

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Le cours de F6KGL

présenté par F6GPX

Technique

Chapitre 3 - Première partie

Transformateurs, piles et accumulateurs

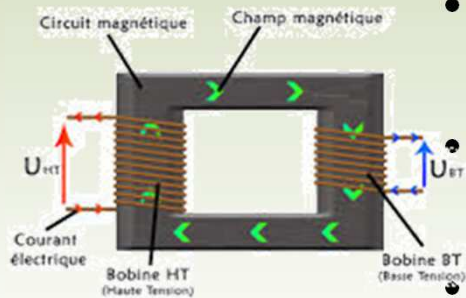
Ce document a servi pour le cours enregistré le **23/03/2018**.

Ce document (*PDF*), le fichier audio (*MP3*) et les liens des vidéos (*Youtube*) sont disponibles sur la page <http://f6kgl-f5kff.fr/lespodcasts/index.html>

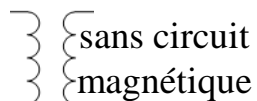


3-1) Transformateurs

- Un transformateur est composé d'au moins **deux enroulements** bobinés autour d'un **même circuit magnétique**
- Le transformateur est un cas particulier de **bobines couplées** et est adapté aux courants sinusoïdaux.
- L'énergie est appliquée sur le **primaire** et est récupérée sur le ou les **secondaires**.
- Un transformateur possède plusieurs caractéristiques :



- le **nombre de spires** donne le rapport de transformation N (des tensions : élévateur ou abaisseur)
- la **puissance** utile délivrée au(x) secondaire(s) du transformateur est exprimée en VA (et non pas en watts)
- le **rendement** η (êta) d'un transformateur parfait est de 100% : toute l'énergie présente sur le primaire est transférée sur le secondaire



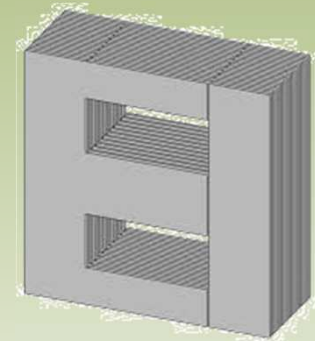
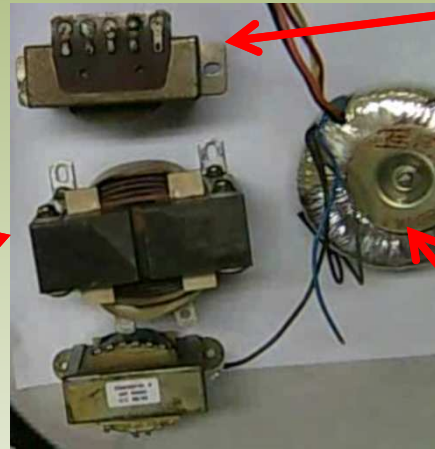
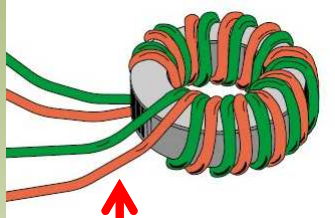
*voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF de mai 2010*

et les pages 88 à 105 de l'annexe au cours réalisée par Gérard F4FPS



3-1) Transformateurs

• Quelques transformateurs



Transfo HF avec ou sans ferrite

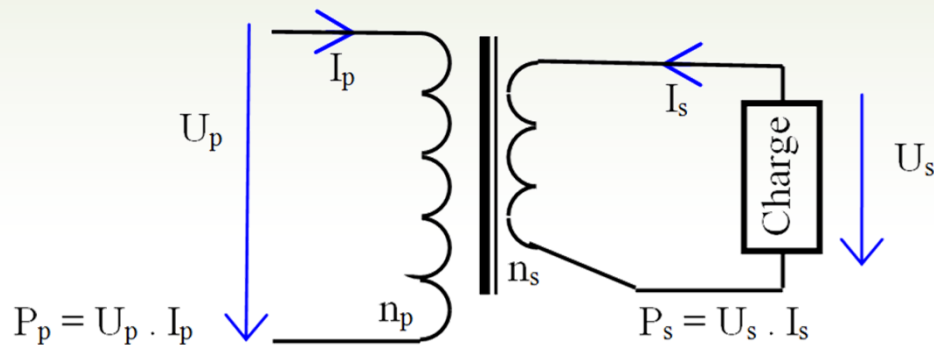
Transfo BF

Transfo torique

Transfo secteur et son noyau en fer doux de type « E I »

Formules du transformateur parfait (ou idéal)

• $U_s / U_p = n_s / n_p = N$ et $I_s / I_p = n_p / n_s = 1/N$



Couples de rapports proportionnels

N	U_s	I_p	n_s	$\sqrt{Z_s}$
1	U_p	I_s	n_p	$\sqrt{Z_p}$

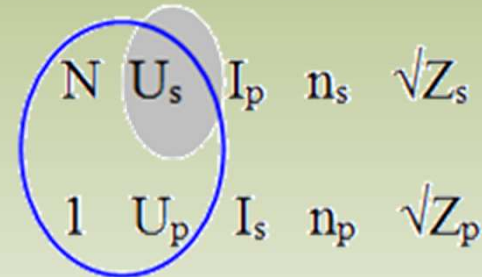


3-1) Transformateurs

- **Exemple 1** : un transformateur, alimenté en 282 Vmax à son primaire, a un rapport de transformation de 1/10. Quelle sera la tension efficace mesurée au secondaire ?

$$U_p = 282 \text{ Vmax} \times 0,707 = 200 \text{ Veff}$$

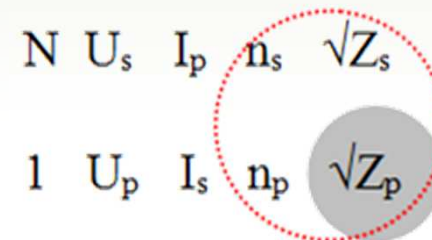
$$U_s = U_p \times N = 200 \times 1/10 = \mathbf{20 \text{ Veff}}$$



- **Exemple 2** : sur le secondaire d'un transformateur est branchée une résistance de 200 ohms. Le transformateur possède 80 spires au primaire et 40 spires au secondaire. Quelle impédance mesure-t-on au primaire ?

$$N = n_s / n_p = 40 / 80 = 1/2 = 0,5$$

$$Z_p = Z_s / N^2 = 200 / 0,5^2 = \mathbf{800 \Omega}$$





3-2) Transformateurs non parfaits

- Excepté le **calcul du rendement**, l'étude du transformateur non parfait n'est pas au programme de l'épreuve technique.
- Le **rendement** est fonction du coefficient de couplage des enroulements (*coefficient de mutuelle induction*)
 - *un rendement de **80%** est courant pour les transformateurs d'alimentation (rendement optimal si 50 Hz et courant sinusoïdal)*
 - *en utilisation normale, le rendement **influe plus sur le courant** que sur la tension : la tension est proportionnelle au nombre de spires*
 - *le rendement influe **sur le rapport de transformation des impédances** (rapports tension/intensité)*
 - *plus on se rapproche de la **puissance maximum admise** par le transformateur, plus la tension du secondaire baisse (la tension n'est plus proportionnelle au nombre de spires)*
 - *un transformateur **sous-utilisé** (ou sous-dimensionné) a un mauvais rendement : vérifier les caractéristiques du constructeur*
 - *les **courants de Foucault** provoquent des pertes par échauffement (le feuilletage des noyaux en fer doux limite ces courants et réduit ces pertes)*



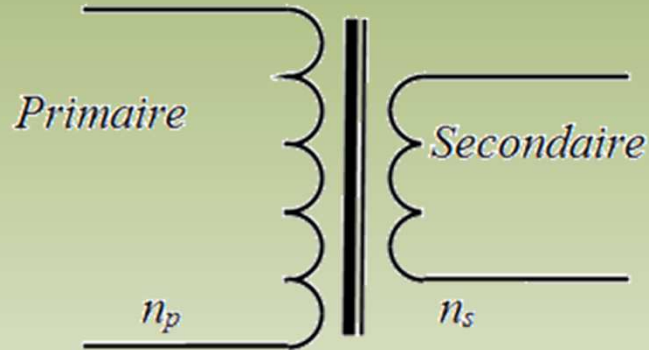
Léon Foucault
1819 – 1868

Mise en évidence du phénomène en 1851, année où il installe son pendule au Panthéon



3-2) Transformateurs non parfaits

- Les **formules** du transformateur non parfait



Rapport de transformation : $N = n_s / n_p$

Rendement : $\eta(\%) = (P_s / P_p) \times 100$

$$P_s = U_s \cdot I_s = P_p \cdot \eta$$

$$P_p = U_p \cdot I_p$$

$$U_s = U_p \cdot N$$

$$I_s = (I_p \cdot \eta) / N$$

$$Z_p = U_p / I_p$$

$$Z_s = U_s / I_s$$

$$= (U_p \cdot N) / (I_p / N \cdot \eta)$$

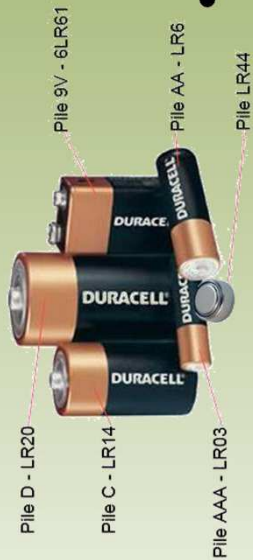
$$= (U_p \cdot N^2 \cdot \eta) / I_p = Z_p \cdot N^2 \cdot \eta$$

- Cas particulier : l'autotransformateur*



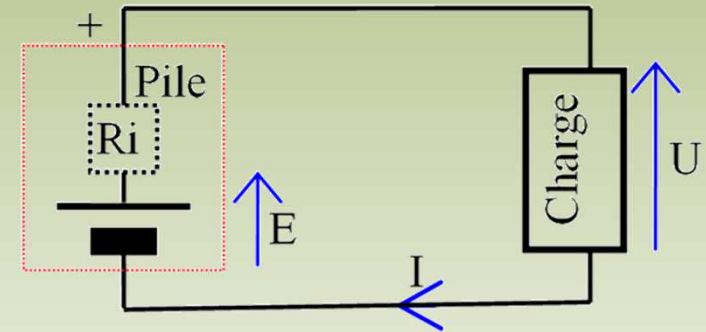


3-3) Piles et accumulateurs



- Les **piles** et les **accumulateurs** sont des **réserves de courant continu**. Ils emmagasinent l'électricité grâce une réaction chimique (*électrodes, bain électrolytique*).

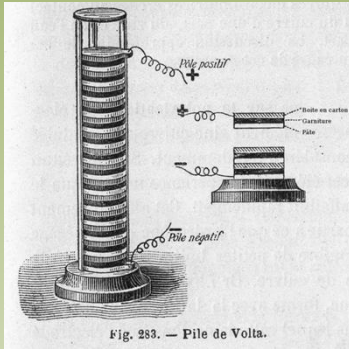
- représentation schématique :
- une pile est une source
- un accumulateur est une source ou une charge selon qu'on le fait débiter ou qu'on le recharge.



- Une pile (ou un accu) possède des caractéristiques propres:
 - sa **force électromotrice** (fém) est la tension **E** à vide, variable selon la **constitution chimique** des électrodes.
 - la **fcém** (*force contre-électromotrice*) d'un accumulateur est toujours supérieure à sa fém (*il faut une tension pour inverser la réaction chimique*)
 - sa **résistance interne** en Ω (très faible pour les accus)
 - *lorsque la pile est usée, sa résistance interne augmente*
 - sa **capacité** : en C ou en Ah (**1 Ah = 3600 C**)



3-3) Piles et accumulateurs



Georges Leclanché

1836 – 1882

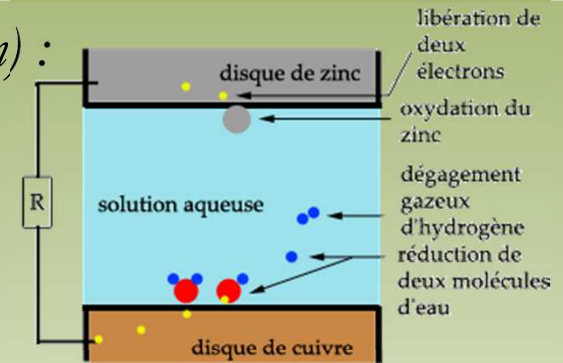
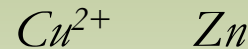
Sa pile est primée à l'Exposition Universelle de Paris (1867)

- **Réactions chimiques** (oxydoréduction) :

- **Pile de Volta**

Zinc-Cuivre :

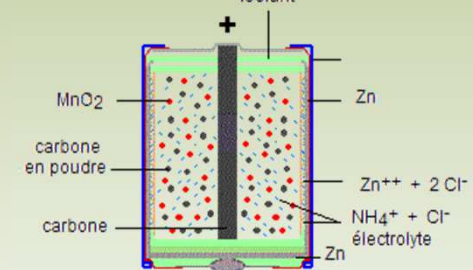
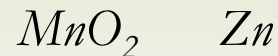
$$f_{em} = 1,1 \text{ V} = 0,34 - (-0,76)$$



- **Pile Leclanché (saline)**

Zinc-Charbon/Manganèse

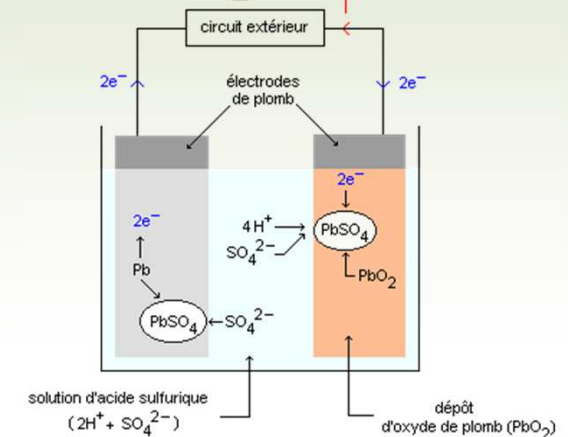
$$f_{em} = 1,5 \text{ V} = 0,74 - (-0,76)$$



- **Accumulateur au Plomb**

Plomb pur-Dioxyde de plomb :

$$f_{em} = 2,04 \text{ V} = 1,685 - (-0,356)$$



- *les potentiels d'oxydoréduction (Rédox) dépendent du couple utilisé*

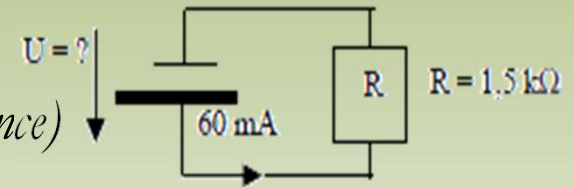


3-3) Piles et accumulateurs

- Les questions de l'examen portent souvent sur la chute de tension générée par la résistance interne des piles. La loi d'Ohm nous vient en aide pour résoudre ces problèmes.



- *Sur quelques schémas, des piles sont dessinées. Mais la question porte sur la charge (la résistance) et non pas sur le générateur (la pile)*



- **Exemple 1** : aux bornes d'une pile dont la Fém est de 9 volts, on branche une résistance de 200 ohms. Un courant de 40 mA est constaté dans cette résistance. Quelle est la résistance interne de la pile ?

$$U_R = R \cdot I_R = 200 \, \Omega \times 0,04 \, \text{A} = 8$$

$$U_{Ri} = E - U_R = 9 \, \text{V} - 8 \, \text{V} = 1 \, \text{V}$$

$$R_i = U_{Ri} / I = 1 \, \text{V} / 0,04 \, \text{A} = \mathbf{25 \, \Omega}$$

ou :
$$R_i = (E / I) - R = (9 \, \text{V} / 0,04 \, \text{A}) - 200 \, \Omega = 225 - 200 = \mathbf{25 \, \Omega}$$



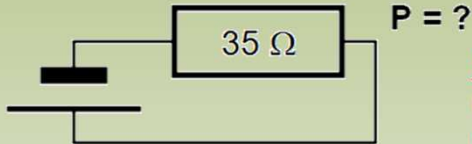
3-3) Piles et accumulateurs

- Exemples 2 et 3 :

Exemple 2 :

$$E = 4,5 \text{ V}$$

$$r_i = 10 \Omega$$



Réponse :

$$\text{calcul de } I_R : I = U / R = E / (R + r_i) = 4,5 / (35 + 10) = 0,1 \text{ A}$$

$$\text{calcul de } P_R : P = R \cdot I^2 = 35 \times 0,1^2 = 35 \times 0,01 = 0,35 \text{ W} = 350 \text{ mW}$$

Exemple 3 : Un accumulateur dont la force électromotrice est de 12 volts et dont la résistance interne est négligeable se décharge en 3 heures lorsqu'il est branché sur une résistance de 10 ohms. Quelle est la capacité de l'accumulateur (en coulombs et en ampère-heure) ?

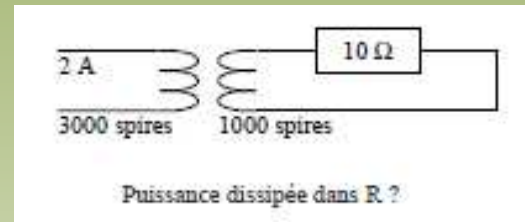
Réponse : $I_R = U_R / R = E / R = 12 \text{ V} / 10 \Omega = 1,2 \text{ A}$; $Q \text{ (C)} = I \text{ (A)} \cdot t \text{ (s)} = 1,2 \times 3 \times 3600 = 12\,960 \text{ C}$ soit 3,6 Ah



Les questions posées à l'examen

• Puissance dissipée dans R ?

- 360 W - *bonne réponse*
- 60 W
- 40 W
- 20 W

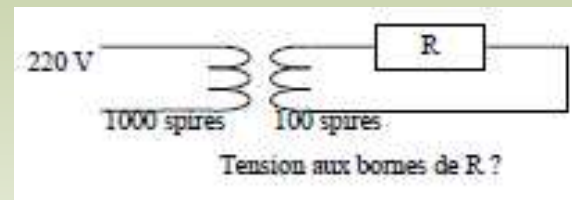


N	U_s	I_p	n_s	$\sqrt{Z_s}$
1	U_p	I_s	n_p	$\sqrt{Z_p}$

Produit en croix : $I_s = (I_p \times n_p) / n_s = (2 \times 3000) / 1000 = 6$; $P = R \times I^2 = 10 \times 6^2 = 360$

• Tension au secondaire ?

- 220 mV
- 2,2 V
- 2200 V
- 22 V - *bonne réponse*



N	U_s	I_p	n_s	$\sqrt{Z_s}$
1	U_p	I_s	n_p	$\sqrt{Z_p}$

Produit en croix : $U_s = (U_p \times n_s) / n_p = (220 \times 100) / 1000 = 22000 / 1000 = 22$

• Dans un transformateur, on a une tension de 220 V au primaire et 1100 spires. Au secondaire on a une tension de 40 V. Quel est le nombre de spires au secondaire ?

- 5500 spires
- 200 spires - *bonne réponse*
- 2200 spires
- 220 spires

N	U_s	I_p	n_s	$\sqrt{Z_s}$
1	U_p	I_s	n_p	$\sqrt{Z_p}$

Produit en croix : $n_s = (U_s \times n_p) / U_p = (40 \times 1100) / 220 = 44000 / 220 = 200$



Les questions posées à l'examen

- Quelle est l'impédance au primaire ?

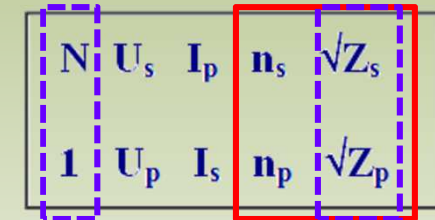
- 40 Ω
- 1,6 Ω
- 200 Ω - *bonne réponse*
- 320 Ω

$$\sqrt{Z_p} = (\sqrt{Z_s} \times n_p) / n_s \text{ donc } Z_p = (Z_s \times n_p^2) / n_s^2$$

$$Z_p = (8 \times 1.500^2) / 300^2 = (8 \times 2.250.000) / 900.000 \\ = 18.000.000 / 900.000 = 200$$

$$\text{ou : } N = n_s / n_p = 300 / 1500 = 1/5 = 0,2$$

$$Z_p = Z_s / N^2 = 8 / 0,2^2 = 8 \times 5^2 = 200$$



- Un transformateur fournit 14V sous 7A et consomme 665 mA sous 220V. Quel est son rendement ?

- 67% - *bonne réponse*
- 150 %
- 98 %
- 100 %

$$\text{puissance au secondaire} = 14V \times 7A = 98 W ;$$

$$\text{puissance au primaire} = 220V \times 0,665 A = 146,3 W ;$$

$$\text{rendement} = \text{puissance secondaire} / \text{puissance primaire} = 98 / 146,3 = 0,6698 = 0,67 = 67\%$$

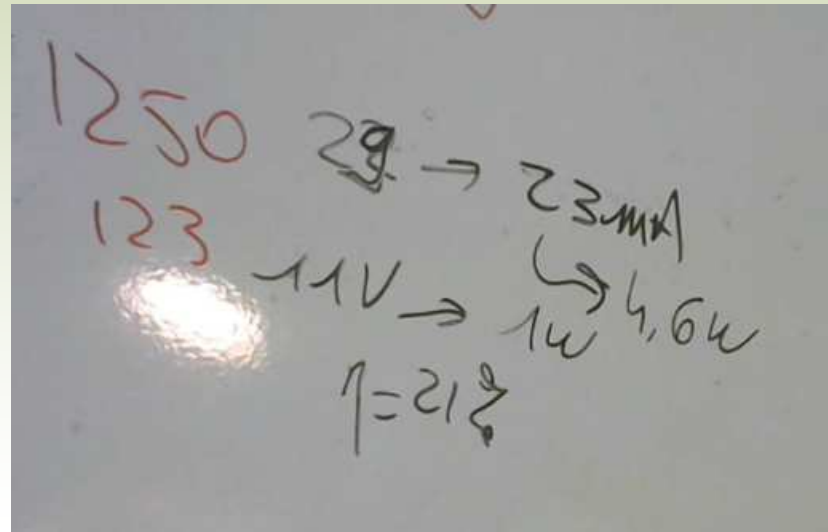
Pas de questions recensées sur les piles et accumulateurs (pas de calcul de résistance interne ou de f.é.m.)



Chapitre 3 - 1^{ère} partie

Le montage de la soirée

- Soit un transformateur alimenté en 220 V et une résistance de charge de 120Ω sur son secondaire
 - Calculer la puissance présente sur le secondaire
 - Calculer la puissance présente sur le primaire
 - En déduire le rendement du transformateur



Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Le cours de F6KGL

était présenté par F6GPX

Bon week-end à tous et à la semaine prochaine !

**Retrouvez-nous tous les vendredis soir au Radio-Club
de la Haute Île à Neuilly sur Marne (93) F5KFF-F6KGL**

ou sur 144,575 MHz (FM) ou encore sur Internet.

Tous les renseignements sur ce cours et d'autres documents
sont disponibles sur notre site Internet, onglet "*Formation F6GPX*"

f6kgl.f5kff@free.fr

<http://www.f6kgl-f5kff.fr>