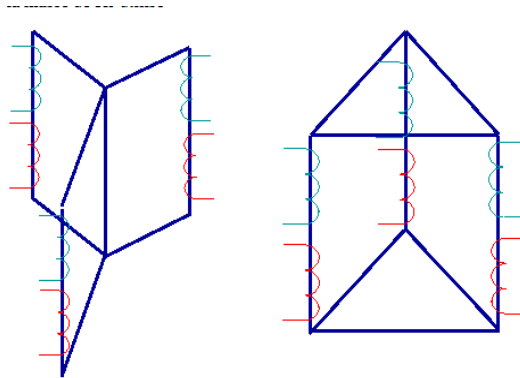


## TRANSFORMATEURS TRIPHASES :

Un transformateur triphasé peut être réalisé à partir de 3 transformateurs monophasés (coût de réalisation très important), on préfère généralement faire appel à un transformateur triphasé en un seul bloc.

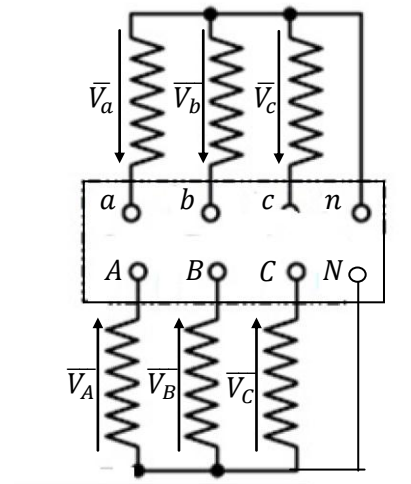


### Rapport de transformation :

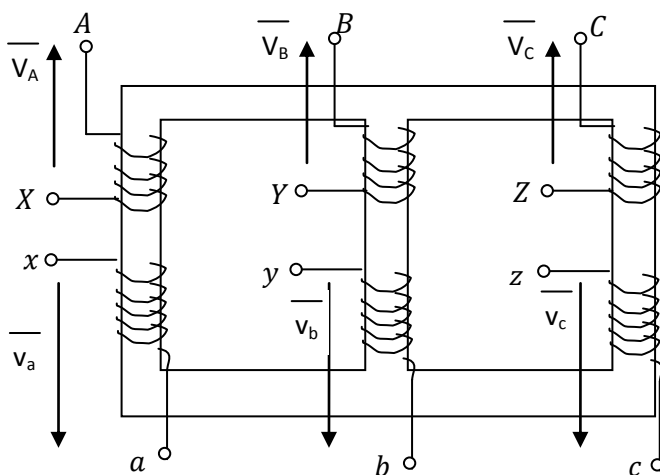
$$m = \frac{U_{abv}}{U_{AB}}$$

Ex : Transformateur étoile – étoile :  $Y_n y_n$

$$m = \frac{U_{abv}}{U_{AB}} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_{av}}{\sqrt{3} \cdot V_A} = \frac{V_{av}}{V_A} = \frac{n_2}{n_1}$$



### Circuit magnétique à 3 colonnes (régime équilibré) :



Le primaire généralement HT, nombre de spires  $n_1$  :

Les bornes A, B, C : les entrées des enroulements

X, Y, Z : les sorties.

Le secondaire généralement BT, nombre de spires  $n_2$  :

Les bornes a, b, c : les entrées des enroulements

x, y, z : les sorties.

Chaque colonne se comporte comme un transformateur monophasé

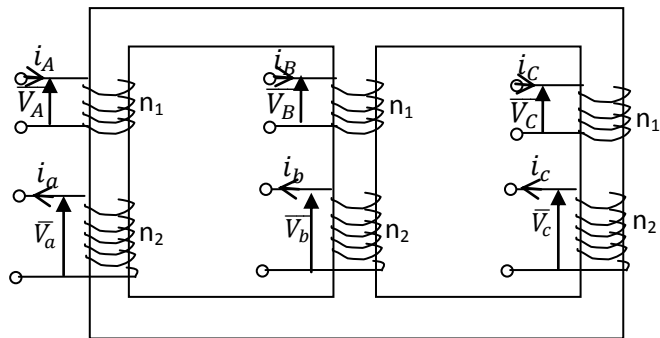
En régime équilibré

$$|\overline{\Phi}_1| = |\overline{\Phi}_2| = |\overline{\Phi}_3|$$

A un rapport de transformation près, on a :

$(\overline{V}_A \text{ et } \overline{V}_a)$ ,  $(\overline{V}_B \text{ et } \overline{V}_b)$  et  $(\overline{V}_C \text{ et } \overline{V}_c)$  sont en phase.

Chaque colonne du transformateur triphasé, se comporte comme un transformateur monophasé. Les enroulements primaires et secondaires enlacent le même flux magnétique au flux de fuites près.



Pour l'étude d'un transformateur équilibré en régime sinusoïdal, on suppose que les enroulements sont identiques respectivement au primaire et au secondaire.

- $r_A = r_B = r_C = r_1$ ,  $r_a = r_b = r_c = r_2$  (résistance par phase primaire et secondaire)
- $l_A = l_B = l_C = l_1$ ,  $l_a = l_b = l_c = l_2$  (inductance de fuites primaire et secondaire par phase)
- $E_A = E_B = E_C = E_1$ ,  $E_a = E_b = E_c = E_2$  (F.E.M par phase primaire et secondaire)
- $I_A = I_B = I_C = I_1$ ,  $I_a = I_b = I_c = I_2$  (courant au primaire et secondaire)
- $V_A = V_B = V_C = V_1$ ,  $V_a = V_b = V_c = V_2$  (Tension par phase primaire et secondaire).

**Equations de F.m.m :**

a) Cas d'un seul enroulement triphasé secondaire : (Exemple ; Yy et Dd).

$$n_1 \cdot \overline{I}_A - n_2 \cdot \overline{I}_a = n_1 \cdot \overline{I}_{AVr} = \Re \overline{\Phi}_A$$

b) Cas de deux enroulements triphasés au secondaire :

$$n_1 \cdot \bar{I}_A - n_2 \cdot \bar{I}_a - n_2 \cdot \bar{I}_a = n_1 \cdot \bar{I}_{AVr}$$

**Equations des tensions :**

$$\bar{V}_A = r_A \cdot \bar{I}_A + j l_A \omega \cdot \bar{I}_A + \bar{E}_A$$

a) **Primaire :**

$$\bar{V}_1 = r_1 \cdot \bar{I}_1 + j l_1 \omega \cdot \bar{I}_1 + \bar{E}_1 = (r_1 + j l_1 \omega) \cdot \bar{I}_1 + \bar{E}_1$$

$$V_A = V_{1\max} \cos(\omega t)$$

$$V_B = V_{1\max} \cos(\omega t - 2\pi/3)$$

$$V_C = V_{1\max} \cos(\omega t - 4\pi/3)$$

b) **Secondaire :**

$$\bar{V}_a = -(r_a + j l_a \omega) \cdot \bar{I}_a + \bar{E}_a$$

$$\bar{V}_2 = -(r_2 + j l_2 \omega) \cdot \bar{I}_2 + \bar{E}_2$$

$$V_a = V_{2\max} \cos(\omega t)$$

$$V_b = V_{2\max} \cos(\omega t - 2\pi/3)$$

$$V_c = V_{2\max} \cos(\omega t - 4\pi/3)$$

**Rmq :** pour les autres grandeurs ( $E_{A,B,C}$ ,  $I_{A,B,C}$ ,  $\Phi_{A,B,C}$ ,  $E_{a,b,c}$ ,  $I_{a,b,c}$ ) il suffit d'effectuer des permutations circulaires.

**Chute de tension par phase :**

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_{2v} - \bar{Z}_2 \cdot \bar{I}_2$$

avec  $\bar{Z}_2 = R_2 + jX_2$

$$R_2 = r_2 + \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot r_1 \quad \text{et} \quad X_2 = (l_2 + \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot l_1) \cdot \omega$$

$$\Delta V_2 = R_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + X_2 \cdot I_2 \cdot \sin \varphi$$

La chute de tension composée est :

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot \Delta V_2$$

N.B :  $m = \frac{n_2}{n_1}$  pour les couplages : Yy, Zz et Dd.

$$m = \alpha \cdot \frac{n_2}{n_1} \quad \text{autre}$$

$$m = \frac{V_{av}}{V_A} = \frac{n_2}{n_1}$$

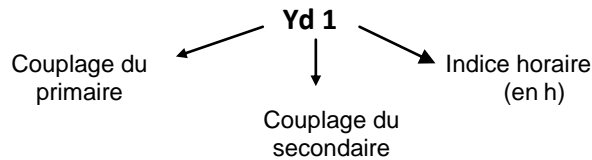
**Nom conventionnel et Indice horaire :**

L'indice horaire représente le déphasage entre  $\overline{V_A}$  et  $\overline{V_a}$ .

L'indice horaire sera souvent exprimé en heures pour plus de commodité puisque ce sera toujours un multiple de  $\pi/6 = 1h$ .

Pour simplifier la représentation, on donne aux transformateurs triphasés un nom qui résume toutes les caractéristiques.

**Exemple :**



Le couplage est toujours indiqué par un symbole :

- ✦ Y ou y : couplage **étoile** primaire ou secondaire
- ✦ D ou d : couplage **triangle** primaire ou secondaire
- ✦ Z ou z : couplage **Zig-Zag** primaire ou secondaire

Symbole	$V_a/V_A$	Montage électrique des phases	Diagramme vectoriel
Yy0	$\frac{n_2}{n_1}$		
Yd1	$\frac{n_2}{\sqrt{3}n_1}$		
Yz11	$\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{n_2}{n_1}$		
Dy11	$\sqrt{3} \frac{n_2}{n_1}$		
Dd0	$\frac{n_2}{n_1}$		
Zy1	$\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{n_2}{n_1}$		