

Les transformateurs



Transformateur triphasé 250 MVA, 735 kV d 'Hydro-Quebec



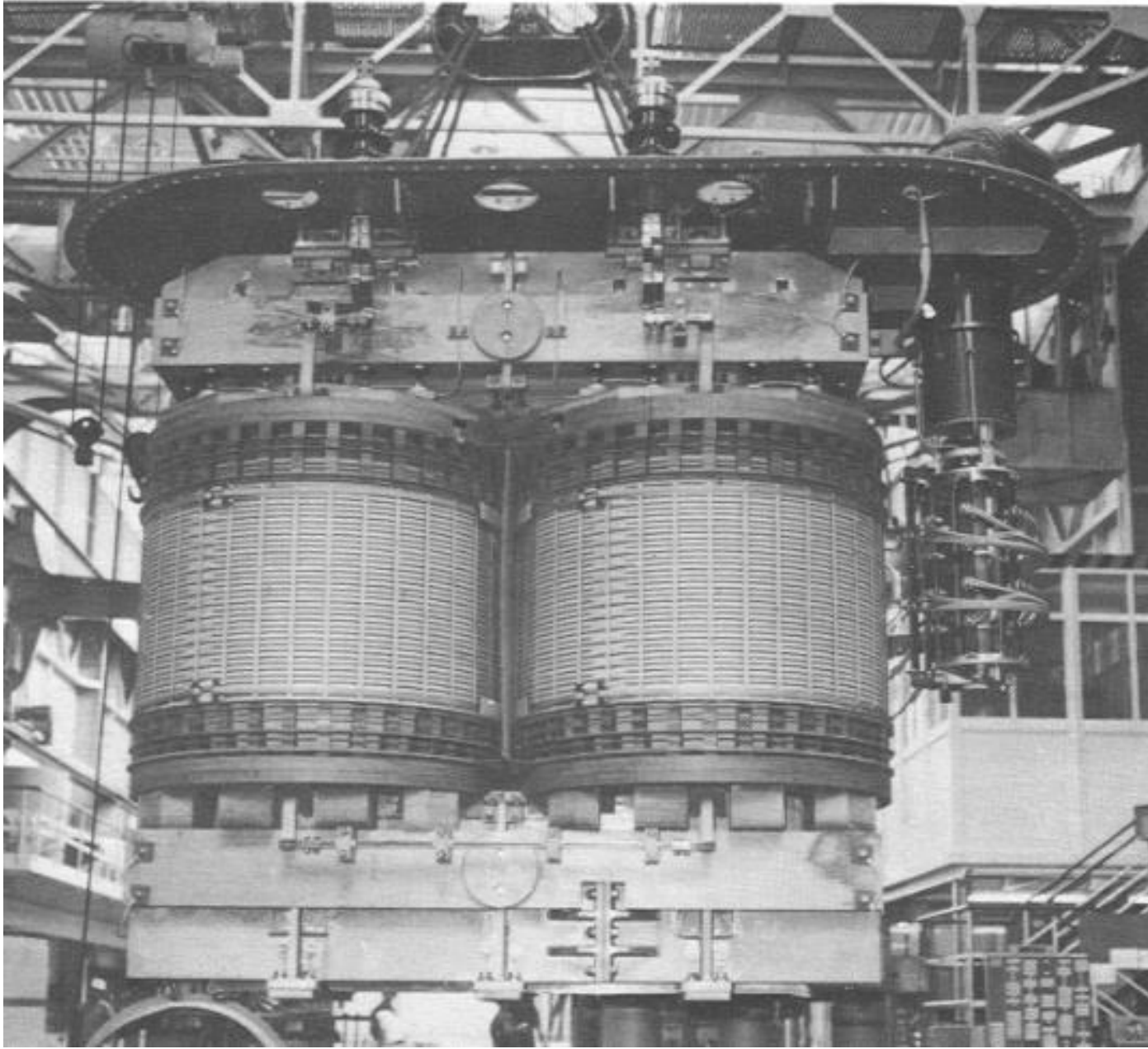
15 MVA, 11000V/2968V, Dy1/Dd0, 50 Hz, 30 tonnes



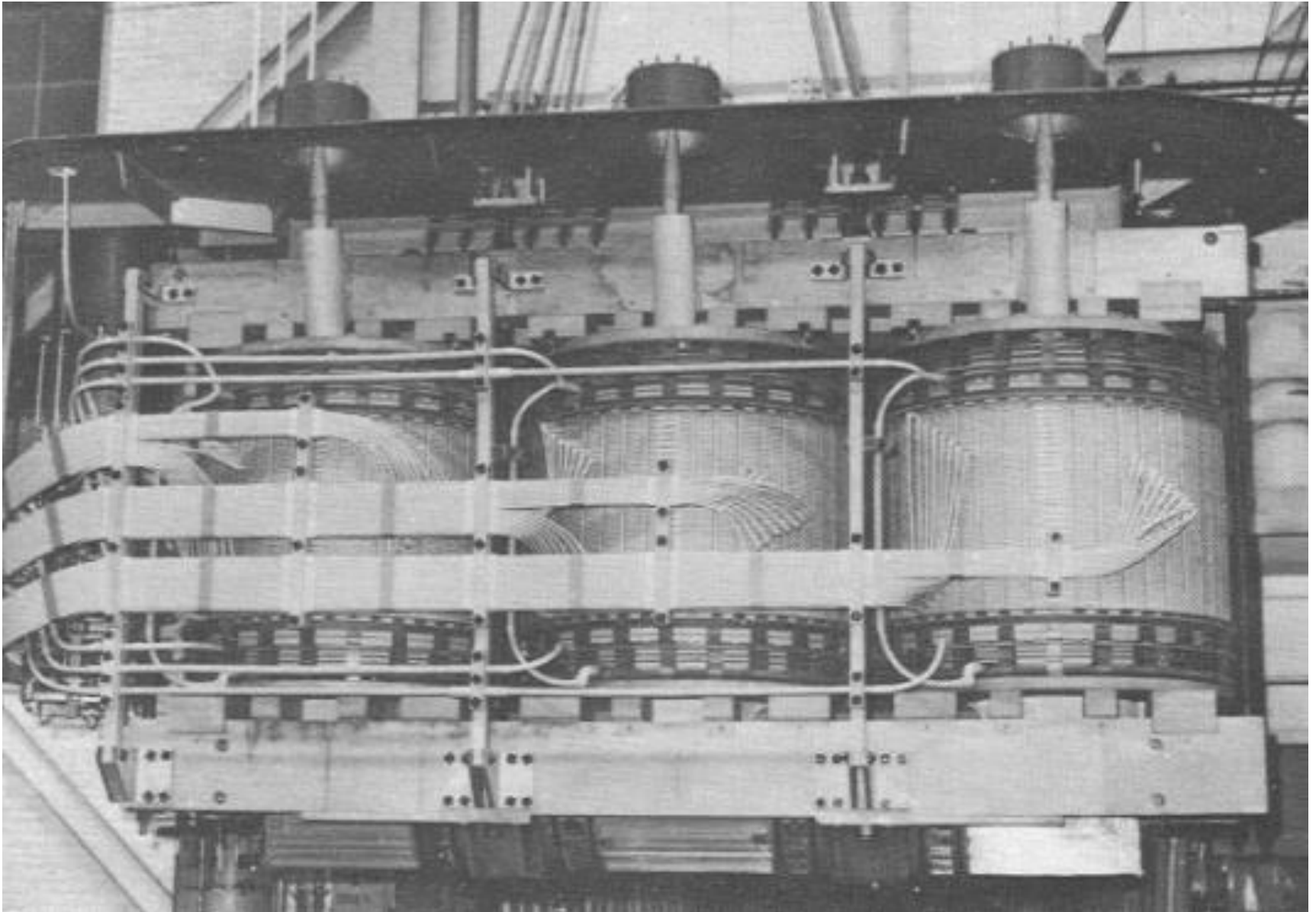
Transfo mono
600 kV
Pour
TCCHT



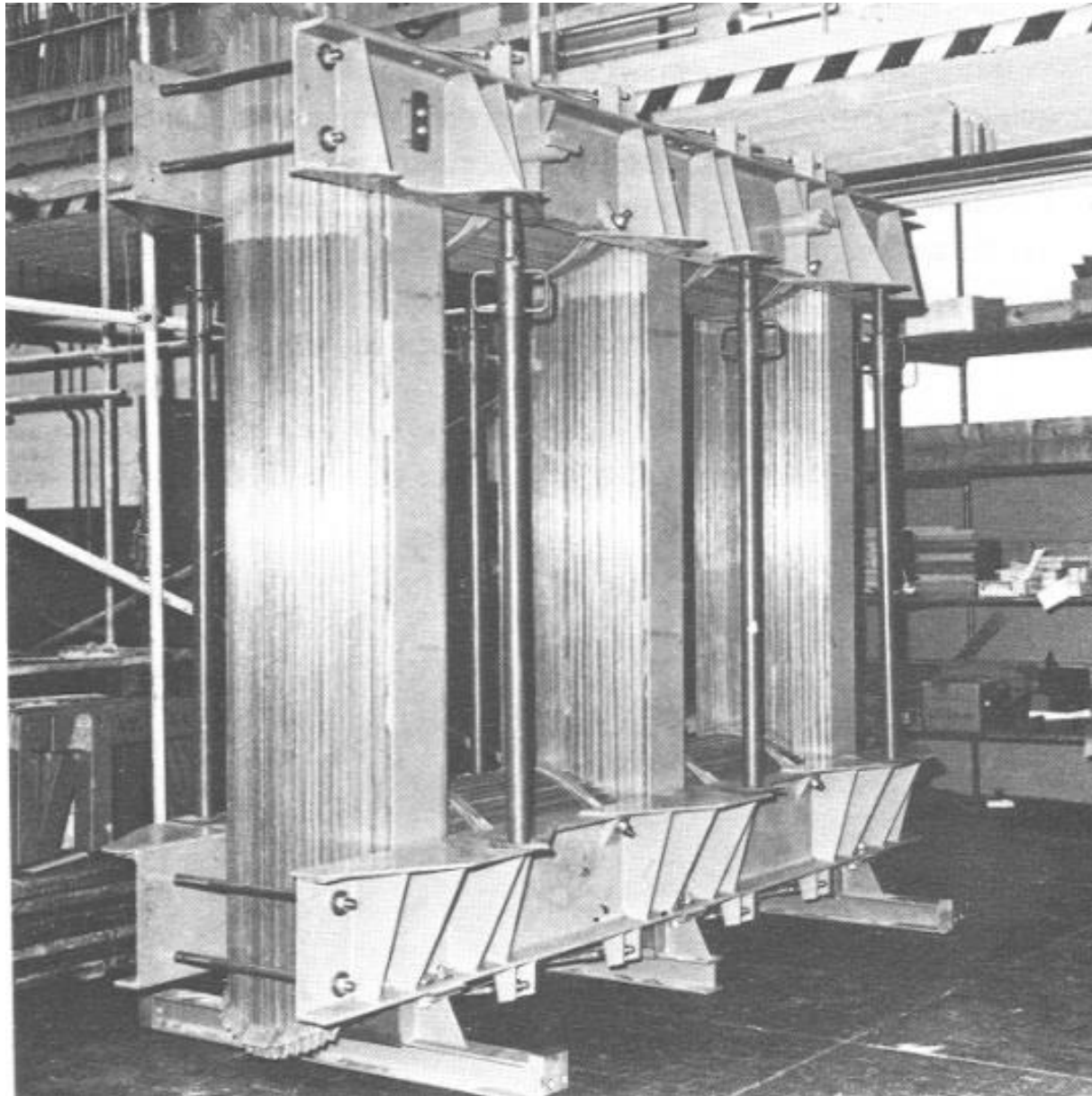
Partie active de transfo mono 40 MVA $16\frac{2}{3}$ Hz, 132kV/12 kV



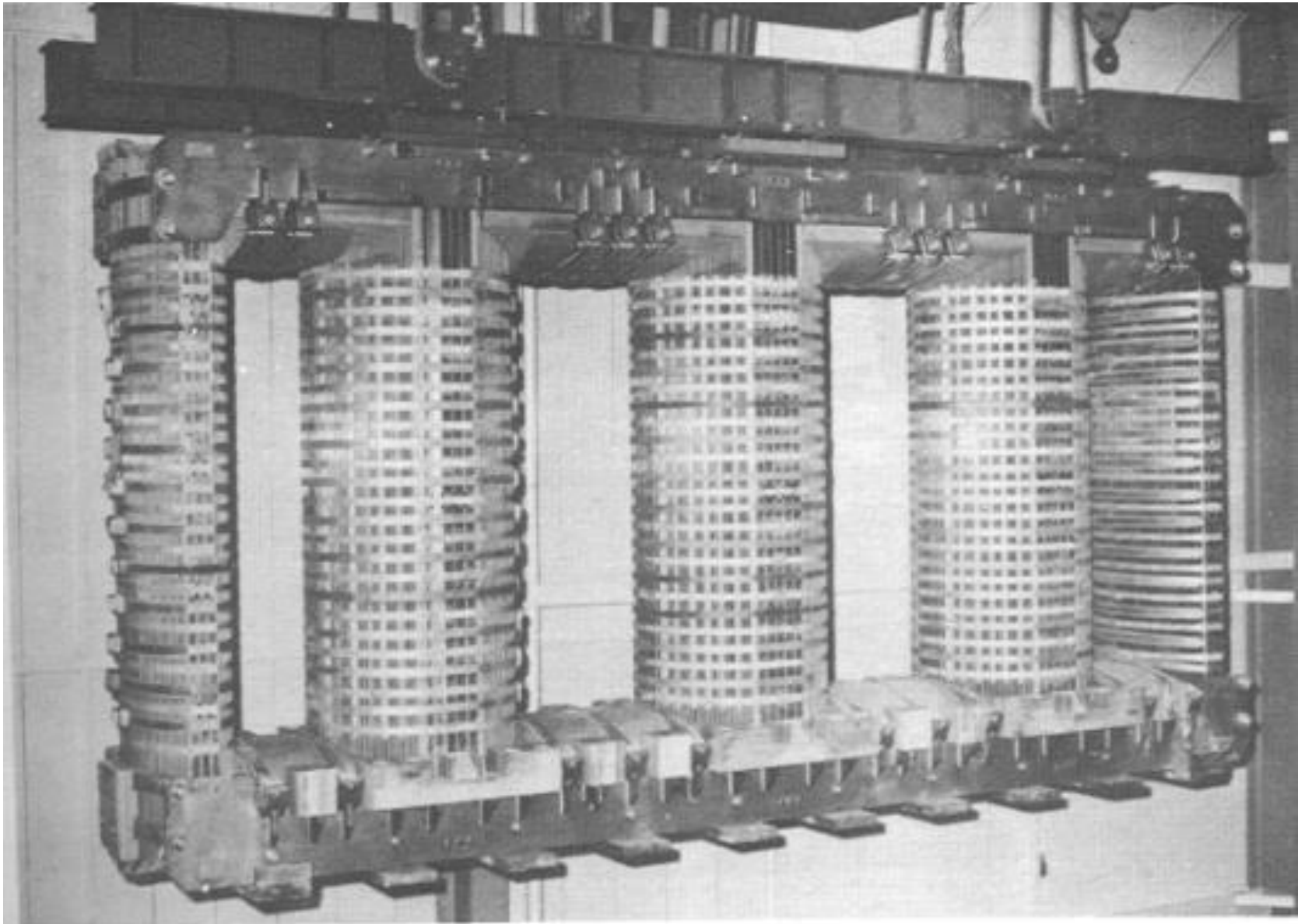
Transformateur triphasé de réglage 40 MVA 50 Hz 140kV/11,3 kV



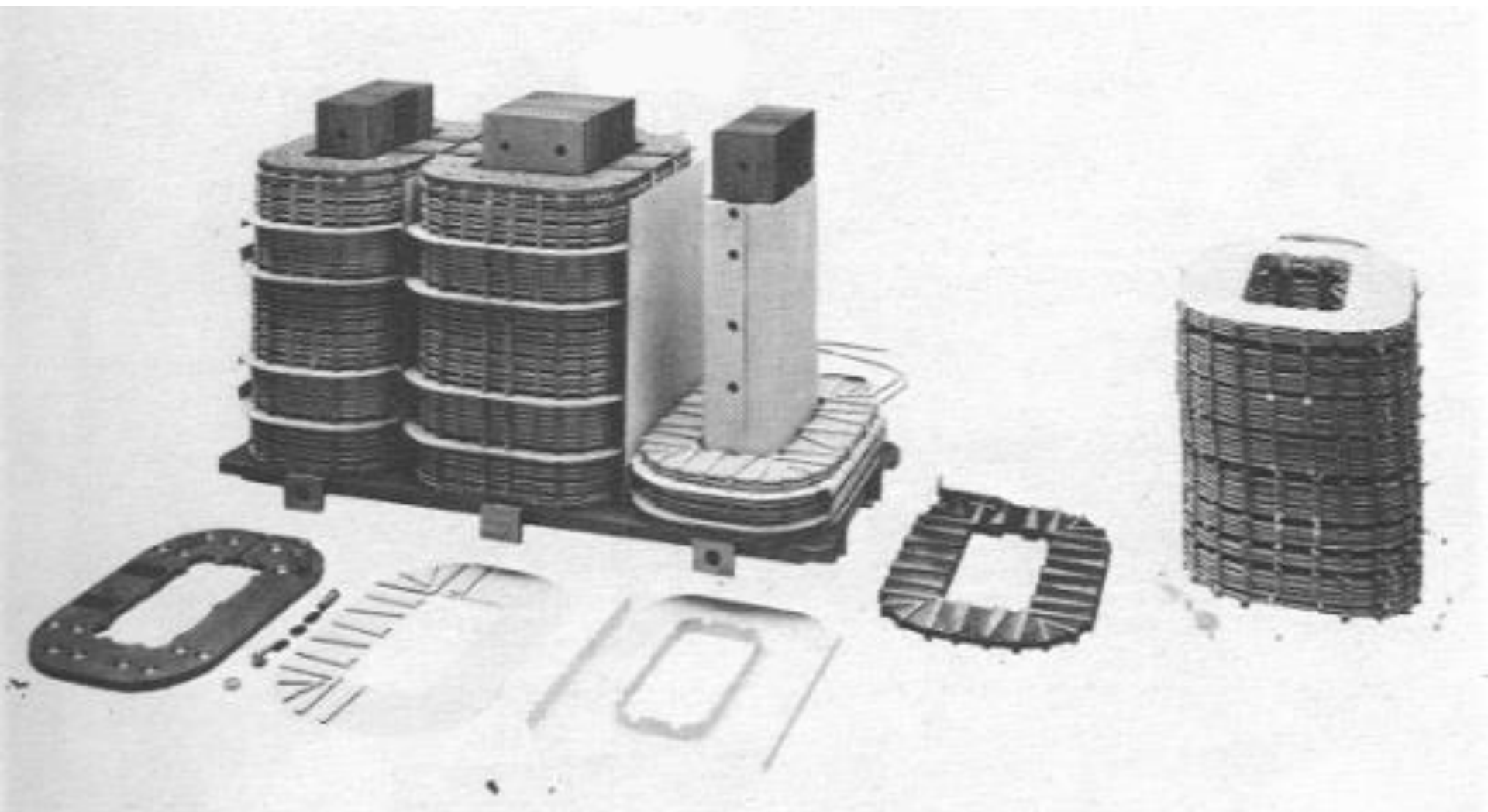
Circuit magnétique de transformateur triphasé à 3 colonnes



Circuit magnétique de transformateur à 5 colonnes 450 MVA, 18/161 kV

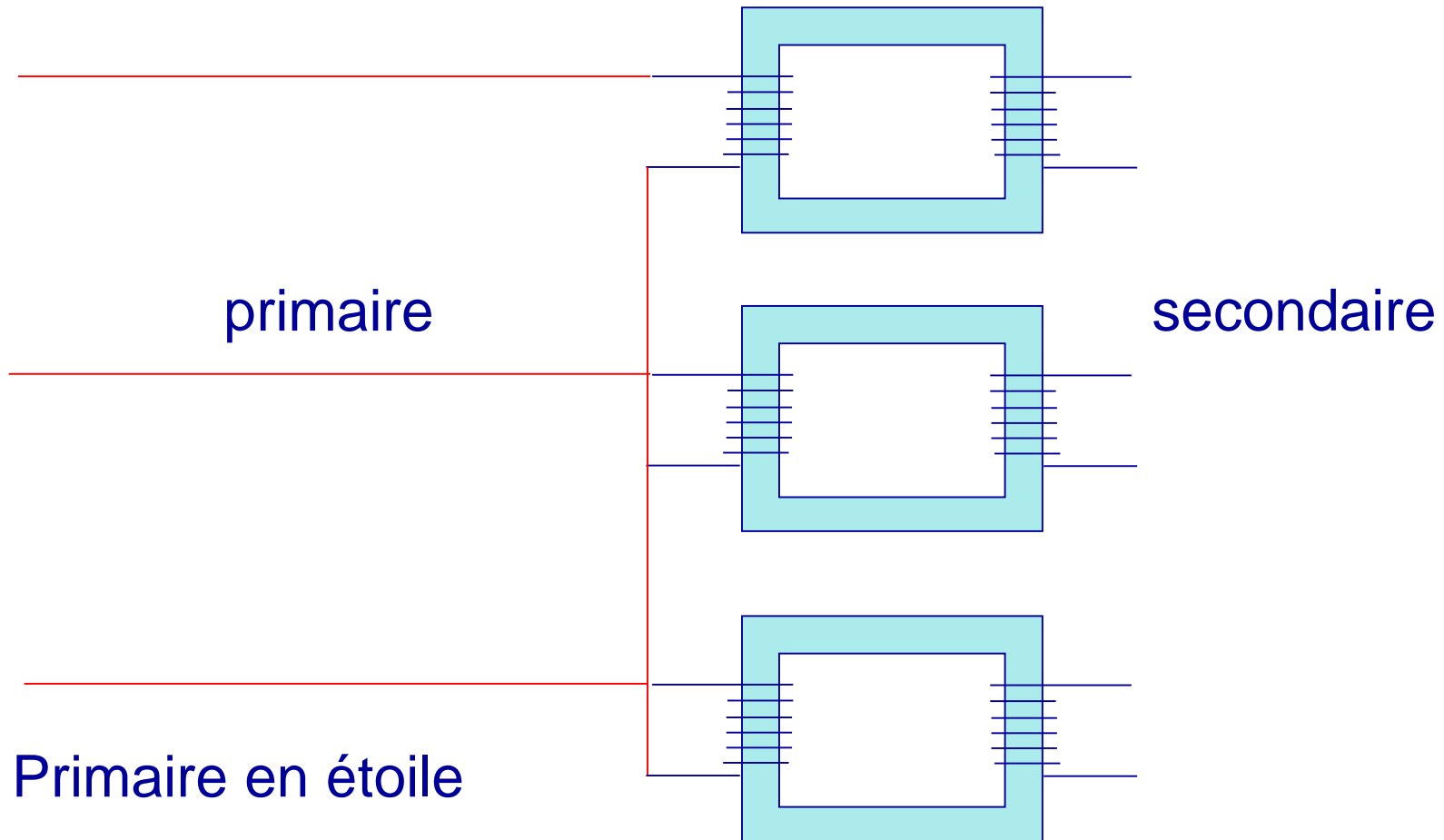


Transfo mono pour locomotives : 3 MVA, 22,5 kV/2x1637 V, 50 Hz
exécution en galettes alternées



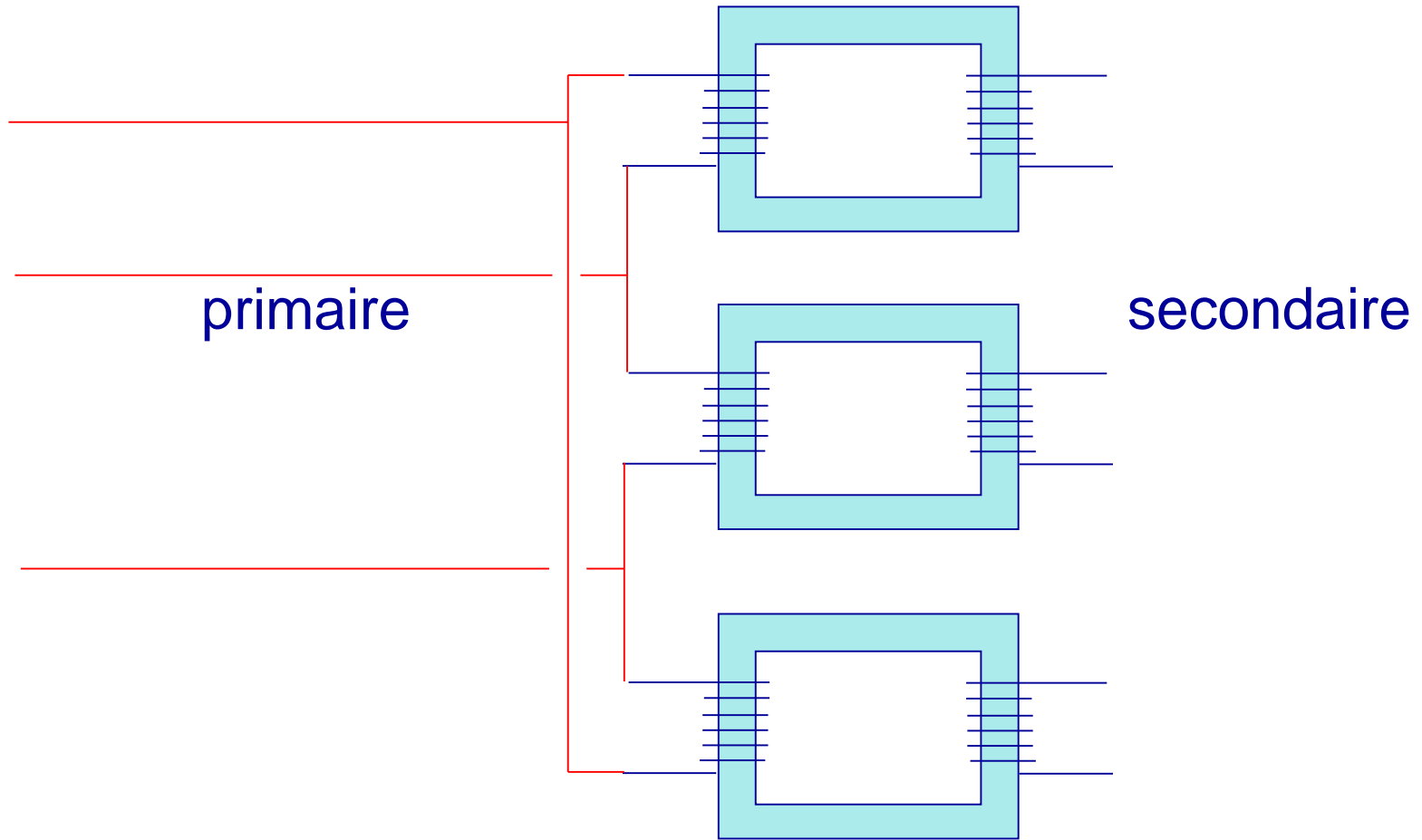
Transformateur triphasé

Il serait possible d'utiliser 3 tranfos monophasés identiques



Les flux magnétiques ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 sont distincts et indépendants
on dit qu'il s'agit d'un transfo triphasé à **flux libres**

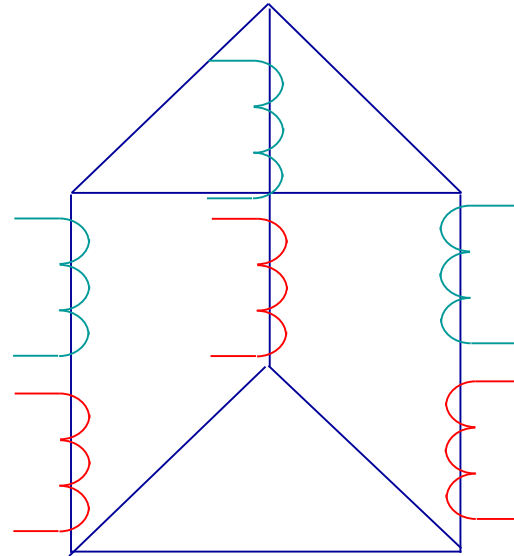
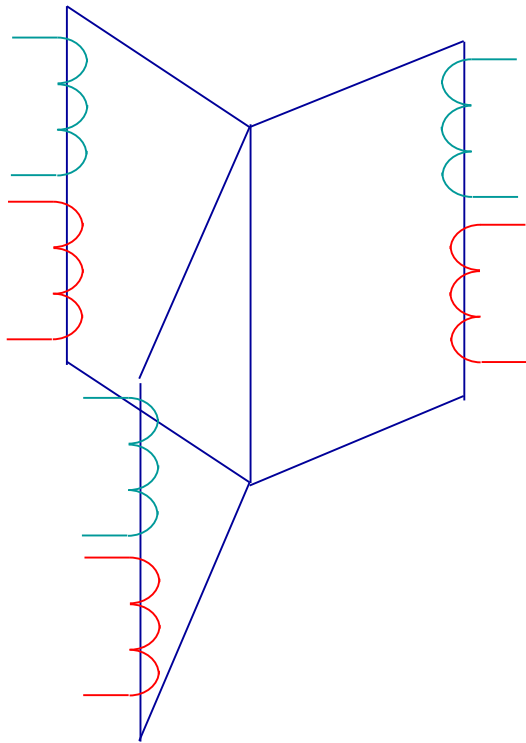
Il serait possible d'utiliser 3 tranfos monophasés identiques



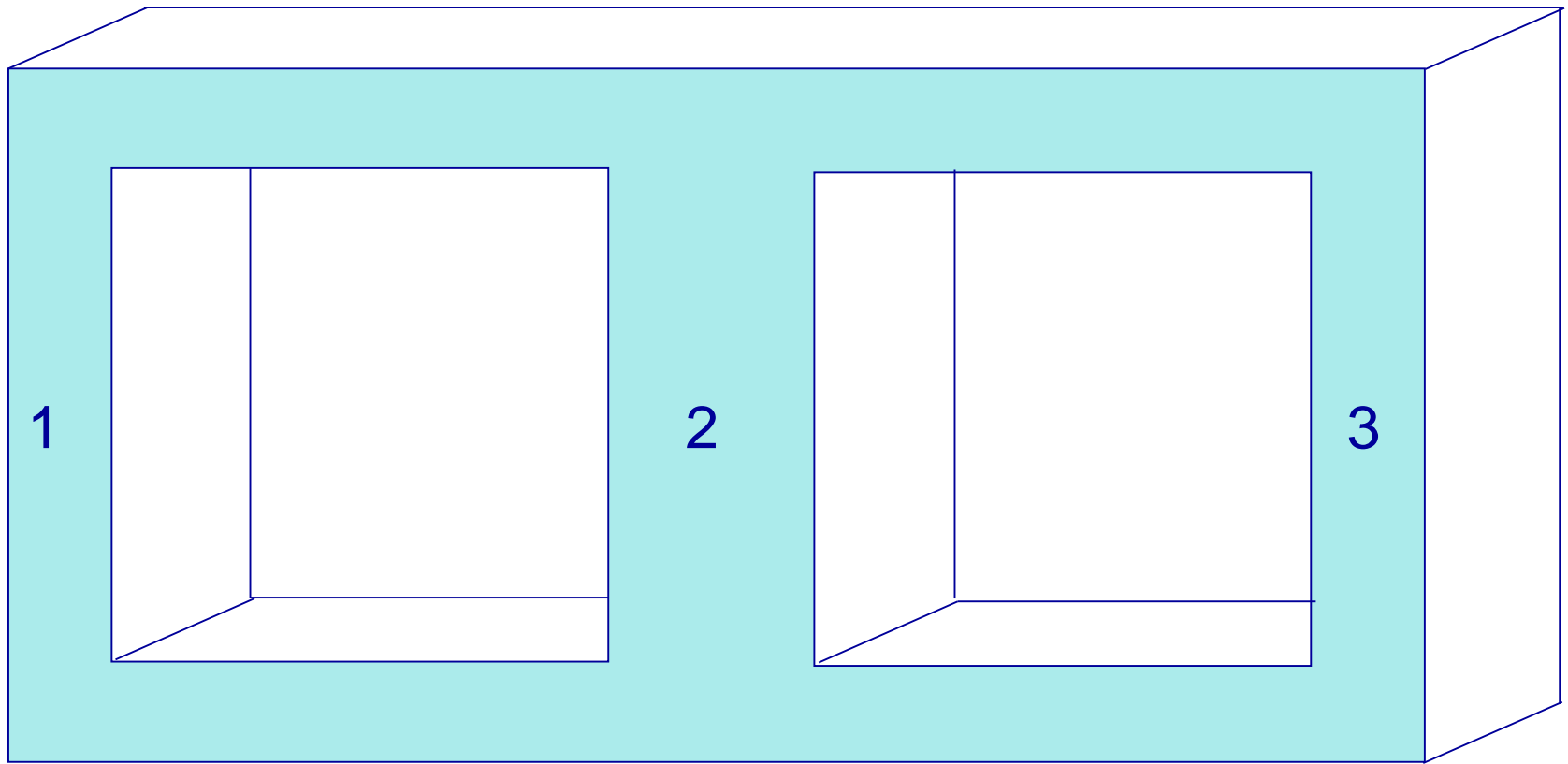
Primaire en triangle

Théoriquement, les configurations suivantes permettraient un gain sur :

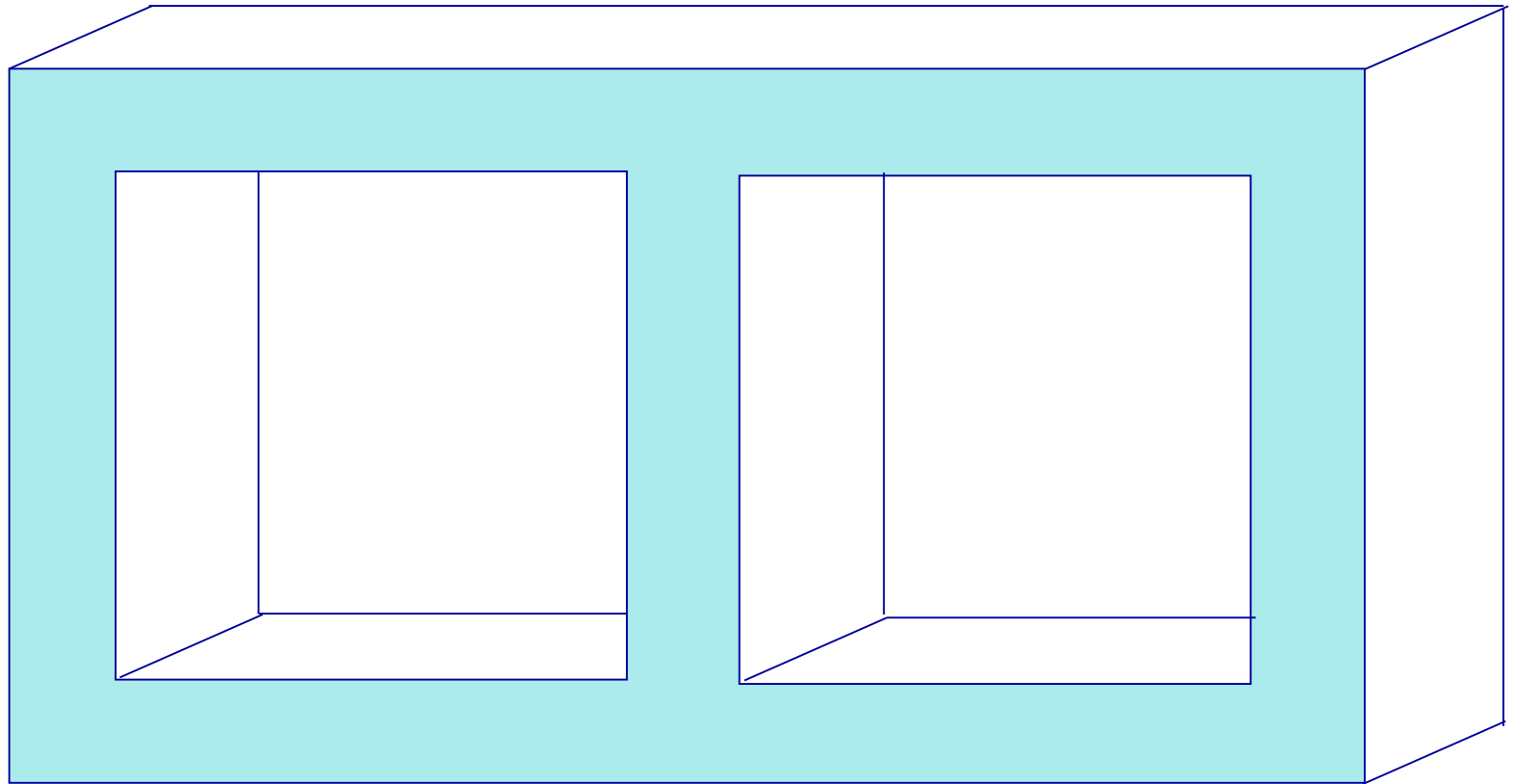
- l'encombrement
- la masse de fer utilisé



En pratique, on réalise les configurations suivantes:



Circuit magnétique usuel à 3 noyaux



Circuit magnétique usuel à 3 noyaux

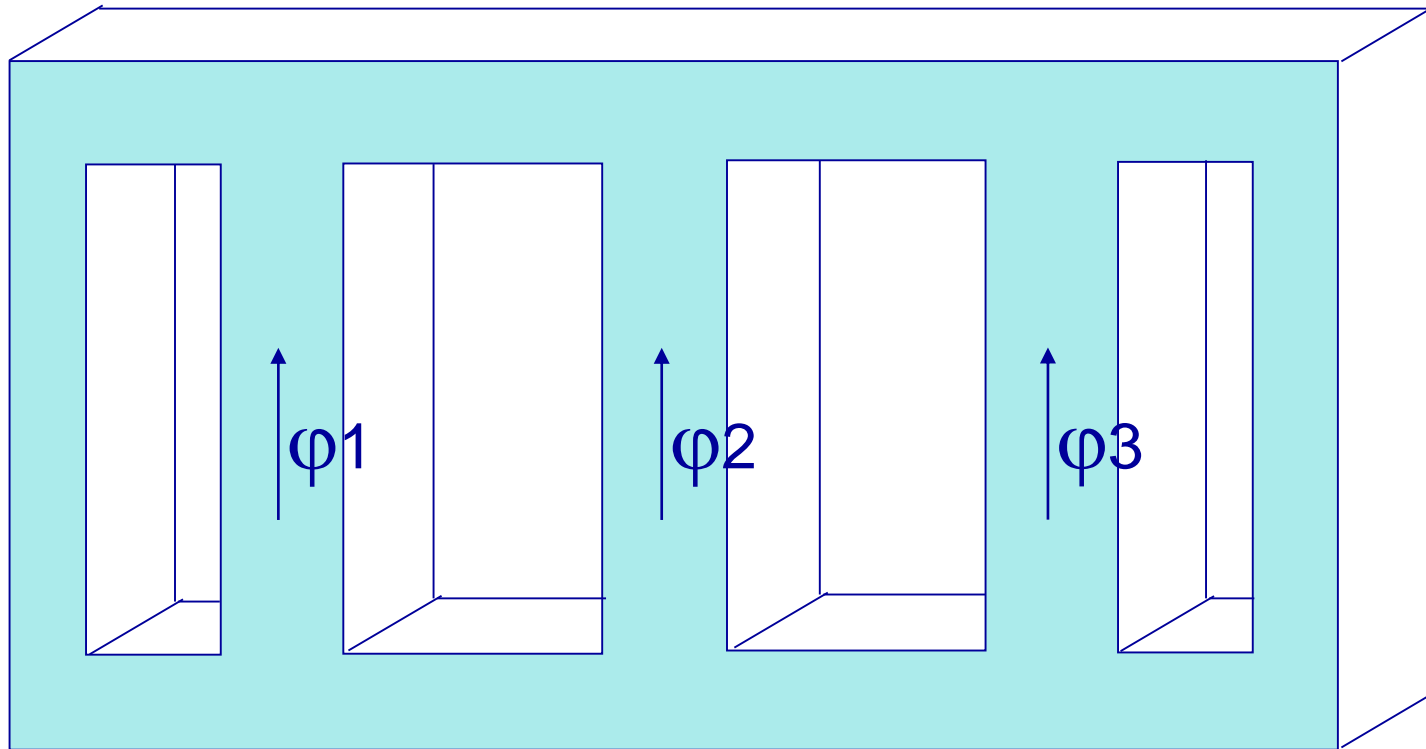
Même si les tensions appliquées ne forment pas un système triphasé équilibré, on a obligatoirement :

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 0$$

Loi des nœuds appliquée au circuit magnétique

On dit qu'il s'agit d'un transformateur à **flux forcés**

On utilise parfois des circuits magnétiques à 5 noyaux.
Les 2 noyaux latéraux supplémentaires non bobinés forment un passage de réluctance faible pour le flux total, ce qui restitue une certaine indépendance aux flux ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3



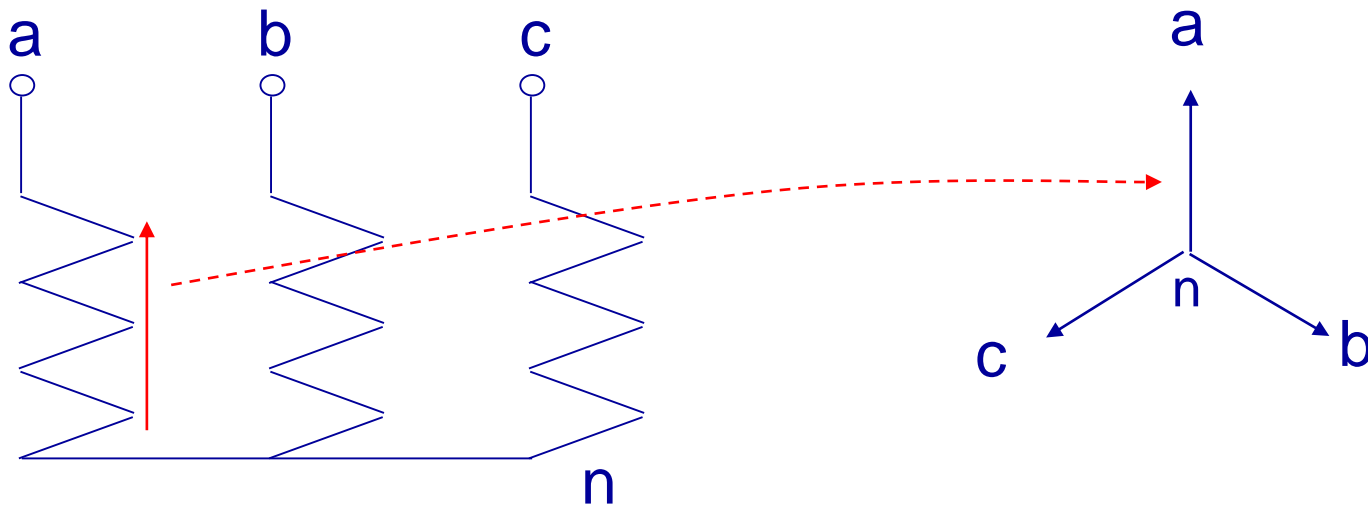
Couplage des transformateurs

Mode de connexion des enroulements triphasés

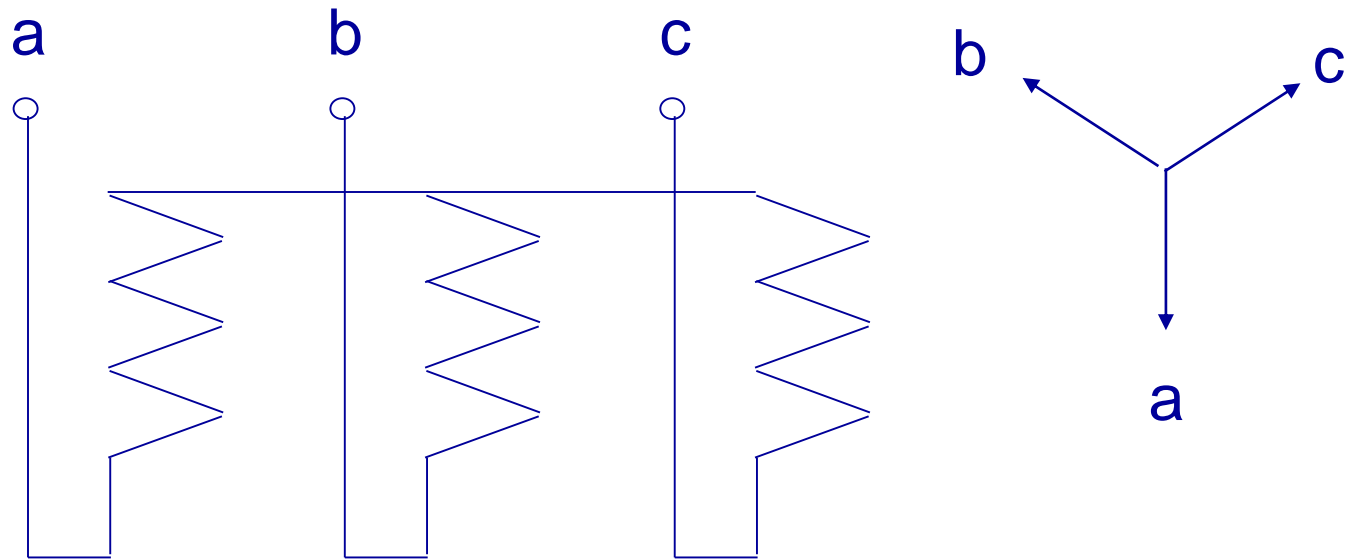
Soit l'enroulement basse tension secondaire et ses 3 bornes a, b, c :

La tension entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la bobine placée sur le noyau 1 (a) est représentée

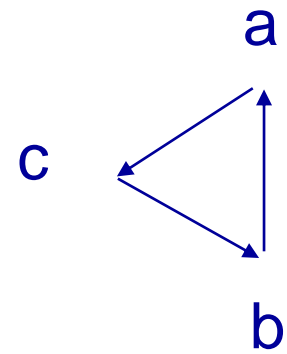
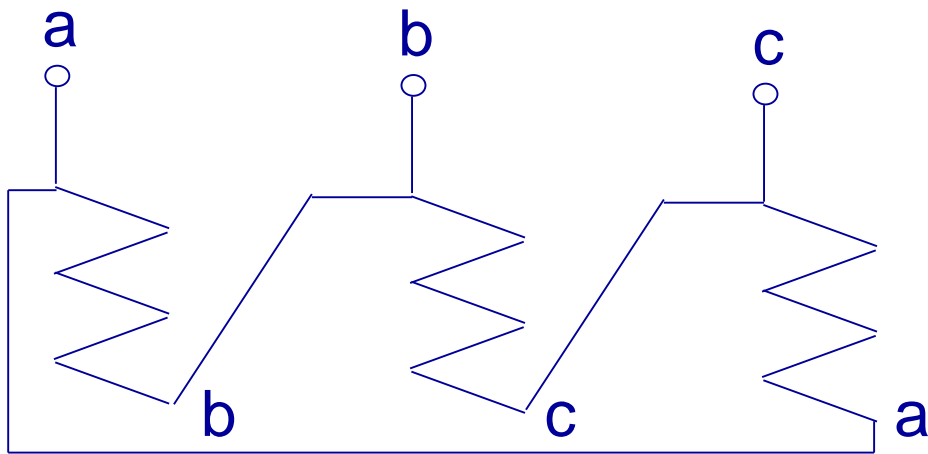
verticalement



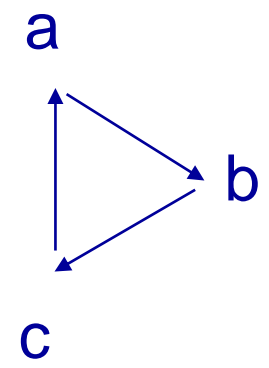
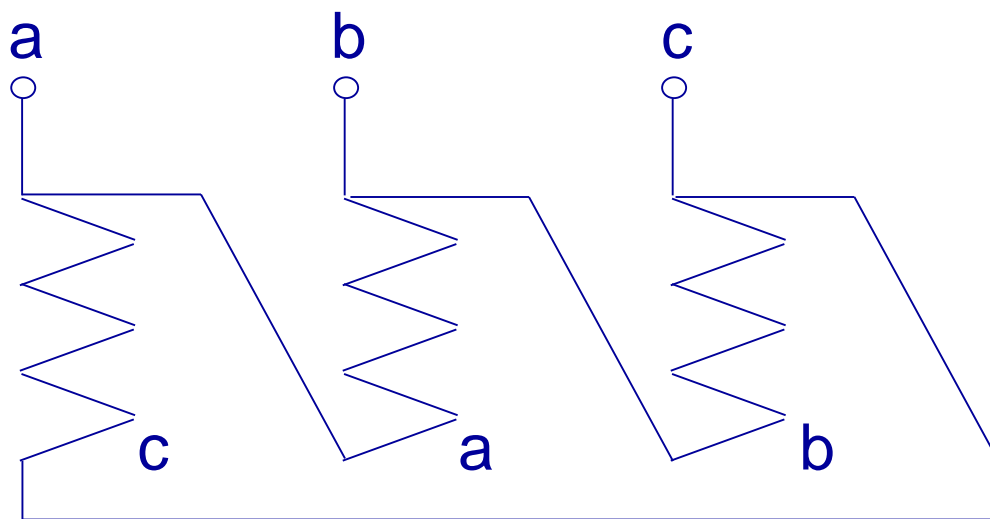
Bobines en étoiles notation y



Bobines en étoiles notation y

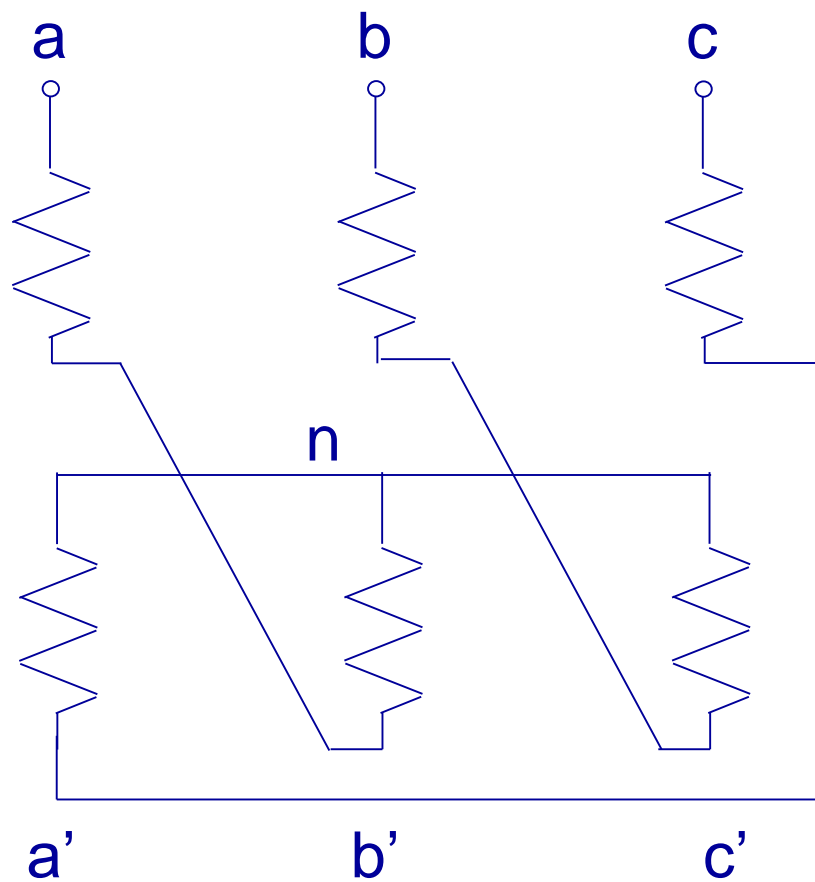


Bobines en triangles notation d

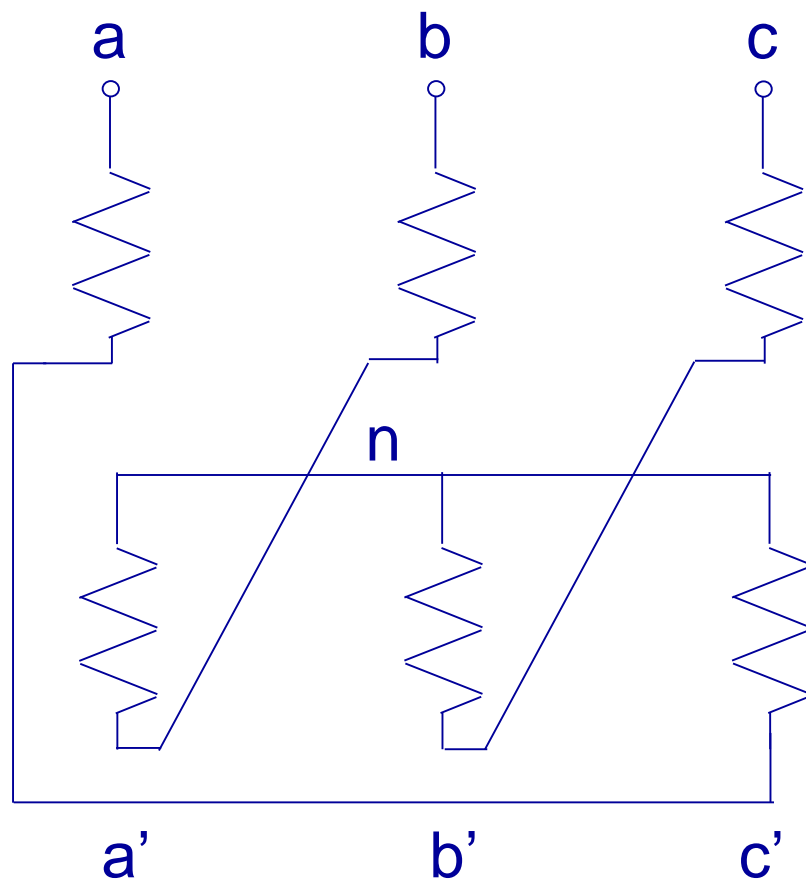


Bobines en triangles notation d

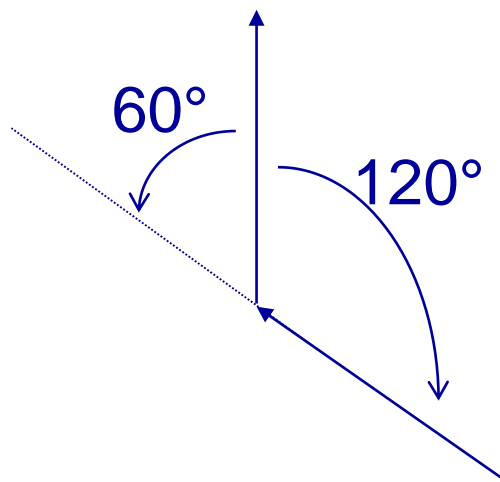
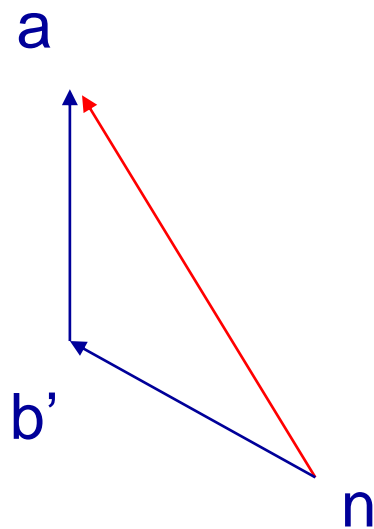
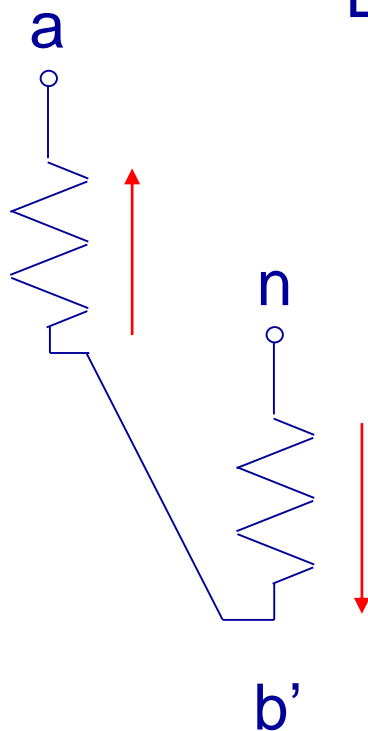
Enroulements en zig-zag



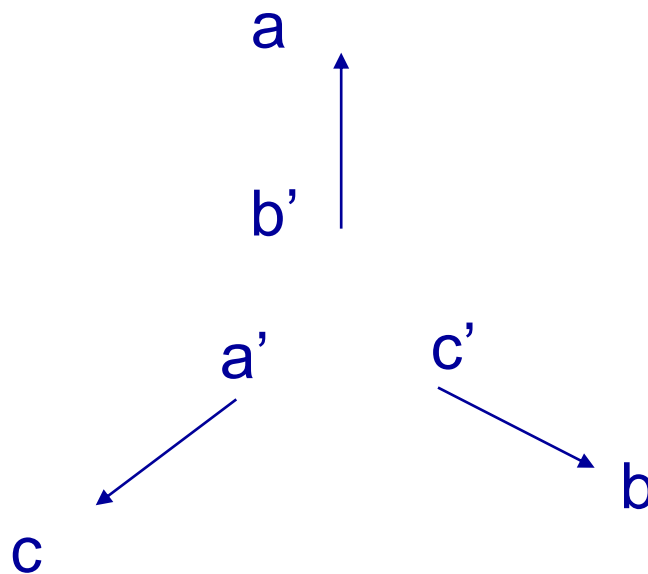
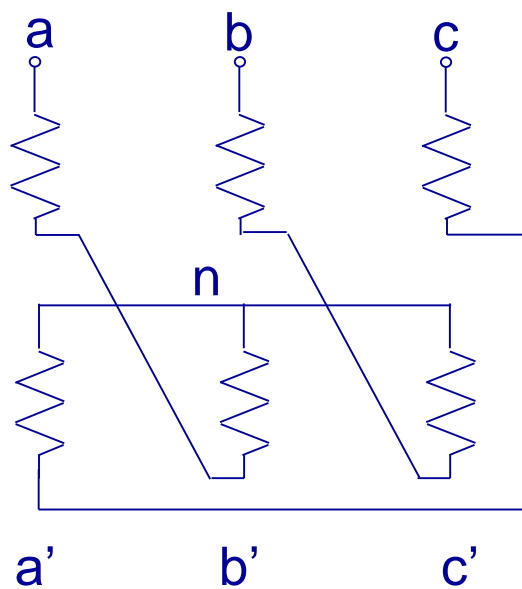
Enroulements en zig-zag



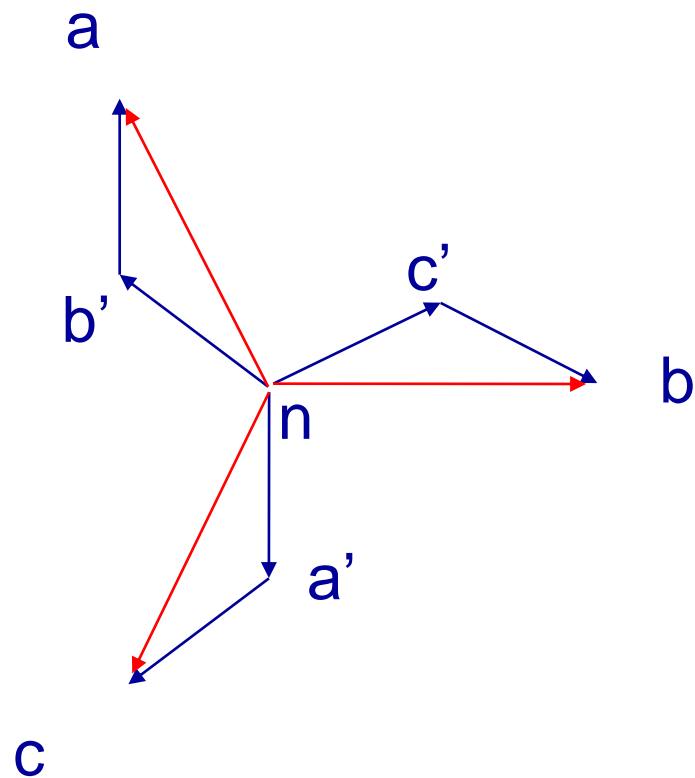
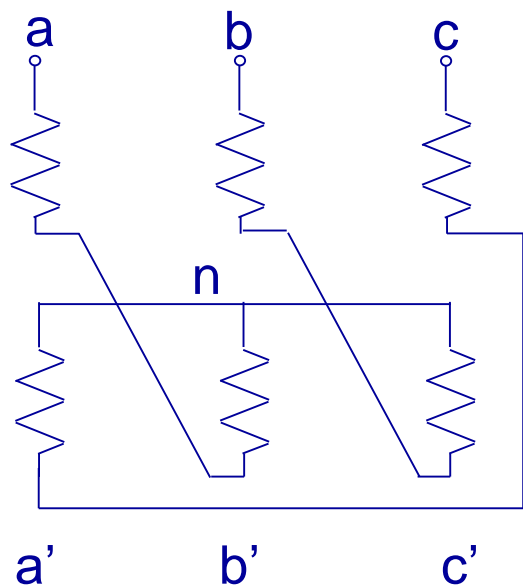
Enroulements en zig-zag



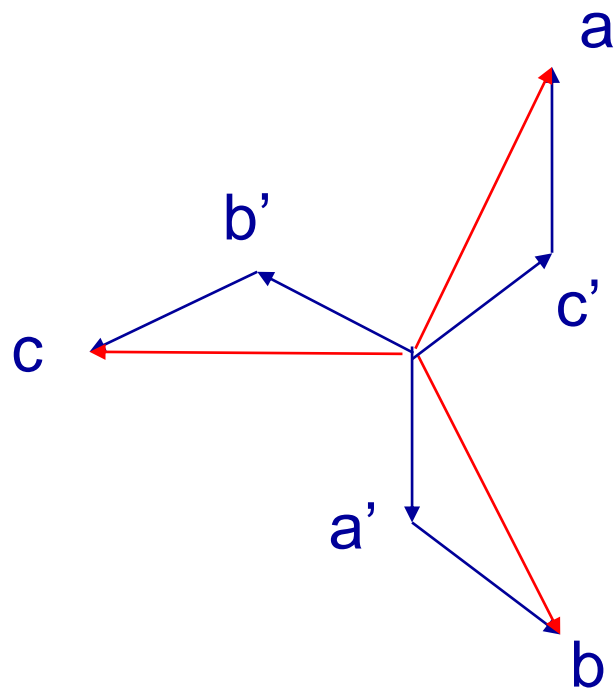
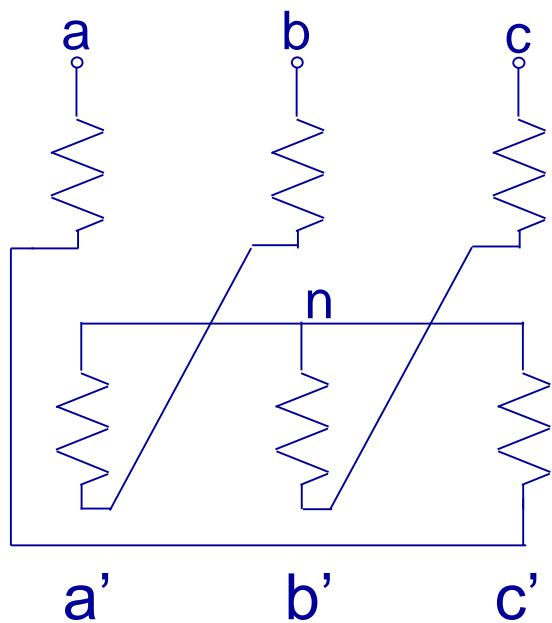
Enroulements en zig-zag



Enroulements en zig-zag



Enroulements en zig-zag



Couplage d'un transformateur triphasé

Les enroulements primaires d'un transfo peuvent être reliés :

en étoile, symbole Y

en triangle, symbole D

Les enroulements secondaires d'un transfo peuvent être reliés :

en étoile, symbole y

en triangle, symbole d

en zig-zag, symbole z

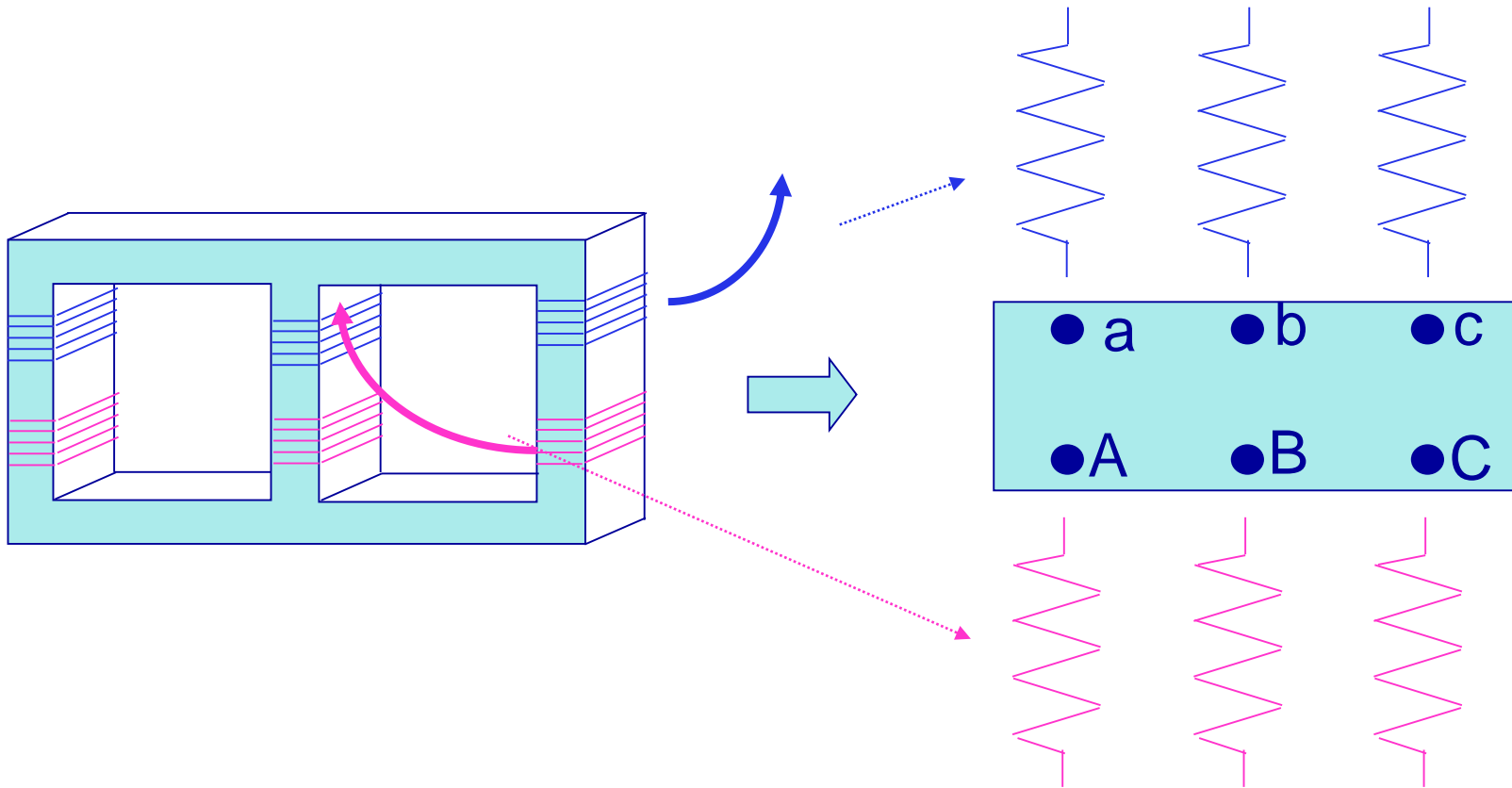
L'association d'un mode de connexion du primaire avec un mode de connexion du secondaire caractérise un **couplage du transformateur** (Yz par exemple).

Pour représenter le schéma d'un transfo triphasé, on établit les conventions suivantes, on note par :

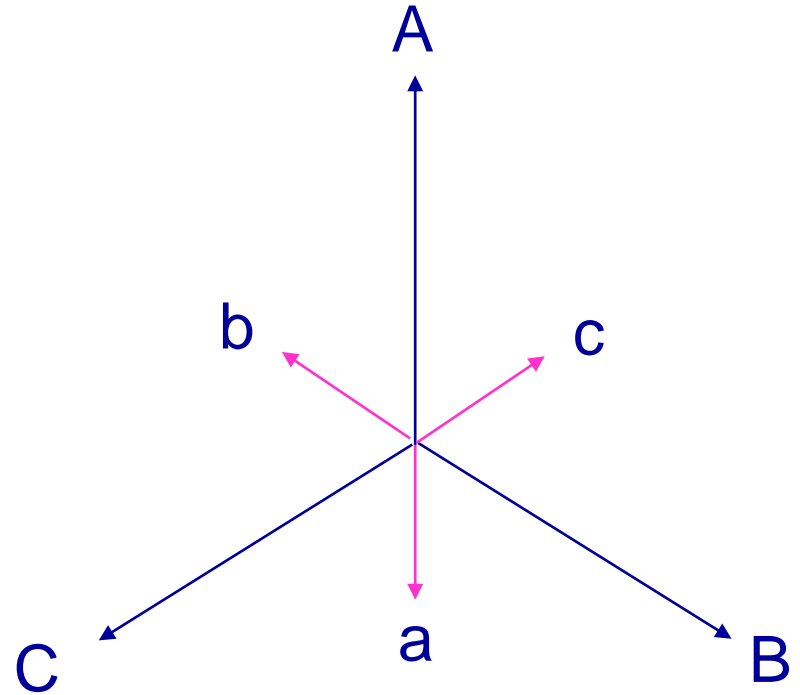
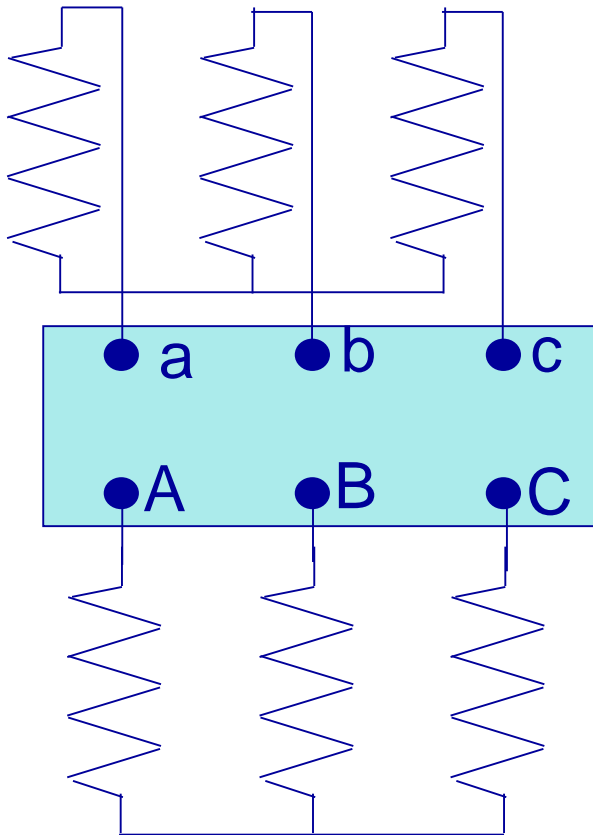
A, B, C les bornes du primaire

a, b, c les bornes du secondaire

Représentation conventionnelle d'un transfo triphasé

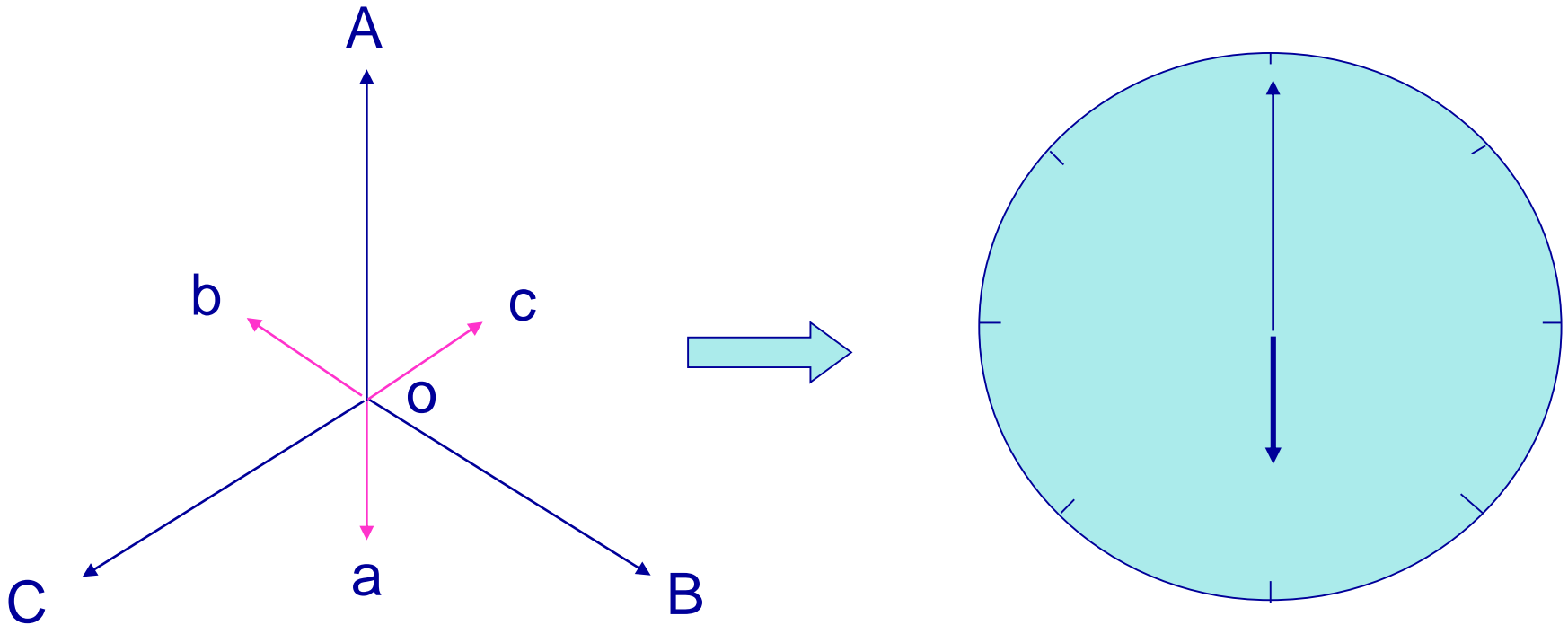


Couplage Yy6



Indice horaire

Si \vec{OA} est la grande aiguille (minutes) d'une montre, \vec{OB} la petite aiguille (heures) de cette montre, ici la montre affiche 6 heures, d'où **6**.



Indice horaire

Selon le couplage choisi, le déphasage entre tensions phase-neutre homologues (V_{an} et A_{AN} par ex) est imposé.

En triphasé, les déphasages obtenus sont nécessairement des multiples entiers de 30° ($\pi/6$).

Indice horaire

En posant θ l'angle entre V_{an} et V_{AN} , l'indice horaire est donc le nombre entier n tel que $\theta = n.\pi/6$, avec θ positif, V_{an} étant toujours prise en retard sur V_{AN} .

θ varie de 0 à 330° , donc n varie de 0 à 11

V_{AN} = aiguille des minutes placée sur 12

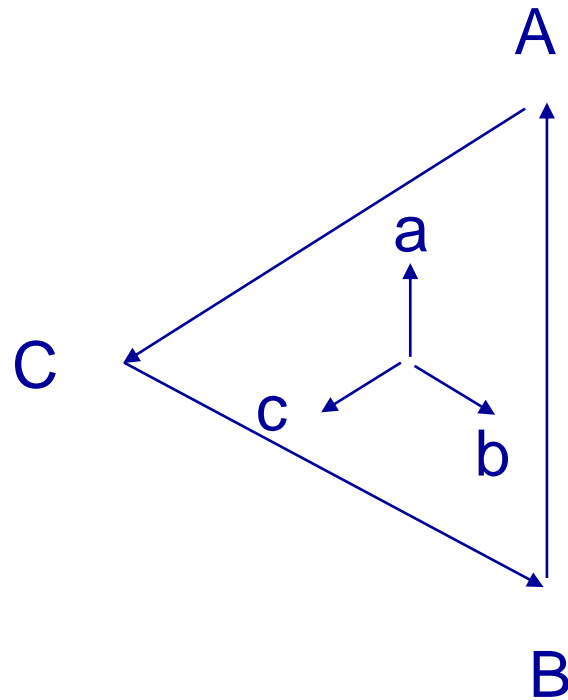
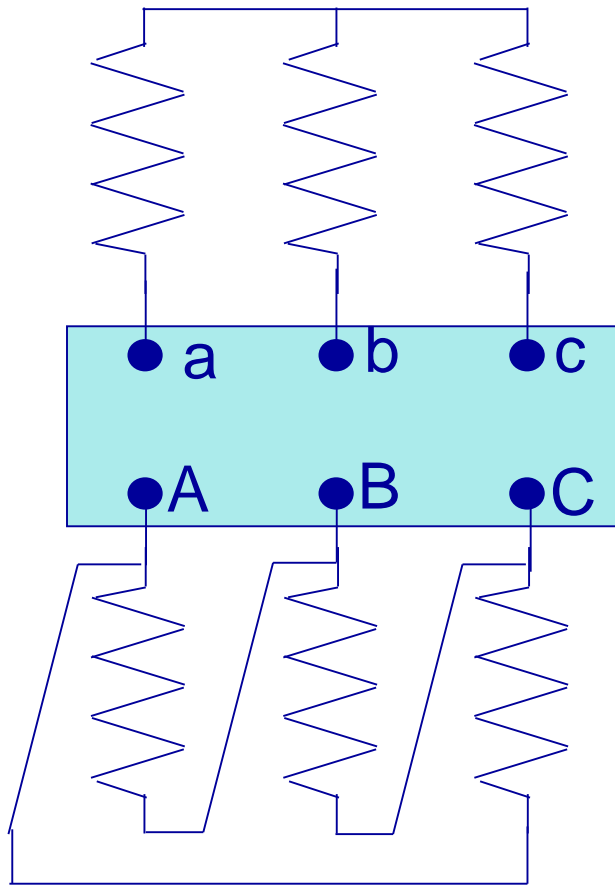
V_{an} = aiguille des heures placée sur n

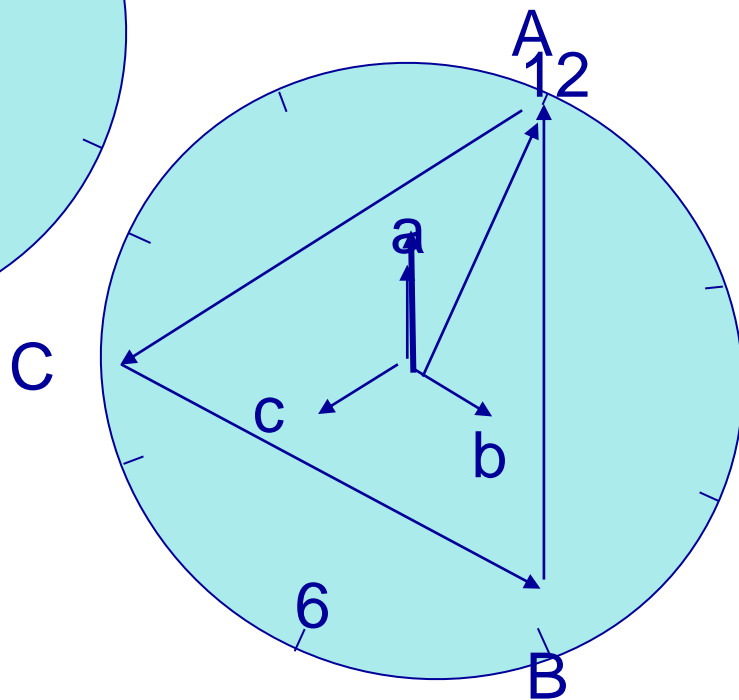
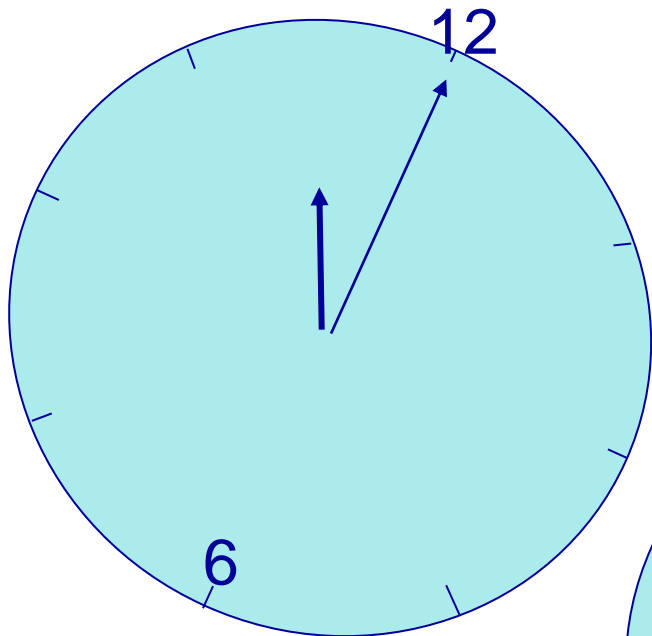
Indice horaire

Suivant leur déplacement angulaire, on peut classer les transfos triphasés en 4 groupes :

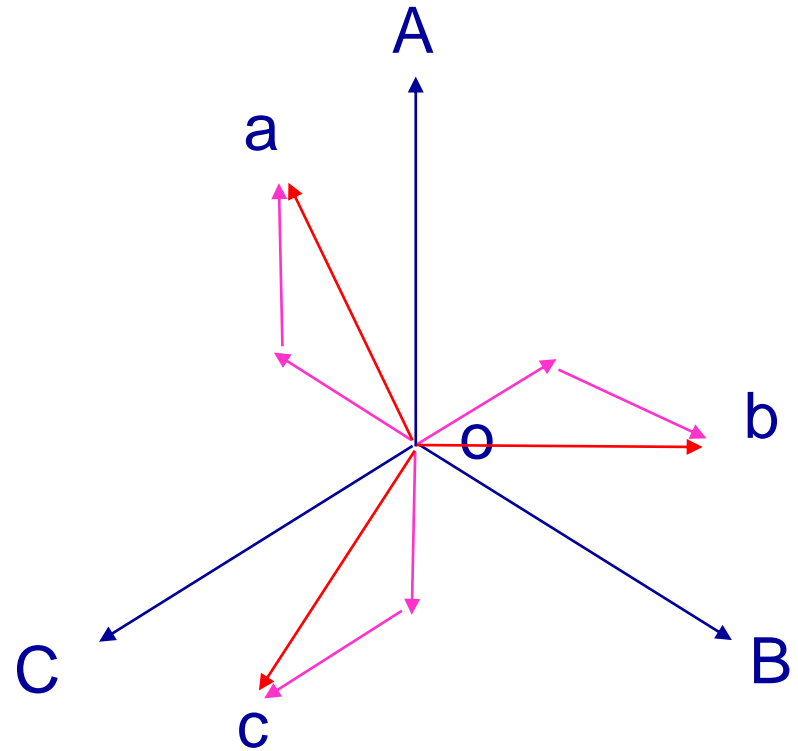
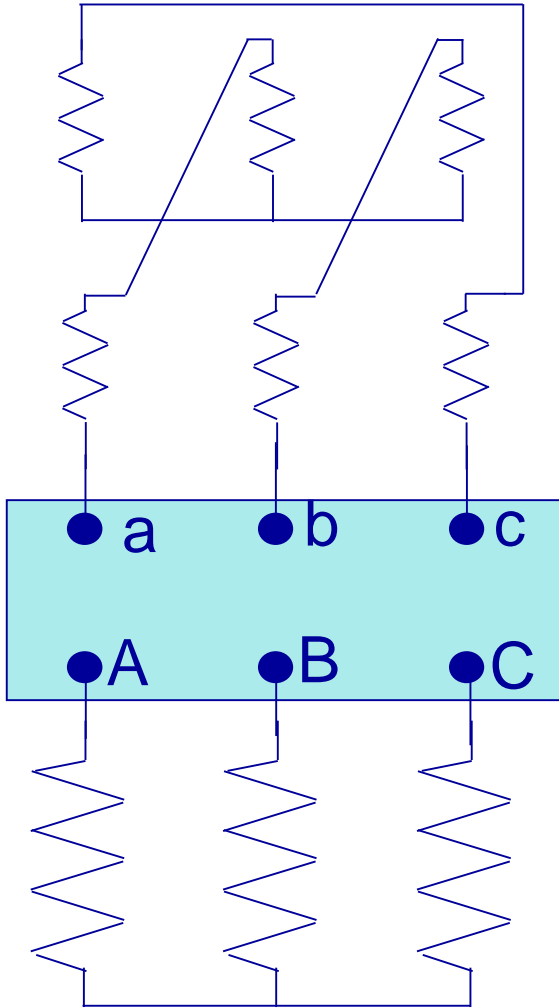
1. groupe de déplacement angulaire nul :
 $\alpha = 0$ (à $2\pi/3$ près), indice horaire: 0 (à $4k$ près)
2. groupe de déplacement angulaire 180° (ou 60°) :
indice horaire: 6 (ou 2, ou 10)
3. groupe de déplacement angulaire $+30^\circ$
indice horaire: 1 (ou 5, ou 9)
4. groupe de déplacement angulaire -30° (ou $+330^\circ$)
indice horaire: 11 (ou 7, ou 3)

Couplage Dy11

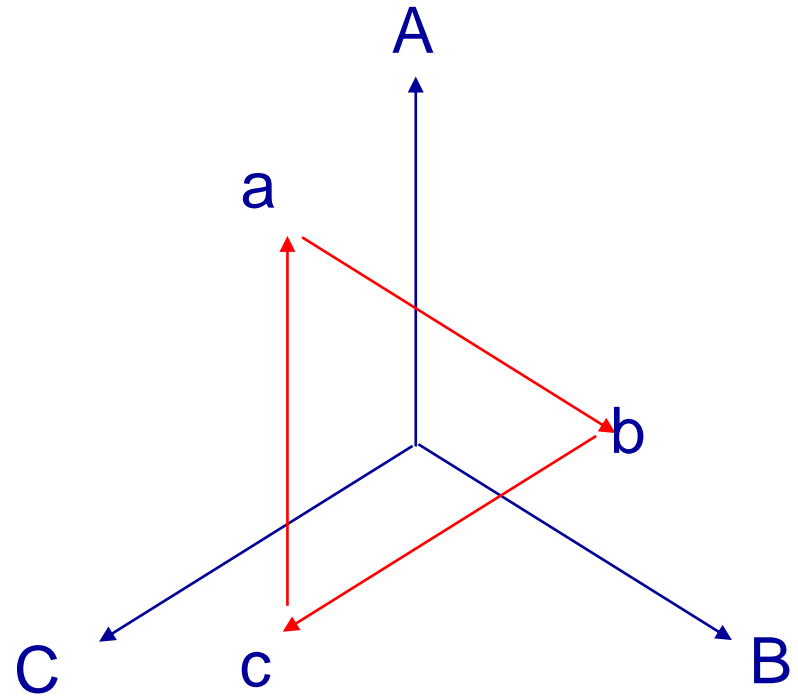
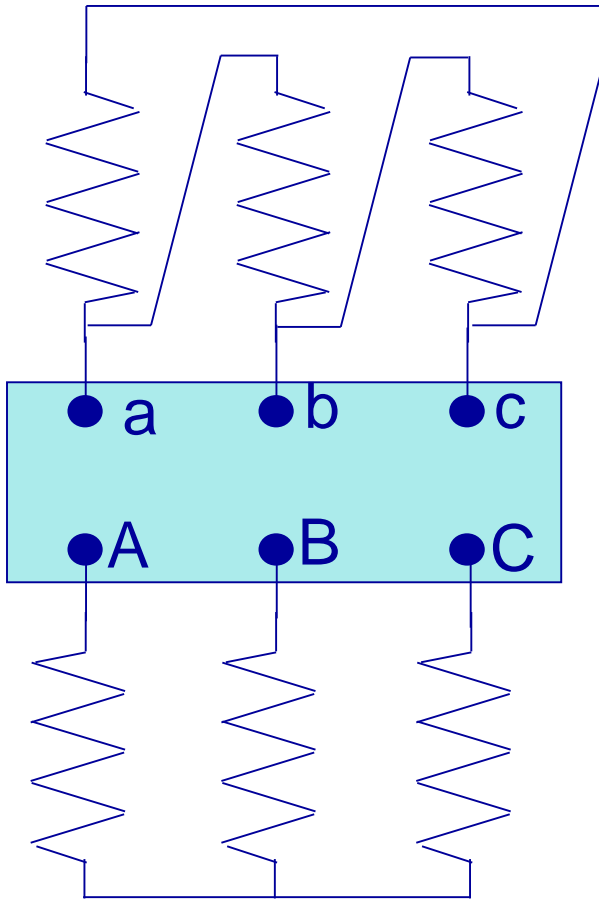




Couplage Yz11



Couplage Yd11



Les couplages les plus courants sont :

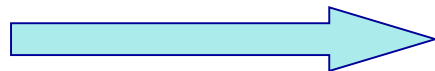
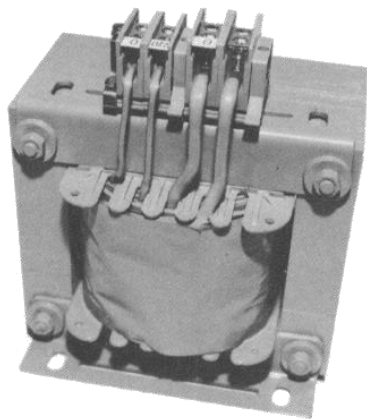
$Yy0$

$Dy11$

$Yz11$

$Yd11$

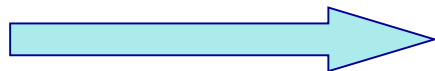
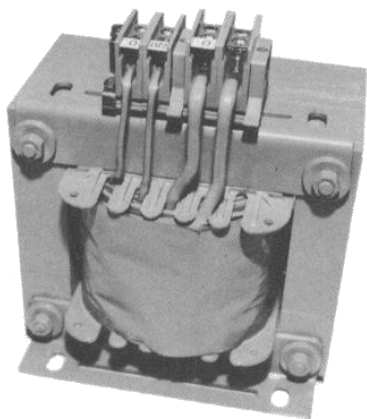
Pourquoi coupler des transformateurs ?



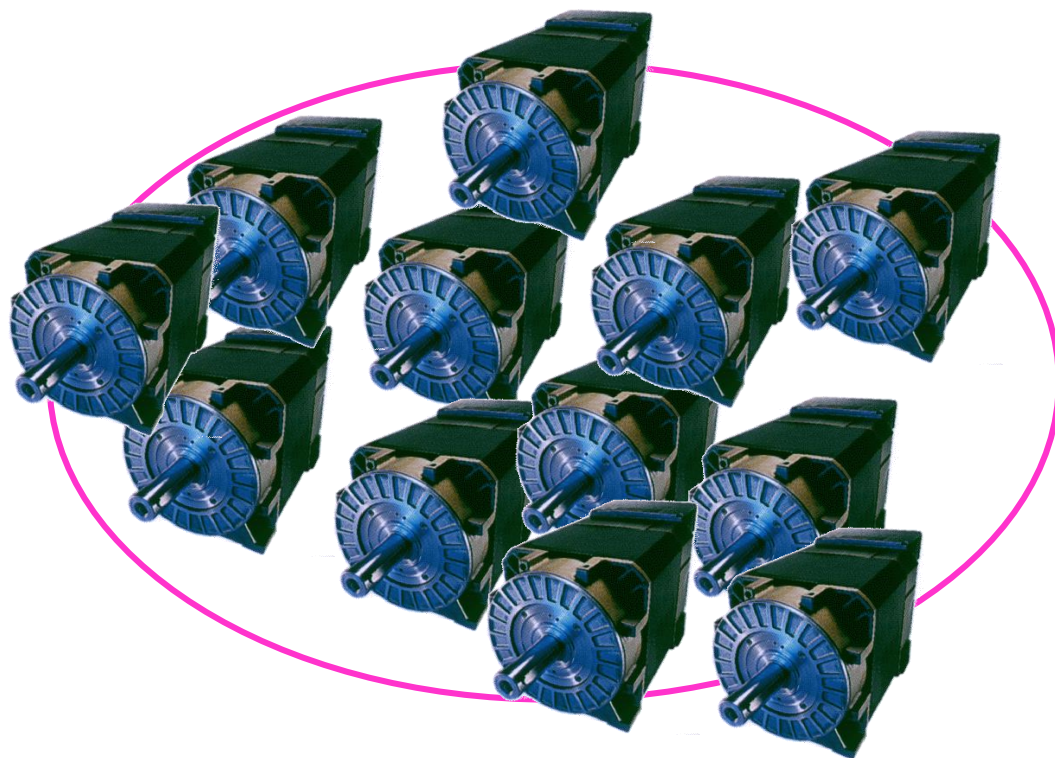
S



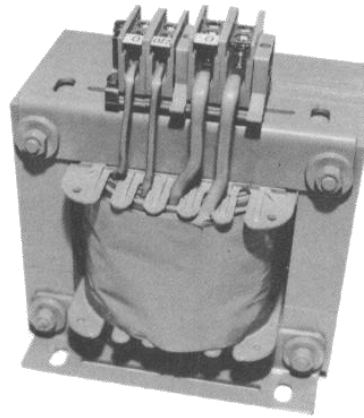
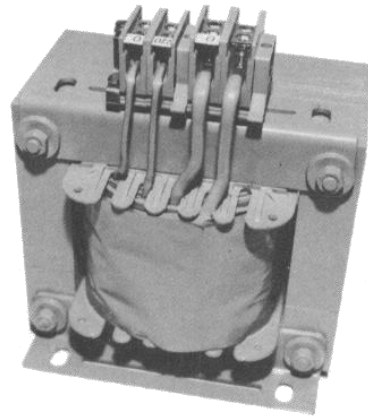
S



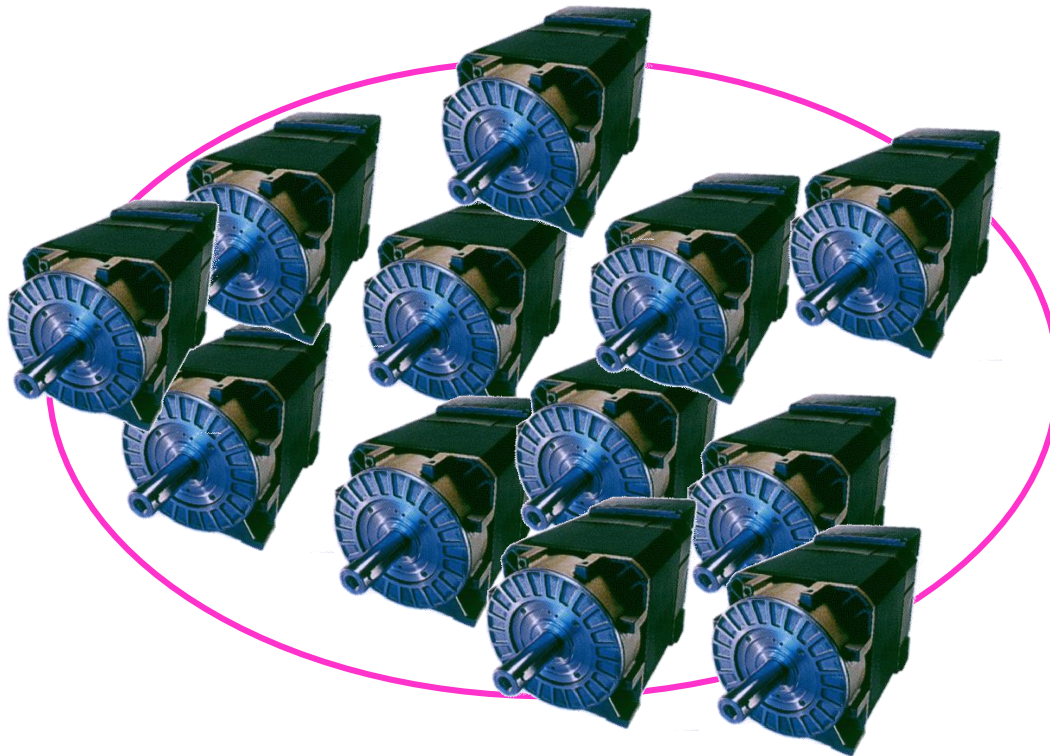
S



S



→ 2xS



Pour que l'on puisse coupler à vide 2 transfos triphasés, il faut que leurs diagrammes vectoriels coïncident \Rightarrow

Même rapport de transformation

Même ordre de succession des phases

Même décalage angulaire

Ils doivent donc appartenir au même groupe

Pour avoir une répartition correcte des puissances entre les 2 transfos en charge, il faut aussi qu'ils aient la même chute de tension donc pratiquement la même tension de court-circuit.

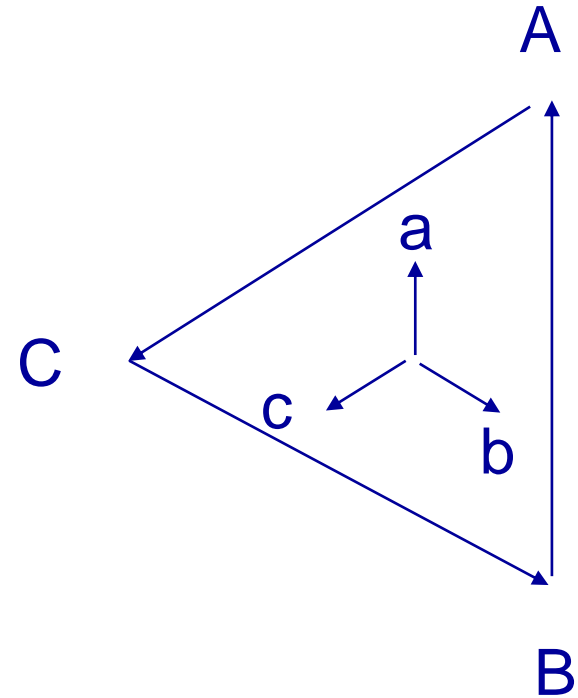
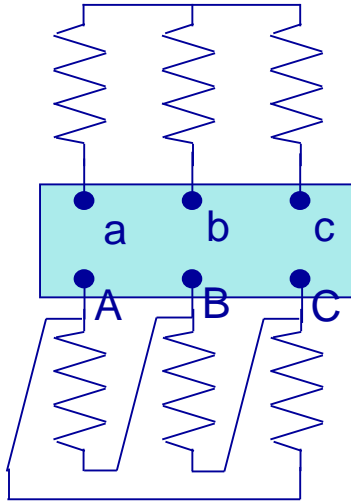
Rapport de transformation

Nous continuons à poser $m = \frac{N_2}{N_1}$

Nous appelons $M = \frac{U_2}{U_1}$ le rapport de transformation

Rapport de transformation

Couplage Dy

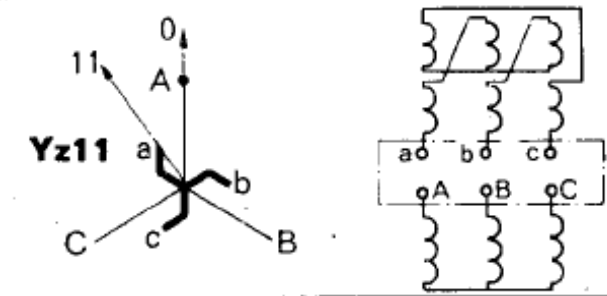
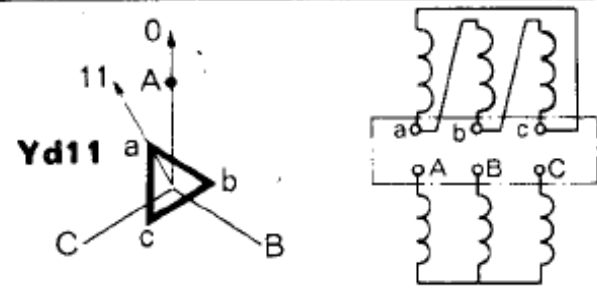
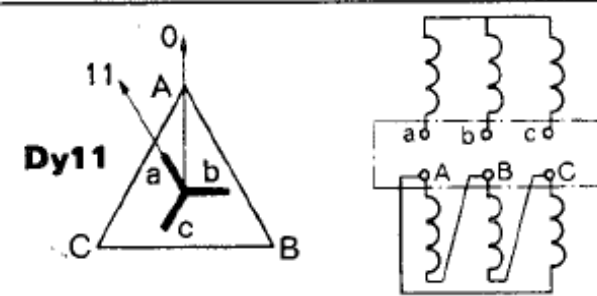
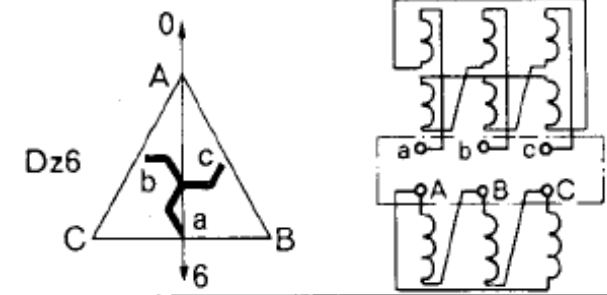
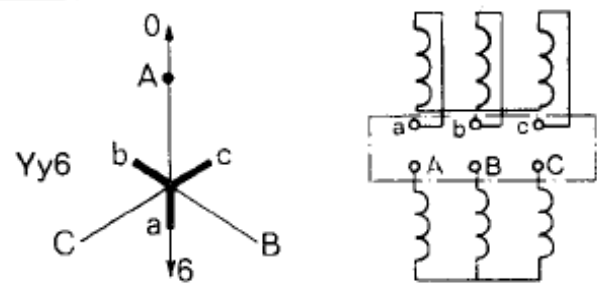
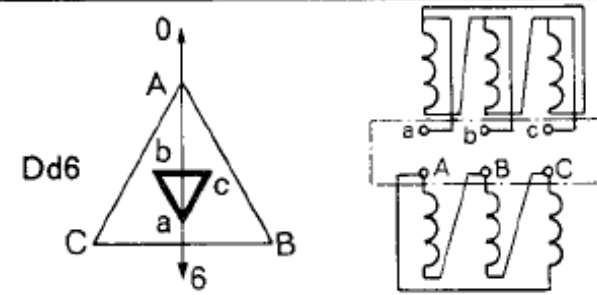
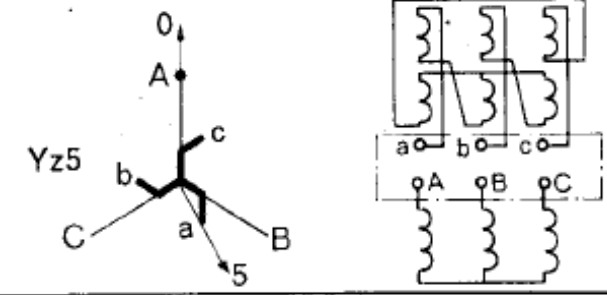
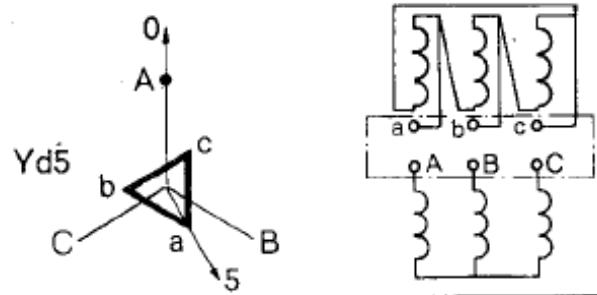
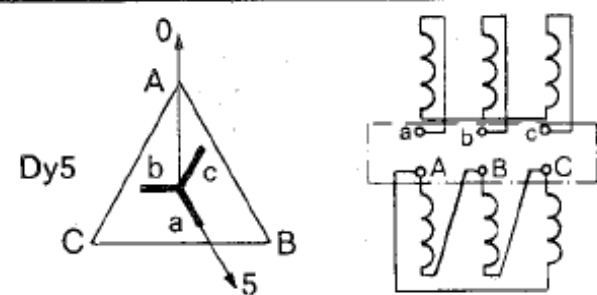
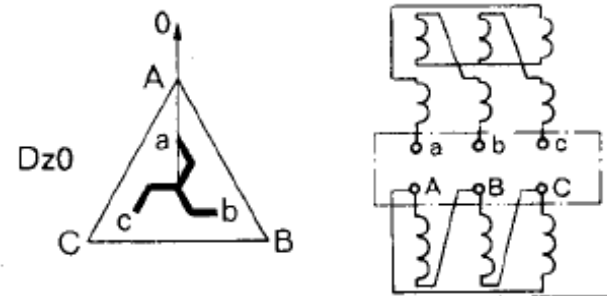
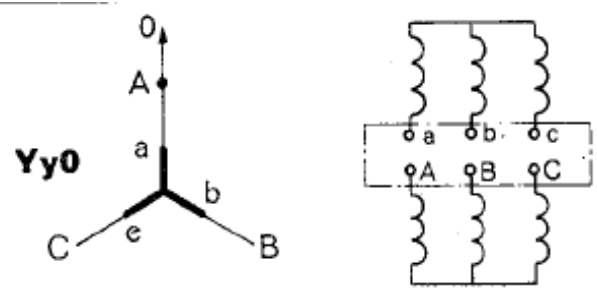
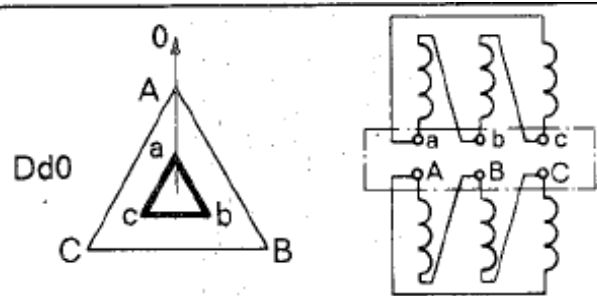


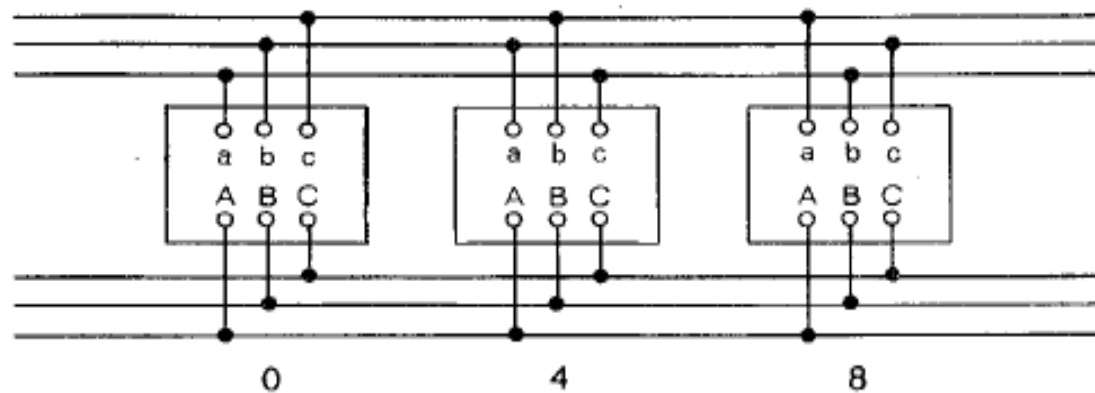
$$V_2 = m U_1$$

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

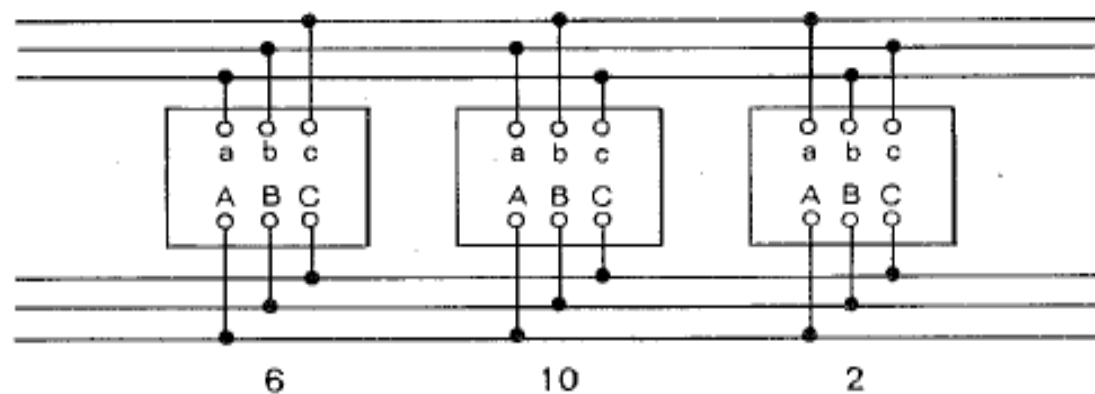
$$U_2 = m U_1 \sqrt{3}$$

$$M = \frac{U_2}{U_1} = m \sqrt{3}$$

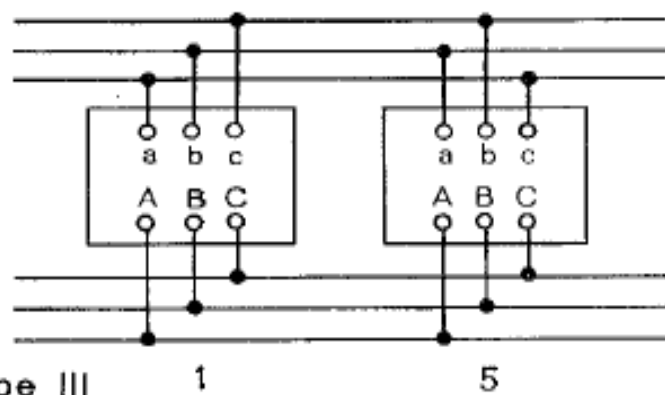




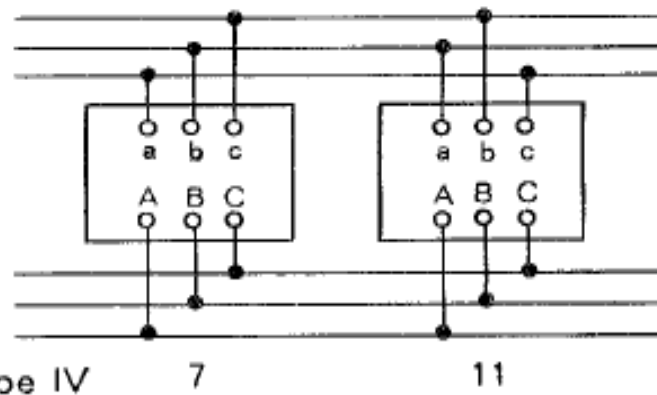
Groupe I



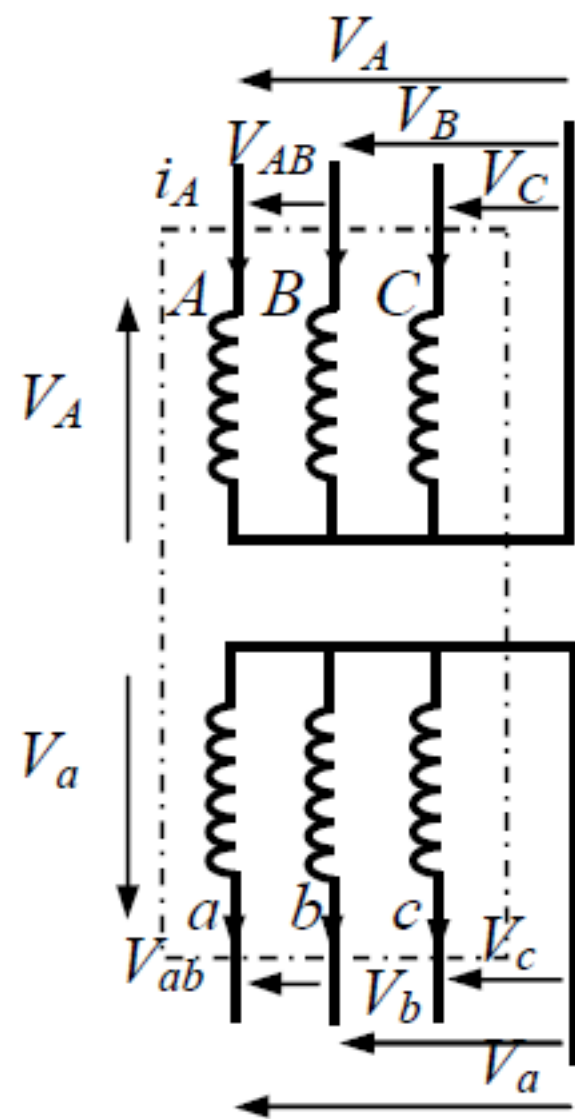
Groupe II



Groupe III



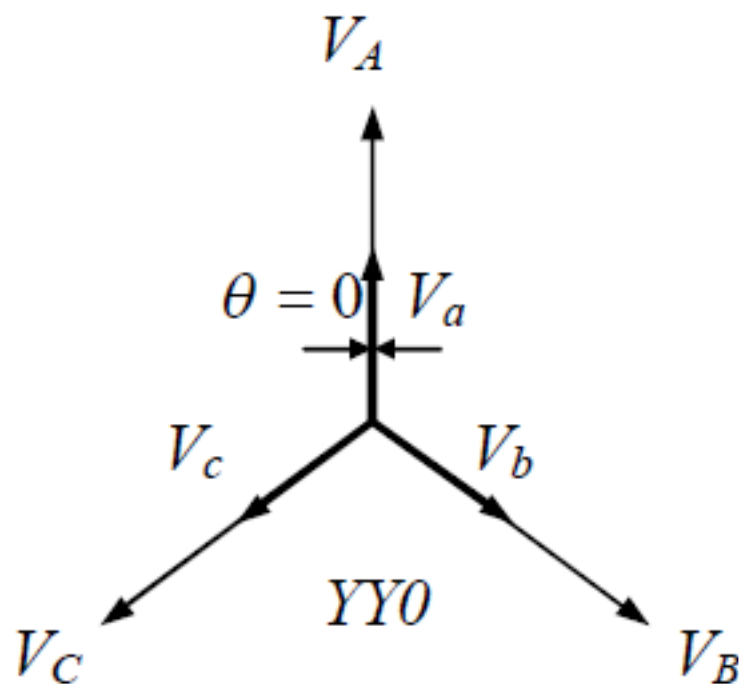
Groupe IV



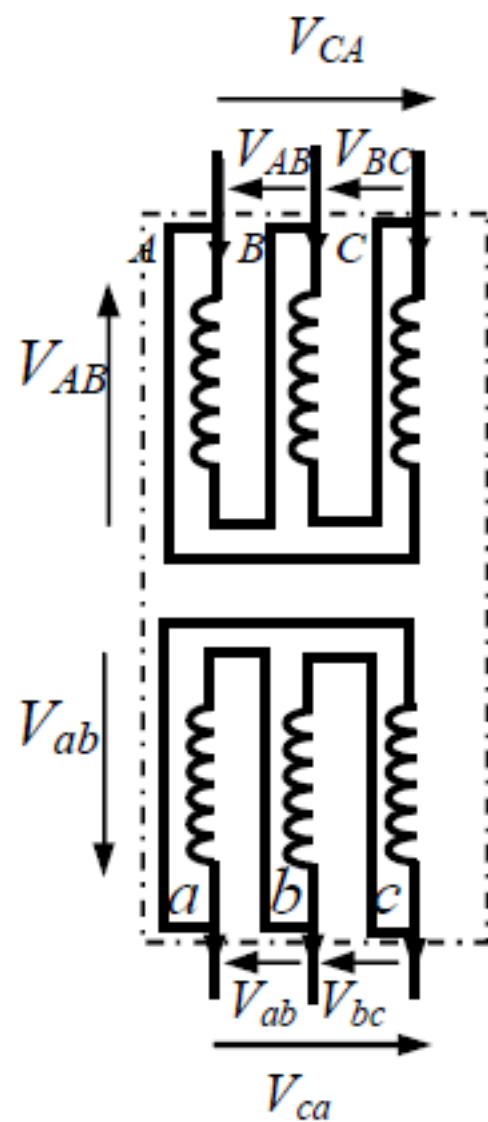
Entrée en étoile



Sortie en étoile



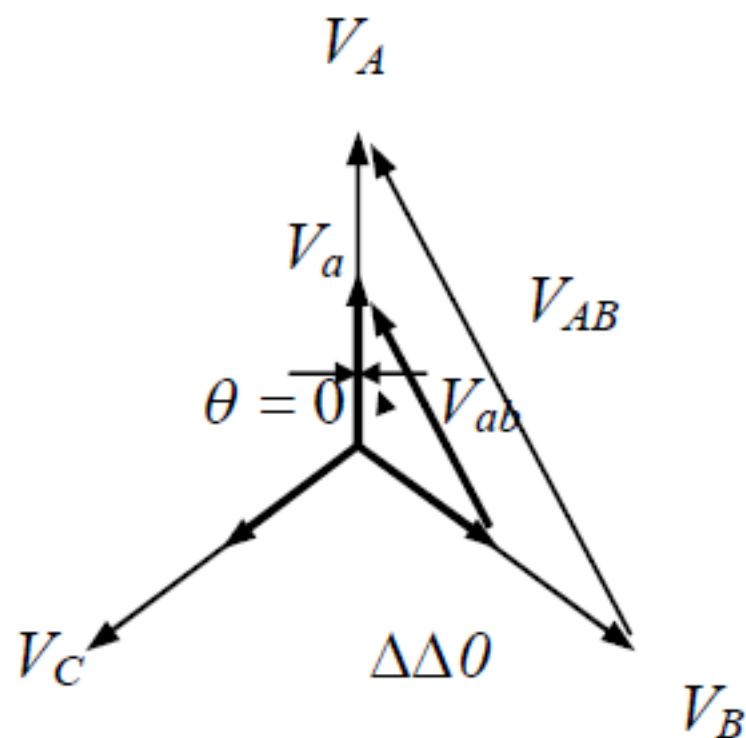
Convention génératrice



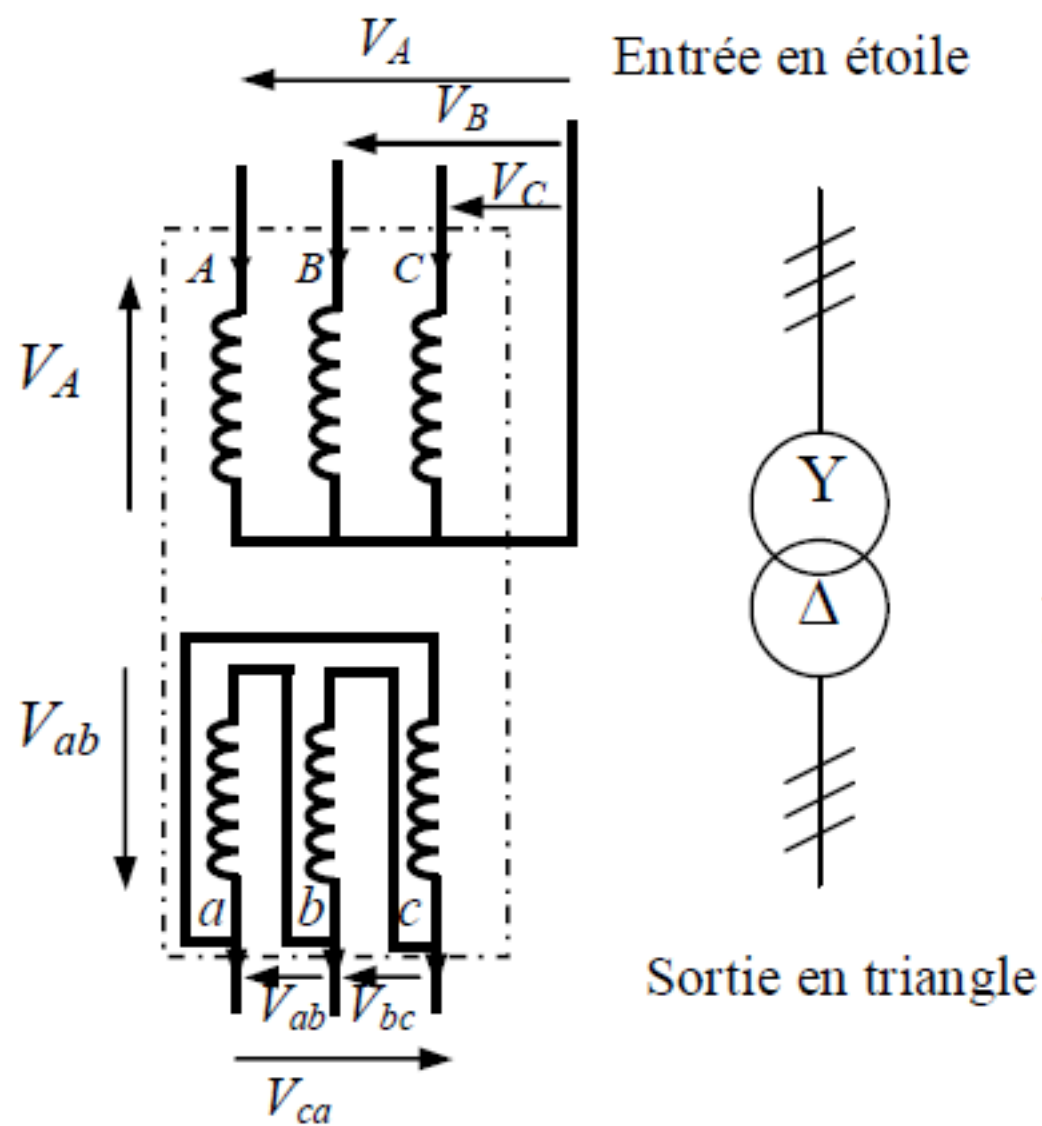
Entrée en triangle



Sortie en triangle



Convention génératrice



Convention génératrice

