

# MP 21 : Production et conversion d'énergie électrique

Guillaume BERTHET & Bastien GUIGUE

Mercredi 29 Avril 2015

*Te raconter un peu comme j'étais facho  
Les gégènes fabuleuses  
Qu'on mettait sur le gland  
Et tout ça revivra si on a dans deux ans  
L'Front National gagnant!  
-Les Guignols-*

## Références

[Duffait] Duffait, "Electronique", *Bréal*.

[Quaranta4] Quaranta, tome IV, "Electricité".

## Table des matières

|          |                                                             |          |
|----------|-------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Production : la génératrice à courant continu</b>        | <b>2</b> |
| 1.1      | Principe . . . . .                                          | 2        |
| 1.2      | Etude électrique : fem . . . . .                            | 3        |
| 1.3      | Etude électrique : résistance de l'induit . . . . .         | 4        |
| 1.4      | Etude mécanique . . . . .                                   | 4        |
| 1.5      | Rendement . . . . .                                         | 5        |
| <b>2</b> | <b>Conversion alternatif-alternatif : le transformateur</b> | <b>5</b> |
| 2.1      | Principe . . . . .                                          | 5        |
| 2.2      | Rendement en charge . . . . .                               | 6        |
| <b>3</b> | <b>Conversion alternatif-continu : le redresseur</b>        | <b>7</b> |
| 3.1      | Principe du redressement d'une tension . . . . .            | 7        |
| 3.2      | Taux d'ondulation et filtrage . . . . .                     | 8        |

# Introduction

On produit de l'énergie par plusieurs méthodes :

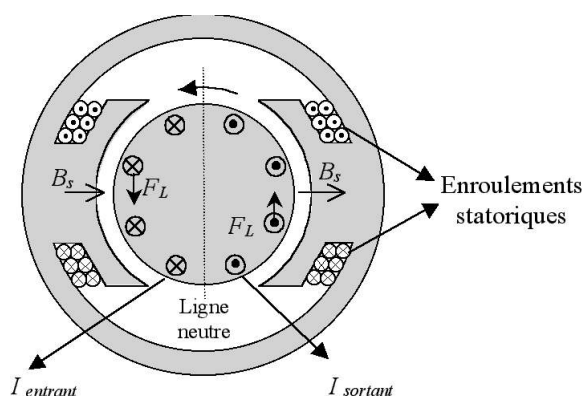
- Les centrales hydroélectriques qui utilisent la force motrice de l'eau.
- Les parcs éoliens qui utilisent la force motrice du vent.
- Les centrales thermiques qui utilisent comme combustibles le pétrole, le charbon, ou le gaz naturel.
- Les centrales nucléaires qui tirent l'énergie de la fission de l'uranium.

Dans tous les cas, les différentes étapes de la production sont caractérisés par des conversions mécanique-électrique ou électrique-électrique. De plus, en France, la plupart des appareils électriques fonctionnent sur du 220V efficace à 50 Hz. Cependant, il est nécessaire de limiter les pertes d'énergie lors du transport vers les foyers, c'est pourquoi l'électricité est acheminée via des lignes haute tension. Elle est convertie par des transformateur avant d'être consommée. Nous allons décrire les étapes de production et de conversion de l'énergie électrique nécessaires à son utilisation.

## 1 Production : la génératrice à courant continu

### 1.1 Principe

On utilise ici l'ensemble constitué de deux génératrices, l'une d'elles est utilisée en moteur entraînant le rotor de l'autre.

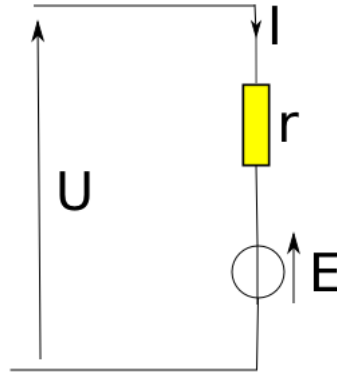


En mode génératrice, le rotor est entraîné et il se crée une FEM. En mode moteur, le bobinage est alimenté et le rotor est entraîné par les forces de Laplace.

Le couple des forces de Laplace s'exerçant sur chaque rotor s'écrit  $\Gamma = k\Phi_0(I_B)I$ , où  $I$  est le courant dans l'induit (rotor),  $\Phi_0(I_B)$  le flux du champ  $B$  avec  $I_B$  le courant dans l'inducteur. Dans la suite, le courant et la tension appliqués dans l'induit (stator) sont maintenus constants de manière à ce que  $\Phi_0$  soit constant. On alimente donc les deux inducteurs en parallèle avec  $V_B = 110V$  et  $I_B = 0.321A$ .

La FEM créée à l'induit est donnée par :  $E = k'\Phi_0\Omega$  avec  $\Omega$  la vitesse de rotation de l'induit par rapport à l'inducteur et  $k' = k$  si le couplage est parfait.

On considère alors le modèle électrocinétique équivalent pour l'induit, en régime permanent en tenant compte de sa résistance interne due au bobinage.



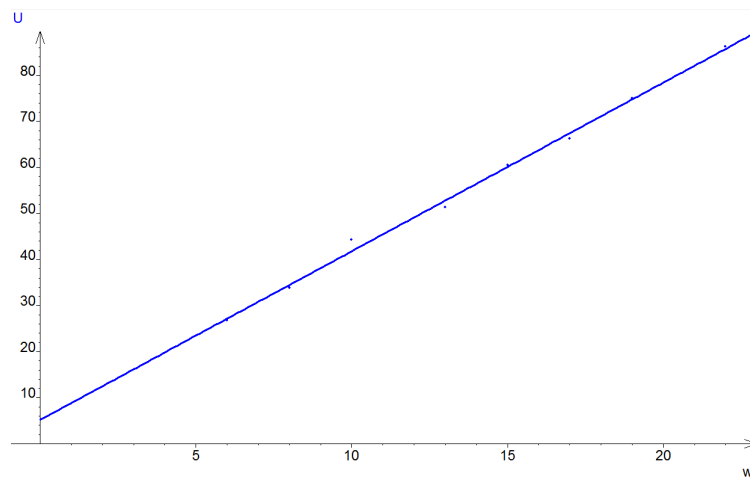
$U$  est la tension aux bornes de l'induit et  $I$  l'intensité passant dans l'induit. Avec cette convention on a donc  $U = E + rI$

## 1.2 Etude électrique : fem

[Quaranta IV] MANIP : Après avoir alimenté les inducteurs en parallèle avec du 110V et avoir placé un rhéostat (quelques ohms suffisent) de sécurité en série avec l'induit du moteur (pour le démarrage), on mesure à l'aide d'un voltmètre la tension à vide aux bornes de la génératrice. A vide on a bien  $U = E = k'\Phi_0\Omega$ , on a accès à  $\Omega$  grâce à la génératrice tachymétrique (qui est aussi une machine à courant continu). On trace alors  $U = f(\Omega)$ .

**Remarque technique :** Pour éteindre le moteur sans risquer l'emballement il est recommandé d'annuler d'abord la tension appliquée à l'induit du moteur puis celle à l'inducteur. En effet, comme  $U = E + rI$  et  $E = k'\Phi_0\Omega$  on a  $\Omega = \frac{U - rI}{k'\Phi_0}$ , si on éteint l'alimentation de l'inducteur  $I_B = 0$  donc  $\Phi_0 \rightarrow 0$  et  $\Omega \rightarrow \infty$ ... Et PAF BASTIEN !

**Résultats :**

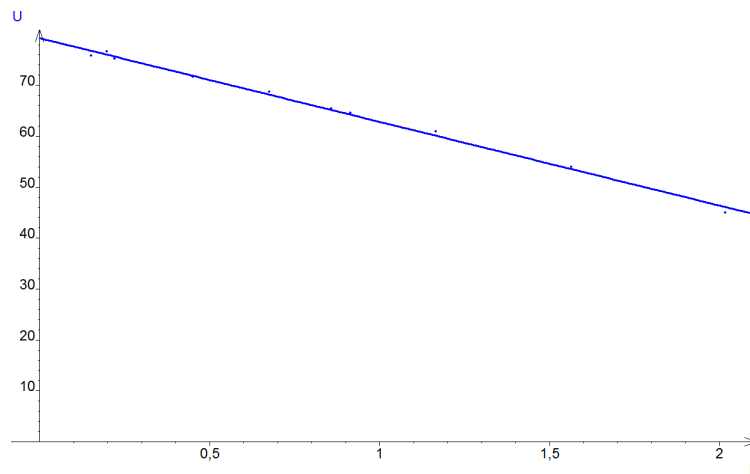


### 1.3 Etude électrique : résistance de l'induit

MANIP : On va maintenant étudier l'influence de la résistance interne de l'induit de la génératrice et chercher à obtenir sa valeur. On sait que  $U = k'\Phi_0\Omega + rI$ , on conserve donc l'alimentation des inducteurs à  $I_B$  et  $V_B$  constante afin de maintenir le flux  $\Phi_0$  constant. On place un rhéostat (celui de  $3 \times 330\Omega$  par exemple) aux bornes de l'induit de la génératrice, en faisant varier cette résistance on fait varier le courant  $I$  dans l'induit. On fait donc varier le couple  $\Gamma$  et par conséquent la vitesse de rotation  $\Omega$ . Il faut donc modifier la tension d'alimentation de l'induit du moteur afin de maintenir  $\Omega = cte = 20\text{tour/s}$ .

On mesure  $U$  aux bornes de l'induit de la génératrice et le courant  $I$  passant dans le rhéostat. Tracer  $U = f(I)$ .

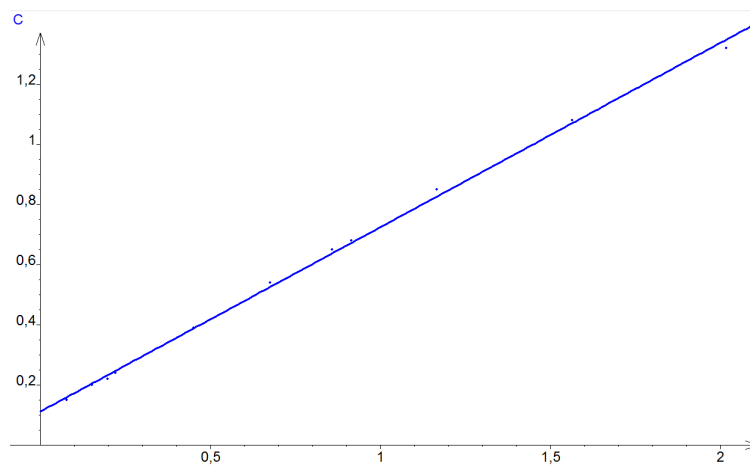
Résultats :



### 1.4 Etude mécanique

MANIP : On utilise un couple-mètre sur le rotor afin de mesurer le couple du moteur en permanence. On sait que  $\Gamma = k\Phi_0 I$ . Le couple lu sur le couple-mètre tient compte des frottements de sorte que  $\Gamma_m = k\Phi_0 I + \Gamma_{frott}$ . On trace alors  $\Gamma_m = f(I)$ , on en déduit  $k\Phi_0$  et  $\Gamma_{frott}$ .

Résultats :



**Remarque :** Pour les grandes intensités, il y a une perte de linéarité due au phénomène d'induction.

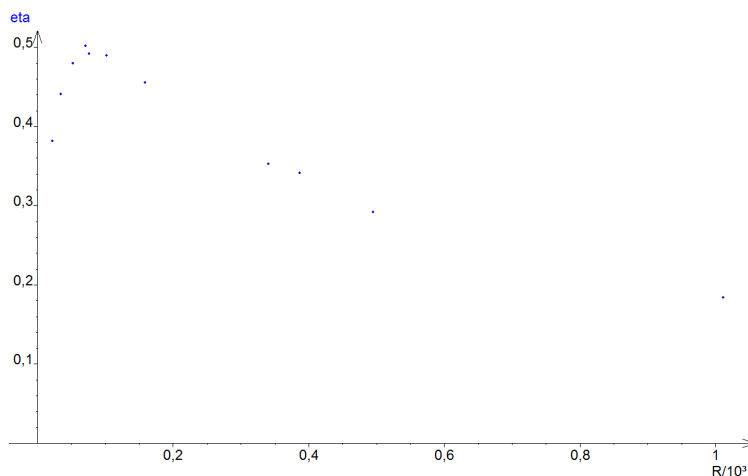
## 1.5 Rendement

Le calcul du rendement tient compte de la puissance utile ( $P_u$ ) et de la puissance consommée ( $P_c$ ). On a :

$$P_c = \Gamma_m \Omega + U_I * I_I P_u = U_x I R_c = \frac{U}{I} \quad (1)$$

On définit alors le rendement par  $\eta = \frac{P_u}{P_c} = \frac{U * I}{\Gamma_m \Omega + U_I * I_I}$ . On trace  $\eta = f(R_c)$ .

**Résultats :** On trouve un rendement maximum pour  $R_c \approx 50\Omega$  ce qui correspond aux indications des tensions et des intensités nominales.



## 2 Conversion alternatif-alternatif : le transformateur

Le transformateur est couramment utilisé pour augmenter ou abaisser la tension (usage domestique ou lors du transport d'électricité).

### 2.1 Principe

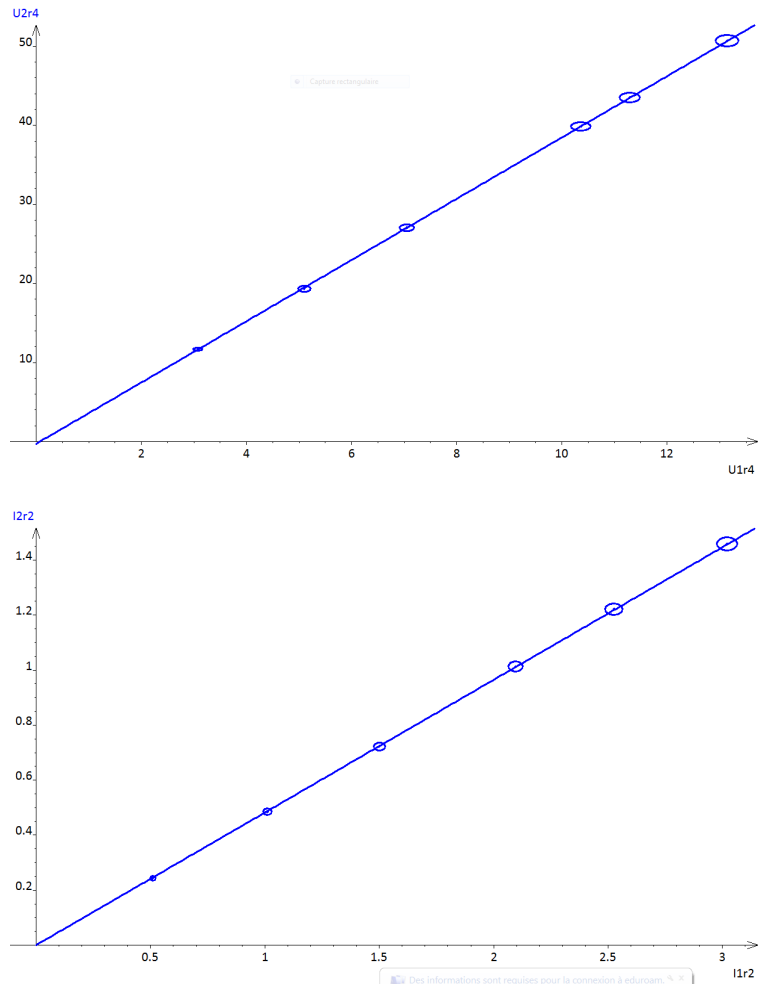
On construit un transformateur maison à l'aide de deux bobines (250sp et 500sp) et d'un noyau de fer doux.

MANIP : On vérifie la loi des tensions. Pour cela on alimente la bobine du primaire avec un alternostat, on mesure la tension  $U_1$  dans le primaire et la tension  $U_2$  dans le secondaire à l'aide de deux voltmètres. On trace alors  $U_2 = f(U_1)$ .

**Résultats :** On trouve  $\frac{U_2}{U_1} \approx 2$ .

MANIP : On vérifie la loi des courants en court mettant le secondaire en court-circuit. On trace alors  $I_2 = f(I_1)$

**Résultats :** On trouve  $\frac{I_2}{I_1} \approx 0.5$

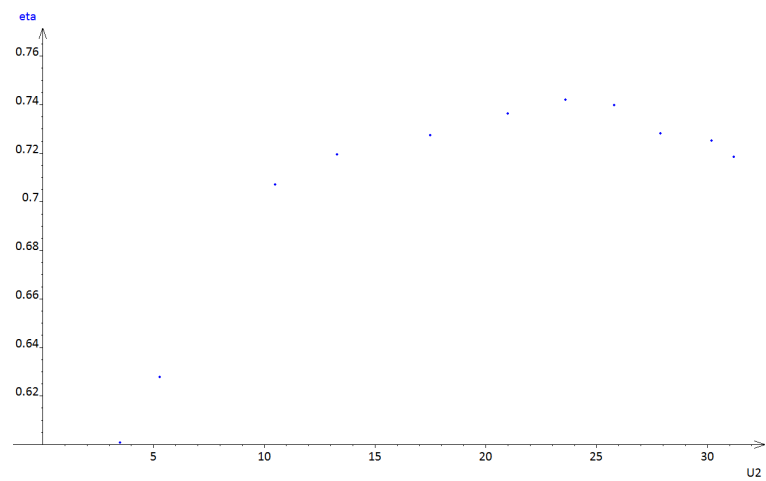
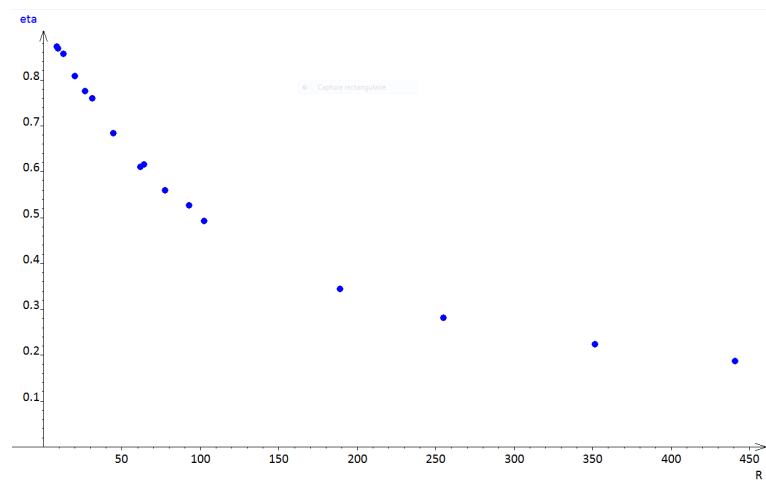


## 2.2 Rendement en charge

On utilise un transformateur de la collection (220V-24A). On relie le primaire au secteur et le secondaire à plusieurs rhéostats (trois de  $33\Omega$ ) afin de faire varier la charge.

MANIP : A l'aide de deux puissance-mètres, on mesure la puissance dans le primaire et dans le secondaire pour différentes valeurs de la charge  $R_c$  en fixant la tension dans le primaire autour de la valeur nominale indiquée. On trace  $\eta = \frac{P_2}{P_1} = f(R_c)$ . On trace également  $\eta = f(U_2)$  en fixant la charge (petite pour avoir un bon rendement) et en faisant varier la tension dans le primaire. On observe un rendement maximum autour des valeurs nominales indiquées pour le transformateur.

Résultats :

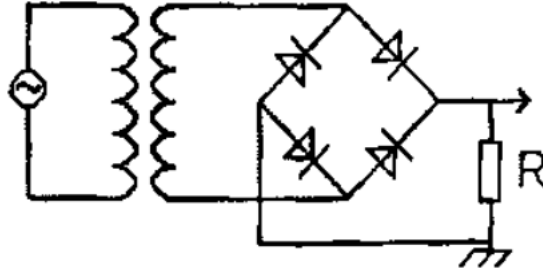


### 3 Conversion alternatif-continu : le redresseur

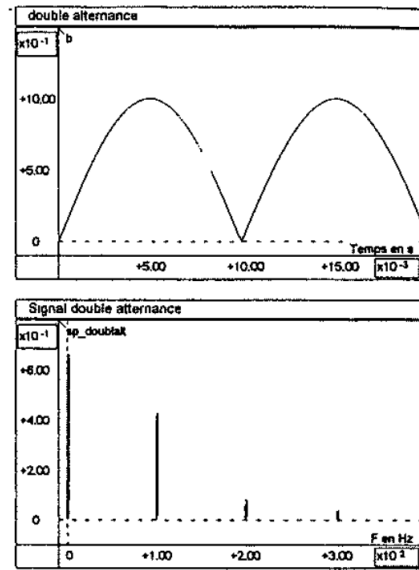
[Duffait] La tension fournie par EDF est un signal alternatif de 220V à 50Hz. Cependant, certains appareils domestiques fonctionnent avec du continu. Il convient donc d'élaborer un système permettant de convertir le signal alternatif en signal continu.

#### 3.1 Principe du redressement d'une tension

On utilise un montage de type redressement double alternance présenté sur le schéma suivant dans lequel le signal à convertir est issu d'un transformateur relié au secteur :



Le redressement est réalisé par un pont de diode. Le signal redressé est composé d'une tension continue (moyenne) et de composantes alternatives dont le fondamental est le double de la fréquence de l'alternatif de départ.



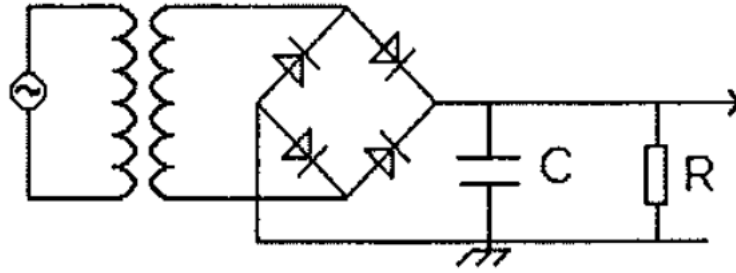
MANIP : On calcule le taux d'ondulation :  $\delta = \frac{V_{eff}(AC)}{V_{moy}}$ , où  $V_{eff}(AC)$  est la valeur efficace de la composante alternative qui se mesure sur la position *AC* du multimètre (ou de l'oscilloscope) et  $V_{moy}$  est la valeur continue moyenne se mesurant en position *DC*.  
Une première mesure donne :  $\delta =$

$$\frac{\Delta\delta}{\delta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta V_{eff}(AC)}{V_{eff}(AC)}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{moy}}{V_{moy}}\right)^2} \quad (2)$$

### 3.2 Taux d'ondulation et filtrage

La deuxième étape pour réaliser une tension continue est d'effectuer un filtrage passe-bas au moyen d'un condensateur.





Il s'agit d'un montage du type détecteur de crête.

MANIP : On remarque qualitativement que le taux d'ondulation diminue avec le détecteur de crête. On justifie brièvement le choix de la capacité. On pensera à utiliser une sonde différentielle pour palier aux problèmes de masse.

## Conclusion

Ouverture aux convertisseurs de puissance continu  $\rightarrow$  alternatif que sont les onduleurs.