

Le transformateur triphasé.

LA DISTRIBUTION ELECTRIQUE

Rappel:

Un <u>transformateur électrique</u> est un convertisseur qui permet de modifier les valeurs de la tension et de l'intensité du courant délivrées par une source d'<u>énergie électrique</u> (Un apport d'énergie électrique à un système électrotechnique est nécessaire pour qu'il effectue un travail :...) alternative en un système de tension et de courant de valeurs différentes mais de même <u>fréquence</u> et de même forme. Il effectue cette transformation avec un excellent rendement.

Dans un **transformateur**, l'<u>énergie</u> est transférée du primaire au secondaire par l'intermédiaire du <u>circuit magnétique</u>⁽¹⁾ que constitue la carcasse du transformateur. Ces deux circuits sont alors magnétiquement couplés. Ceci permet de réaliser un isolement galvanique entre les deux circuits.

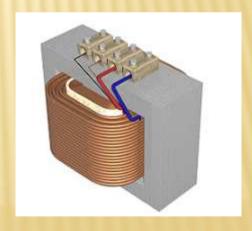
Il est constitué de deux parties essentielles, le circuit magnétique et les enroulements.

Le circuit magnétique

Le circuit magnétique (1) d'un transformateur est soumis à un champ magnétique variable au cours du temps. Pour les transformateurs reliés au secteur de distribution, cette fréquence est de 50 ou 60 Hertz.

Le circuit magnétique est généralement feuilleté pour réduire les pertes par courants de Foucault, qui dépendent de l'amplitude du signal et de sa fréquence.

Pour les transformateurs les plus courants, les tôles empilées ont la forme de E et de I, permettant ainsi de glisser une bobine à l'intérieur des *fenêtres* du circuit magnétique ainsi constitué.



(1) Un circuit magnétique est un circuit généralement réalisé en matériau ferromagnétique au travers duquel circule un flux magnétique.

Rapport de transformation : m

Dans un transformateur monophasé parfait, il n'y a aucune perte

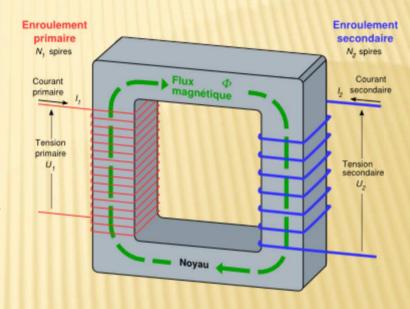
Le primaire est constitué de N1 spires.

Le secondaire est constitué de N2 spires.

On appelle U1 et U2 les tensions efficaces primaire et secondaire.

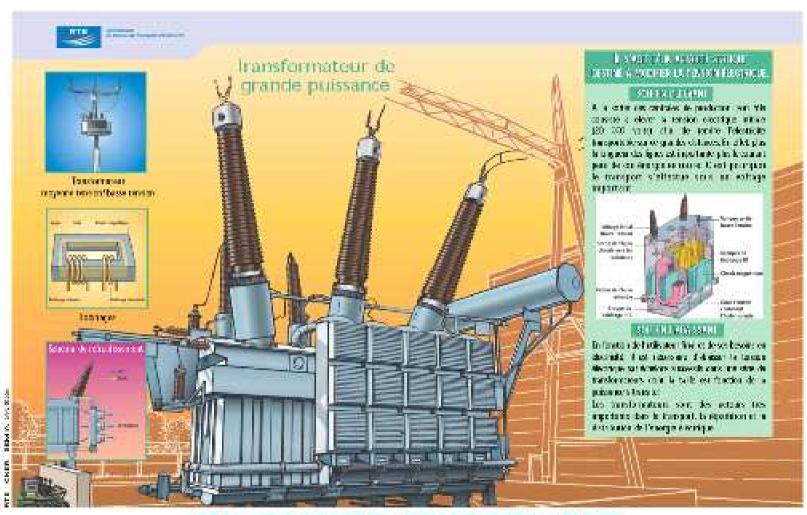
On appelle I1 et I 2 les intensités efficaces primaires et secondaires.

Le rapport du nombre de spires primaires sur le nombre de spires secondaires détermine totalement le rapport de transformation du transformateur.



Rapport de transformation **m** :
$$m = \frac{N_2}{N_1}$$
 ou $m = \frac{U_2}{U_1}$ ou $m = \frac{I_1}{I_2}$

Exemple: Un transformateur dont le primaire comporte **230 spires** alimenté par une tension sinusoïdale de **230 V** de <u>tension efficace</u>, le secondaire qui comporte **12 spires** présentera à ses bornes une tension sinusoïdale dont la valeur efficace sera égale à **12 V**.

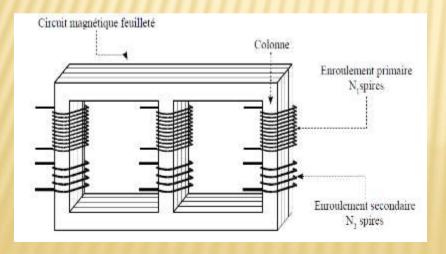


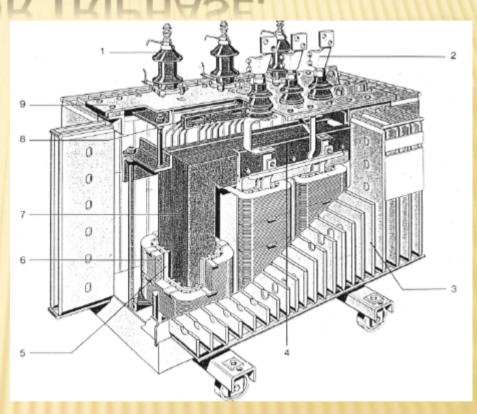
LE TRANSFORMATEUR

Dans les <u>réseaux électriques triphasés</u>, on pourrait parfaitement envisager d'utiliser 3 transformateurs, un par phase. Dans la pratique, l'utilisation de transformateurs triphasés (un seul appareil regroupe les 3 phases) est généralisée : cette solution permet la conception de transformateurs bien moins coûteux, avec en particulier des économies au niveau du circuit magnétique.

Constitution d'un transformateur triphasé:

Sur chaque colonne du circuit magnétique feuilleté, on dispose un enroulement primaire de N1 spires et un enroulement secondaire de N2 spires.





- 1 Traversée Haute tension
- 2 Traversée Basse tension
- 3 Ailettes de refroidissement
- 5 Isolation
- 6 Enroulement
- 7 Empilage de tôle

L'association d'un mode de connexion du primaire avec un mode de connexion du secondaire caractérise un couplage.

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

| Branchement | Etoile | Triangle | Zigzag |
|-------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Schéma | 7000000 N | 1 2 3 | 1 2 3 N |
| Symbole | 人 | Δ | 1 |
| Lettre | Y ou y | D ou d | Z ou z |
| Remarques | Simple, robuste et adapté aux très hautes tensions | Plus adapté aux courants importants | Utilisé côté secondaire des transformateurs de distribution |

Si le point neutre des enroulements en étoile ou en zigzag est accessible pour être raccordé, les désignations deviennent YN ou ZN et yn ou zn.

Que désigne-ton par : Indice horaire d'un transformateur

C'est un nombre qui désigne sur un cadran horaire le déphasage entre la tension secondaire et la tension primaire entre bornes homologues, la HT étant prise comme référence.

Quel intérêt présente la connaissance de l'indice horaire

L'indice horaire est à considérer dans le cas du couplage en parallèle de transformateur.

Comment déterminer schématiquement l'indice horaire

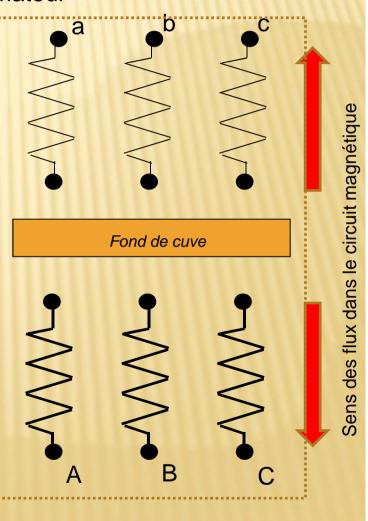
Par convention

Les bobines du haut représentent la BT avec les entrées repérées a, b, c de la gauche vers la droite.

Les bobines du bas représentent la HT avec les entrées repérées A, B, C de la gauche vers la droite

Le développement du schéma est tel que les bornes A,B,C et a,b,c se trouvent vers le haut de la cuve (bornes de branchements seulement accessibles).

Les sens de la représentation des flux magnétiques sont opposés car le transformateur est ouvert.



Transformateur ouvert

Détermination de l'indice horaire

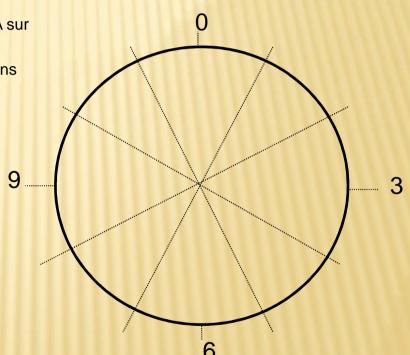
Repérer arbitrairement par des signaux ou des flèches le sens des flux primaires et secondaires.

Porter sur un cadran horaires les 3 flux de HT en plaçant A sur le zéro, B sur le 4, C sur le 8.

Porter sur le même cadran les 3 flux BT dans le même sens que les tensions primaires qui les ont engendrées.

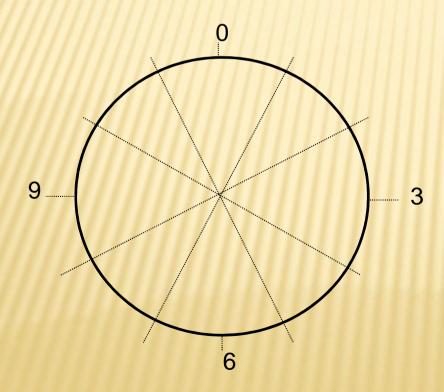
La HT étant couplée en triangle, les tension aux bornes des bobinages HT sont des tensions composées (entre phases)

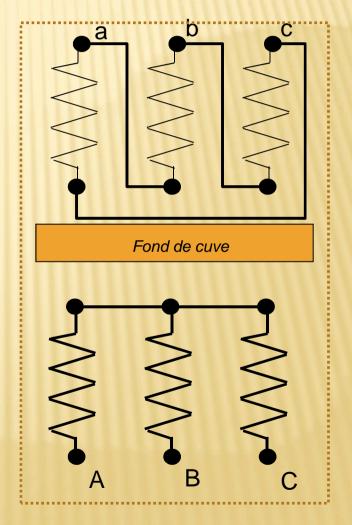
La BT étant couplée en étoile, les tensions aux bornes des bobines BT sont des tension simples (entre phase et neutre)



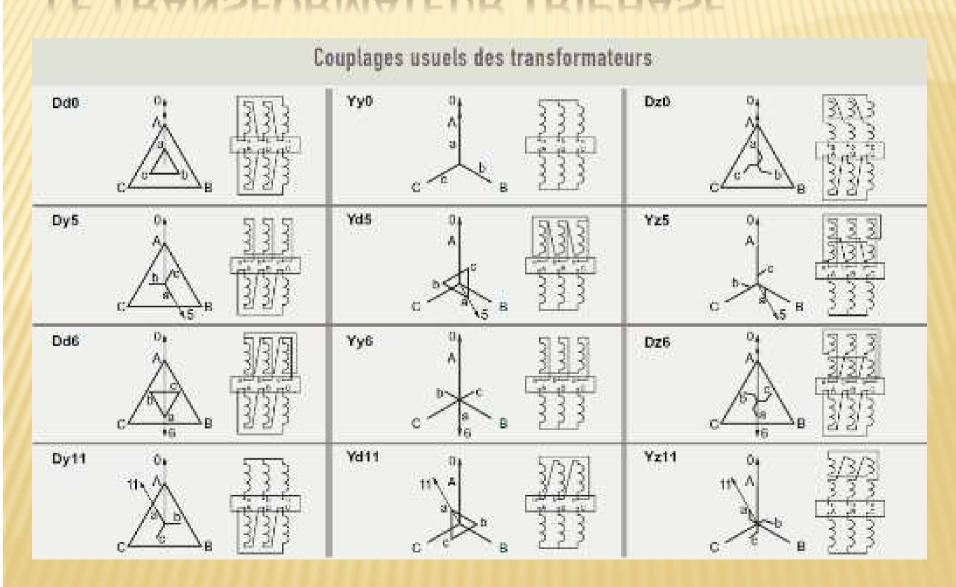
Détermination de l'indice horaire Yd11

Le potentiel A étant pris comme référence, la position du potentiel a donne l'indice horaire.





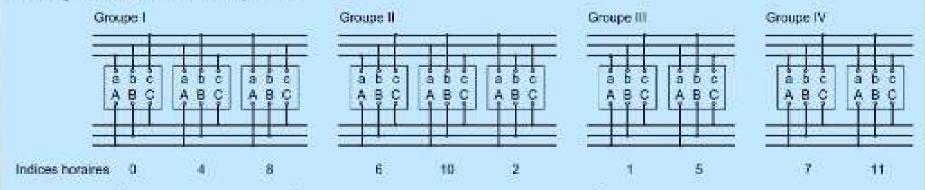
Transformateur ouvert



La mise en marche en parallèle de transformateurs peut être nécessaire afin de répondre à l'augmentation de la demande de la puissance à fournir.

Pour que deux transformateurs triphasés puissent fonctionner en parallèle, il faut que ceux-ci aient :

- un rapport de leur puissance ≤ 2
- des caractéristiques de tensions égales (rapport de transformation)
- des caractéristiques de court-circuit égales (% de tension)
- des branchements étoile, triangle compatibles
- des indices horaires identiques (liaisons bornes à bornes) ou appartenant au même groupe de couplage si le régime d'utilisation est équilibré.



Des possibilités de marche en parallèle de transformateurs de groupes différents sont possibles en modifiant connexions ou branchements, mais elles devront être impérativement soumises à l'approbation des constructeurs.