

LYCEES PAUL MATHOU

# Electrotechnique : Le transformateur triphasé

---

S0.3 Machines électromagnétiques

ms

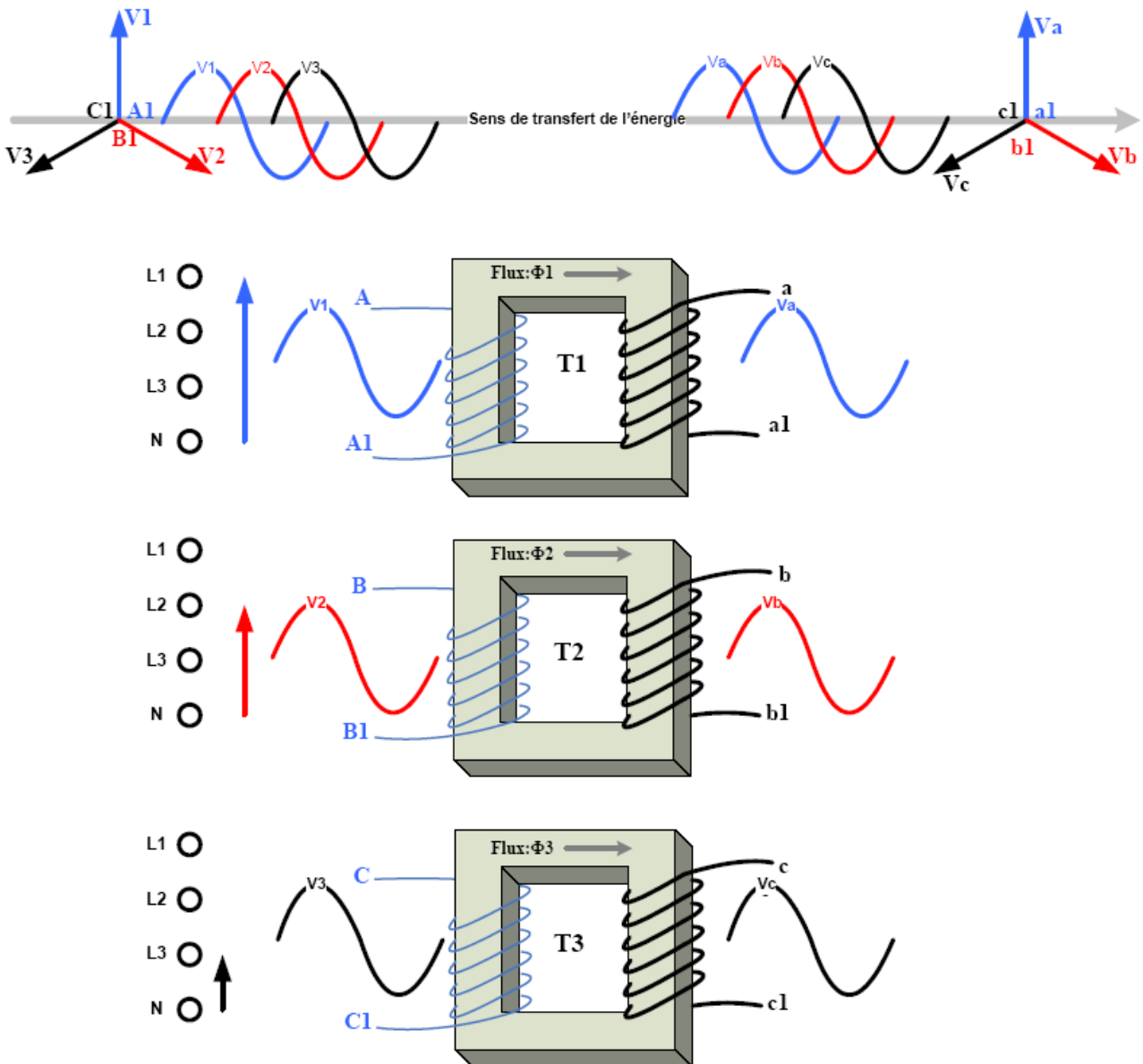
17/01/2011

## 1) Introduction

Un transformateur monophasé **T1**, de rapport de transformation  $m = 1$ , raccordé entre la **phase 1** et le point **neutre** (L1 et N) d'un réseau triphasé, génère aux bornes de son enroulement secondaire une tension identique (même U et même f) que celle présente sur son enroulement primaire.

Deux autres transformateurs, T2 et T3, identiques à T1 et raccordés de manière semblable entre les deux autres phases (L2 et L3) d'un réseau triphasé et le point neutre, donneront un résultat identique. La tension obtenue entre bornes des enroulements secondaires de T1, T2, T3, «copient» en tout point les caractéristiques des tensions connectées aux primaires des transformateurs.

Si nous relierons les points a1, b1 et c1 (création d'un point neutre) et si l'on observe simultanément le potentiel des points a, b et c par rapport au point commun constitué, on constate que l'on a reconstitué le réseau triphasé primaire : Le « **transformateur triphasé** » est réalisé.

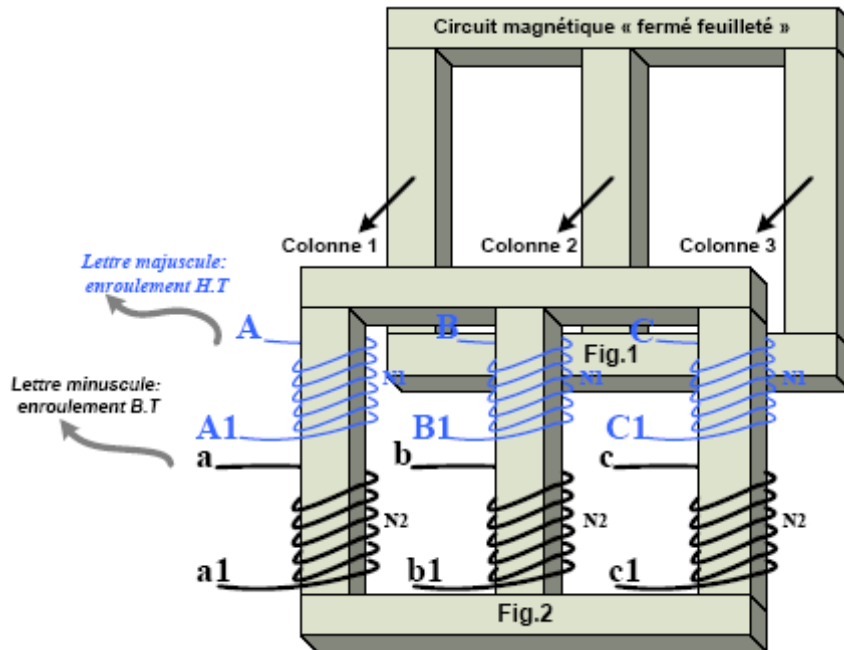


#### 2) Constitution du transformateur triphasé

Trois transformateurs monophasés permettent d'obtenir un système de tension triphasé mais cette solution a l'inconvénient d'occuper un volume trop important pour être réalisée dans un environnement industriel : Distribution de l'énergie par exemple.

La solution technologique retenue est celle présentée ci-dessous : Un circuit magnétique feuilleté fermé (**fig.1**) composé de 3 colonnes verticales qui supportent les 6 enroulements (**fig.2**) nécessaires à la réalisation du transformateur triphasé.

Dans la solution présentée chaque colonne est affectée à une phase du réseau : ainsi on remarque que le transformateur T1 est ramené à la colonne 1...etc.



#### 3) Couplage des enroulements primaires et secondaires

Le couplage des enroulements du transformateur est réalisé suivant le principe utilisé pour coupler les enroulements statoriques du moteur asynchrone triphasé.

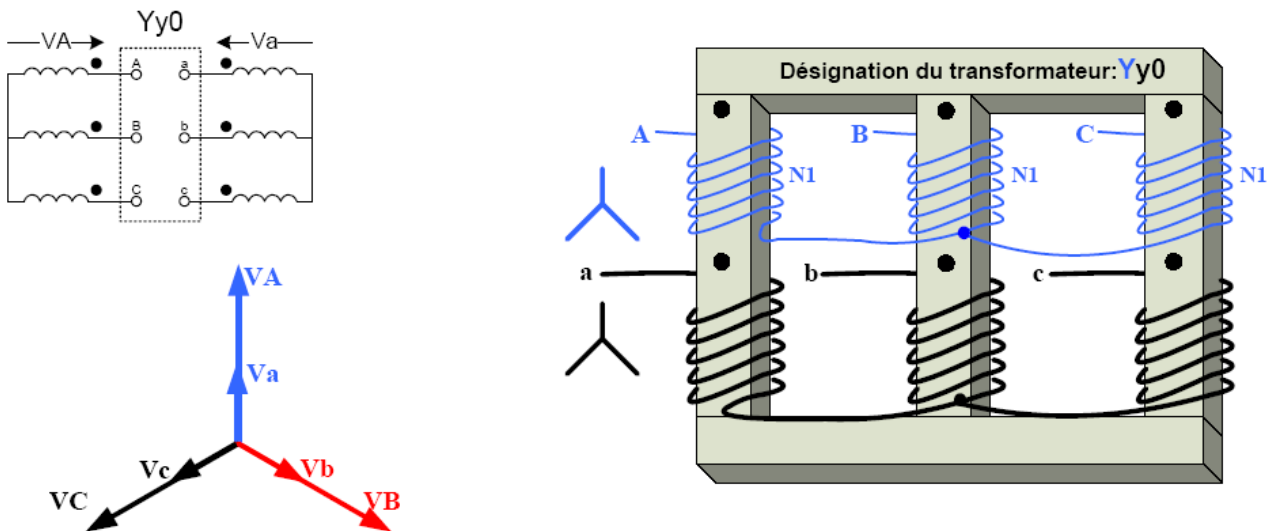
- Les enroulements primaires se couplent au choix en **Y** ou en **Δ** :
  - En respectant la tension maximale supportée par un enroulement.
  - En fonction de la tension du réseau de distribution disponible.
- Les enroulements secondaires se couplent en **Y**, **Δ** ou en **zigzag** :
  - En fonction de la valeur de la tension au secondaire que l'on veut obtenir.

| 1 <sup>ère</sup> lettre : couplage HT | 2 <sup>ème</sup> lettre : couplage BT | commentaires   |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| <b>Y : étoile</b>                     | <b>y : étoile</b>                     | Couplage utilisé en H.T pour diminuer la tension d'enroulement             |
| <b>D : triangle</b>                   | <b>d : triangle</b>                   | Couplage utilisé pour diminuer la valeur du courant dans les enroulements. |
| X                                     | <b>z : zigzag<sup>1</sup></b>         |  |

<sup>1</sup> Le couplage zigzag est utilisé en cas de débit sur charge déséquilibrée importante (transformateur de distribution) ; ce couplage est réalisé en usine et n'est pas modifiable. Il possède la particularité de répartir la surcharge sur 2 phases lors d'un déséquilibre.

Voici ci-dessous la représentation de quelques couplages utilisés ; le schéma situé sur la partie gauche montre une représentation normalisée du transformateur couplé qui est représenté sur la partie droite.

- Les bornes de raccordement des enroulements primaires et secondaires sont ramenées sur une plaque à bornes centrale (le point neutre peut être représenté dans le cas du couplage Y).
- Les enroulements qui appartiennent à une même colonne sont représentés sur le même axe horizontal : on peut considérer chaque colonne comme un transformateur monophasé.
- Les points repèrent les enroulements homologues : ils appartiennent à la même colonne et sont enroulés de manière identique.



- La représentation de Fresnel sert à déterminer « l'indice horaire » du transformateur. L'indice horaire indique la valeur du déphasage entre tensions primaires et secondaires homologues. Il n'est pas important de connaître la valeur de l'indice horaire si l'on utilise un transformateur triphasé isolé, en revanche il est impossible de coupler en parallèle 2 transformateurs qui possèdent un indice horaire différent.

Le transformateur représenté ci-dessus possède un indice horaire de **0h** : cela signifie que les tensions secondaires sont en phases avec les tensions primaires homologues : c'est vrai pour les tensions simples et composées.

Le repérage de l'indice horaire figure dans la désignation du transformateur : **Y (étoile) y (étoile) 0 (0 heure)** ; l'indice horaire se lit comme l'heure, il est obligatoirement un multiple de  $30^\circ$  : dans le cas ci dessus **Va** indique 0h.

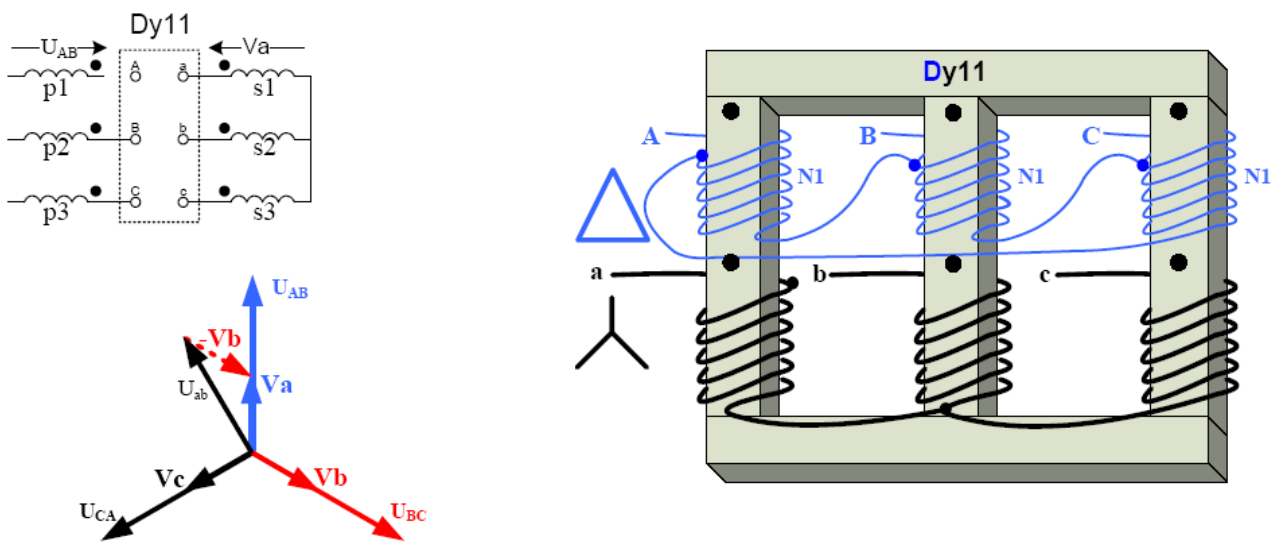
Avantage du couplage étoile :

- La tension mesurée aux bornes des enroulements est  $\sqrt{3}$  fois plus faible que la tension mesurée entre phases : non négligeable lorsqu'on travaille en H.T.

4 Inconvénient du couplage étoile :

- Un fonctionnement déséquilibré n'affecte qu'une seule phase.

Transformateur repéré Dy11 : Triangle – étoile – 11h



- En vous aidant de la vue en perspective, représentez le couplage des enroulements primaires du transformateur.

Explication de la valeur de l'indice horaire

L'enroulement primaire **p1** est raccordé entre les bornes A et B : il est soumis à  $U_{AB}$ .

L'enroulement primaire **p2** est raccordé entre les bornes B et C : il est soumis à  $U_{BC}$ .

L'enroulement primaire **p3** est raccordé entre les bornes C et A : il est soumis à  $U_{CA}$ .

L'enroulement secondaire **s1** est soumis à la tension simple  $V_a$  qui est en phase avec la tension  $U_{AB}$  ; il en est de même de  $V_b$  en phase avec  $U_{BC}$  et de  $V_c$  en phase avec  $U_{CA}$ .

En revanche, on remarque que les tensions homologues  $U_{AB}$  et  $U_{ab}$  sont déphasées de  $30^\circ$  :  $U_{ab} = V_a - V_b$  (vectoriellement).

---

L'indice horaire du transformateur lu sur la construction de Fresnel est de **11heures** :  $U_{ab}$  est en retard de  $30^\circ$  par rapport à  $U_{AB}$ .

---

Avantage du couplage triangle :

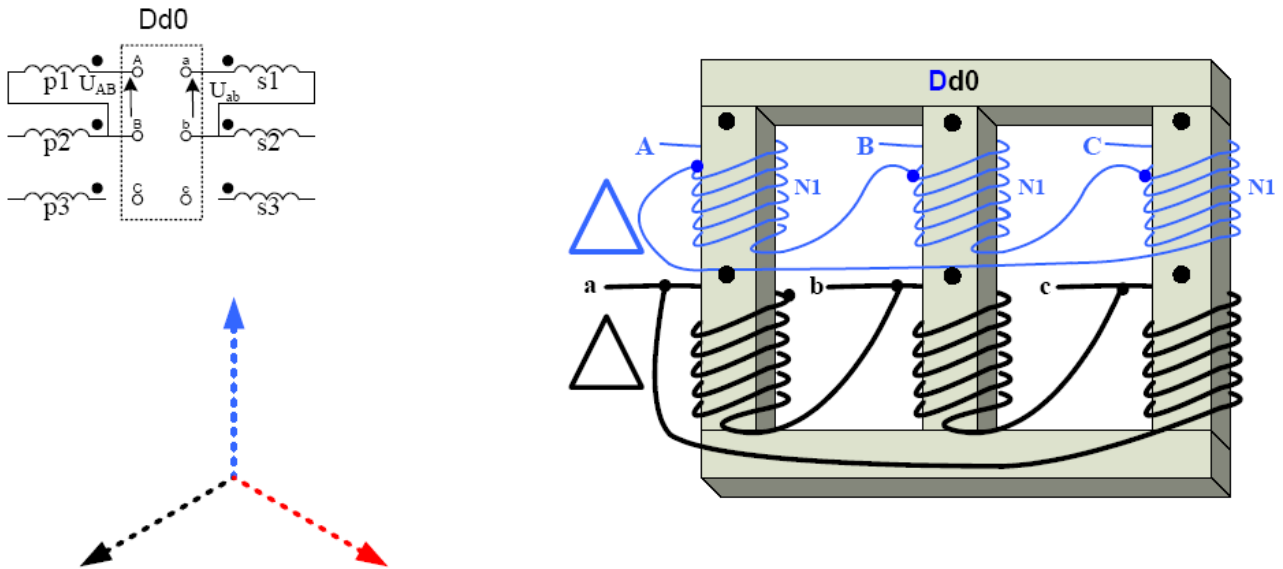
- Le courant d'enroulement est  $\sqrt{3}$  fois plus faible que le courant de ligne.

5

Inconvénient du couplage triangle :

- Ne possède pas de point neutre

Transformateur repéré Dy0 :



➤ En vous aidant de la vue en perspective, représentez le couplage des enroulements primaires du transformateur.

Explication de la valeur de l'indice horaire

L'enroulement primaire **p1** est raccordé entre les bornes : il est soumis à .

L'enroulement primaire **p2** est raccordé entre les bornes : il est soumis à .

L'enroulement primaire **p3** est raccordé entre les bornes : il est soumis à .

L'enroulement secondaire **s1** est soumis à la tension qui est en phase avec la tension  $U_{ab}$  ;

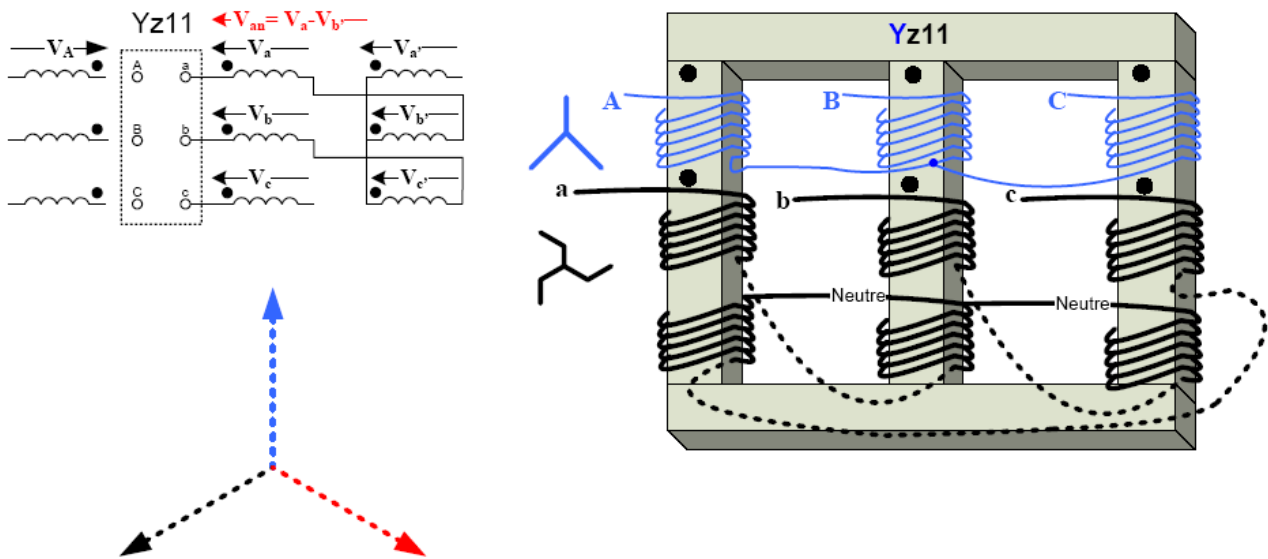
L'indice horaire du transformateur lu sur la construction de Fresnel est :  $U_{ab}$  est  $U_{AB}$ .

Transformateur repéré Yz11 : étoile – zigzag – 11heures

Le couplage zigzag permet de conserver les avantages du couplage Y (existence d'un point neutre) tout en éliminant ses inconvénients : en effet lors d'un déséquilibre en Y, une seule phase se trouve chargée. Le

## 7 Electrotechnique : Le transformateur triphasé

couplage zigzag permet de répartir le déséquilibre sur 2 phases à l'aide de ses demi-enroulements disposés en série sur 2 colonnes différentes (liaisons en pointillé sur la vue en perspective)



Explication de la valeur de l'indice horaire

Les tensions secondaires  $V_a$  et  $V_a'$  sont en phases avec la tension primaire  $V_A$ .

Les tensions secondaires  $V_b$  et  $V_b'$  sont en phases avec la tension primaire  $V_B$ .

Les tensions secondaires  $V_c$  et  $V_c'$  sont en phases avec la tension primaire  $V_C$ .

- Construisons  $V_A$ ,  $V_B$  et  $V_C$ .
- Construisons  $V_a$ ,  $V_b$  et  $V_c$ . la construction des tensions  $V_a'$ ,  $V_b'$ , et  $V_c'$  est inutile car en phase avec les précédentes.
- Construisons  $V_{an} = V_a - V_b'$  et lisons la valeur de l'indice horaire

L'indice horaire du transformateur lu sur la construction de Fresnel est :  $U_{an}$  est déphasée de  $^\circ$  par rapport à  $V_A$ .