 2\pi\frac{\Delta t}{T} \qquad \varphi_{(degré)} = 360\frac{\Delta t}{T}$$

1.5 Loi d'ohm en courant alternatif

$$U = Z\,.\,I$$

Z est l'impédance, elle varie en fonction de la fréquence.

	Résistance	Capacité	Inductance
Représentation de Frenel			
			
Z (impédance complexe)	Z = R	$Z_C = \frac{1}{jCw} = -\frac{j}{Cw}$	$Z = j.L.w$
φ (déphasage)	$\varphi = 0$	$\varphi = -\frac{\pi}{2}$	$\varphi = +\frac{\pi}{2}$

Calcul de l'impédance d'un condensateur de 1µF soumis à une tension alternative de 50 Hz.

$$|Z_C| = \frac{1}{Cw} = \frac{1}{C(2\pi f)} = \frac{1}{10^{-6}.(2\pi.50)} \approx 3{,}18\ k\Omega$$

1.5.1 Rappels mathématiques sur les nombres complexes :

a) Un nombre complexe Z peut s'écrire sous la forme :

Ecriture cartésienne	Ecriture trigonométrique
$Z = a + j\,.\,b$ Nombre complexe — Partie réelle — Partie imaginaire	$Z = \lvert Z\rvert.\,(\cos(\varphi) + j\sin(\varphi)) = \lvert Z\rvert.\,e^{j\varphi}$

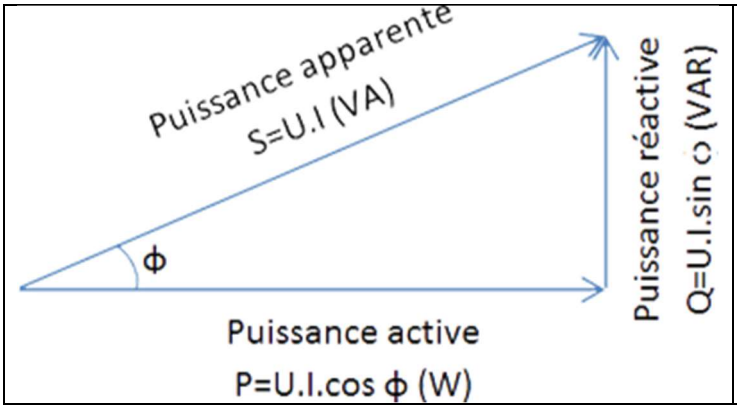
b) Module et argument

$\lvert Z\rvert = \sqrt{a^2 + b^2}$ Module — Partie réelle — Partie imaginaire	$\varphi = \mathrm{Arg(Z)}$ Tel que $\tan(\varphi) = \frac{b}{a}$

1.6 Calcul d'impédance

a) Circuit RL
b) Circuit RC
c) Circuit RLC

1.7 Puissance en courant alternatif



Puissance active en W (Watt) :

$$P = U_{eff}\,.\,I_{eff}\,.\cos(\varphi)$$

Puissance réactive en VAR (Volt Ampère Réactif)

$$P = U_{eff}\,.\,I_{eff}\,.\sin(\varphi)$$

Puissance apparente en VA (Volt Ampère)

$$P = U_{eff}\,.\,I_{eff}$$

1.8 Conversion du courant alternatif en courant continu

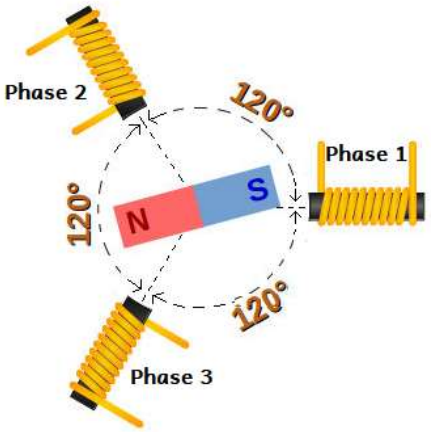
1.8.1 Adaptation

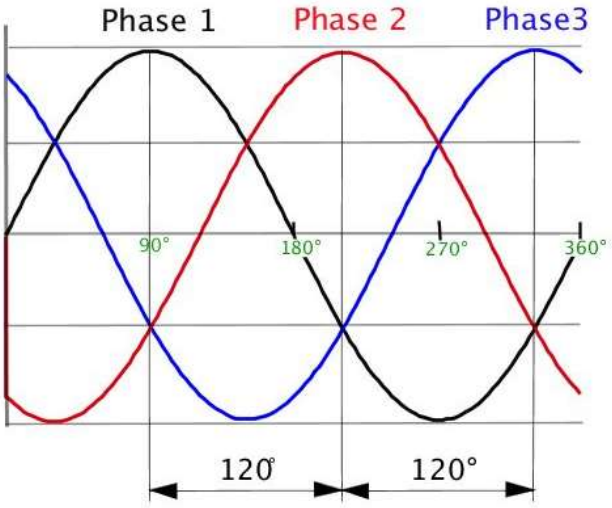
1.8.2 Redressement

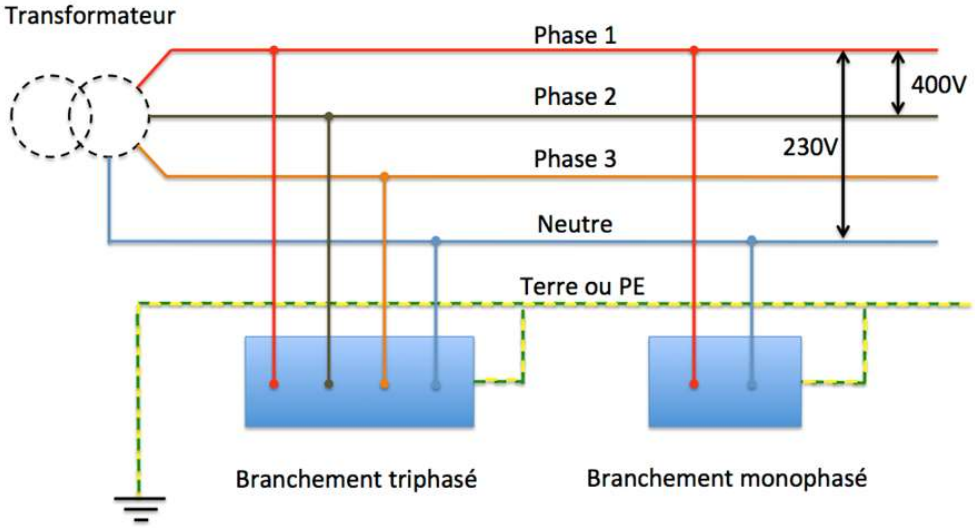
1.8.3 Filtrage

1.8.4 Régulation

2. Le courant triphasé







$$P = \sqrt{3} \cdot U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\varphi)$$