

NP 21 : Conversion de Puissance électrique - électrique

Biblio Duffait électronique [1]
Quaranta IV [2]
H Prépa électronique II - 2^{ème} année PSI. [3]

I) Le transformateur [2], [3]

- 1) Modèle du transformateur parfait
- 2) Pertes fer
- 3) Pertes cuivre

II) Redresseur double alternance [1], [2]

III) hacheur d'volteur [1], [2]

"NP 21" ou "montage grappe" → un grand merci à
ceux qui nous ont aidé ☺

Introduction

Conversion de puissance électrique - électrique :

grand intérêt dans la vie de tous les jours $\rightarrow$ utilisé pour tout appareil électrique (ex: lampe qu'on doit alimenter en 12V et pas 220V etc...).

But : faire la conversion avec le meilleur rendement.

Dans ce montage on imagine qu'on part du moyen de production (centrale) - Pour transporter l'énergie électrique jusqu'à la maison : il faut de la très haute tension (ça évite les pertes) - Ainsi on augmente la tension avec un transformateur $\Rightarrow$ 1^{ère} conversion, (alternatif $\rightarrow$ alternatif)

Arrivé près de la maison il faut baisser la tension $\Rightarrow$ transformateur abaisseur de tension $\Rightarrow$ 1^{ère} manip.

Pour alimenter ma lampe j'ai besoin d'une tension continue $\Rightarrow$ $\left\{ \begin{array}{l} 2^{\text{nd}} \text{ conversion (alternatif} \rightarrow \text{continu)} \\ 2^{\text{nd}} \text{ manip (redresseur double alternance)} \end{array} \right\}$

Ensuite je veux contrôler la luminosité de ma lampe $\Rightarrow$ $\left\{ \begin{array}{l} 3^{\text{ième}} \text{ conversion (continu} \rightarrow \text{continu)} \\ 3^{\text{ième}} \text{ manip (hacheur} \rightarrow \text{devolteur)} \end{array} \right\}$

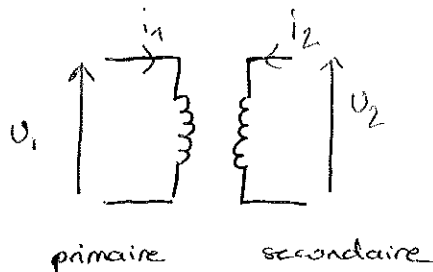
II) Le transformateur

Utiliser de très hautes tensions est nécessaire pour transporter l'énergie avec peu de pertes.

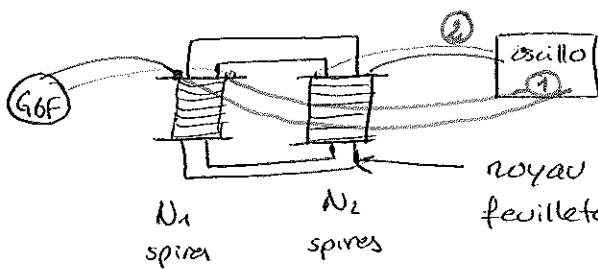
Il faut donc élever la tension au niveau du lieu de production et abaisser la tension au niveau du lieu de consommation.

Le transformateur permet de faire ça !

Il transfère en alternatif de la puissance électrique d'une source placée dans le circuit primaire à une charge placée dans le circuit secondaire.



Expérience qualitative



On regarde U_1
et U_2 sur l'oscillo.

$$N_1 = N_2 \Rightarrow U_1 \approx U_2$$

$$N_1 = 2N_2 \Rightarrow U_1 \approx 2U_2$$

} on joue sur N_1 et N_2
pour augmenter ou
abaisser la tension.

Rapport de transformation $m = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1}$

la fréquence est inchangée

1) Modèle du transformateur parfait

$$\begin{cases} U_2 = m U_1 \\ i_2 = -\frac{i_1}{m} \end{cases}$$

- * circuit magnétique homogène et isotrope et linéaire.
- * Pas de fuite magnétique
- * enroulements sans résistance.

⇒ Toute la puissance fournie au primaire est transférée à la charge du secondaire

$\xi = 100\%$ (pour transfo parfait)

⚠ En réalité il existe des pertes :

- fuite magnétique
 - perte par courant de Foucault
 - perte par effet Joule dans les enroulements
- } Pertes fer
→ Pertes cuivre

Nous allons les étudier sur un transformateur monophasé 220 V / 24 V et déterminer son rendement.

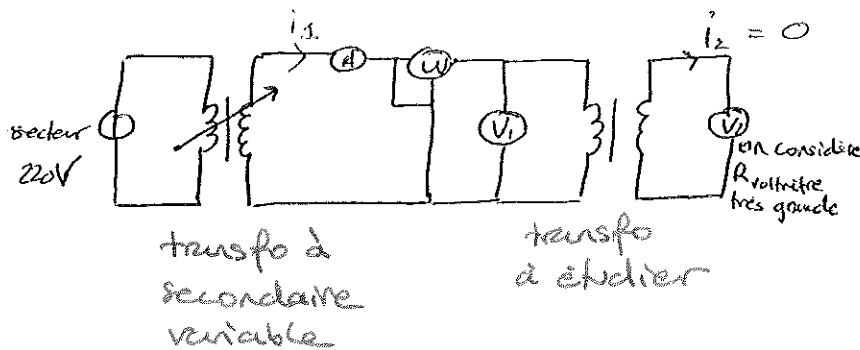
2) Pertes fer

Noyau du transfo = conducteur plongé dans un champ magnétique variable. Il est le siège de courants de Foucault, une énergie est dissipée par effet Joule.

De plus il existe aussi des pertes par hystérésis.

⇒ C'est ce qu'on appelle les pertes fer.

On les évalue à vide



Réaliser l'étude à vide permet d'estimer P_{fer} avec P_{cuivre} négligeable. (car i_1 et i_2 très faibles).

On mesure U_1 , U_2 , I_1 et P_1 en faisant varier le transfo variable.

(incertitudes: regarder les notices !)

* $U_2 = f(U_1)$ droite de pente $m =$

$$m_{théo} = \frac{24}{220} = 0,11.$$

à vide, le transfo réel est parfait pour les tensions

* $P_1 = f(U_1^2)$ on a une droite

les pertes fer sont proportionnelles
à U_1^2 donc à B_{max}^2 (f est fixé)

$$\left| \begin{array}{l} P_{fer}(U_1 = 220V) = \\ U_{nominale} \end{array} \right.$$

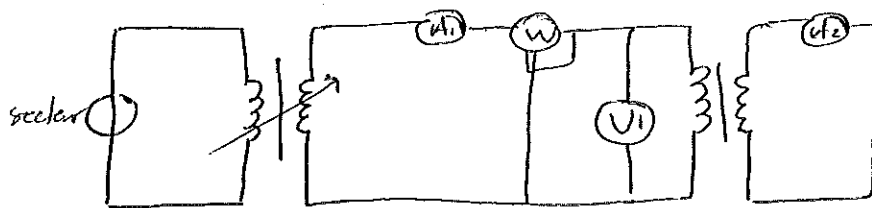
3) Pertes cuivre

= pertes par effet Joule dues aux bobinages.

on travaille avec $U_1 \sim 10\%$ de la valeur nominale

on pourra ainsi considérer les pertes fer négligeables.

On réalise l'étude en court-circuit $U_2 \sim 0V$.



on considère $R_{série}$ très faible

U_1 faible permet aussi de ne pas griller les enroulements.

On mesure U_1, I_1, U_2, P_1 en faisant varier le transfo variable.

* $I_1 = f(I_2)$ droite de pente $m =$

En court-circuit, un transfo réel est parfait pour les courants.

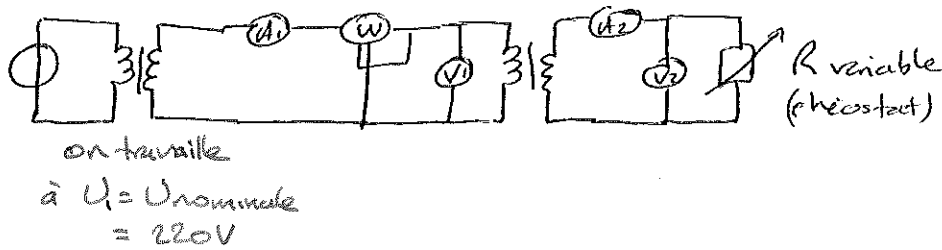
* $P_1 = f(I_2^2)$ droite : $P = Ri^2$

pertes Joule proportionnelles à I_2^2 .

$$\left| \begin{array}{l} P_{Joule}(I_{nominale} = 5A) = \\ cf\ notice\ constructeur \end{array} \right.$$

On a des pertes donc rendement $\eta \neq 100\%$.

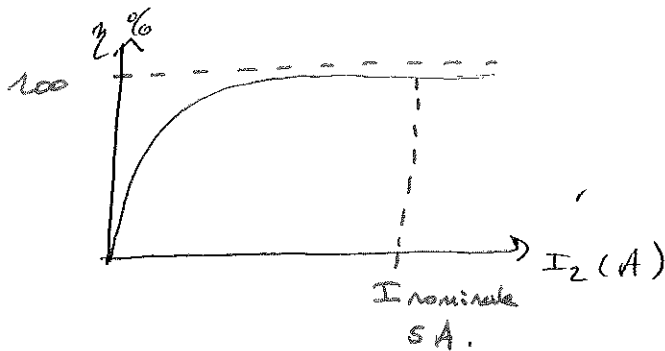
4) Caractéristique en charge



on peut remplacer $\text{---} \text{---}$ et $\text{---} \text{---}$ par un wattmètre.

On mesure $\underbrace{P_1, P_2}_{\text{wattmètre}}, U_2$ et I_2

$$\Rightarrow \eta = P_2 / P_1 = f(I_2)$$



Le comportement du transformateur en charge est proche de celui du transfo parfait au voisinage de son utilisation nominale.

$$\eta_{\text{nominal}} = \frac{+}{-}$$

$U_1 = 220V$
 $I_2 = 5A$

Méthode des pertes séparées :

$$P_{1\text{charge}} = P_2 + \underbrace{P_{\text{fer}} + P_{\text{cuivre}}}_{\text{mesurées précédemment.}}$$

$$P_2 = P_{1\text{charge}} - P_{\text{fer}} - P_{\text{cuivre}}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{1\text{charge}} - P_{\text{fer}} - P_{\text{cuivre}}}{P_{1\text{charge}}}$$

$$\eta_{\text{pertes séparées}} = \frac{+}{-}$$

Méthode normalement plus précise.
On doit retourner $\approx \eta_{\text{nominal}}$ mesuré avant.

Pour alimenter ma petite lampe dans ma petite maison
il me faut une tension continue.

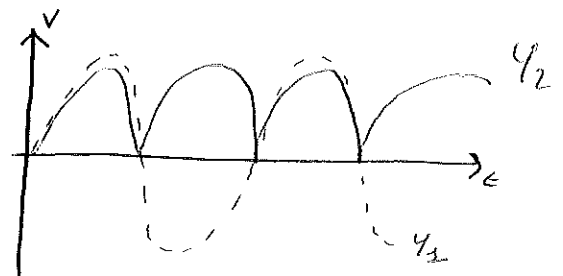
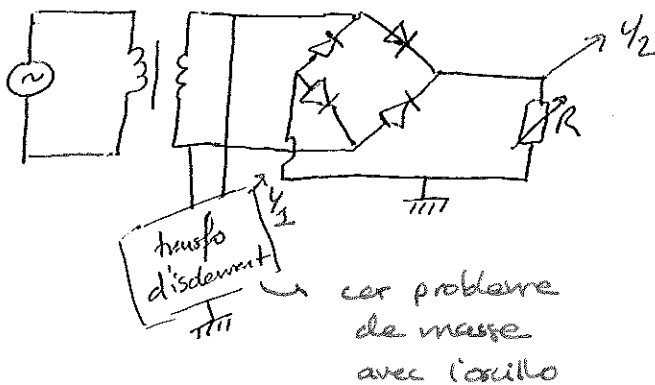
Grâce au transfo on a abaissé la tension mais on a tjrs
de l'alternatif $\ddot{\circ}$ comment faire ?

~ Redresseur double alternance :

II - Redresseur double alternance

Conversion alternatif $\rightarrow$ continu -

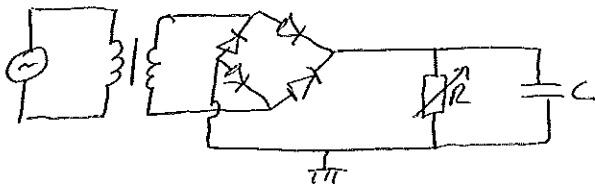
on utilise un pont de diode (ou pont de Graetz)



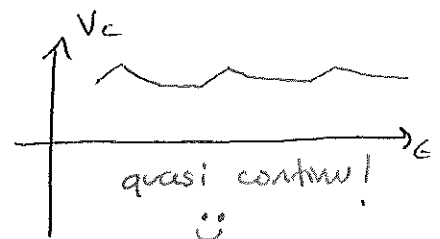
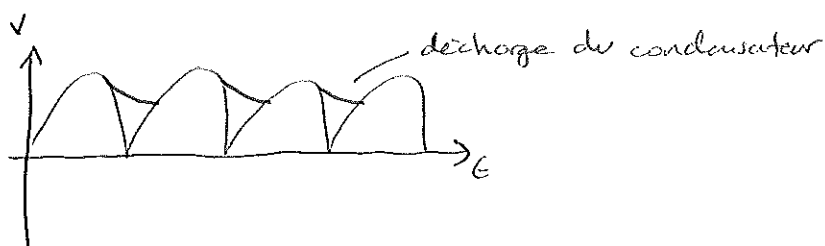
Les diodes permettent
le redressement $\ddot{\circ}$

On a un courant tjrs positif mais celui-ci
reste variable $\ddot{\circ}$

On va donc "lisser" par avoir du continu $\rightarrow$ on filtre
les composantes alternatives avec un condensateur



$$C = 1000 \mu F$$



Par caractériser la qualité de la tension en sortie, on définit le taux d'ondulation

$$\zeta = \frac{V_{eff}}{V_{moy}}$$

On mesure, aux bornes de C, V_{eff} en utilisant le voltmètre en AC et V_{moy} en utilisant le voltmètre en DC.

⚠ Prendre un voltmètre TRUE RMS ex FLUKE 187!

* On trace $\zeta = f\left(\frac{1}{RC}\right)$: droite $\zeta \propto \frac{1}{RC}$

* Bilan de puissance : P_1 avec wattmètre avant le pont de diode. $P_1 =$

Wattmètre après le pont de diode $\rightarrow P_2 =$ ⚠ dépend de la charge!

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} =$$

Bon rendement

⇒ On a maintenant une tension continue ☺

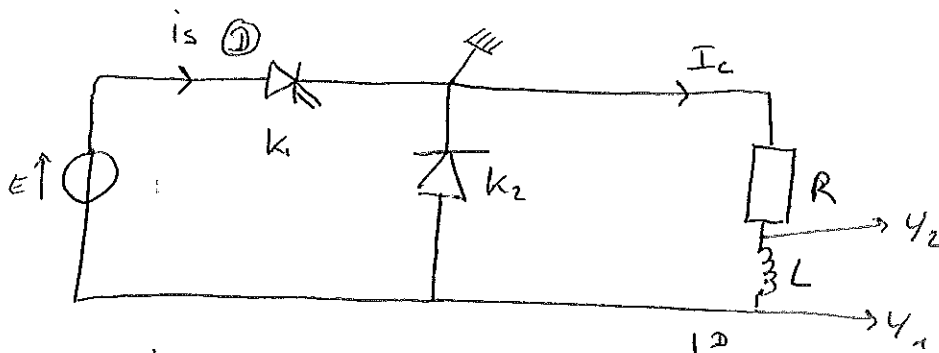
On va chercher à contrôler la puissance par alimenter (par ex) une lampe dont on veut faire varier la luminosité.

III - Hacheur dévolteur

On hache périodiquement le signal continu en utilisant un interrupteur commandé (transistor MOSFET ou IGBT 455)

L'inductance permet de stocker l'énergie et détermine la vitesse d'établissement des courants dans le circuit. Elle permet d'avoir, dans la charge, un courant pratiquement constant (qu'on contrôle grâce au transistor).

La diode de roue libre permet d'assurer la continuité du circuit même quand K_1 est ouvert.



E : tension continue

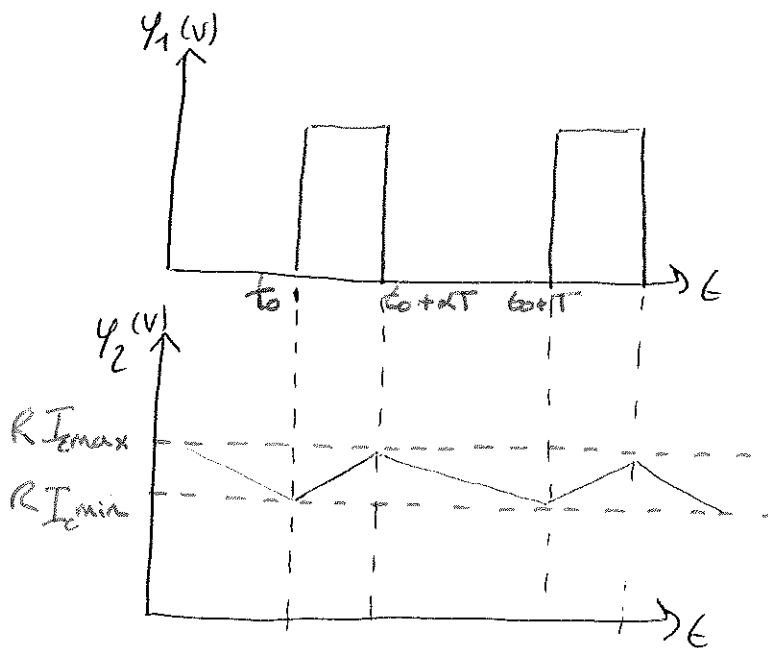
k_1 : MOSFET 60k 455

k_2 : diode de redressement



$$\begin{cases} R = 10 \Omega \\ L = 11 \text{ mH} \end{cases}$$

Le GBF permet de contrôler l'ouverture / fermeture de l'interrupteur : celui-ci envoie un créneau dans le transistor MOSFET qui joue le rôle d'interrupteur - on règle la taille du créneau sur le GBF $\rightarrow$ coeff α



$\rightarrow$ image du courant I_c

$$\langle i_s \rangle = \alpha I_c$$

$$\langle V_c \rangle = \alpha E \rightarrow \text{on contrôle donc ce qui sort. ;}$$

Mesure du rendement :

$$P_1 = E \langle I_s \rangle$$

$$P_2 = \langle V_c \rangle \langle I_c \rangle$$

Mesurés au multimètre

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \dots$$

→ A l'oscilloscope avec les curseurs

• On mesure $\Delta I_c = I_{c_{max}} - I_{c_{min}}$ en fonction de α
à f fixée et ΔI_c en fonction de f à α fixée.

⚠ si f trop faible, $T > \tau = \frac{L}{R}$ et le courant s'annule dans la charge - on a une conduction interrompue - !!
La formule ci-dessous ne sera plus valable.

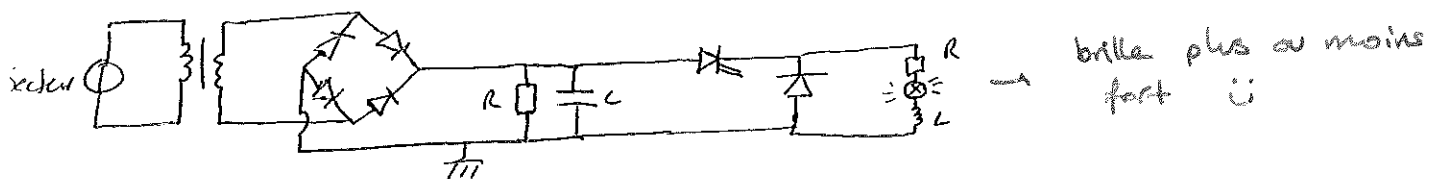
on aura
$$\Delta I_c = \frac{\alpha(1-\alpha)E}{fL} \quad 1\text{kHz} < f < 10\text{kHz}.$$

- on trace ΔI_c en fct^o de α ou en fonction de $\alpha(1-\alpha)$, c'est comme vous voulez! (pour f fixée)
- on trace ΔI_c en fonction de $\frac{1}{f}$ à α fixée.

on vérifie la loi :

Application

- On peut mettre un transfo + redresseur double alternance + hacheur dévolteur et mettre une lampe en sortie et on contrôle la luminosité de la lampe.
(Montre tout le processus de conversion)



- Dans le cas d'un moteur à courant continu on peut modifier ou asservir sa vitesse de rotation.

Conclusion

On a vu plusieurs façons de convertir la puissance électrique - électrique -

- * transfo (alternatif - alternatif)
- * redresseur pont de diode (alt. continu)
- * hacheur (continu - continu).

Tout au long du montage on a estimé le rendement et très important par ces convertisseurs de puissance !