

Quels sont les organes magnétiques ?

1 Un circuit magnétique fixe



Quels sont les organes électriques ?

2 Les enroulements primaire et secondaire

3 Les bornes haute tension

4 Les bornes basse tension

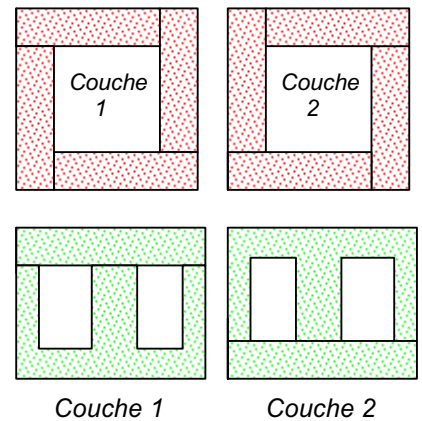
5 Le système de réglage des tensions

6 - Comment est il fabriqué ?

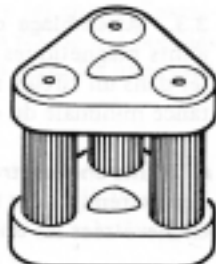
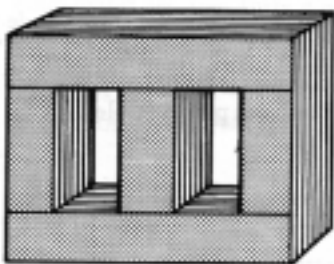
6.1 Le circuit magnétique

Conditions à remplir	Solutions retenues
* Canaliser le flux	* Tôles d'acier au silicium, pertes 1 à 1,6 w/kg pour une induction de 1 T
* Présenter le minimum de pertes par hystérésis et courant de Foucault	* Tôles à cristaux orientés, pertes 0,55 w/kg pour une induction de 1 T
	* Ces tôles ont une épaisseur de 0,35mm et isolées sur une face par oxydation superficielle
	* Adoption de formes permettant de canaliser le maximum de flux.

Transformateur monophasé



Transformateur triphasé



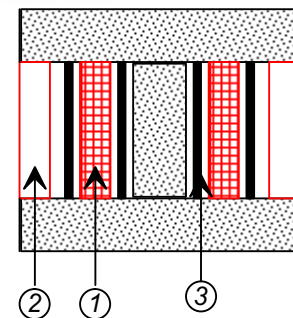
Transfo ISOCEM



Circuit magnétique d'un transformateur de puissance complet avec sa culasse montée

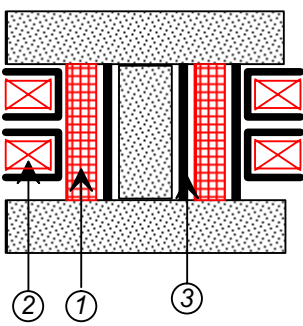
6.2 Le circuit électrique

Conditions à remplir	Solutions retenues
* Produire le flux inducteur (primaire)	* Cuivre électrolytique émaillé
* Produire la FEM induite (secondaire)	* Techniques de bobinages adaptées en fonction des tensions à produire. (concentrique, mixte, alterné)
* Nécessité d'isoler les enroulements entre eux ainsi que par rapport à la masse	* Utilisation de diélectriques adaptés (de l'air, de l'huile, du quartz, du pyralène)



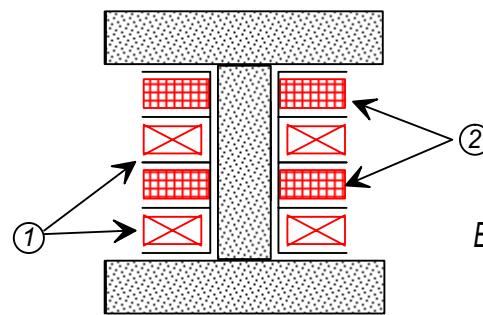
BOBINAGE CONCENTRIQUE

- 1 : Enroulement BT près du fer disposé sur un cylindre isolant
- 2 : Enroulement HT à l'extérieur pour faciliter l'isolement
- 3 - Cylindres isolants



BOBINAGE MIXTE

- 1 : Enroulement BT en tonneau
- 2 : Enroulement HT en galettes
- 3 - Séparations isolants



BOBINAGE ALTERNE EN GALETES

- 1 : Enroulement BT
- 2 : Enroulement HT

6.3 Les organes mécaniques




Conditions à remplir	Solutions retenues
<ul style="list-style-type: none"> * Protéger mécaniquement la partie active * Contenir le diélectrique et son système de refroidissement * Supporter le circuit magnétique * Fixer les traversées * Permettre la manutention 	<ul style="list-style-type: none"> * Une cuve et un couvercle en tôle d'acier soudé
<ul style="list-style-type: none"> * Refroidir 	<ul style="list-style-type: none"> * Refroidissement dans l'air avec ventilation naturelle ou forcée * Refroidissement dans l'huile avec radiateur séparé ou non de la cuve * Refroidissement avec hydroréfrigérant (Echangeur eau , huile)
<ul style="list-style-type: none"> * Raccorder 	<ul style="list-style-type: none"> * Traversées isolantes (Isolateur en verre ou en porcelaine , tige conductrice en cuivre, bride de fixation et joint d'étanchéité)



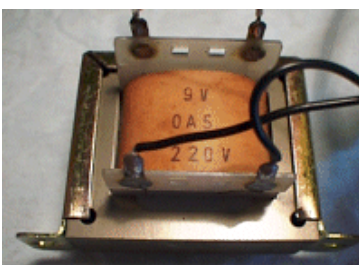
Transformateur 10 MVA 63KV / 20 KV avec refroidissement forcé dans l'huile .

7 - Les domaines d'emploi

L' utilisation des transformateurs est extrêmement vaste .

-  Dans les applications domestiques , on les trouve principalement dès que l'on désire obtenir de très basses tensions (matériel électronique ou tensions de sécurité) à partir de la basse tension du réseau .
-  Dans le domaine de la mesure électrique , on trouvera des transformateurs de courant ou de tension
-  Dans le domaine du transport de l'énergie , on utilisera en sortie de centrales des transformateurs élévateurs de façon à réduire les pertes joules ceci pour une puissance transportée déterminée et des transformateurs abaisseurs pour distribuer l'énergie aux abonnés .

8 - Construction des petits transformateurs

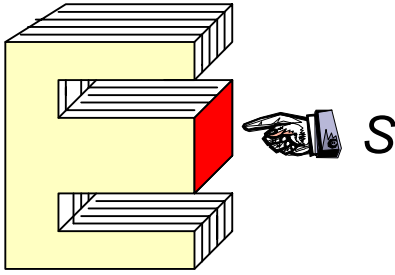


La puissance de ces transformateurs est généralement comprise entre 5 et 1000 VA.

- Les données :
- * La tension primaire (généralement celle du réseau) U1
 - * La tension d'utilisation secondaire U2
 - * La puissance nécessaire au secondaire S2

*** Section du circuit magnétique**

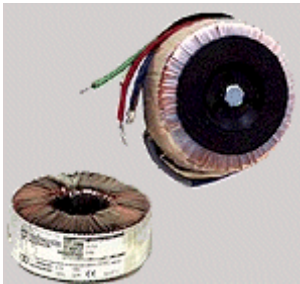
Elle est liée à la puissance à transmettre : On adopte la relation $S = 1,2 \cdot \sqrt{S_2}$ avec S (section de la branche centrale en cm^2) et S_2 (puissance apparente en VA)



Exemple : Pour un transfo de 64 VA $\Rightarrow S = 9,6 cm^2$
On majore cette section de 10 % à cause du foisonnement des tôles , soit $S = 10,56 cm^2$

*** Nombre de spires**

Le calcul s'effectue en appliquant la formule de Boucherot : $E = 4,44 \cdot N \cdot B \cdot S \cdot f$
Pour des tôles ordinaires : $B = 1,2 T$ est une valeur couramment employée



Nombre de spires au primaire : N_1

$$N_1 = \frac{230 \cdot 10^4}{1,2 \cdot 4,44 \cdot 10,56 \cdot 50} = 817 \text{ spires}$$

Nombre de spires au secondaire : N_2 (on considèrera une tension U_2 de 24 volts)

Remarque: La tension à vide U_2 doit être majorée de la chute de tension en charge qui dépend de la puissance du transformateur

S (VA)	5	10	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Chute de tension en % u	20	17	15	12	10	9	8	7,5	7	6,5	6

$$U_2 v = U_2 + u = 24 + 2,88 = 26,88 \text{ volts}$$

$$N_2 = (U_2 v / U_1) \cdot N_1 = (26,88 / 230) \cdot 817 = 96 \text{ spires}$$

*** Section et diamètre des conducteurs**

Remarque : On doit tenir compte des pertes pour déterminer l'intensité absorbée au primaire , ce qui conduit à estimer le rendement du transformateur

S (VA)	25	50	100	200	300	400	500	700	1000
Rendement en %	76	84	85	86	88	90	90,5	91	92

$$I_1 = 64 / 230 \cdot 0,84 = 0,33 A \quad I_2 = 64 / 24 = 2,66 A$$

La section des conducteurs sera déterminée en fonction de l'intensité circulant dans ceux - ci et de la densité de courant admissible qui est déterminée par la puissance apparente du transformateur .

S en VA	Densité de courant j en A / mm^2
0 à 50	4
50 à 100	3,5
100 à 200	3
200 à 500	2,5
500 à 1000	2

$$S_1 = I_1 / j = 0,33 / 3,5 = 0,094 mm^2$$

$$S_2 = I_2 / j = 2,66 / 3,5 = 0,76 mm^2$$

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{S_1 / 3,14} = 0,34 mm .$$






Nous utiliserons du fil émaillé de 4/10

$$d_2 = 2 \cdot \sqrt{S_2 / 3,14} = 0,98 mm .$$

Nous utiliserons du fil émaillé de 10/10

9 - Détermination de la puissance d'un transformateur d'équipement

Exemple : Soit une armoire de commande de machine outil comportant :

-  10 Contacteurs pour moteurs de 3 cv , puissance de maintien : 7,5 VA
-  4 Contacteurs pour moteur de 25 cv , puissance de maintien : 32 VA
-  1 Contacteur pour moteur de 180 cv , puissance de maintien : 84 VA
puissance d'appel : 1830 VA
-  25 Relais de télécommande , puissance de maintien : 4 VA
-  45 Voyants de signalisation , consommation : 1 VA

Détermination de la puissance d'appel : P_{appel}

$$P_{appel} = 0,8 (\text{somme } P_m + \text{somme } P_v + P_a)$$

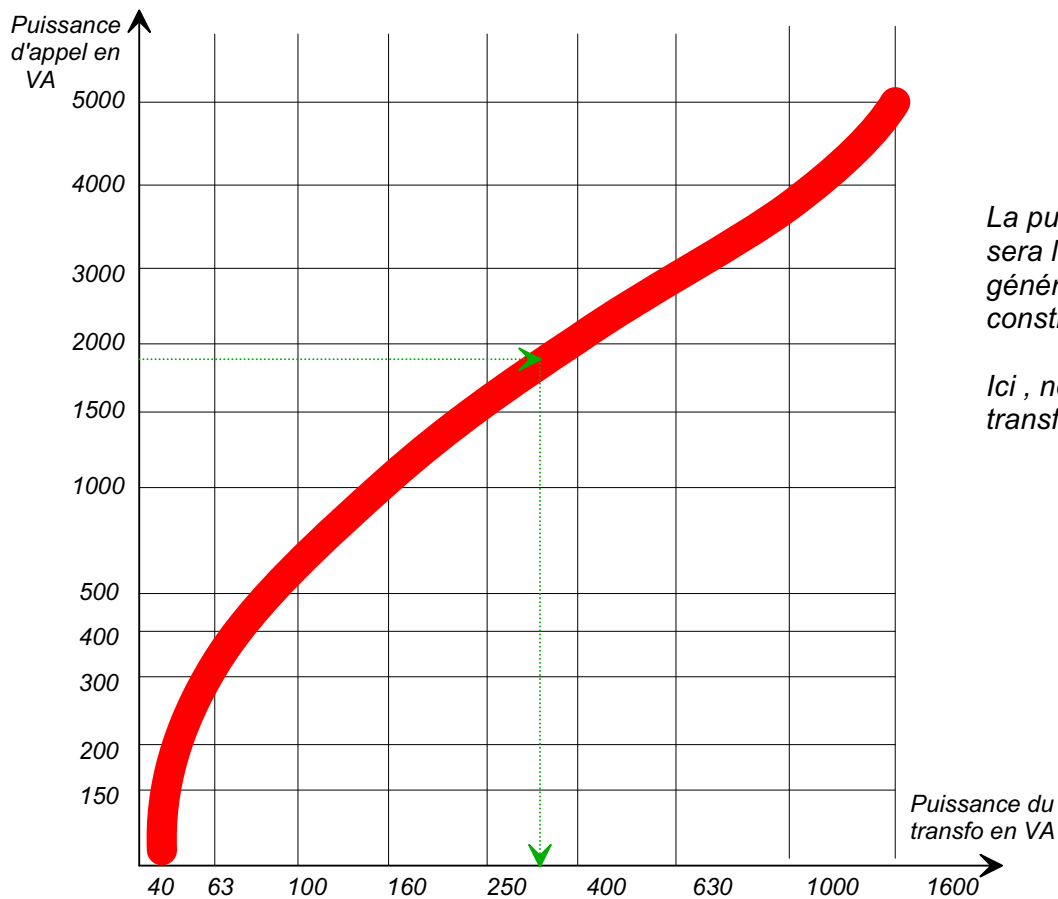
Avec P_m : Puissance de maintien

P_v : Puissance voyant

P_a : puissance d'appel du plus gros contacteur

$$P_{appel} = 0,8 (10 \cdot 7,5 + 4 \cdot 32 + 84 + 25 \cdot 4 + 45 \cdot 1 + 1830)$$

$$P_{appel} = 1810 \text{ VA}$$



La puissance du transformateur sera lue sur la courbe ci - contre généralement donnée par le constructeur (LEGRAND)

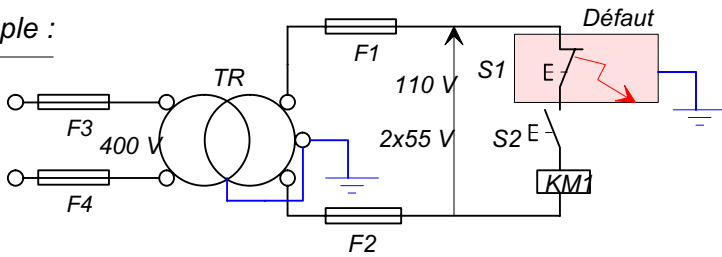
Ici , nous choisirons un transformateur de 400 VA

10 - Alimentation des circuits de commande de machines outils

Problème : La longueur de câblage dans les équipements de commande justifie souvent l'emploi d'une tension supérieure à la tension limite de sécurité dans les locaux secs : 50 v .
(Problèmes de chute de tension)

Pour conserver une protection efficace contre les contacts de type indirect , il est possible d'utiliser un transformateur à point milieu dont celui - ci est relié à la masse , elle même reliée à la terre . Ainsi , tout défaut d'isolement sera transformé en défaut de court - circuit .

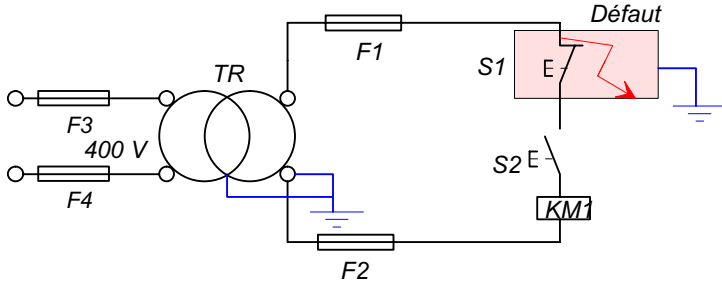
Exemple :



- * Tension d'alimentation de la bobine de KM1 : 110 Volts
- * TR : Transformateur possédant deux enroulements secondaires de 55 volts

* Si un défaut d'isolement apparaît sur S1 , un des enroulement secondaire de TR sera mis en court - circuit, le fusible F1 va fondre .

Autre solution : Relier un point secondaire du transformateur à la masse , elle même reliée à la terre



* Si un défaut d'isolement apparaît sur S1 , le secondaire de TR est mis en court - circuit , le fusible F1 va fondre .

Remarque : Le transformateur étant un récepteur de type inductif, il est impératif de protéger le primaire de celui - ci par des fusibles de type AM ou à défaut de poser des fusibles de type G1 surcalibrés à 4 fois l'intensité nominale primaire .

Le secondaire sera lui protégé par des fusibles de type G1 calibrés à l'intensité nominale secondaire , le phénomène d'auto - induction étant beaucoup plus faire qu'au primaire

11 - Maintenance industrielle

Pour les transformateurs d'équipement , elle se limite essentiellement aux mesures des résistances d'isolement , ainsi que la mesure de ou des tensions secondaires .

	<p>Conditions de mesures :</p> <p>Transformateur hors tension et déconnecté de sa charge</p> <p>Appareil utilisé :</p> <p>Mégohmmètre délivrant une tension d'essai de 1000 volts</p> <p>Résultat attendu :</p> <p>* Chacune des trois mesures ne doit pas donner une valeur ohmique inférieure à 1 mégohm</p>	
<p>Mesure des résistances d'isolement</p>		<p>Cal V : > ou égal à U2</p> <p>Mesure de la tension secondaire en charge</p>

Quelques causes de dysfonctionnement

Symptômes	Causes possibles
* Pas de tension au secondaire bien que le primaire soit normalement alimenté	<ul style="list-style-type: none"> * Enroulement secondaire coupé (Rebobinage) * Enroulement primaire coupé (Rebobinage) * Enroulements secondaires montés en série et dont les forces magnéto - motrices sont égales et opposées (Inverser un enroulement secondaire)
* Tension secondaire anormalement basse	<ul style="list-style-type: none"> * Primaire sousalimenté * Spires de l'enroulement secondaire en court - circuit (Rebobinage) * Secondaire en surcharge (Prévoir un transfo plus puissant) * Fuites magnétiques (Rare , voir le serrage des tôles)
* Tension secondaire anormalement élevée	<ul style="list-style-type: none"> * Primaire suralimenté * Spires de l'enroulement primaire en court - circuit (Rebobinage) * Défaut d'isolement entre les enroulements primaire et secondaire