

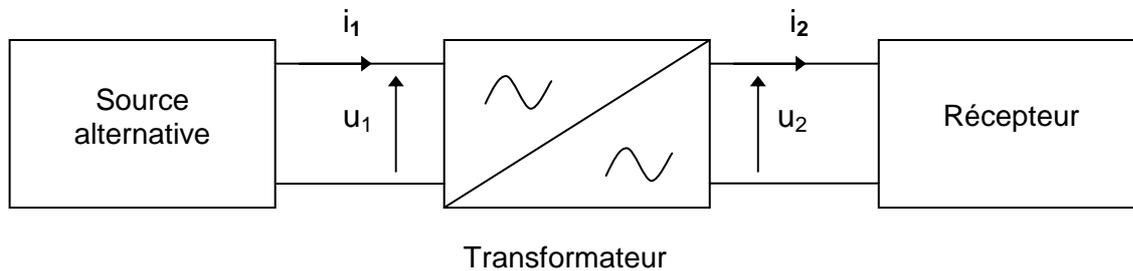
TRANSFORMATEUR MONOPHASE PARFAIT

Le transformateur parfait est un modèle idéal dans lequel les pertes d'énergie sont nulles et la perméabilité du circuit magnétique infinie..

Après avoir présenté la fonction transformation, on étudie le modèle équivalent du transformateur parfait puis son comportement en régime sinusoïdal.

1- Présentation

1-1- Fonction



Le transformateur est un convertisseur d'énergie électrique réversible.

Il transfère, en alternatif, une puissance électrique d'une source à une charge, sans changer la fréquence mais en adaptant les valeurs des tensions et des courants au récepteur.

Les fréquences sont égales $f_1 = f_2$ (**50 Hz** en général).

Si $U_1 > U_2$  le transformateur est abaisseur de tension.

Si $U_1 < U_2$  le transformateur est élévateur de tension.

Si $U_1 = U_2$  le transformateur assure l'isolement électrique entre la source et la charge (transformateur d'isolement).

1-2- Description

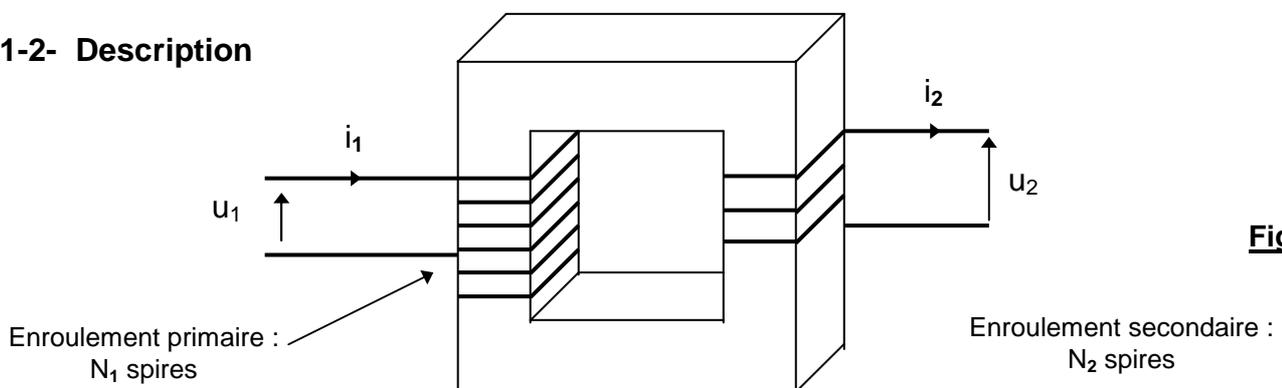


Figure 1

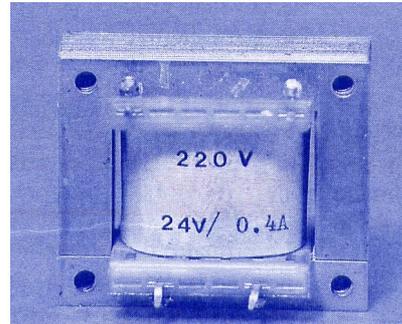
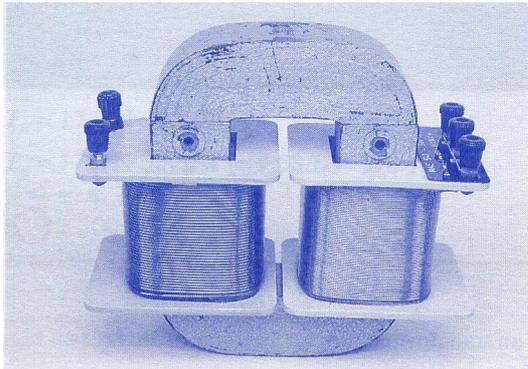
Le transformateur est constitué d'un circuit magnétique fermé sur lequel sont bobinés deux enroulements électriquement indépendants.

L'enroulement primaire est branché sur la source et le secondaire sur le récepteur.

Le circuit magnétique canalise les lignes de champ magnétique.

Sur le schéma de la figure 1, tracer les lignes de champ traversant le circuit magnétique.

Les photographies ci-dessous représentent un transformateur expérimental et un transformateur domestique



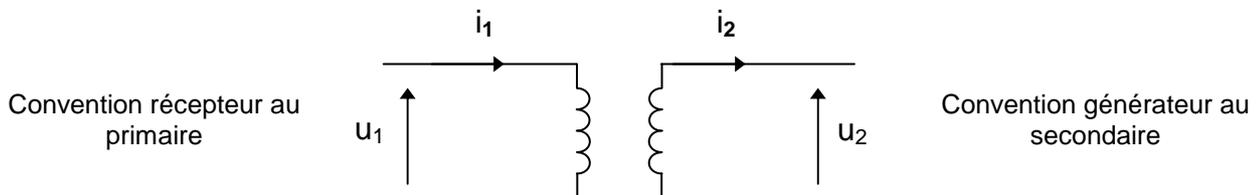
Sur quelle source de tension le primaire du transformateur domestique est-il branché ? Quelle tension récupère-t-on au secondaire ?

1-3- Symboles

Deux symboles sont utilisés pour représenter un transformateur :



Remarque : dans la suite, nous utiliserons les conventions suivantes :



2- Modèle équivalent au transformateur parfait

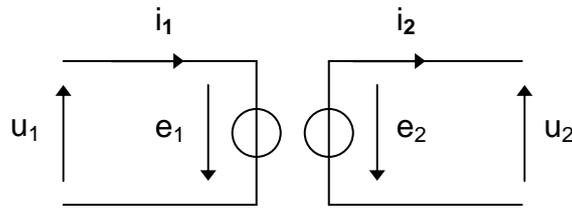
2-1- Forces électromotrices induites (fém)

Soit ϕ le flux instantané alternatif dans le circuit magnétique ; ce flux varie au cours du temps et induit des fém aux bornes des bobines :

Au primaire		$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$	}	$\Rightarrow \frac{e_2}{e_1} = \frac{N_2}{N_1}$
Au secondaire		$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$		

2-2- Modèle du transformateur parfait

En application de la loi de Lenz, les fém sont orientées de la façon suivante :



✍️ Dédurre de ce schéma la relation entre les deux tensions u_1 et u_2 .

2-3- Rapport de transformation

Le rapport de transformation est défini par :

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

2-4- Relations entre tensions et entre courants

✍️ Dédurre de la définition précédente une relation entre m , u_1 et u_2 .

✍️ Dédurre une relation entre m , i_1 et i_2 .

2-5- Relations entre puissances instantanées

✍️ Rechercher la relation entre la puissance p_1 reçue par le primaire et la puissance p_2 transférée par le secondaire à la charge.

✍️ En déduire que les pertes sont nulles dans un transformateur parfait.

3- Transformateur parfait en régime sinusoïdal

3-1- Relations entre les tensions

u_1 est une tension sinusoïdale, de fréquence f .

$u_2 = m \cdot u_1$ est une tension sinusoïdale, de fréquence f , en phase avec u_1 .

Entre les valeurs efficaces des tensions et des fém, on peut écrire les relations :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{E_2}{E_1} = m$$

3-2- Formule de Boucherot

La tension au primaire est une fonction sinusoïdale du temps donc la fém e_1 également.

Le flux φ_1 est également sinusoïdal puisque $e_1 = -N_1 \frac{d\varphi}{dt}$

Si S est l'aire de la section droite du circuit magnétique, le champ magnétique $b = \frac{\varphi}{S}$ varie également de manière sinusoïdale.

Posons $\varphi = \hat{\Phi} \sin \omega t$

■  Démontrer la formule de Boucherot : $E_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} N_1 \hat{B} S f$ ou $E_1 \approx 4,44 \cdot N_1 \hat{B} S f$

Remarque : on en déduit $U_1 \approx 4,44 \cdot N_1 \hat{B} S f$

$$E_2 = U_2 \approx 4,44 \cdot N_2 \hat{B} S f$$

3-3- Relations entre les courants

Si la charge est linéaire, on peut écrire la relation suivante entre les valeurs efficaces des courants :

$$I_1 = m I_2$$

3-4- Diagramme de Fresnel

■  Tracer le diagramme de Fresnel sur l'exemple suivant :

La source d'alimentation impose $U_1 = 220 \text{ V}$ et $f_1 = 50 \text{ Hz}$.

La charge appelle un courant de valeur efficace $I_2 = 2 \text{ A}$, déphasé de $\varphi_2 = (\vec{I}_2, \vec{U}_2) = 30^\circ$ sur la tension.

Le rapport de transformation est égal à 2.

3-5- Relations entre les puissances

Puissances apparentes

$$S_1 = U_1 I_1 = \frac{U_2}{m} m I_2 = U_2 I_2 = S_2$$

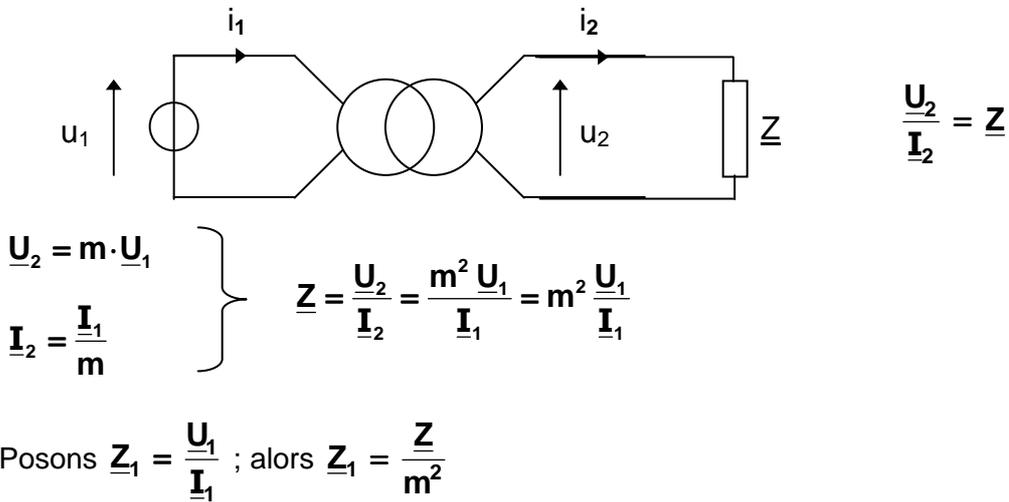
Puissances actives

$$\varphi_1 = \varphi_2 \Rightarrow P_1 = S_1 \cos(\varphi_1) = S_1 \cos(\varphi_1) = P_2$$

Puissances réactives

$$Q_1 = S_1 \sin(\varphi_1) = S_2 \sin(\varphi_2) = Q_2$$

3-6- Modèle équivalent "vu" de la source

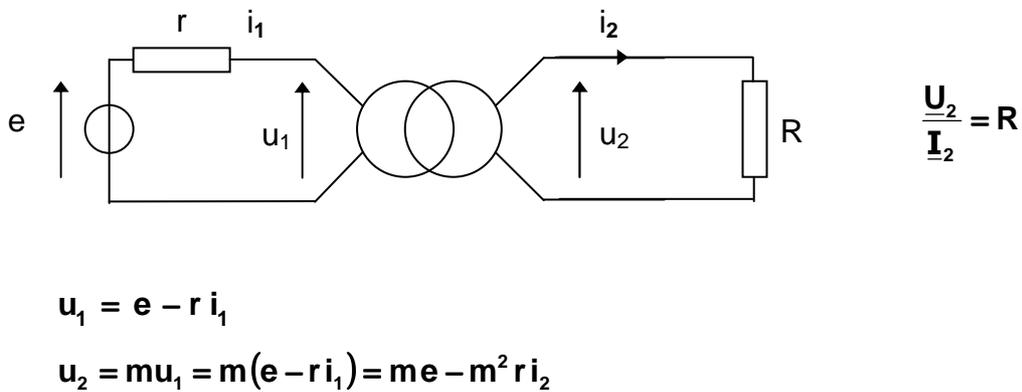


Ainsi, **pour la source**, le transformateur et la charge Z sont équivalents à une charge $Z_1 = \frac{Z}{m^2}$

$Z_1 = \frac{Z}{m^2}$

3-7- Modèle équivalent pour la charge

Prenons l'exemple d'une charge résistive



Ainsi, **pour la charge**, la source et le transformateur sont équivalents à :

