

1- La famille Génie Electrique:

1-2- L'électrotechnique:

L'électrotechnique est la discipline qui étudie la production, le transport, le traitement, la transformation et l'utilisation de l'énergie électrique.

1-2-1- Régime monophasé et régime triphasé:

a) Régime monophasé:

Un courant monophasé peut être produit à partir d'un courant triphasé en connectant une des trois phases et le neutre, ou en connectant deux des trois phases.

Expression d'une tension sinusoïdale monophasée:

Expression temporelle: $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$

Notation complexe (Domaine fréquentielle): $\underline{U} = U e^{j\varphi}$

avec U_m amplitude (V)
 ω pulsation (rad.s⁻¹)
 φ phase initiale (rad)
 $\omega t + \varphi$ phase instantanée (rad)

Valeur moyenne d'un signal sinusoïdal est nulle: $\langle u \rangle = 0$

Valeur efficace d'un signal sinusoïdal est : $U = U_m / \sqrt{2}$

Puissance en régime monophasé:

- Puissance instantanée : $p(t) = u(t)i(t)$

- Puissance active (puissance moyenne): $P = \langle p \rangle = 1/T \cdot \int_T p dt$ watt (W)

en régime sinusoïdal: $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$

C'est l'énergie effectivement récupérable par la charge (sous forme de travail mécanique, de chaleur, etc.).

- Puissance apparente: $S = U \cdot I$ volt-ampère (VA)

- Facteur de puissance : $k = P/S$ sans unité

en régime sinusoïdal: $k = \cos(\varphi)$

- Puissance réactive en régime sinusoïdal: $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$ volt-ampère réactifs (VAR)

La puissance réactive traduit les échanges d'énergie, à valeur moyenne nulle entre une source et une inductance ou une capacité.

- Relation entre S, P et Q (régime sinusoïdal): $S^2 = P^2 + Q^2$

b) Régime triphasé:

La production et le transport de l'énergie électrique se font sous forme triphasée, en régime Sinusoïdal.

Avantages

- Pour fournir une même puissance P à un utilisateur une ligne triphasée subit moitié moins de pertes par effet Joule qu'une ligne monophasée.
- Le choix d'une ligne triphasée permet aussi une économie de cuivre.

Définition:

Trois grandeurs sinusoïdales forment un système **équilibré** si elles ont même valeur efficace et si elles sont régulièrement déphasées entre elles.

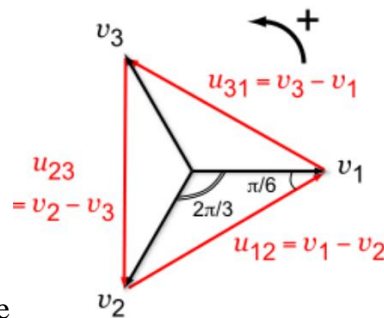
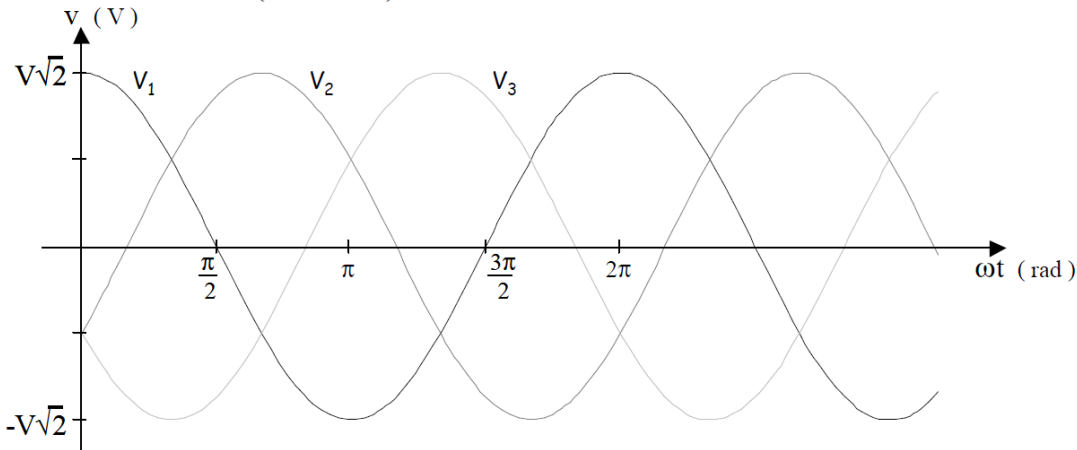
Le système formé par ces trois grandeurs est dit **direct** si, en les ayant repérées par les indices 1, 2 et 3, la deuxième est déphasée en retard de $2\pi / 3$ et la troisième de $4\pi / 3$.

Les trois tensions ont pour expressions :

$$v_1 = V\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t)$$

$$v_2 = V\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t - 2\pi/3)$$

$$v_3 = V\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t - 4\pi/3)$$



v_i : tension simple ; $u_{ij}=v_i-v_j$: tension composée

Puissance active en régime alternatif sinusoïdal triphasé équilibré

$$V_{1\text{eff}} = V_{2\text{eff}} = V_{3\text{eff}} = V_{\text{eff}} \quad , \quad I_{1\text{eff}} = I_{2\text{eff}} = I_{3\text{eff}} = I_{\text{eff}} \quad , \quad (\vec{I}_1, \vec{V}_1) = (\vec{I}_2, \vec{V}_2) = (\vec{I}_3, \vec{V}_3) = \varphi$$

On en déduit: $P = 3 \cdot V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi)$

Sachant que la tension entre phases U_{eff} est égale à $V_{\text{eff}} \cdot \sqrt{3}$, on peut aussi écrire:

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

Puissance réactive en régime alternatif sinusoïdal triphasé équilibré

$$V_{1\text{eff}} = V_{2\text{eff}} = V_{3\text{eff}} = V \quad , \quad I_{1\text{eff}} = I_{2\text{eff}} = I_{3\text{eff}} = I \quad , \quad (\vec{I}_1, \vec{V}_1) = (\vec{I}_2, \vec{V}_2) = (\vec{I}_3, \vec{V}_3) = \varphi$$

On en déduit: $Q = 3 \cdot V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi)$

Sachant que la tension entre phases $U_{\text{eff}} = V_{\text{eff}} \cdot \sqrt{3}$, on peut aussi écrire:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi)$$

1.3 Le transformateur

Le transformateur permet de transférer de l'énergie (sous forme alternative) d'une source à une charge, tout en modifiant la valeur de la tension. La tension peut être soit augmentée ou abaissée selon l'utilisation voulue. Le changement d'un niveau de tension à un autre se fait par l'effet d'un champ magnétique.

Applications:

Electronique :

- (a) alimentation à basse tension
- (b) adaptation d'impédance

Electrotechnique :

- (a) transformation de la tension pour le transport et la distribution d'électricité.
- (b) alimentation à basse tension (par exemple, lampes halogènes)

Mesure :

- (a) transformateurs d'intensité de courant
- (b) transformateurs de potentiel

Plaque signalétique d'un transformateur :

Elle comporte essentiellement les éléments suivants :

- La fréquence f (Hz).
- La tension primaire U_{1n} (ou tension nominale primaire).
- La tension secondaire à vide U_{20} ($I_2=0$).
- La puissance apparente nominale $S_n=U_{1n}I_{1n}=U_{20}I_{2n}$

Il y a deux types principaux de transformateurs, le type *cuirassé* et le type à *colonnes*.

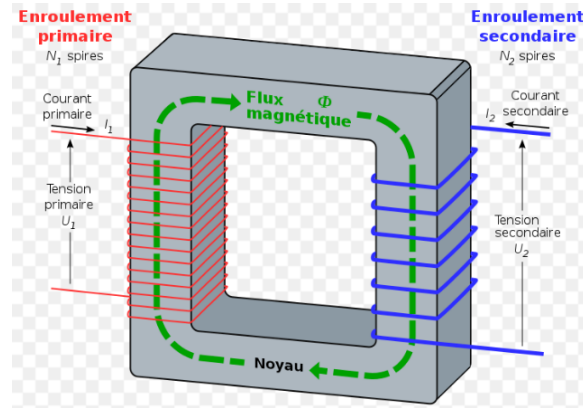


1.3.1. Fonctionnement d'un transformateur monophasé:

Le transformateur est constitué essentiellement de :

- Un circuit magnétique qui a pour rôle de canaliser le flux magnétique.
- Enroulements isolés électriquement . L'un de ces enroulements est relié à la source alternative : C'est le primaire. L'autre bobine(ou les autres) est le siège d'une f.é.m. induite: c'est le secondaire.

1.3.1.1. Transformateur parfait ou idéal:



$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

m: rapport de transformation

N1: nombre de spires secondaires

N2: nombre de spires primaires

Comme on néglige les pertes (transformateur idéal), la puissance est transmise intégralement: $S_1=S_2 \Rightarrow$

$$U_2 I_2 = U_1 I_1$$

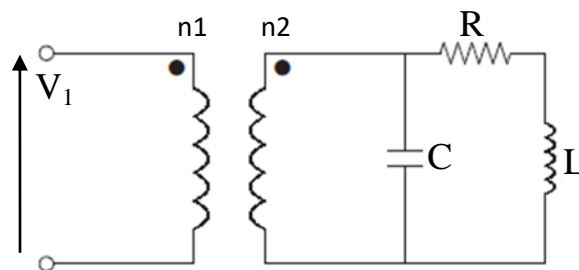
Si on relie la tension et le courant au primaire :

$$\frac{V_1}{I_1} = a^2 \frac{V_2}{I_2} = a^2 Z_2$$

Exemple:

calculer le courant au primaire et le facteur de puissance ($\cos(\varphi)$) vu par la source v_1 . On donne:

$$v_1(t) = E\sqrt{2} \sin(\omega t).$$

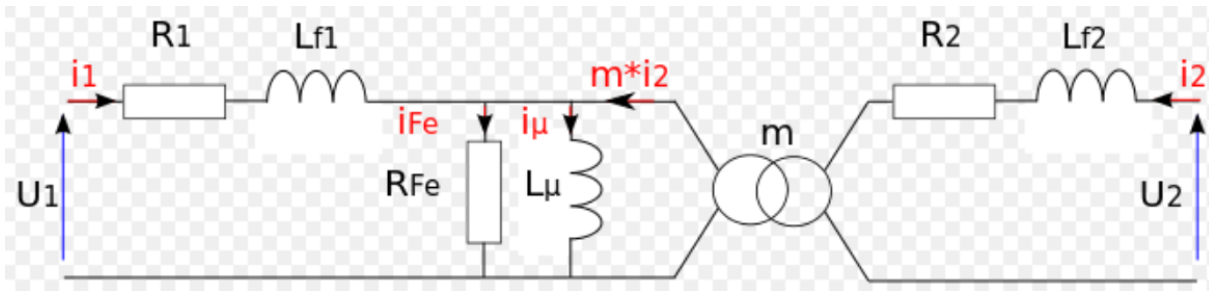


L'impédance de charge vue au primaire est : $Z'_2 = a^2 Z_2$

où Z_2 est l'impédance équivalente vue par l'enroulement secondaire: $Z_2 = Z_C // (R + Z_L)$.

1.3.1.2. Transformateur réel

- Le rendement du transformateur est inférieur à 100%.
- Le rapport de tension entre le primaire et le secondaire ne sera pas exactement égal au rapport du nombre de tours n_1 et n_2 . La tension au secondaire variera aussi en fonction de la charge.



Circuit équivalent du transformateur réel

- On représente les pertes dans le noyau par une résistance R_{Fe} en parallèle avec l'inductance magnétisante L_{μ} .
- On représente les pertes dues aux fuites au primaire et secondaire par des inductances L_{f1} et L_{f2} , pour le primaire et le secondaire, respectivement.
- On représente la résistance des fils de cuivre par des résistances R_1 et R_2 pour le primaire et le secondaire, respectivement.

1.3.2. Mesure du rendement d'un transformateur monophasé:

Le rendement d'un transformateur est défini comme suit:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\text{puissance fournie par le secondaire}}{\text{puissance absorbée par le primaire}}$$

avec: $P_1 =$ puissance fournie par le secondaire + pertes fer + pertes joule totales (secondaire & primaire).

Pour mesurer le rendement d'un transformateur, on effectue les mesures suivantes:

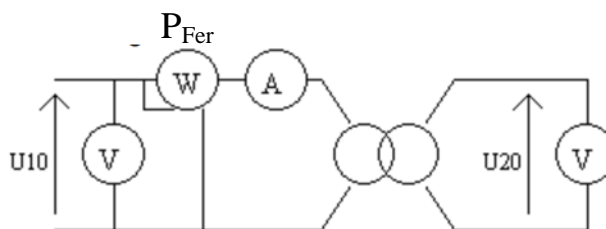
a) Essai en continu :

Il permet la mesure des résistances R_1 et R_2 des enroulements primaire et secondaire respectivement.

b) Essai à vide : Mesure des pertes fer

P_{Fer} = Puissance absorbée par le primaire mais avec secondaire à vide

$$P_{\text{Fer}} \approx U_{10} * I_{10} * \cos(\varphi).$$



b) Essai en charge résistive à courant secondaire nominal $I_2 = I_{2N}$:

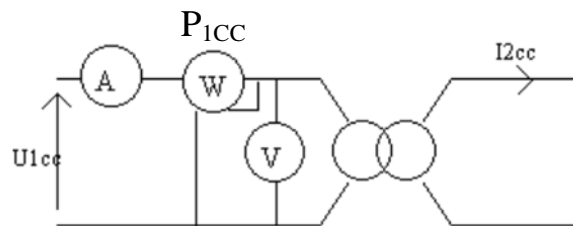
Dans ce cas le rendement est donné directement par le rapport:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_{20} I_{2N} \cos(\varphi_2)}{U_{10} I_{10} \cos(\varphi_1)}$$

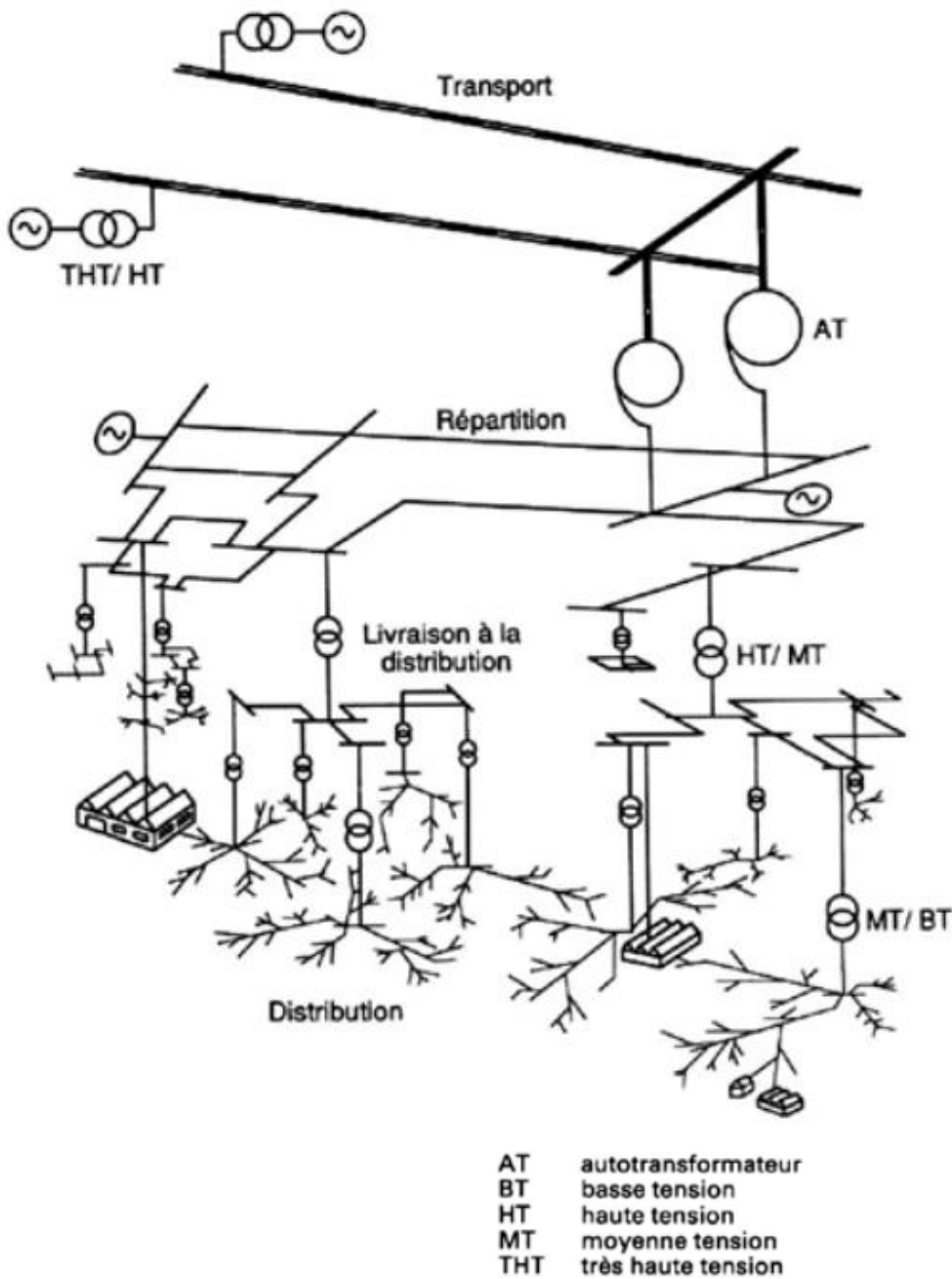
c) Essai en court-circuit à courant secondaire nominal $I_{2CC}=I_{2N}$:

Il permet de mesurer les pertes joules dans le primaire et le secondaire:

$$P_{\text{Joule totale}} = P_{1CC}$$



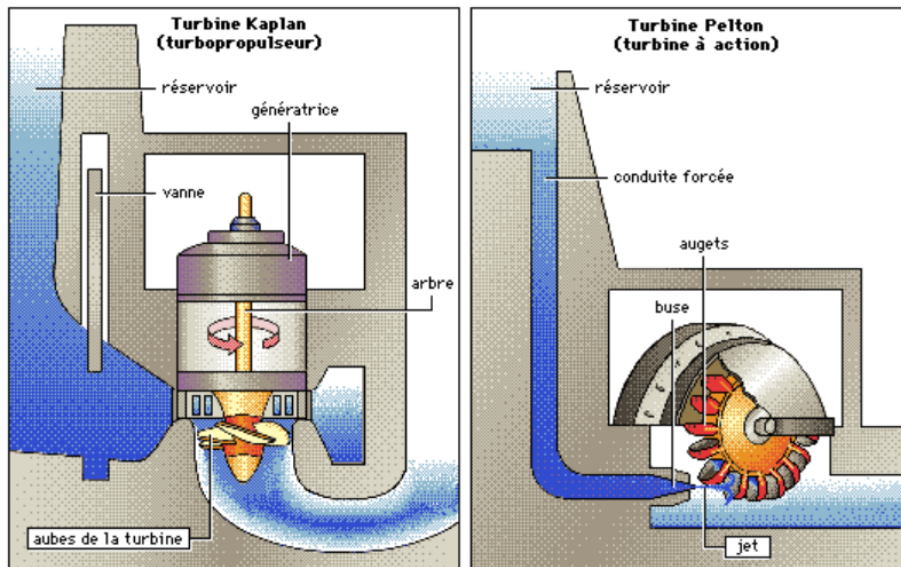
1.4. L'énergie électrique : Production, Transport et distribution



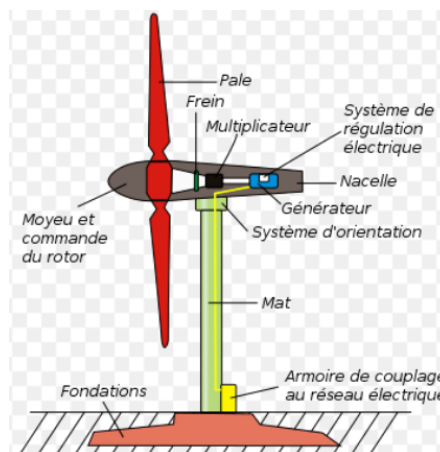
1.4.1. Production de l'énergie électrique:

L'énergie électrique est principalement produite par conversion d'énergie mécanique au moyen d'alternateurs.

- Turbines hydrauliques dans les barrages



- Turbines d'éoliennes



- Turbines à vapeur ou à gaz :

- Energie chimique (pétrole, gaz , bois, déchets ...) → énergie thermique
- Energie nucléaire (uranium) → énergie thermique

