

# Transformateur



**Pré-requis :** Tout le cours de 1ère année sur le transformateur

- Induction propre et mutuelle
- Modèle du transformateur idéal
- Pertes cuivre et fer. Solutions
- Applications

**Objectifs :**

- Modèle du transformateur idéal
- Pertes cuivre et fer. Solutions
- Applications

## I - Le transformateur

### 1 - Présentation générale

On considère (ci-contre) un circuit magnétique en boucle, avec deux enroulements :

- l'entrée ou circuit **primaire** à gauche :  $N_1$  enroulements
- la sortie ou circuit **secondaire** à droite :  $N_2$  enroulements

**Convention d'orientation :** on note que les circuits sont ici orientés pour qu'un courant positif au primaire donne un flux orienté positif dans le circuit magnétique et que c'est la même chose au secondaire. C'est la signification des points verts :

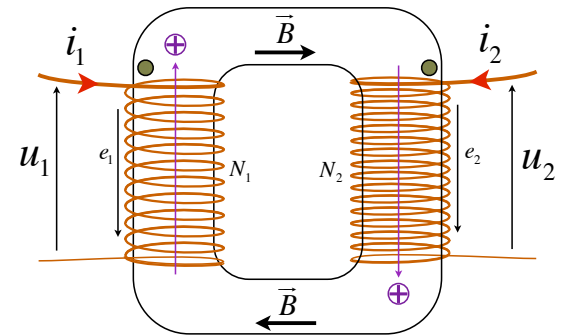


Schéma avec enroulements

Cette convention dépend de la façon dont le fil a été enroulé ce qui ne peut être représenté en 2D, d'où les points sur le schéma du bas.

### 2 - Rapport de transformation

Notons que les sens des contours  $\Gamma_1$  et  $\Gamma_2$  sont donnés par  $e_1$  et  $e_2$ . Soit  $\varphi_0$  le flux de section.

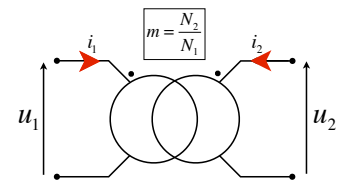


Schéma de principe du Transformateur idéal



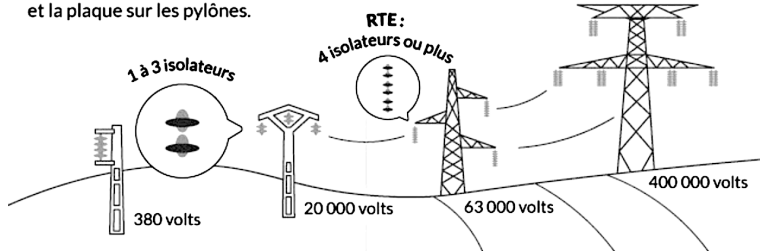
Le courant est produit et transporté en triphasé [HP]



Rq : les circuits magnétiques baignent dans l'huile pour le refroidissement

## A quoi ressemblent les lignes à Haute Tension en France ?

Les lignes aériennes s'identifient par les isolateurs et la plaque sur les pylônes.



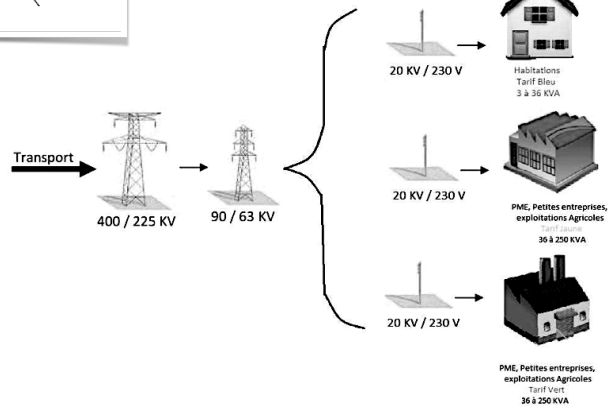
CÂBLES ET ACCESSOIRES D'ÉNERGIE

87 / 150 (170)kV  
Conducteur cuivre à fils de cuivre/ruban alu



CÂBLES ET ACCESSOIRES D'ÉNERGIE

127 / 220 (245)kV  
Conducteur aluminium à fils de cuivre/ruban alu



### 3 - Transformateur idéal ou parfait

Il y a déjà plusieurs hypothèses à la base du calcul précédent :

- on se place en **régime variable**, en général sinusoïdal, car il ne saurait y avoir d'effet inductif en régime continu. (Division par zéro)
- on considère que le **circuit magnétique est parfait** : toute ligne passant au primaire passe également au secondaire et réciproquement.

On ajoute maintenant :

- qu'afin de **limiter les pertes fer par hystérésis** on suppose le **matériau très doux** soit  $\mu_r \sim 10^5 \gg 1$  On a alors  $B = \mu_0 \mu_r H$  et  $\mu_r \rightarrow \infty$
- pour **limiter les pertes fer par courants de Foucault**, on suppose que le matériau est feuilleté et si possible peu conducteur électrique.
- Enfin **on néglige la dissipation par effet Joule dans les bobinages : pas de perte cuivre**.  $\Rightarrow$  très bons conducteurs, avec une forte section  $S$ .  
Cette dernière hypothèse est toutefois la moins bien vérifiée. Les transformateurs de puissance baignent dans l'huile pour évacuer la chaleur.

Dans le cadre de ces hypothèses de modélisation, on parle de **transformateur idéal** ou **transformateur parfait**.

### 4 - transformation des courants

Appliquons le théorème d'Ampère sur le circuit magnétique :

**ODG :**  $|i_1| \sim |i_2| \sim 1A$   
 $l \sim 1m$     $N_1 \sim N_2 \sim 10.000$     $B \sim 1T$   
 $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \sim 10^{-6}$  SI   et    $\mu_r \sim 10^5$   
 $S \sim 0.01 m^2$

**Loi d'Hoptkinson :**    $N_1 i_1 + N_2 i_2 = \mathcal{R} \varphi_0$   
 $\mathcal{R} = \frac{l}{S \mu_0 \mu_r}$    (Reluctance magnétique)