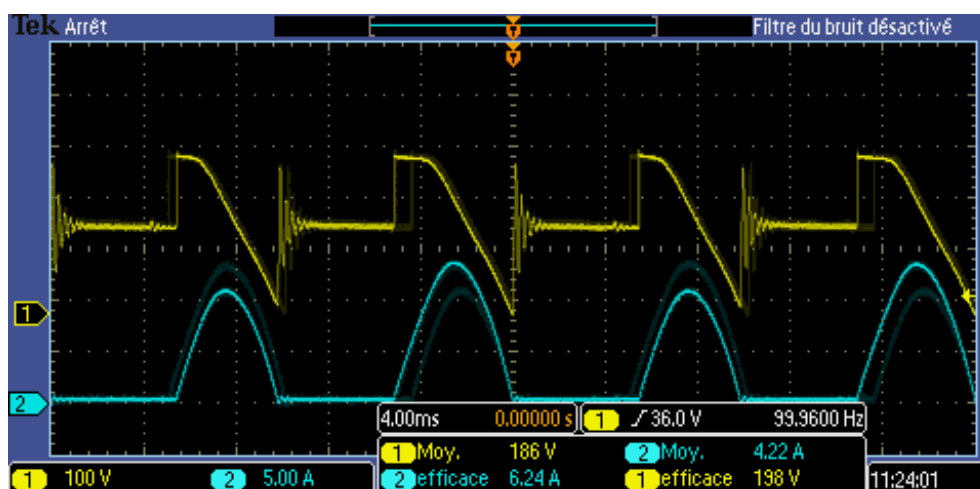


TP Variation de Vitesse
TP3

Valentin DOSIAS, Maxence NEUS



Novembre 2021

Contents

1	Introduction	2
2	Préparation	2
3	Manipulation	2
3.1	Analyse du fonctionnement du variateur	2
3.2	Impact du variateur sur l'ensemble moteur-charge	4
4	Conclusion	8
5	Annexes	9

1 Introduction

Dans ce tp, nous allons nous intéresser au fonctionnement d'un variateur électronique permettant de faire varier la vitesse d'une machine à courant continu. Le principe de ce variateur est de régler la tension moyenne de l'induit à l'aide d'un pont à thyristors tout en gardant un courant continu fixe et donc un flux constant dans l'inducteur. Nous étudierons chacun des circuits du variateur avant de nous intéresser sur la charge et sur le réseau sur lequel est branché le variateur.

2 Préparation

La préparation de ce TP est disponible en annexe.

3 Manipulation

3.1 Analyse du fonctionnement du variateur

Le pont à diodes pour le circuit d'excitation

Voici les relevés de U_e et I_e à l'aide de l'oscilloscope :

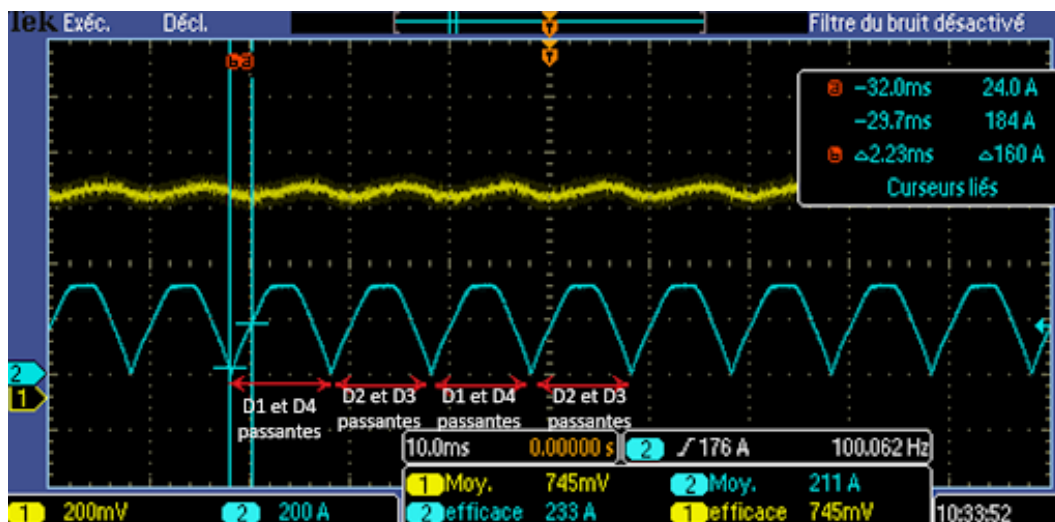


Figure 1: Relevés à la sortie du pont de diodes

Nous obtenons donc pour les valeurs moyennes

$$U_e = 211V, I_e = 745mA$$

Nous obtenons donc d'après la loi d'Ohm :

$$R_e = \frac{U_e}{I_e} = \frac{211}{0.745} = 283\Omega$$

Si l'on observe les deux curseurs verticaux, on voit qu'il y a un très léger déphasage entre le courant et la tension. Ce déphasage peut s'expliquer car on a en théorie :

$$U_e = R_e I_e + L_e \frac{dI_e}{dt}$$

Or dans notre cas la variation de courant est très faible donc notre circuit est fortement inductif.

Le pont à thyristors pour le circuit d'induit :

Pour les différentes valeurs de courants et tensions, en toute logique, plus nous augmentons le potentiomètre plus la valeur moyenne du courant et de la tension est importante et plus le bras de la machine tourne vite. Nous avons relevé $u(t)$ et $i(t)$. Nous avons le courant en jaune et la tension en bleu.

Th1 et Th4 s'amorcent à α . Th2 et Th3 s'amorcent à $\alpha + \pi$.

Les thyristors sont passants quand la tension est positive à ses bornes et que le courant dans la gâchette est suffisant. Les thyristors se bloquent lorsque le courant qui les traverse s'annule. Les thyristors se bloquent donc avec un retard de $\frac{\alpha}{\omega}$. Ce qui explique que la tension est parfois négative sur l'oscilloscope. Pour former une cellule de commutation, la source de tension ne doit pas être en court-circuit et la source de courant en circuit ouvert. Ainsi les Th1 et Th4 s'amorcent en même temps et bloquent Th2 et Th3 et réciproquement.

A 40% du potentiomètre, nous avons les valeurs moyennes suivantes:

$$U = 77.6V, I = 865mA.$$

La fréquence du courant est de 50 Hz, soit une période de 20 ms. L'intervalle de conduction d'un transistor est selon la figure précédente de 2.31ms. Nous avons donc un angle de retard de

$$\alpha = \frac{2.3}{10} = 0.23$$

Soit

$$0.23 * 180 = 41.4$$

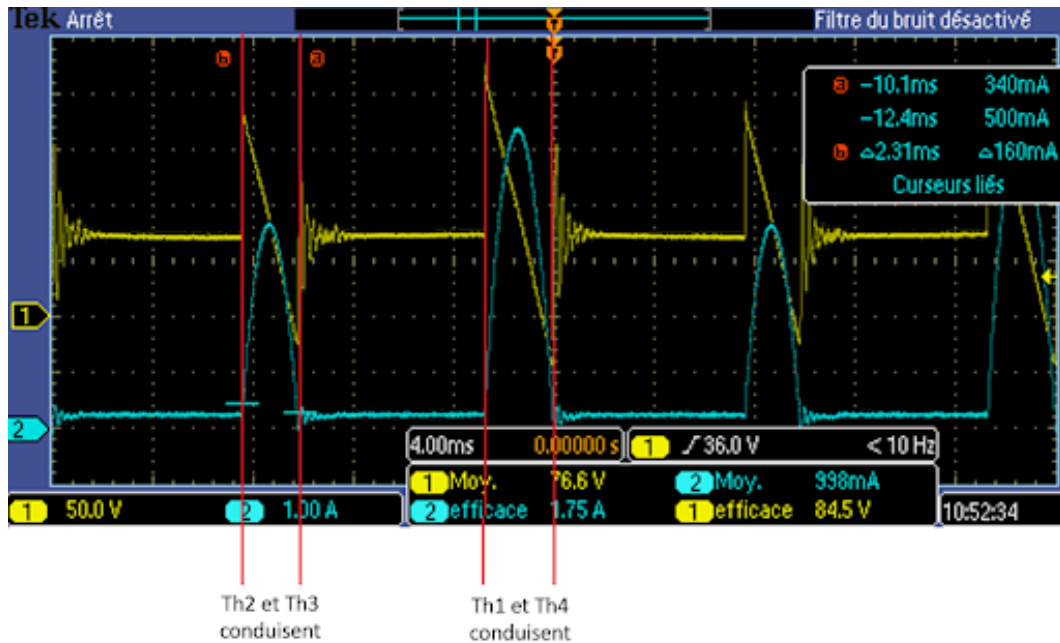


Figure 2: Relevés à la sortie du pont à Thyristors

3.2 Impact du variateur sur l'ensemble moteur-charge

Alimentation par le variateur :

Nous réglons la charge à sa valeur maximale soit 2,1 kW.

Pour obtenir la caractéristique couple/vitesse du moteur à partir de ces relevés, on peut écrire l'équation suivante:

$$e = K\Omega, U = e + RI, C = KI$$

donc

$$U - RI = K\Omega = \frac{C}{I}\Omega$$

et donc

$$C = (U - RI)\frac{I}{\Omega}$$

Ensuite, comme $U = e + RI$ on peut déterminer la valeur de R comme étant $R = \frac{dU}{dI}$. Pour cela on peut plot le graph $U = f(I)$ et grâce à une régression linéaire, on obtient approximativement

$$U = 516 + 80 * I$$

on peut alors identifier $R = 80$.

Cela nous permet enfin d'afficher la caractéristique couple/vitesse qui est le suivant:

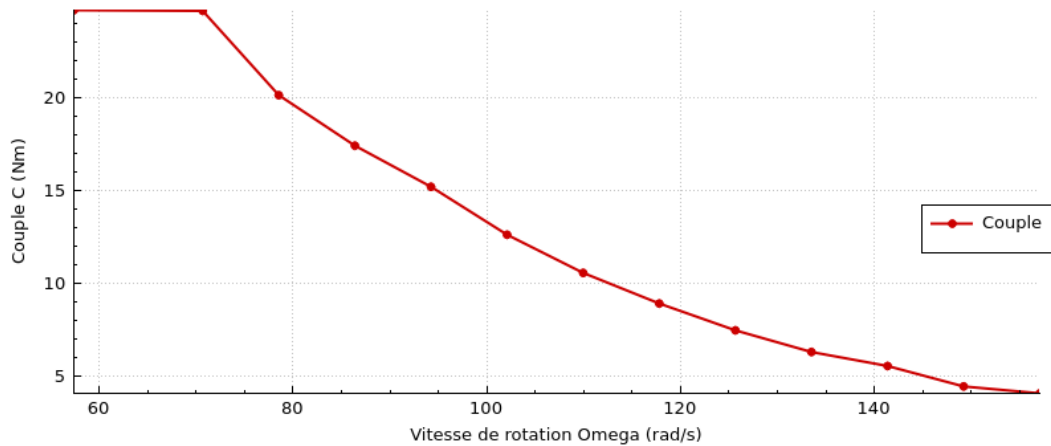


Figure 3: Carateristique couple/vitesse

Type de Charge :

Le moteur à courant continu doit entraîner la machine synchrone qui peut être représentée par un schéma de type RLE. Cette machine synchrone est elle-même chargée par une charge purement résistive qui ajoute une composante R en série de la charge globale.

Cela nous amène à une charge globale de type RLE avec une composante R forte.

Pour la position 40% du potentiomètre, nous avons relevé une tension moyenne de 77.1 V, un courant moyen de 4.72A, ce qui permettait à la machine de tourner à environ 550 tr/min. A vide, nous avons presque la même valeur moyenne de tension mais une valeur de courant beaucoup plus faible (environ 5.5 fois inférieur). Cette observation est tout à fait normale et provoquée par la charge puisque pour tourner à la même vitesse le moteur doit consommer plus de courant.

On peut voir sur l'oscilloscope que le courant varie beaucoup (de 0 à 15-18V environ). Ces fortes ondulations peuvent provoquer un emballement thermique de la machine et donc une usure de celle-ci

Cependant la vitesse de rotation de la machine n'est pas impactée (constante au cours du temps) car le courant d'induit varie trop rapidement.

Impact du variateur sur l'alimentation électrique

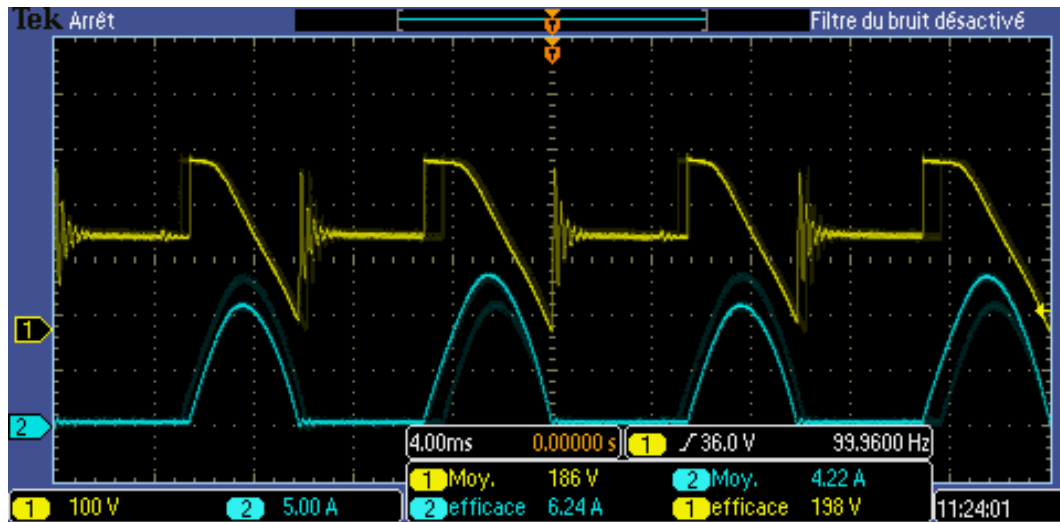


Figure 4: Relevés à la sortie du pont de diodes

Nous observons la tension et le courant appelé au réseau, nous n'avons donc ni un courant ni une tension redressés. On observe un léger déphasage entre le courant et la tension.

Nous mesurons un retard temporel de $731 \mu s$ ce qui équivaut à un déphasage de 13° entre la tension U_r et le fondamental du courant I_r .

Nous mesurons :

$$V_{eff} = 228V, I_{eff} = 1.77A$$

$$P = 1.77 * 228 * \cos(13) = 393W$$

$$S = V_{eff} * I_{eff} = 403VA$$

Le facteur de dimensionnement de notre moteur est donc de 97%.

D'après la préparation, nous avons

$$I_{ra} = I_{eff} * \cos(\phi) = 1.72A$$

La quantité $I_{r1} * \cos(\phi)$ correspond à la valeur du courant si il était en phase avec la tension.

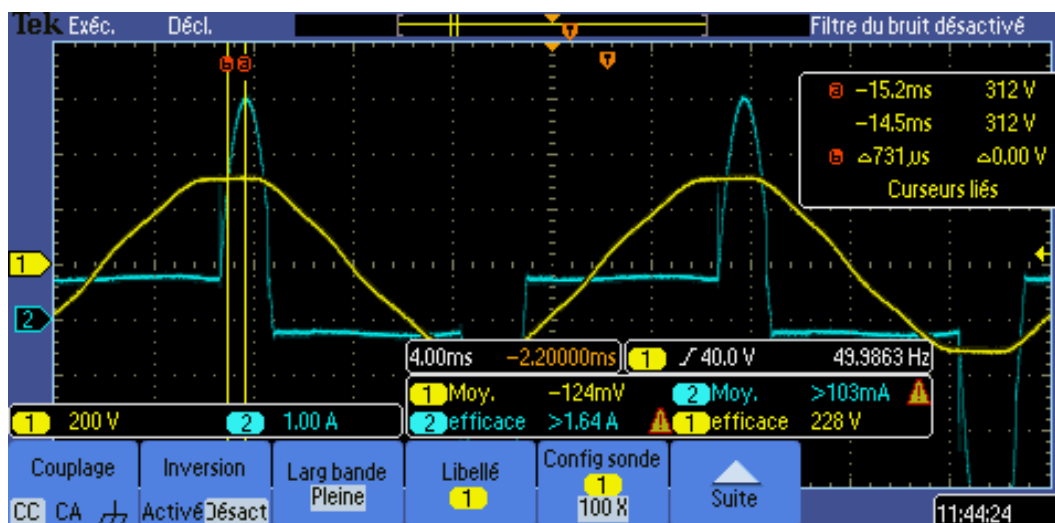


Figure 5: Relevés du réseau

N° de l'Harminique	Valeur (en mA)
1	1160
2	250
3	950
4	188
5	725
6	100
7	476
8	44
9	228
10	52

La valeur des harmoniques est bien inférieure à celle imposée par la norme CEI 1000-3-2. Le variateur satisfait la norme mise en vigueur, ce qui est logique étant donné qu'il est commercialisé. Les harmoniques se répercutent sur le reste du réseau. S'ils sont trop importants, cela pourrait perturber le réseau et voir endommager d'autres appareils électroniques. Il a donc été nécessaire d'instaurer une norme concernant les harmoniques de courant.

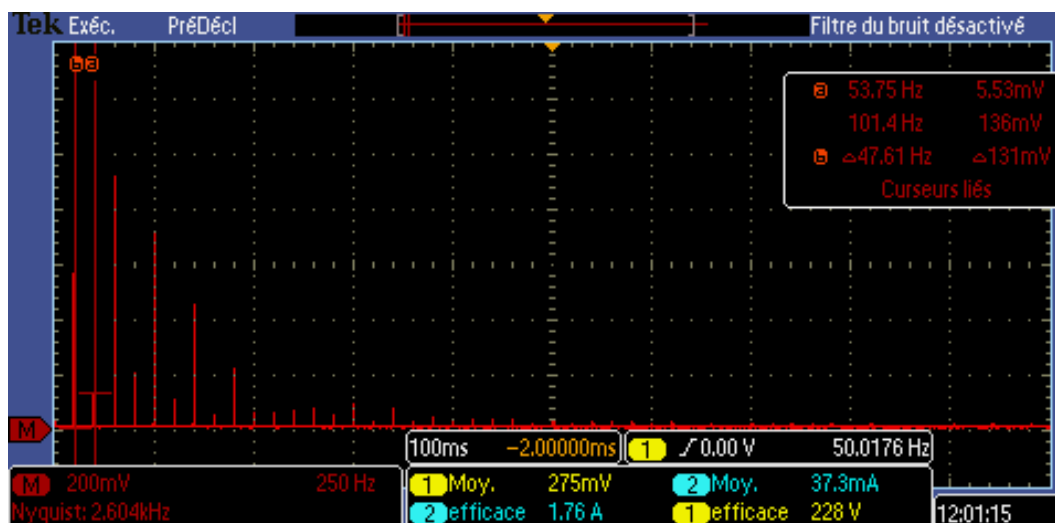


Figure 6: Transformée de fourier du courant réseau

4 Conclusion

Lors de ce TP, nous avons pu étudier le comportement de l'alimentation par pont de thyristors pour un moteur à courant continu.

Nous avons pu observer le hachage de la tension par le pont de thyristors ainsi que l'influence de la charge sur l'allure de celle-ci avec des déphasages engendrés par la caractéristique inductive de la charge.

Nous avons également pu valider par une étude fréquentielle la conformité de l'alimentation concernant les normes d'utilisation du réseau.

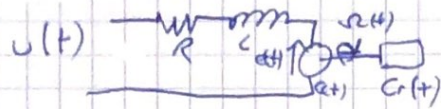
5 Annexes

I (A)	U(V)	Ω (tr/min)
4.72	77.1	548
5.28	92	675
5.13	102	750
5.08	110	825
5.05	120	900
4.88	126	975
4.75	135	1050
4.63	143	1125
4.51	152	1200
4..4	160	1275
4.36	168	1350
4.2	177	1425
4.23	186	1500

Figure 7: Relevés pour le moteur en charge

Préparation TP 3

III-1 Machine à courant continu

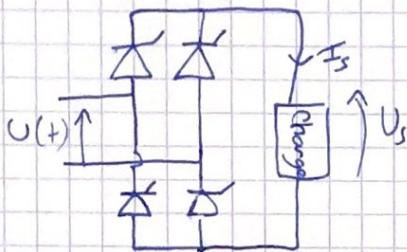


$$e(t) = k \times \Omega(t)$$

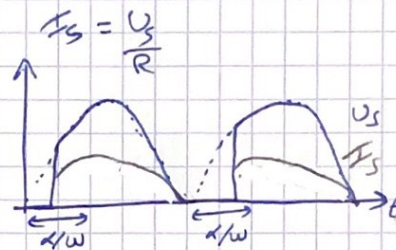
$$C(t) = k \times i(t)$$

$$L \frac{di(t)}{dt} = u(t) - e(t) - CR(t)$$

III-2 Redresseur monophasé à thyristors

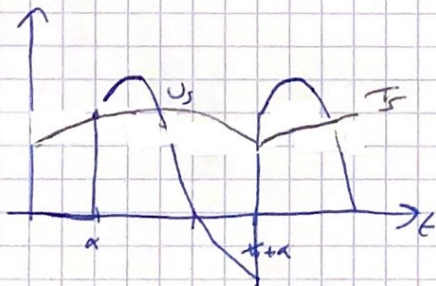


Pour une charge purement résistive :



Charge R-L fortement inductive

$$U_s = L \frac{dI_s}{dt} + RI_s \approx U_s = \int \frac{u_c}{L} dt$$

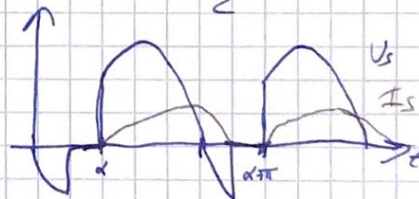


Charge R-L faiblement inductive

$$U_s = U$$

$$RI_s + L \frac{dI_s}{dt} = U_e \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

$$I_s = K e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{U_e \sqrt{2}}{Z} \sin(\omega t - \phi_2)$$

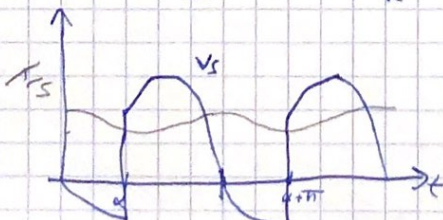


Charge RLE fortement inductive :

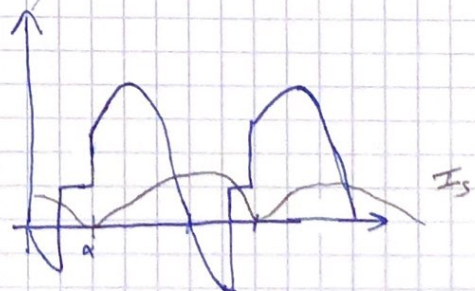
$$U_s = U$$

$$RI_s + L \frac{dI_s}{dt} = U \sqrt{2} \sin \omega t - E$$

$$\Rightarrow I_s = K e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{U \sqrt{2}}{Z} \sin(\omega t - \phi) - \frac{E}{R}$$



Charge faiblement inductive



Puissance en régime non sinusoïdal

$$\begin{aligned}
 P = \langle U_R, i_R \rangle &= \frac{1}{T} \int_0^T U_R \sqrt{2} \sin(\omega t) \sum_{n=1}^{\infty} I_{Rn} \sqrt{2} \sin(n\omega t - \varphi_n) dt \\
 &= \frac{2U_R}{T} \left[\int_0^T I_{R1} \sin(\omega t) \sin(\omega t - \varphi_1) dt + \underbrace{\sum_{n=2}^{\infty} \int_0^T \sin(\omega t) \sin(n\omega t - \varphi_n) dt}_{=0} \right] \\
 &= \frac{2U_R}{T} I_{R1} \left[\int_0^T \sin(\omega t) \cos(\varphi_1) dt - \underbrace{\int_0^T \sin(\omega t) \cos(\omega t) \sin(\varphi_1) dt}_{=0} \right] \\
 &= U_R I_{R1} \cos(\varphi_1)
 \end{aligned}$$

$$P_{R1} = I_{R1} \cos(\varphi_1)$$

