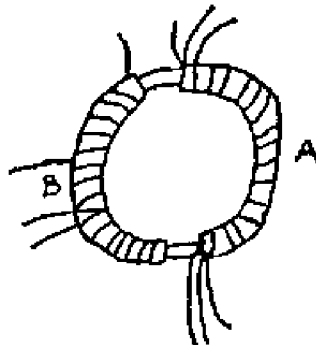


LES TRANSFORMATEURS

Un peu d'histoire :

En **1820**, **Hans Christian Oersted**, physicien danois a découvert qu'un conducteur véhiculant un courant génère un champ magnétique. Quelques années plus tard, en 1830, **Josef Henry** donna corps aux notions d'induction et de self-induction. Entre les mois d'août et de novembre 1831 l'anglais **Michael Faraday** procéda à une série d'expériences avec un appareil constitué d'un anneau de fer et d'enroulements de fil de cuivre isolé.



En **1884** **Lucien Gaulard (1850-1888)**, jeune électricien français, chimiste de formation, présente à la Société française des Electriciens un "générateur secondaire", dénommé depuis transformateur. Devant le scepticisme de ses compatriotes, il s'adresse à l'anglais **Gibbs** et démontre le bien-fondé de son invention à Londres.



En **1883**, **Lucien Gaulard et John Dixon Gibbs** réussissent à transmettre pour la première fois, sur une distance de 40 km, du courant alternatif sous une tension de 2000 volts à l'aide de transformateurs avec un noyau en forme de barres.

En **1884** Lucien Gaulard met en service une liaison bouclée de démonstration (133 Hz) alimentée par du courant alternatif sous 2000 volts et allant de Turin à Lanzo et retour (80 km). On finit alors par admettre l'intérêt du transformateur qui permet d'élever la tension délivrée par un alternateur et facilite ainsi le transport de l'énergie électrique par des lignes à haute tension. La reconnaissance de Gaulard interviendra trop tardivement.

Entre-temps, des brevets ont été pris aussi par d'autres. Le premier brevet de Gaulard en 1882 n'a même pas été délivré en son temps, sous prétexte que l'inventeur prétendait pouvoir faire "quelque chose de rien" !

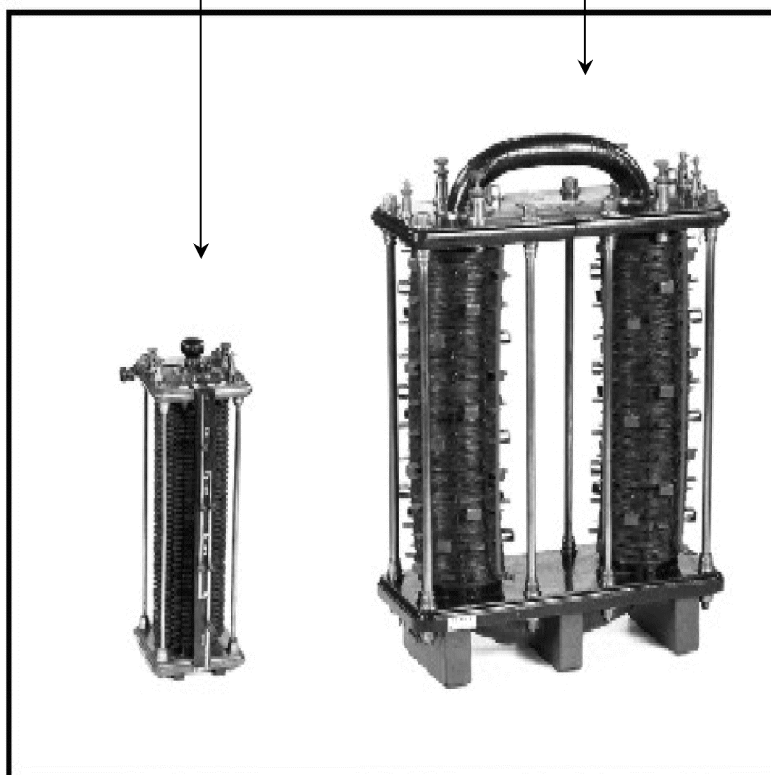
Gaulard attaque, perd ses procès, est ruiné, et finit ses jours dans un asile d'aliénés. Le transformateur de Gaulard de 1886 n'a pas grand chose à envier aux transformateurs actuels, son circuit magnétique fermé (le prototype de 1884 comportait un circuit magnétique ouvert, d'où un bien médiocre rendement) est constitué d'une multitude de fils de fer annonçant le circuit feuilleté à tôles isolées.

Ainsi, en 1885, les Hongrois Károly Zipernowsky, Miksá Déry et Otto Titus Bláthy mettent au point un transformateur avec un noyau annulaire commercialisé dans le monde entier par la firme Ganz à Budapest.

Dans le même temps aux USA, W. Stanley développe également des transformateurs.

**Premier transformateur
linéaire
de Lucien Gaulard .**

**Transformateur de Lucien
Gaulard (1886) à circuit
magnétique fermé.**



Définition :

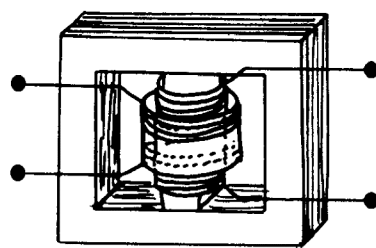
Un transformateur est un organe statique d'adaptation, permettant à puissance égale, au rendement près, d'adapter la tension et l'intensité d'une source primaire alternative à la (ou aux) tension(s) et intensité(s) d'un (ou de plusieurs) secondaire(s), sans modification de la fréquence appliquée à l'entrée.

1. Formes

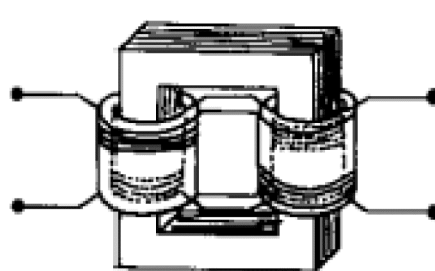
De nos jours les transformateurs ont de multiples apparences selon les noyaux magnétiques utilisés ou les puissances mises en jeu.

On trouve essentiellement les deux montages suivants :

Les transformateurs cuirassés, les transformateurs à colonnes, les transformateurs sur tores étant une variante du montage type « colonne ».



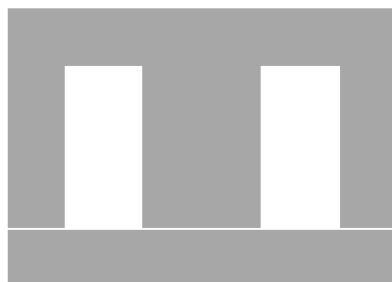
« Type cuirassé »



« Type colonne »

2. Circuits magnétiques

→ Les circuits magnétiques à tôles d'acier



Les circuits magnétiques les plus utilisés encore aujourd'hui sont les tôles d'acier à très faible teneur en carbone, comportant du silicium (de 1 à 6%), laminées et recuites, d'une épaisseur de 0,5mm pour des tôles dont le coefficient de pertes de **2,6W/kg** mesuré sous une induction de 1 tesla à la fréquence de 50Hz, et de 0,35mm pour un coefficient de pertes de **1,6W/kg**.

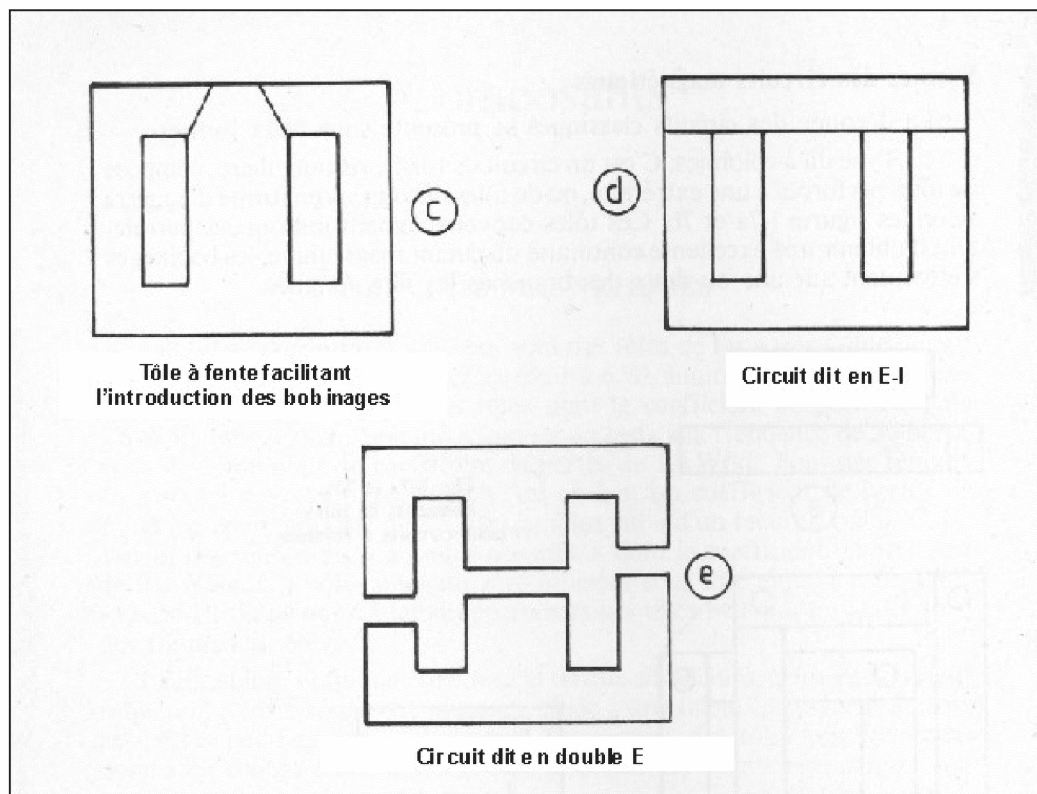
Pour des teneurs en carbone de l'ordre de 0,005%, on obtient un coefficient de pertes de **1,2W/kg** ; par laminage à froid de ces tôles suivi d'un recuit à 1200°C, on obtient des tôles dites à **grains orientés** dont le coefficient de pertes est de **0,6W/kg**.

Ces tôles peuvent être utilisées sous une induction de 1,9T sous 50Hz.

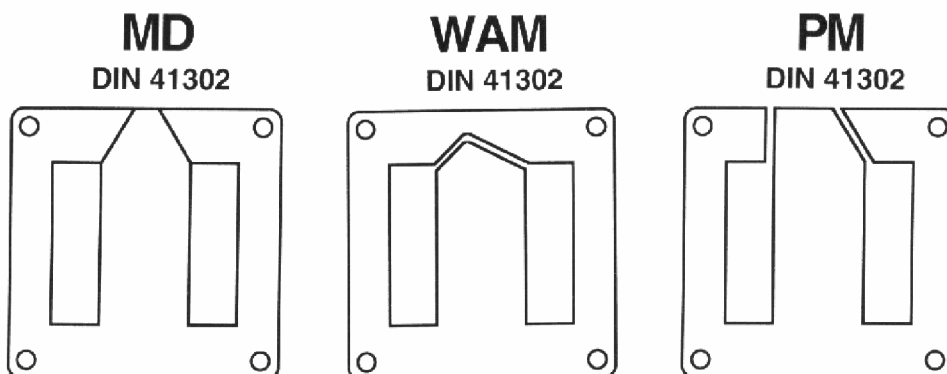
Sous de très faibles épaisseurs ces tôles peuvent travailler sous des fréquences élevées. La résistance ohmique des tôles croît avec la teneur en **silicium**, de même que leur fragilité. La forte résistance ohmique allée à une faible épaisseur réduisent les pertes par courant de Foucault, l'isolement des tôles primitivement assuré par collage d'une mince feuille de papier est maintenant obtenu, soit par vernissage soit par oxydation.

Formes des circuits magnétiques à tôles d'acier :

On rencontre communément les 3 formes suivantes :

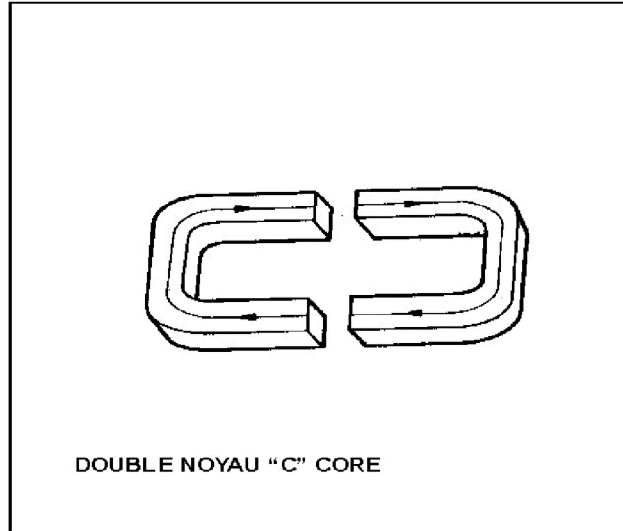


Il existe une multitude de modèles selon les fabricants améliorant soit le montage soit le parcours du champ magnétique.



L'inconvénient majeur de ces circuits est l'entrefer créé par l'imbrication et les ruptures, dans ce cas inévitable par ce type de montages, du chemin magnétique et donc les fuites magnétiques engendrées.

→ Les noyaux « C » core :



Les circuits coupés se composent d'un enroulement de bandes de feuillards en acier chargés de silicium à grains orientés cuits au four sous atmosphère protégée, découpés dans le sens du laminage, d'une épaisseur de 0,1mm à 0,4mm, recouverts d'une très légère couche d'oxyde, assurant l'isolation entre bandes.

Ces feuillards sont enroulés en forme de tore aplati collés et coupés, puis rectifiés afin d'assurer le minimum d'entrefer

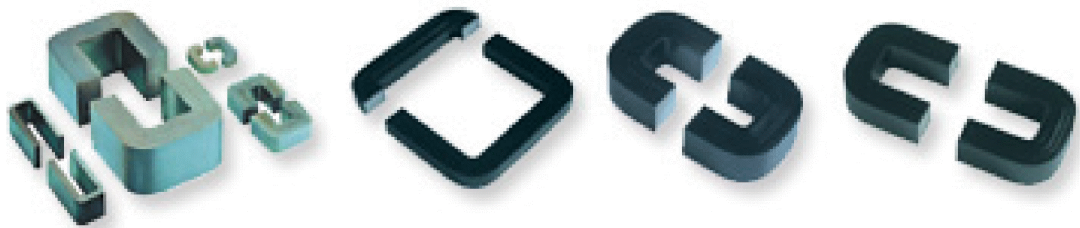
L'imprégnation est effectuée sous vide en utilisant de la résine à grande viscosité.

Un polissage fin des surfaces assure une très grande performance de ces noyaux qui présente de faibles pertes fer et une saturation élevée.

Après introduction des bobinages, les deux parties sont assemblées et maintenues en position par cerclage.

Ces noyaux sont beaucoup utilisés dans la fabrication de transformateur 400Hz pour l'aviation notamment.

L'appellation « C » vient simplement de la forme en C du circuit :



Il existe également des circuits E :



Exemples de caractéristiques : (« E » core)

Code	thickness (mm)	Frequency	Material iron loss (W/kg @ 1.7T/50Hz)
23ZH90	0.23	50 Hz	0.9
23ZH100	0.23	50 Hz	1.0
27ZH100	0.27	50 Hz	1.0
30ZH120	0.30	50 Hz	1.2
30Z130	0.30	50 Hz	1.3
M3	0.27	50 Hz	1.3
M4	0.27/0.30	50 Hz	1.4
M5	0.30	50 Hz	1.5
M6	0.30	50 Hz	1.65
0.10mm	0.10	400 Hz	6, at 400Hz

On peut trouver d'autres formes de ces noyaux comme par exemple les **noyaux « R »** ou des formes plus exotiques selon les objectifs des transformateurs à réaliser.

Les noyaux magnétiques type « C » Core offrent un **excellent rendement** dès l'instant que **l'assemblage des deux parties est parfaitement réalisées** et permettent de réduire nettement l'encombrement par rapport aux solutions à tôles jointes.

Ce qui fait également leur succès c'est la possibilité d'utiliser les mêmes carcasses et donc les mêmes machines de bobinages que pour les circuits à tôles jointes.

Ce type de circuits magnétiques couvrent une plage de puissance allant communément de **10W à 1000W** .

En comparaison avec les circuits E+I tôles, les circuits « C » Core sont **30% plus petits**, **40% plus légers**, ont des **pertes magnétiques inférieures de 90%**, une élévation de température inférieure de 50%, une longueur moyenne de bobinage réduite de 10% .