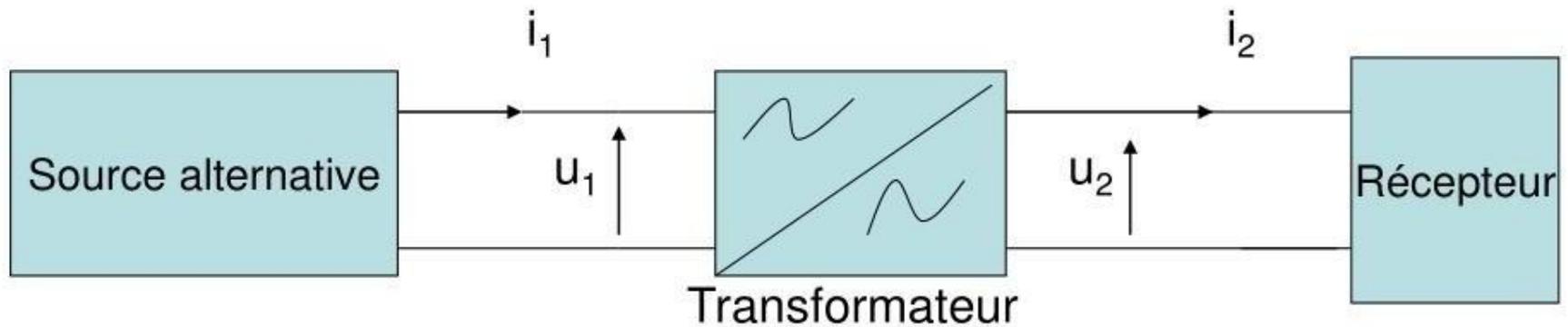


LE TRANSFORMATEUR MONOPHASE

1. Fonction et principe d'un transformateur

1.1 Fonction du transformateur

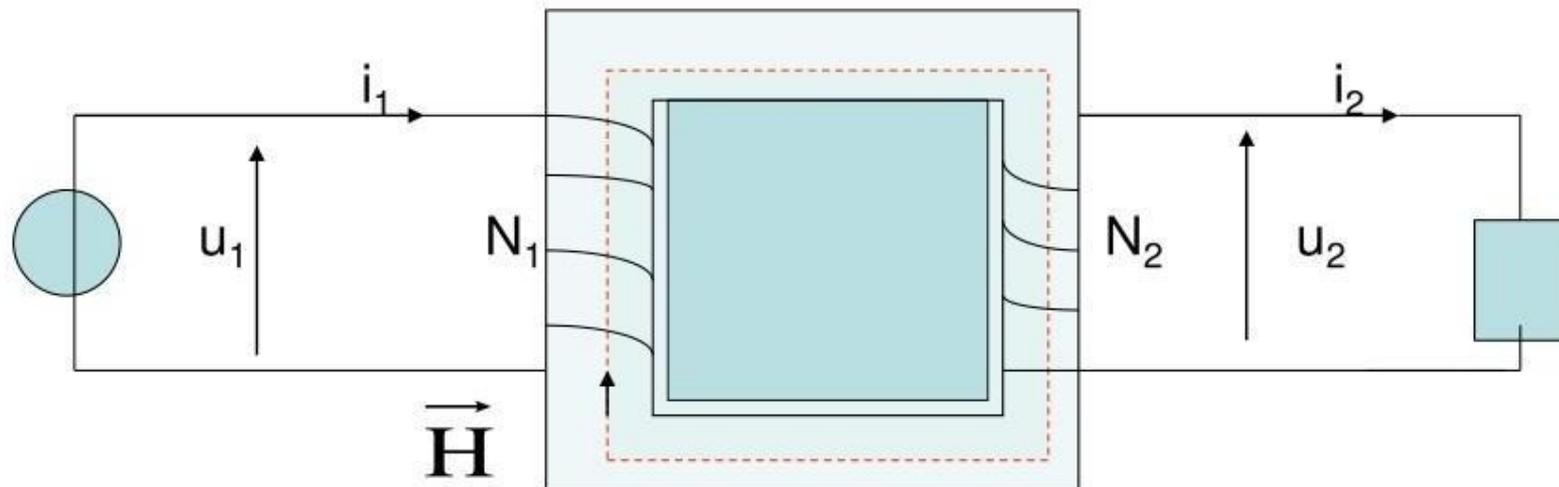


Un transformateur est un **convertisseur d'énergie** électrique réversible.

Si $U_1 > U_2$, on a un abaisseur de tension.

Si $U_1 < U_2$, on a un élévateur de tension.

1.2 Description

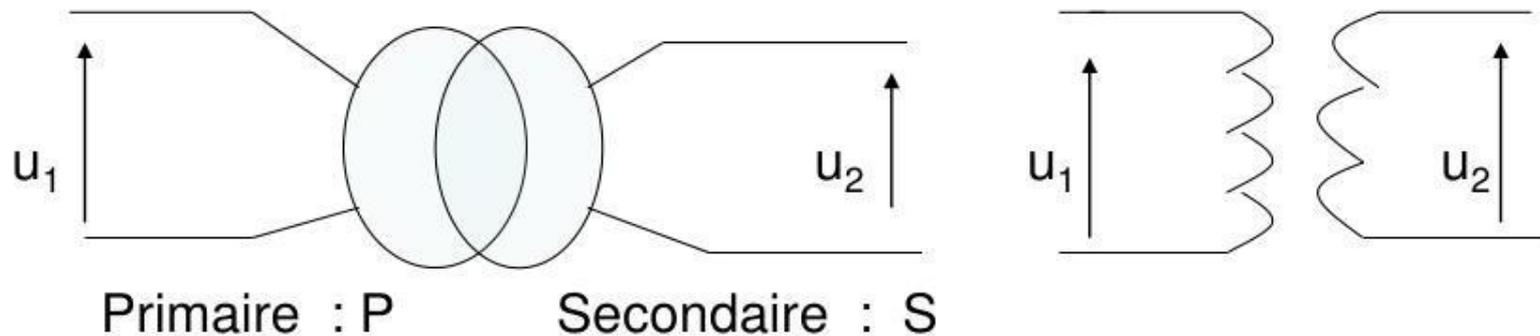


Circuit magnétique de section S

N_1 : nb de spires du primaire.

N_2 : nb de spires du secondaire.

Symboles :



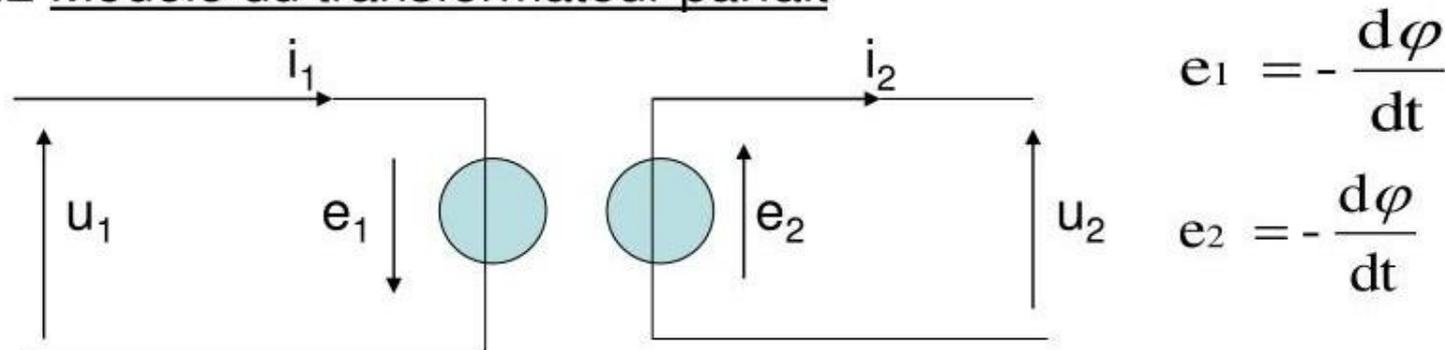
2. LE TRANSFORMATEUR PARFAIT

2.1 Définitions

Un transformateur est parfait lorsqu'il ne provoque aucune perte d'énergie :

- * il n'y a pas de pertes par effet Joule : les résistances R_1 et R_2 des deux enroulements sont nulles;
- * il n'y a pas de pertes magnétiques (pertes fer) dans le circuit magnétique: pas d'hystérésis ni de courants de Foucault. Le circuit magnétique est idéal;
- * il n'y a pas de fuites magnétiques : toutes les lignes de champ sont canalisées par le circuit magnétique fermé : le flux φ à travers une spire (section droite) est constant.

2.2 Modèle du transformateur parfait



φ : flux à travers chacune des spires des deux enroulements.

Pour N_1 spires au primaire et N_2 spires au secondaire, on a :

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{e_1}{N_1} = -\frac{e_2}{N_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{e_1}{N_1} = \frac{e_2}{N_2}$$

La f.e.m. e et le courant i sont dans le même sens.

Au primaire, c'est un générateur extérieur qui alimente les enroulements; ceux-ci sont alors un récepteur. e_1 est une force contre-électromotrice.

$$u_1 = -e_1$$

Au secondaire, on a un générateur; on a donc une f.é.m. e_2

$$u_2 = e_2$$

2.3 Le rapport de transformation

$$m = \frac{N_2}{N_1} \quad m \text{ est le rapport de transformation du transformateur.}$$

$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{N_2}{N_1} = m \quad \text{et} \quad \frac{u_2}{u_1} = \frac{e_2}{-e_1} = -\frac{N_2}{N_1} = -m \Rightarrow \frac{u_2}{u_1} = -m \quad \text{ou} \quad u_2 = -mu_1$$

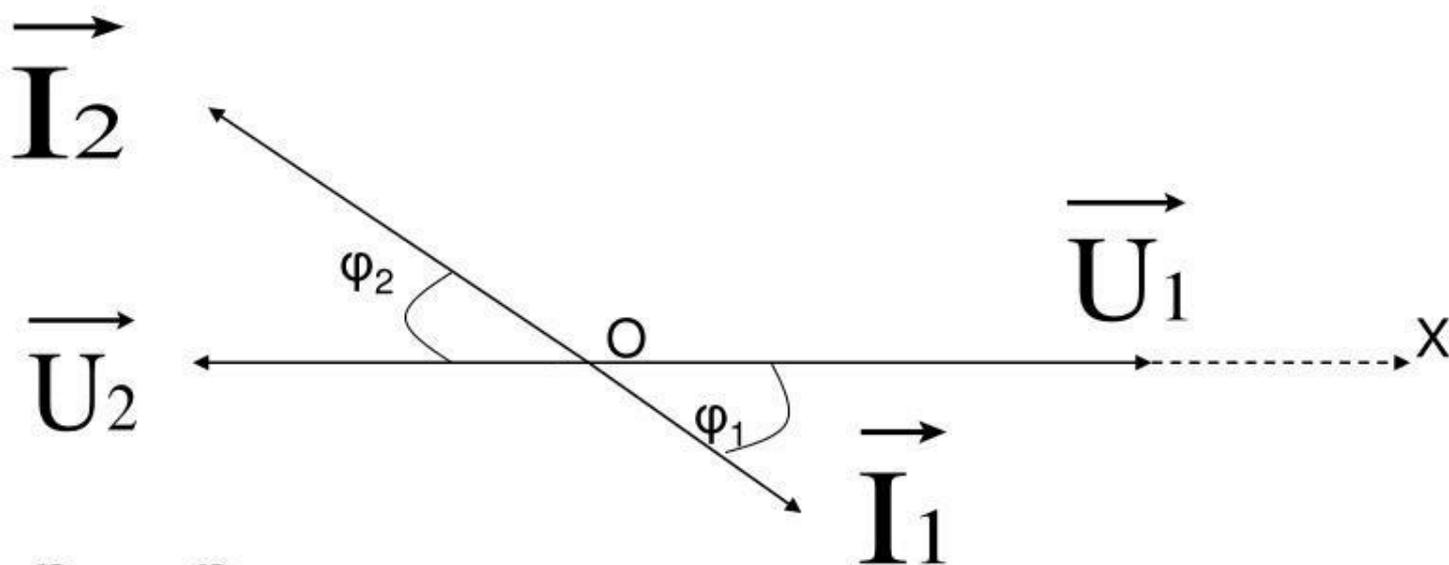
2.4 Relation entre les puissances instantanées

Le transformateur est parfait : $p_2 = p_1$

$$p_1 = u_1 i_1 \quad \text{et} \quad p_2 = u_2 i_2 \quad \Rightarrow \quad u_1 i_1 = u_2 i_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{u_2}{u_1} = \frac{i_1}{i_2} = -m \quad \text{et} \quad i_1 = -mi_2$$

2.5 Relations en régime sinusoïdal

$$i_1 \longleftrightarrow \vec{I}_1 ; \quad i_2 \longleftrightarrow \vec{I}_2 \quad ; \quad u_1 \longleftrightarrow \vec{U}_1 \quad ; \quad u_2 \longleftrightarrow \vec{U}_2$$



$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$$

Diagramme de Fresnel du transformateur parfait

$$\vec{U}_2 = -m\vec{U}_1 ; \quad \vec{I}_1 = -m\vec{I}_2 \quad \text{Relations entre vecteurs de Fresnel.}$$

Relations entre valeurs efficaces :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{E_2}{E_1} = m ; \quad U_2 = mU_1 \quad ; \quad I_1 = mI_2$$

Formule de Boucherot :

$$E_1 = 4,44N_1B_{\max}fS$$

$$E_2 = 4,44N_2B_{\max}fS$$

Relations entre les puissances :

* puissances apparentes : $S_1 = U_1I_1 = \frac{U_2}{m} \times mI_2 = U_2I_2 = S_2$

$$S_1 = S_2$$

* Puissances actives : $P_1 = S_1 \cos\varphi_1 = S \cos\varphi_1$ et $P_2 = S_2 \cos\varphi_2 = S \cos\varphi_2$

Comme $\varphi_1 = \varphi_2$, on a $P_1 = P_2$.

De même, on a : $Q_1 = Q_2$.

2.6 Plaque signalétique et valeur nominale

Exemple d'un transformateur :

600 VA ; 230 V ; 24 V ; 50 Hz : Ceci est la plaque signalétique du transformateur.

$$S = 600 \text{ VA} ; U_1 = 230 \text{ V} ; U_2 = 24 \text{ V} ; f = 50 \text{ Hz} \text{ (donc } \omega = 2\pi f = 314 \text{ rad/s).}$$

Valeurs nominales :

$$S = U_2 I_2 \longrightarrow I_2 = \frac{600}{24} = 25 \text{ A}; \quad S = U_1 I_1 \longrightarrow I_1 = \frac{600}{230} = 2,6 \text{ A}$$

3. Rendement du transformateur

Dans un transformateur réel, il y a une perte d'énergie (donc de puissances).

$$P_2 < P_1. \quad U_2 < U_{2v} = mU_1.$$

La puissance reçue par le primaire n'est pas intégralement transférée au secondaire à cause des pertes par effet Joule et dans le fer.

3.1 Bilan des puissances

Puissance consommée(reçue ou absorbée) : $P_a = P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1$

Puissance utile délivrée (fournie) au secondaire par le transformateur :

$$P_u = P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$$

$$P_a = P_u + P_{cu} + P_{fer}$$

P_{cu} : pertes dans le cuivre ou pertes par effet Joule; $P_{cu} = r_1 I_1^2 + r_2 I_2^2$.

Elles échauffent les enroulements.

P_{fer} : pertes dans le fer dues à l'hystérésis et à la circulation des courants de Foucault. Elles échauffent le circuit magnétique.

3.2 Rendement du transformateur

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_2}{P_1} < 1 \quad ; \quad \eta \text{ est proche de } 1.$$

On peut utiliser deux wattmètres; mesurer P_1 et P_2 et calculer η .

On utilise souvent la méthode des pertes séparées.

On fait un essai à vide (i_2 est nul) : P_{cu} sont négligeables car i_1 négligeable et **$P_{1v} = P_{fer}$**

Essai avec le secondaire en court-circuit : P_{fer} sont négligeables.

$$P_{1cc} = P_{cu} = r_1 I_1^2 + r_2 I_2^2.$$