

---

# Compte rendu TP - Étude fréquentielle des différents modes de commandes d'un onduleur monophasé en tension

Gaëtan DIDIER

Compte rendu TP

Version 1.0

Réalisé par Antoine LAGUETTE , Juliette  
BLUEM , Axel THOUVENIN

25 avril 2021

# Table des matières

<b>1</b>	<b>TP n°7 Modélisation et étude d'un onduleur monophasé en pratique</b>	<b>3</b>
1.1	Introduction . . . . .	3
1.2	Système étudié . . . . .	3
1.3	Étude du boîtier de commande en mode Pleine Onde (PO) et Onde Décalée (OD) . . . . .	4
1.4	Commande plein onde . . . . .	4
1.5	Commande onde décalée . . . . .	6
1.6	Commande MLI . . . . .	9
1.7	Conclusion . . . . .	10

# 1 TP n°7 Modélisation et étude d'un onduleur monophasé en pratique

## 1.1 Introduction

Dans ce TP, on se propose d'étudier la conversion continu-alternatif à l'aide d'un onduleur de tension monophasé. Nous nous attarderons plus particulièrement sur l'étude fréquentielle des modes de commandes pleine onde, onde décalée et MLI (Modulation de la Largeur d'Impulsion).

## 1.2 Système étudié

Nous étudierons une simulation d'onduleur monophasé sur Simulink.

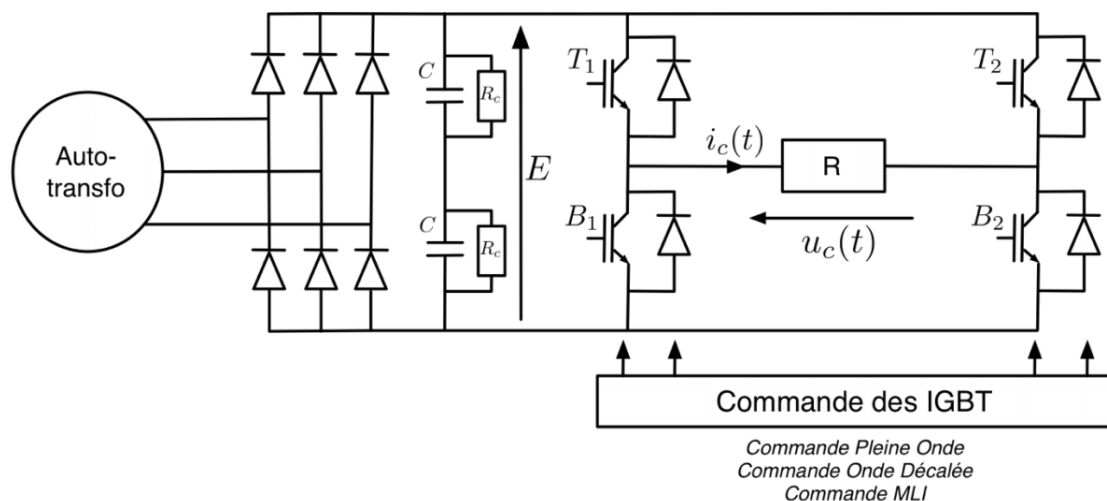


FIGURE 1.1 – Schéma réalisé - Onduleur en pont

Les tensions d'entrées variables, délivrées par l'autotransformateur, s'expriment avec les formules suivantes :

$$v_{s1}(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega.t), v_{s2}(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega.t - \frac{2.\pi}{3}), v_{s3}(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega.t - \frac{4.\pi}{3})$$

En entrée on reçoit un signal triphasé, les diodes permettent de redresser le signal. Une fois le signal redressé les condensateurs vont lisser le signal. On retrouve dans le montage des transistors, ils sont commandés par une boîte de commande. On obtient alors un signal alternatif entre 2 transistors.

### 1.3 Étude du boîtier de commande en mode Pleine Onde (PO) et Onde Décalée (OD)

On distingue différentes courbes sur l'oscilloscope, chacune représente un étage du montage. On retrouve notamment le signal triangulaire.

Grâce à l'outil de mesure de l'oscilloscope, on trouve  $F_{Tri} = 50Hz$  et  $V_{Tri} = 17,3V$ .

Les signaux « T1-B2-PO-BO » et « T2-B1-PO-BO » sont des signaux carrés générés par des comparateurs. Ces signaux sont déphasés d'une demi période et donc opposés.

Un comparateur reçoit à la fois un signal continu et un signal triangulaire, si le signal triangulaire atteint une certaine valeur alors il ressort  $U_c$  sinon il ne ressort rien.

### 1.4 Commande plein onde

Après avoir réalisé le montage nous avons mesuré la valeur efficace  $U_c = 96.4V$ , la valeur efficace du courant  $I_c = 1.928A$ , la tension du bus continu  $E = 10V$ .

On a pu observer que la forme de la tension  $u_c(t)$  est linéaire.

Voici la visualisation des signaux de commande des IGBT :

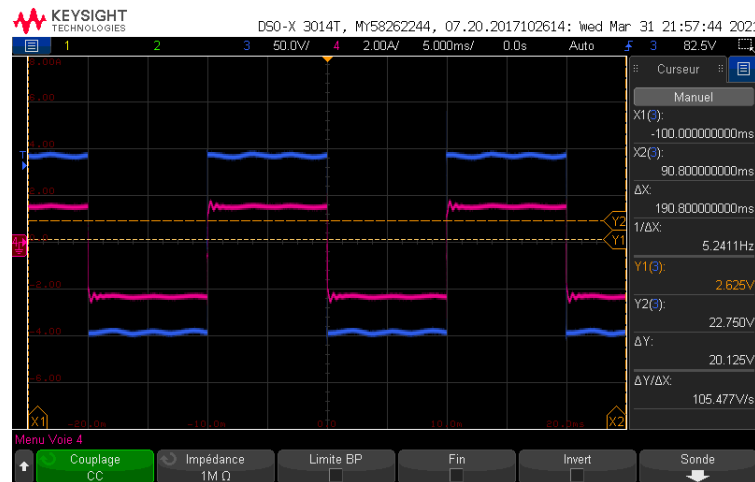


FIGURE 1.2 – Capture plein onde des signaux de commande IGBT

Harmoniques de  $u_c(t)$  :

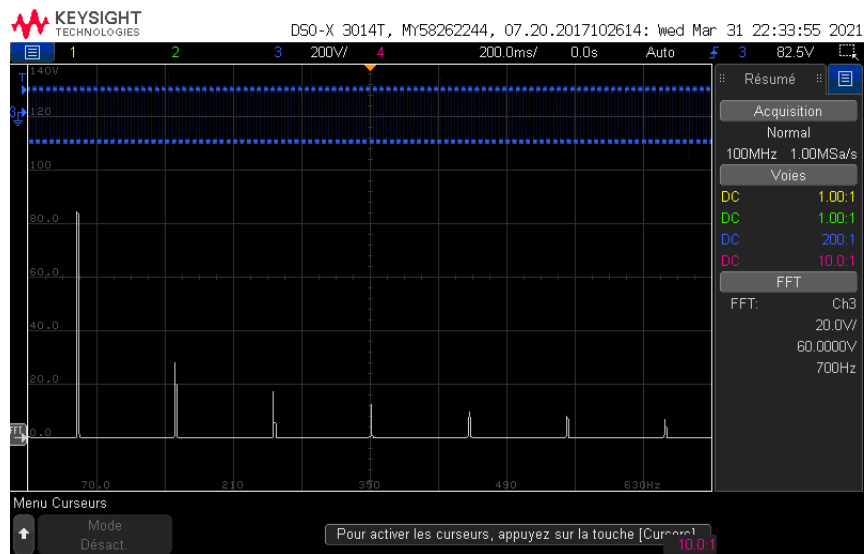


FIGURE 1.3 – Harmoniques de  $u_c(t)$  pleine onde

A partir de la FFT présente sur la figure 1.3, on complète le tableau suivant en relevant les différents harmoniques. On remarque que toutes les harmoniques sont présentes ce qui nous montre que nous sommes en pleine onde. Nous avons réalisé la même manipulation en théorie. Nous allons comparer les différentes mesures grâce à ce tableau.

Harmonique	PO theorique	PO pratique
H1	120	85,6
H3	43,5	29,3
H5	26,8	17,5
H7	18,6	12,5
H9	13,3	10
H11	11	8,1
H13	10	5
E		100
THD	33%	44%
Uc		5

FIGURE 1.4 – Harmoniques de  $u_c(t)$  pleine onde

On remarque une différence entre les harmoniques entre la théorie et la pratique. On notera que la plus grande différence se fait au niveau du fondamental.

## 1.5 Commande onde décalée

En tournant le potentiomètre, nous changeons  $\beta$ , l'angle de décalage. Ainsi, nous pouvons "effacer" certaines harmoniques

Les harmoniques supprimées sont les suivantes :

pour  $\beta = \pi/3$  : H3 (0.15 kHz) et H7 (0.45 kHz) disparaissent.

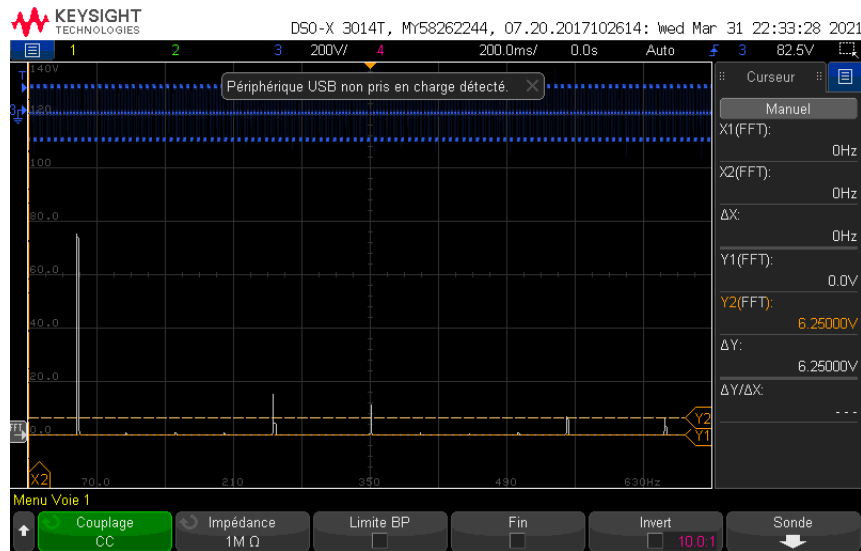


FIGURE 1.5 – Harmoniques de  $u_c(t)$  ondes décalées  $\pi/3$

pour  $\beta = \pi/5$  : H5 (0.25 kHz) disparaît.

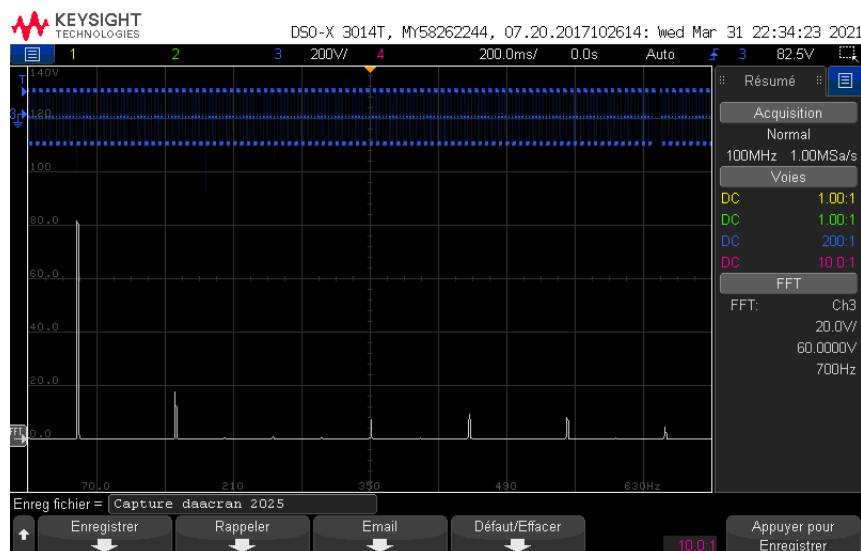


FIGURE 1.6 – Harmoniques de  $u_c(t)$  ondes décalées  $\pi/5$

pour  $\beta = \pi/7$  : H7 (0.35 kHz) disparaît.

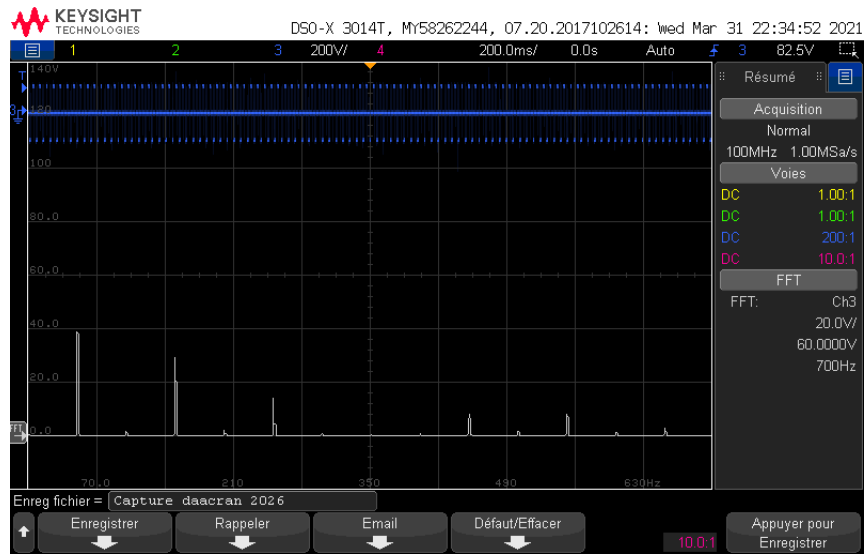


FIGURE 1.7 – Harmoniques de  $uc(t)$  ondes décalées  $\pi/7$

Grâce à ces données, nous pouvons calculer les différents taux de distorsion harmonique THD, et construire ce tableau :

Harmonique	PO theorique	PO pratique	OD pi/7 theorique	OD pi/7 pratique	OD pi/5 theorique	OD pi/5 pratique	OD pi/3 theorique	OD pi/3 pratique	frequence
H1	120	85,6	117	66,8	114	81,2	104	74,3	0,05
H3	43,5	29,3	30	13,1	25	18,1			0,15
H5	26,8	17,5	24	17,5			22,8	15	0,25
H7	18,6	12,5			10,9	6,8	16,4	11,2	0,35
H9	13,3	10	12	10	12,7	9,3			0,45
H11	11	8,1	10,8	3,7	10,4	8,1	9,15	7,5	0,55
H13	10	5	7	5,6	6	5,6	9	6,2	0,65
E		100							
THD	33%	44%	27%	49%	23%	33%	26%	35%	
Uc		5							

FIGURE 1.8 – Tableau annexe 1

On remarque que nos mesures pratiques correspondent aux simulations réalisées sous Simulink lors du précédent TP. Mais également, que le taux de distorsions harmonique varie en fonction du déphasage.

Pour conclure sur cette partie, voici un histogramme récapitulatif :

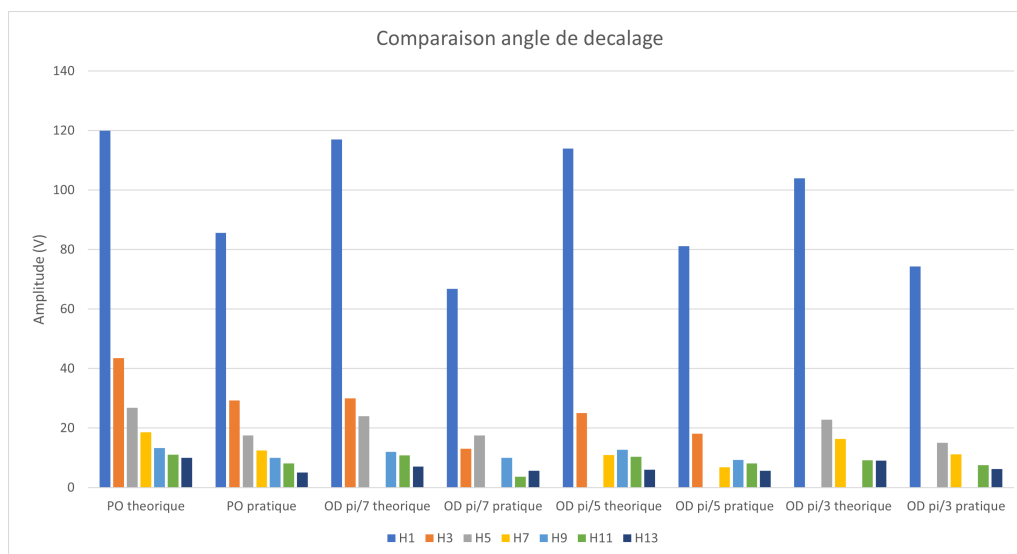


FIGURE 1.9 – Histogramme récapitulatif pour les ondes décalées



## 1.6 Commande MLI

En entrée de la commande IGBT, nous envoyons une sinusoïde d'amplitude comprise entre 0 et 10 V et de fréquence 50Hz.

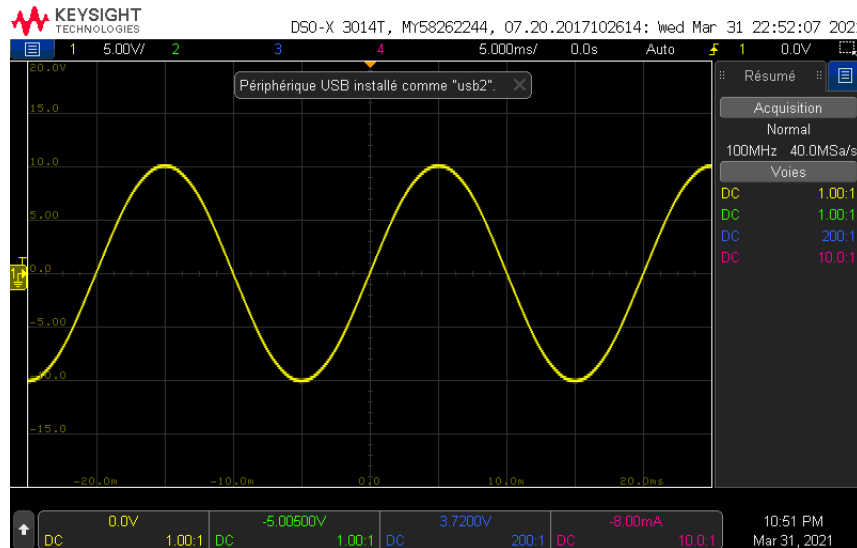


FIGURE 1.10 – Sinusoïde de commande IGBT

En sortie, nous pouvons observer le signal triangulaire suivant :  
 Nous avons  $V_{MLI} = 20.5V$  et  $F_{MLI} = 8.3kHz$

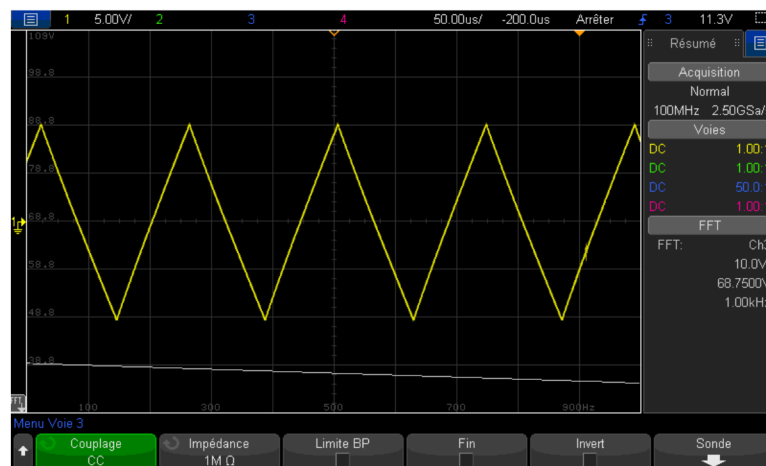


FIGURE 1.11 – Signal triangle MLI

La MLI permet de simplifier l'élimination d'harmoniques. En effet, les fréquences des harmoniques sont largement supérieures au fondamentale, ainsi à l'aide d'un simple filtre

LC, nous pouvons supprimer ces harmoniques. On notera que la fréquence de coupure du filtre est de  $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ . La fréquence de coupure recommandée est donc de 1kHz dans notre cas.

Nous pouvons également retracer le signal d'entrée grâce au fondamental de la FTP de celui de sortie de la MLI.

## 1.7 Conclusion

En mode pleine onde, les interrupteur se ferment durant un moitié de période. Cette méthode est la plus simple et la moins coûteuse à mettre en oeuvre. Mais son plus gros défaut est son nombre d'harmoniques. Cela rend le filtrage très délicat, il est difficile d'en extraire son fondamentale.

En mode onde décalée, on arrive à supprimer des harmoniques en faisant varier l'angle d'amorçage. Cependant on ne peut pas supprimer toutes les harmoniques.

En mode MLI, le signal de sortie est filtrable très simplement, car les filtres LC ne sont vraiment pas chers, et sur ce type de signal : très efficaces.