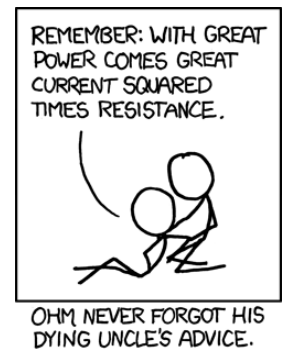


3 avril 2017

Paleo Charles & Charles Paleo



Commentaires du jury

[2014] : Le principe de fonctionnement des dispositifs utilisés (moteurs, tachymètres, variateurs, ...) doivent être connus afin que la présentation illustre pleinement le sujet et ne se limite pas à des mesures de rendement. D'autre part, lors de l'étude de dispositifs de production et de conversion d'énergie électrique, la notion de point de fonctionnement nominal est importante ; en particulier, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes. Enfin, les modèles utilisés pour décrire ces dispositifs ne doivent pas être trop simplifiés, au risque d'obtenir des écarts excessifs entre les modèles et les systèmes réels.

[2013] : le jury regrette de ne pas voir plus souvent de réelles mesures de puissance et de rendement, pour des convertisseurs utilisés en régime nominal.

Bibliographie

- | | |
|---|------------------------------------|
| ➤ <i>Précis Bréal électrotechnique PSI</i> , Brenders | → théorie et manipulations de base |
| ➤ <i>H Prépa électromagnétisme II PSI</i> , Brébec | → idem |
| ➤ <i>Dico de Physique Exp IV</i> , Domini et Quaranta | → transformateur et redresseur |
| ➤ <i>Expériences d'électronique</i> , Duffait | → redresseur |

Expériences

- ☞ Génératrice à courant continu
- ☞ Transformateur
- ☞ Redresseur

Table des matières

1	Production d'électricité : génératrice à courant continu	2
1.1	Rappels	2
1.2	Étude électrique à vide	2
1.3	Étude électrique en charge	3
1.4	Rendement	3
2	Conversion alternatif-alternatif : le transformateur	4
2.1	Rappels	4
2.2	Étude à vide : rapport de transformation	4
2.3	Étude en court-circuit : pertes cuivre	5
2.4	Étude en charge : pertes fer et rendement	5
3	Conversion alternatif-continu : le redresseur	5
3.1	Rappels	5
3.2	Taux d'ondulation	6

Introduction

L'énergie électrique est omniprésente dans les pays industrialisés : à partir de différentes sources d'énergie, principalement hydraulique, thermique et nucléaire (en France, en 2014 : 82,2% de nucléaire, 13,6% de renouvelable dont 7,9% d'hydraulique, 1,3% de gaz, 1% de fioul et 0,3% autres), l'électricité est un vecteur énergétique employé pour de très nombreux usages domestiques ou industriels. Son transport se fait par des conversions électrique-mécanique ou électrique-électrique.

En France, la plupart des appareils électriques fonctionnent sur du 220 V efficace à 50 Hz.

1 Production d'électricité : génératrice à courant continu

1.1 Rappels

⚡ Précis Bréal p.121 et Quaranta IV p.165

$$\begin{array}{ll} \text{Moteur} & \begin{cases} U_m = k\Phi_m\omega + r_m I_m \\ C = k\Phi_m I_m - C_r \end{cases} & \text{Génératrice} & \begin{cases} U_g = k\Phi_g\omega - r_g I_g \\ C = k\Phi_g I_g + C_r \end{cases} \end{array}$$

Attention :

- Il faut toujours utiliser un rhéostat en série avec l'induit lors du démarrage du moteur, pour éviter une surintensité dans l'induit. Au démarrage $\omega = 0$, la tension fournie au circuit est alors $U_m = r_m I_m$, d'où une intensité $I_m = U_m / r_m$ qui peut être importante (r_m n'étant que de quelques ohms). Une fois en marche $\omega \neq 0$, on peut ensuite réduire progressivement le rhéostat, puis le court-circuiter pour augmenter le rendement du moteur.
- Pour arrêter la machine à courant continu, il faut toujours réduire dans un premier temps la tension de l'induit U_m , puis dans un second temps celle de l'inducteur U_e . En effet, annuler U_e entraîne $k\Phi_m \rightarrow 0$, mais si on conserve la tension U_m constante, alors $\omega \rightarrow \infty$ et le moteur risque de s'emballer.

1.2 Étude électrique à vide

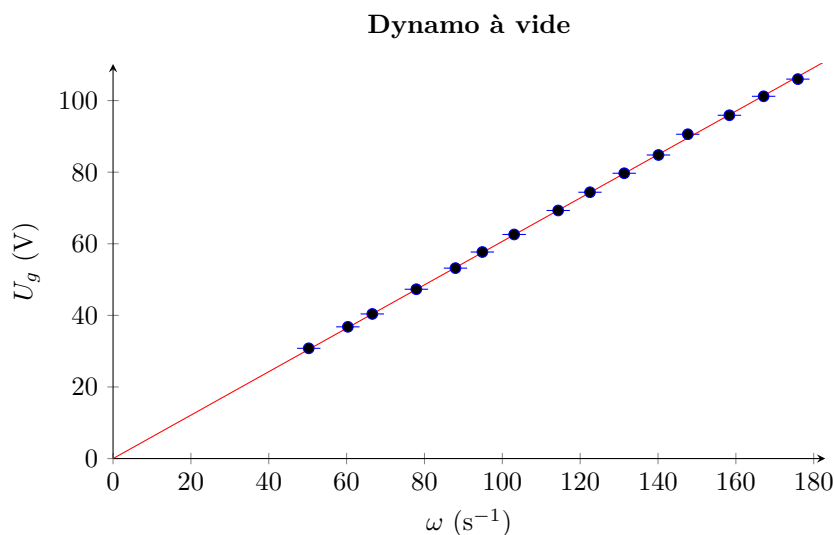
Matériel : Banc moteur + génératrice P0.5, 2 alimentations variables Langlois P0.44, 2 wattmètres P50.17, un rhéostat (P61.4 par exemple)

Protocole : Les alimentations Langlois sont utilisées en DC.

Brancher les inducteurs du moteur et de la génératrice en parallèle sur une alimentation à 110 V. Mesurer l'intensité I_e dans l'inducteur de la génératrice. Démarrer le moteur en alimentant son induit par une tension U_m et en utilisant le rhéostat de démarrage, qu'on court-circuite ensuite. Laisser l'induit de la génératrice à vide (sans résistance) et mesurer sa tension U_g .

Pour différentes tensions U_m du moteur (< 110 V), et donc différentes vitesses angulaires ω , mesurer la tension à l'induit de la génératrice U_g .

La caractéristique à vide s'écrivant $U_g = k\Phi_g\omega$, tracer U_g en fonction de ω et remonter au coefficient $k\Phi_g$ ($\sim 0,60$ V.Hz⁻¹).

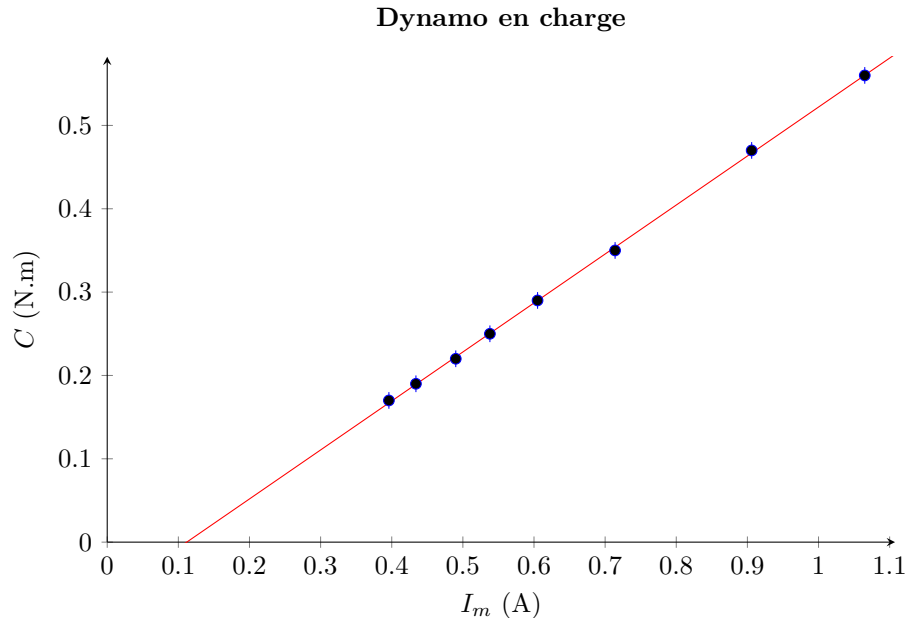


1.3 Étude électrique en charge

Protocole : On réalise ici l'étude à vitesse de rotation ω constante.

Brancher un rhéostat de $100\ \Omega$ (P61.9) sur l'induit de la génératrice, et mesurer la tension U_g et l'intensité I_g dans ce circuit. Pour plusieurs valeurs de résistance R , ajuster la tension U_m injectée dans l'induit du moteur de façon à retrouver une fréquence de rotation f constante, à régler à chaque valeur de R (en vérifiant que I_g ne devient pas trop importante), puis mesurer le couple C , la tension U_g et l'intensité I_g .

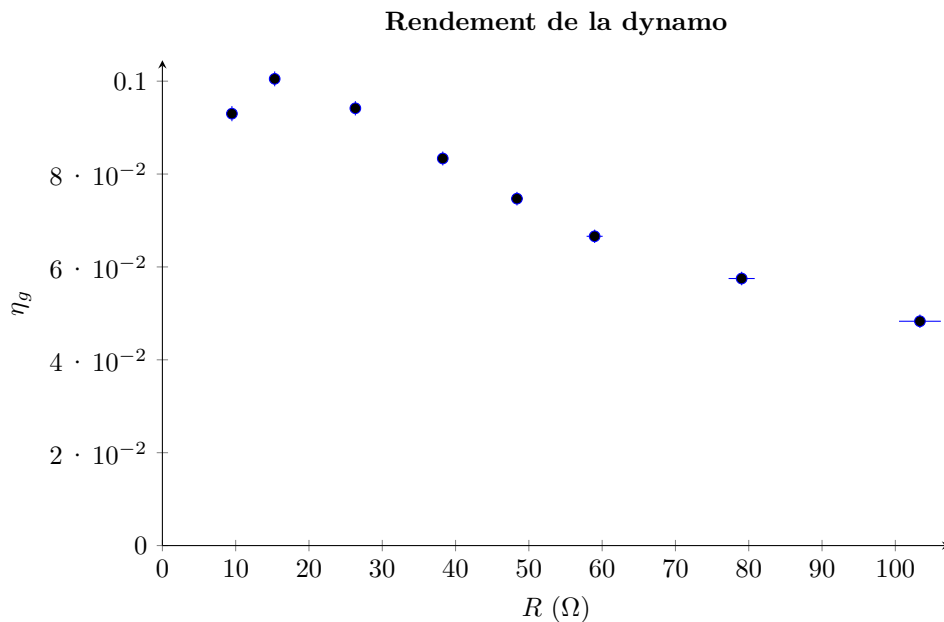
Mesurer également l'intensité I_e dans l'inducteur. Tracer l'évolution de C en fonction de I_m , et réaliser la régression linéaire $C = k\Phi_m I_m - C_r$ pour trouver $k\Phi_m$ et C_r ($\sim 0,1\ \text{N.m}$).



1.4 Rendement

Le rendement η_g de la génératrice est défini comme le rapport de la puissance électrique utile $P_u = U_g I_g$ sur la puissance fournie $P_{tot} = C\omega + U_e I_e$.

Tracer l'évolution de η_g en fonction de R . On obtient une courbe en cloche dont le maximum correspond au fonctionnement nominal de la génératrice pour la fréquence choisie.



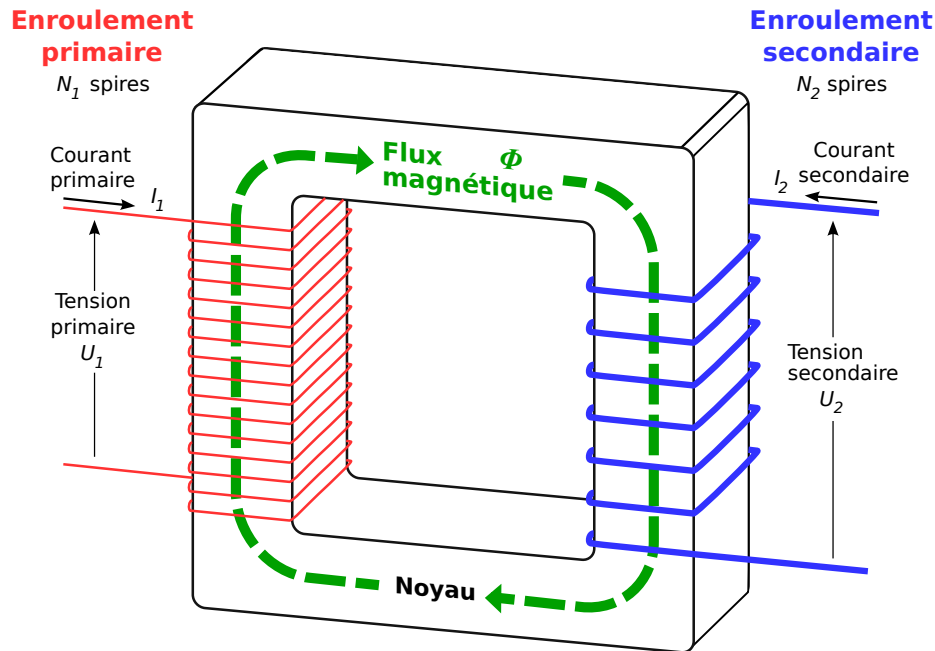
Incertitude :

$$u(\eta_g) = \eta_g \sqrt{\left(\frac{u(P_u)}{P_u}\right)^2 + \left(\frac{u(C)}{C}\right)^2 + \left(\frac{u(\omega)}{\omega}\right)^2}$$

2 Conversion alternatif-alternatif : le transformateur

2.1 Rappels

➤ Précis Bréal p.6 et H Prépa p.42



Rapport de transformation :

$$m = \frac{n_2}{n_1}$$

Valeurs efficaces des intensités :

$$I_1 = m I_2$$

Valeur efficace des tensions :

$$U_2 = m U_1$$

Bilan de puissance :

$$P_1 = P_2 + P_{fer} + P_{Joule}$$

Évaluation des pertes :

- Pertes cuivres (ou pertes Joule) : secondaire en court-circuit ($P_1 = P_{Joule}$)
- Pertes fer (magnétique + par courant de Foucault) : à vide ($P_1 = P_{fer}$)

Réduction des pertes :

- Réduction des pertes par hystérésis en choisissant un matériau ferromagnétique de cycle d'hystérésis le plus étroit possible
- Réduction des courants de Foucault par feuilletage du matériau ferromagnétique

2.2 Étude à vide : rapport de transformation

Matériel : Cadre métallique feuilleté P60.29 et P60.30, deux bobines de nombre de spires différent (ici : $n_1 = 1000$ et $n_2 = 500$), alternostat P57.5 + boîtier P57.14, 2 wattmètres P50.17

Attention :

- Il faut toujours vérifier que les courants dans les bobines ne dépassent pas celles indiquées sur les bobines.
- Ne jamais toucher les câbles lorsque le transformateur est sous tension (les connecteurs des bobines sont à nus).
- Réduire progressivement la tension fournie par l'alternostat avant de l'éteindre, mais s'arrêter juste avant 0 V pour éviter de faire sauter son fusible.

Protocole : Brancher le voltmètre uniquement sur le secondaire pour mesurer U_2 . Alimenter le primaire en mesurant son intensité I_1 et sa tension U_1 . Réaliser en faisant varier U_1 .

Tracer U_1 en fonction de U_2 . La pente est $m = n_2/n_1$.

2.3 Étude en court-circuit : pertes cuivre

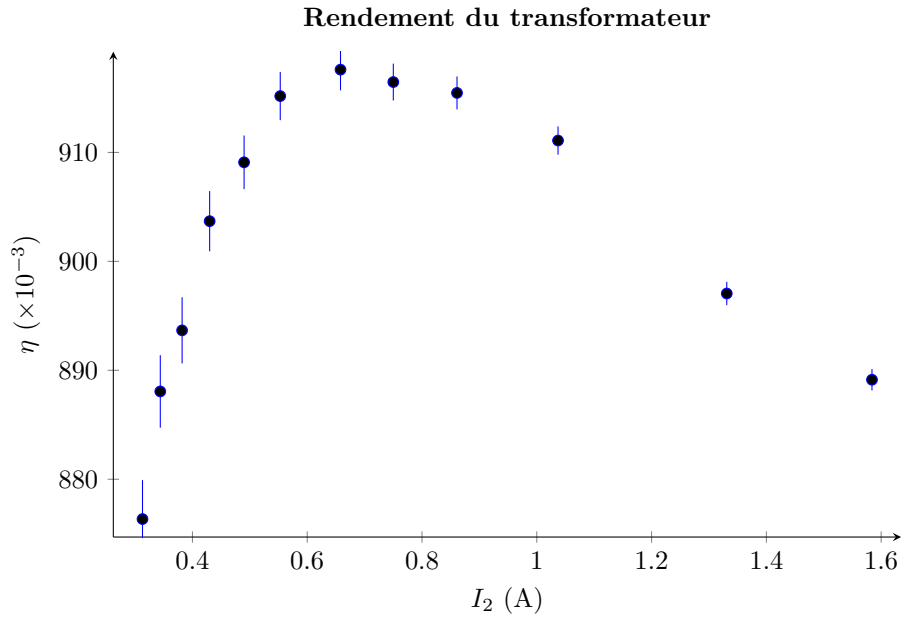
Protocole : Brancher également un ampèremètre sur le secondaire et mesurer U_1 , I_1 , P_1 , I_2 et P_2 . Attention à garder une tension U_1 inférieure à 10% de la tension nominale de l'alimentation pour éviter de griller le transformateur. Les pertes cuivre sont données par P_1 .

2.4 Étude en charge : pertes fer et rendement

Protocole : Brancher également un rhéostat sur le secondaire (utilisé : P61.8) et mesurer U_1 , I_1 , P_1 , U_2 , I_2 et P_2 . Attention à garder une intensité I_2 supportable pour la bobine et le rhéostat.

A $U_1 = 220$ V fixé, faire varier la valeur de la résistance et mesurer les valeurs des autres paramètres.

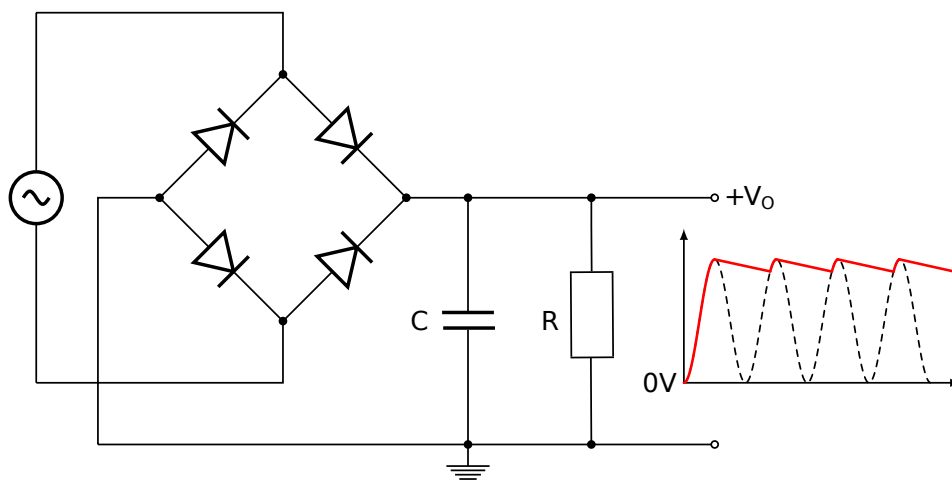
On peut alors calculer le rendement $\eta = P_2/P_1$ et son évolution en fonction de différents paramètres pour déterminer leur valeur nominale.



3 Conversion alternatif-continu : le redresseur

3.1 Rappels

⚡ Duffait p.291 et Quaranta IV p.439



La qualité d'un pont de diode (aussi appelé pont de Graetz) est caractérisée par son taux d'ondulation :

$$\tau = \frac{V_{\text{eff}}(\text{AC})}{V_{\text{moy}}} \quad (1)$$

3.2 Taux d'ondulation

Matériel : 4 diodes de redressement (boitier tout fait : P29.15), GBF, condensateur (variable), résistance (1 k Ω ici), 2 voltmètres (dont au moins 1 TRMS)

Protocole : Réaliser le montage précédent. Régler le GBF à 50 Hz à une amplitude de 6 V.

Pour mesurer le taux d'ondulation τ , mesurer la tension aux bornes de la résistance par les deux voltmètres : V_{eff} est mesuré avec le voltmètre en position V_{AC} , V_{moy} est mesuré avec l'autre voltmètre en position V_{DC} .

Mesurer le taux d'ondulation pour différentes valeurs du condensateur (attention à la polarité pour les condensateurs chimiques).

Si l'on veut observer la tension délivrée par le GBF en même temps que celle aux bornes de la résistance (et en faire une TF par exemple), il y a un problème de masse : il faut utiliser soit un transformateur d'isolement (P66.23 à P66.26), soit la sonde différentielle (P37.12, attention elle divise la tension d'un facteur 10 ou 100).

Conclusion

Depuis la production par la génératrice jusqu'à son utilisation, nous avons vu quelques exemples pour produire en convertir l'énergie électrique. Il existe cependant bien d'autres exemples de réalisation et on aurait également pu faire intervenir des moyens plus en vogue comme la pile à combustible ou les panneaux solaires.

Remarque sur le hacheur : La conversion continue-continue s'effectue à l'aide d'un hacheur en mettant en jeu un ou plusieurs interrupteurs électroniques commandés qui permettent de modifier la valeur de la tension (moyenne) d'une source de tension continue avec un rendement élevé. Il existe une plaquette toute faite (P42.23) que l'on peut demander aux techniciens mais qui a tendance à griller les diodes que l'on y branche de manière aléatoire et est donc un peu déconseillée.

Remarques & Commentaires