



UNIVERSITÉ DE  
**SHERBROOKE**

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté de génie

Département de génie électrique et génie informatique

## **Électronique de puissance**

APP3, GEN331 GEN362

Présenté à

Cao Minh Ta

Présenté par

Shawn Miller - mils2203

Alexis Juteau - juta1101

Sherbrooke - 11 Mai 2022

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Conception de la batterie .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Résultats simulation pour les Modes A, B et C : .....</b>	<b>4</b>
2.1	Mode A .....	4
2.2	Mode B .....	6
2.3	Mode C .....	7
<b>3</b>	<b>Fonctionnement de l'onduleur - Modes C.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Fonctionnement du Hacheur dévolteur – Mode D.....</b>	<b>11</b>
4.1	Présentation architecture et commentaires sur le dévolteur.....	11
4.2	Résultats simulation Simulink.....	12
4.3	Équation pour la tension et le courant de la bobine .....	13
4.4	Calcul de la puissance thermique dissipé pour K.....	14
4.5	Calcul de la puissance thermique dissipé pour Drl .....	14
<b>5</b>	<b>Annexe - Laboratoire 2.....</b>	<b>15</b>
5.1	Réponses aux questions du laboratoire 2 .....	16
5.1.1	Intervalles de conduction des interrupteurs? . . . . .	16
5.1.2	La tension de charge est-elle sinusoïdale? Alternative? . . . . .	17
5.1.3	Quelle est sa période?, sa fréquence? . . . . .	17
5.1.4	Valeur moyenne de la tension da la charge. . . . .	17

## Table des figures

1	Valeur efficace du courant à l'entrée du redresseur . . . . .	4
2	Valeur moyenne de la tension aux bornes du condensateur . . . . .	4
3	Valeur moyenne du courant traversant l'inductance . . . . .	5
4	Valeur efficace du courant de la charge . . . . .	6
5	Valeur efficace de la tension de la charge . . . . .	6
6	Valeur moyenne du courant fourni par le bloc batterie . . . . .	7
7	Valeur efficace du courant à l'entrée du redresseur . . . . .	7
8	Valeur moyenne de la tension aux bornes du condensateur . . . . .	8
9	Valeur moyenne du courant traversant l'inductance du bus . . . . .	8
10	Valeur efficace du courant de la charge . . . . .	9
11	Valeur efficace de la tension de la charge . . . . .	9
12	Schéma électrique de l'onduleur . . . . .	10
13	Architecture du dévolteur . . . . .	11
14	Courbe de la tension et du courant de la charge $U_c$ et $I_c$ . . . . .	12
15	Courbe de la courant dans la diode de roue-libre . . . . .	12
16	Chronogrammes de la tension de charge . . . . .	15
17	Chronogrammes du courant de charge . . . . .	15
18	Chronogramme du courant dans la diode de roue-libre . . . . .	16
19	Intervalles de conceptions des interrupteurs . . . . .	16

# 1 Conception de la batterie

Lorsque le signal triphasé a passé le redresseur, sa tension crête sera d'environ 148.55V. Ce résultat a été obtenu avec l'équation de la page 69 du livre Électronique de puissance.

$$V_d = \frac{3 * \sqrt{2}}{\pi} * V_{RMS}$$

$$V_d = \frac{3 * \sqrt{2}}{\pi} * 110V$$

$$V_d = 148.55V$$

Avec cette valeur, il est possible de trouver le nombre de cellule en série. Après, il faut identifier le besoin en courant pour pouvoir trouver le nombre de cellule en parrallèle.

$$N_s = V_d / V_{batMax}$$

$$N_s = 148.55V / 14.6V$$

$$N_s = 10.17 - > 11$$

$$Z = 2$$

$$I_Z = V_{bat} / Z$$

$$I_Z = \frac{\frac{148.55V}{\sqrt{(2)}}}{2}$$

$$I_Z = 49.78A$$

$$N_P = 1$$

Pour ne pas endommager la batterie, il faut 11 batteries en série et aucune en parrallèle puisque le courant est suffisant avec une seule.

## 2 Résultats simulation pour les Modes A, B et C :

### 2.1 Mode A

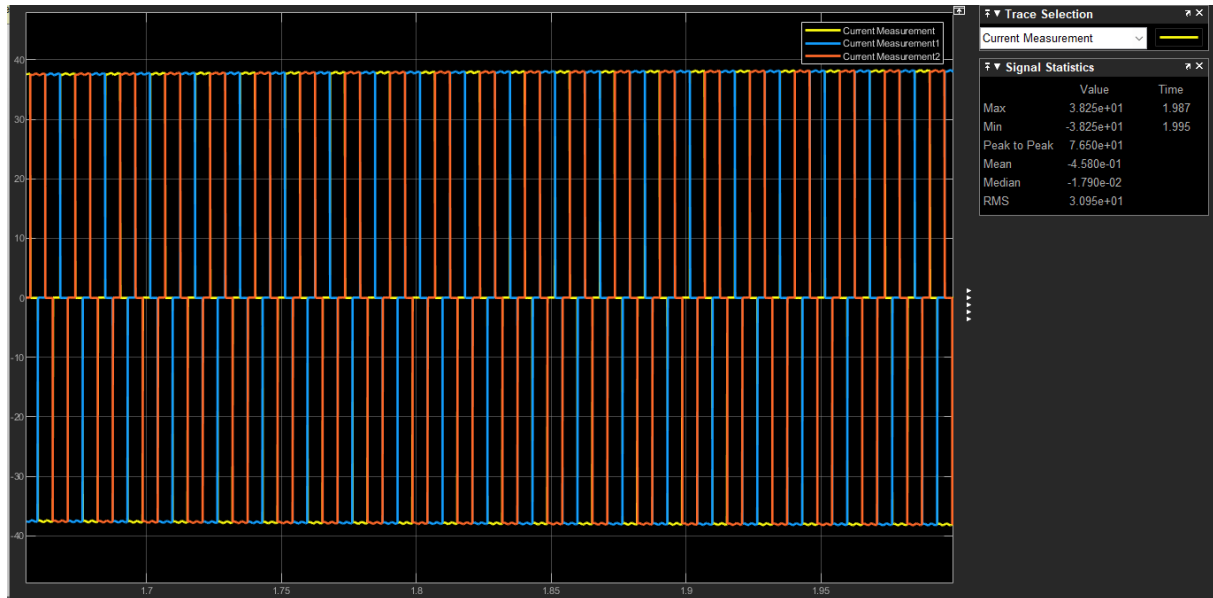


FIGURE 1 – Valeur efficace du courant à l'entrée du redresseur

$$I_{eff} = 30.95A$$

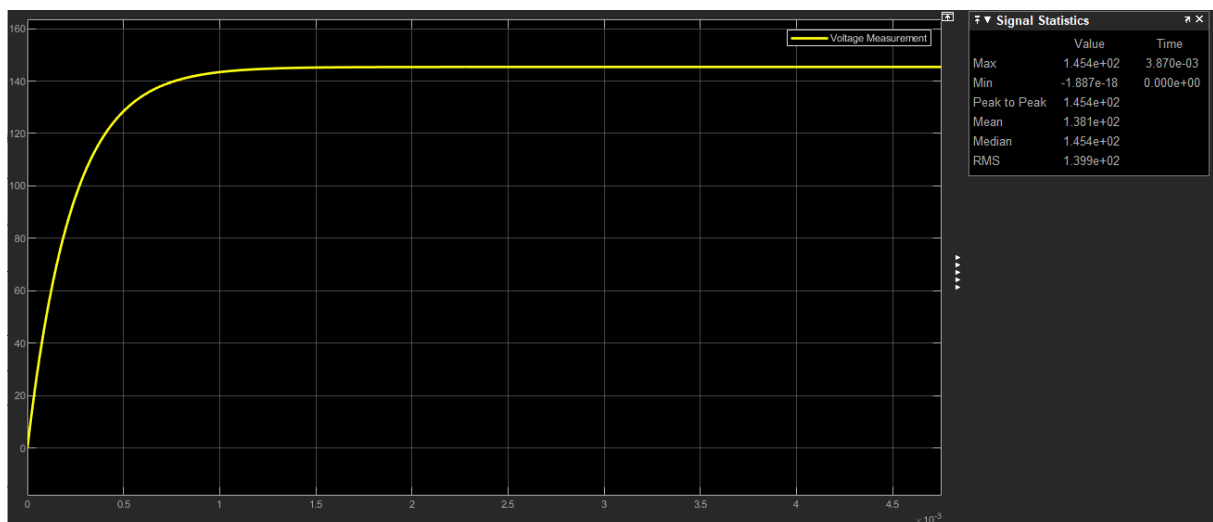


FIGURE 2 – Valeur moyenne de la tension aux bornes du condensateur

$$V_{moy} = 139.9V$$

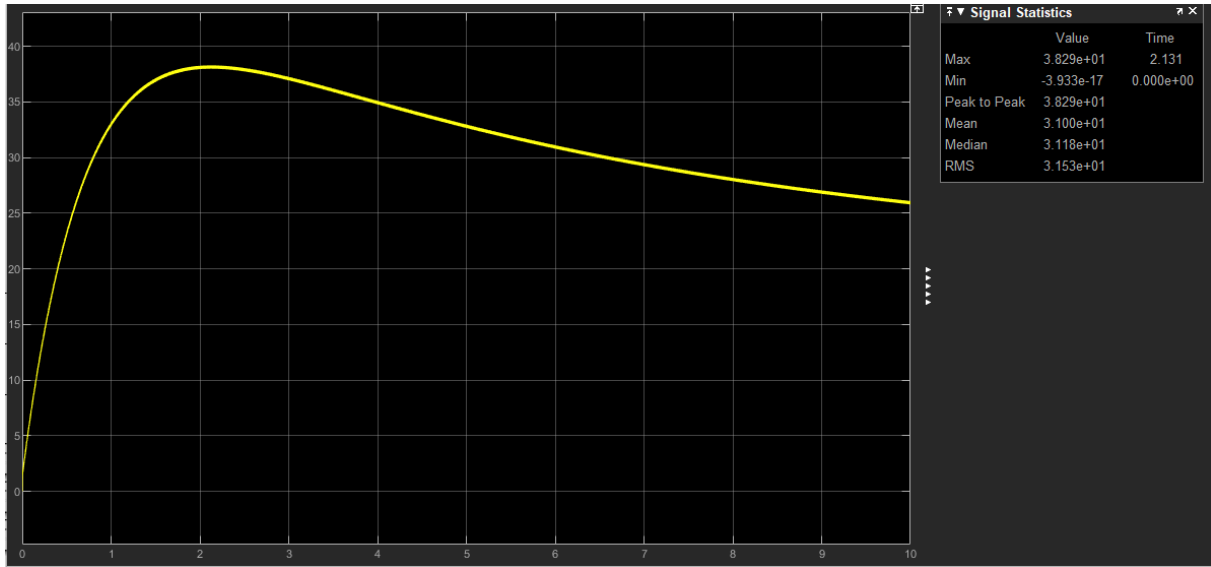


FIGURE 3 – Valeur moyenne du courant traversant l'inductance

$$I_{moy} = 31A$$

Pour les avantages de cette méthode de rechargement, il permet une recharge rapide et simple à concevoir. Au niveau des inconvénients, cette méthode ne permet pas un contrôle sur la tension et le courant pour charger la batterie. Puisque tout est constant, la batterie peut être à 20% de sa charge ou à 80% et il aura toujours la même tension et courant à ses bornes. Cette méthode va donc endommager la batterie et réduire sa durée de vie.

## 2.2 Mode B

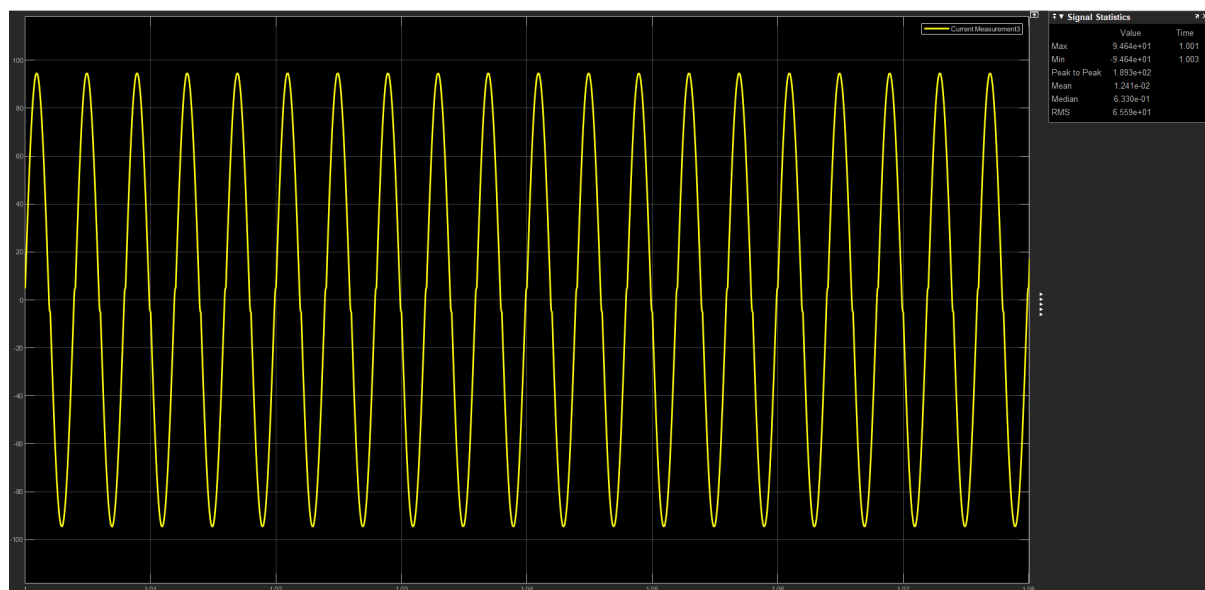


FIGURE 4 – Valeur efficace du courant de la charge

$$I_{eff} = 65.5A$$

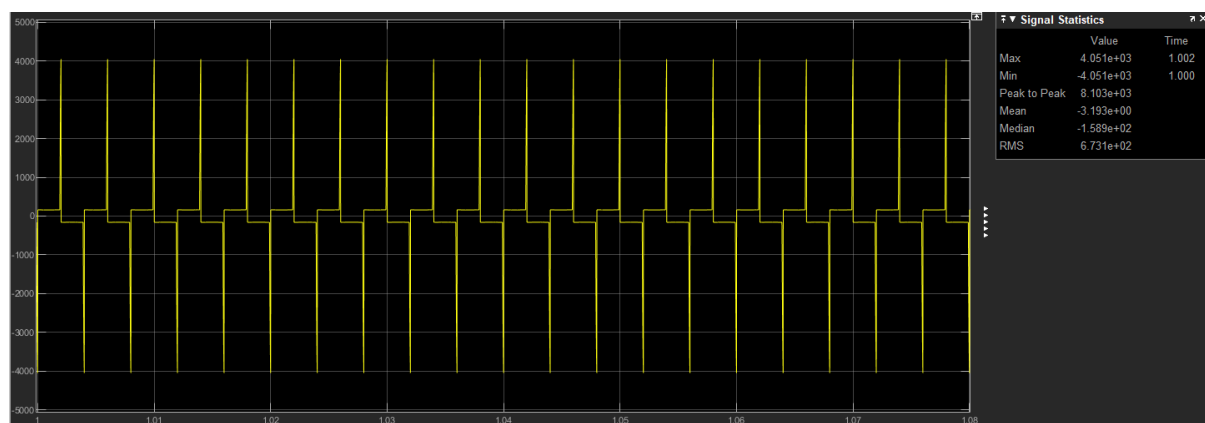


FIGURE 5 – Valeur efficace de la tension de la charge

$$V_{eff} = 673V$$

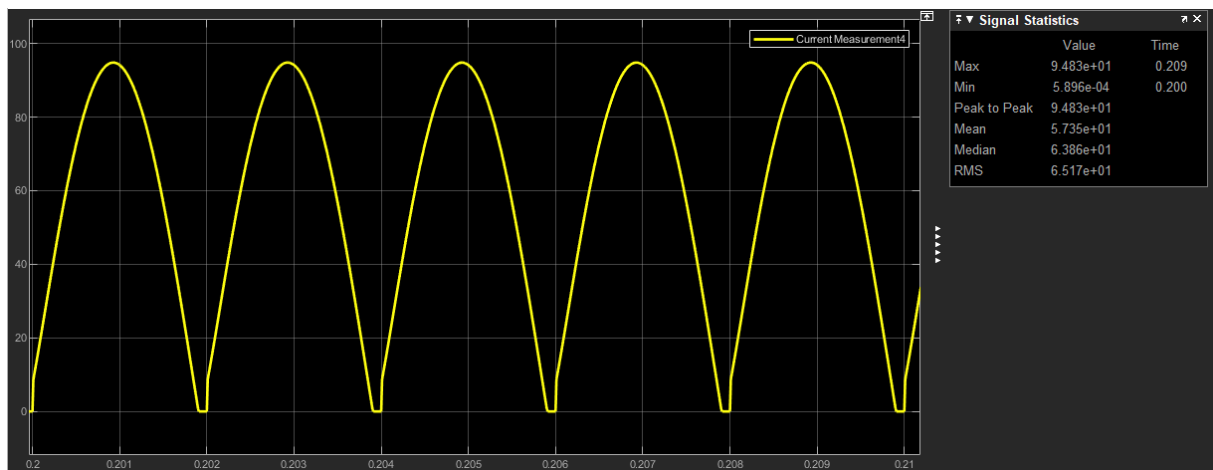


FIGURE 6 – Valeur moyenne du courant fourni par le bloc batterie

$$I_{moy} = 57.35A$$

## 2.3 Mode C

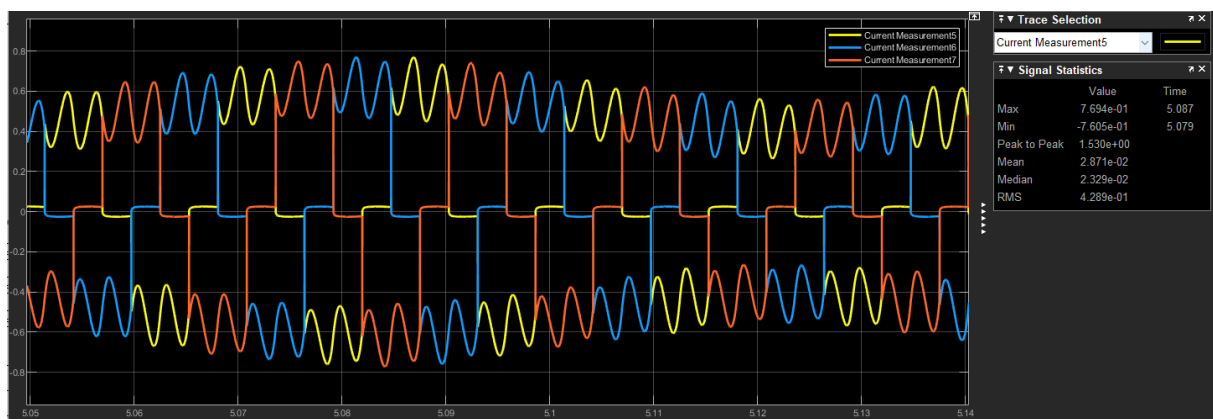


FIGURE 7 – Valeur efficace du courant à l'entrée du redresseur

$$I_{eff} = 42.8A$$



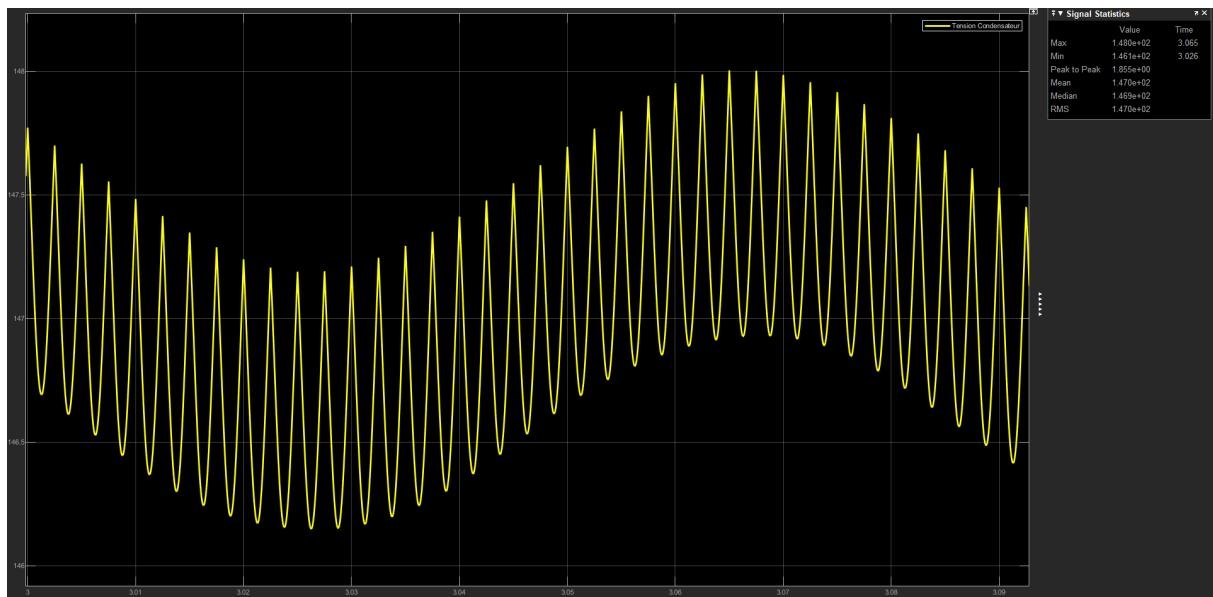


FIGURE 8 – Valeur moyenne de la tension aux bornes du condensateur

$$V_{moy} = 147V$$



FIGURE 9 – Valeur moyenne du courant traversant l'inductance du bus

$$I_{moy} = 55.11A$$

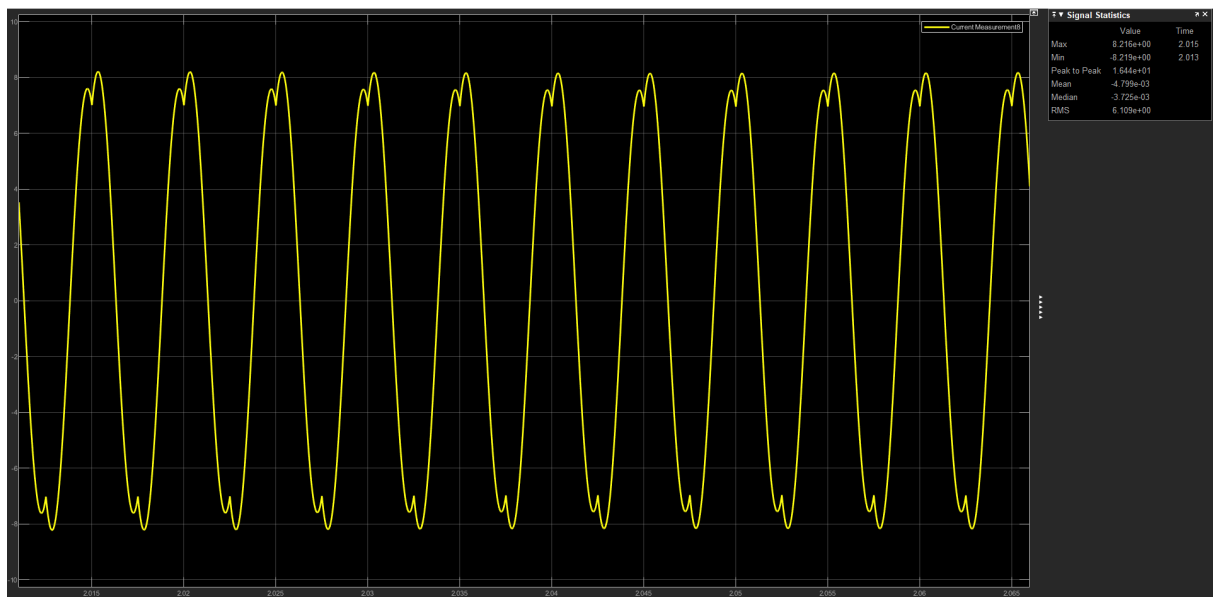


FIGURE 10 – Valeur efficace du courant de la charge

$$I_{eff} = 6.1A$$

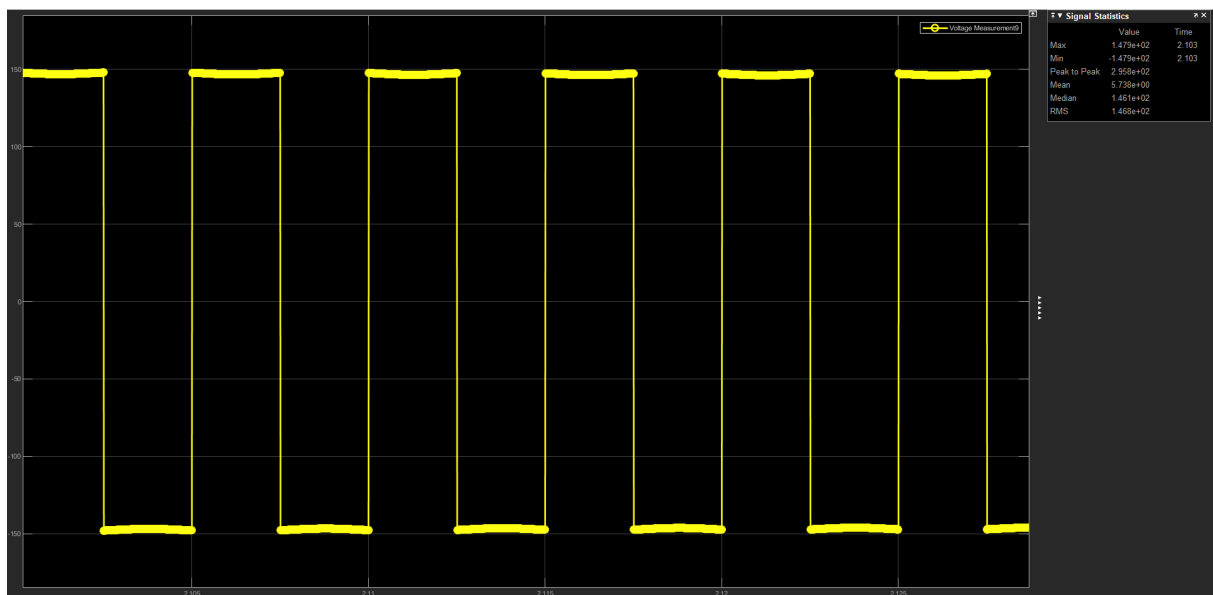


FIGURE 11 – Valeur efficace de la tension de la charge

$$V_{eff} = 146.8V$$

### 3 Fonctionnement de l'onduleur - Modes C

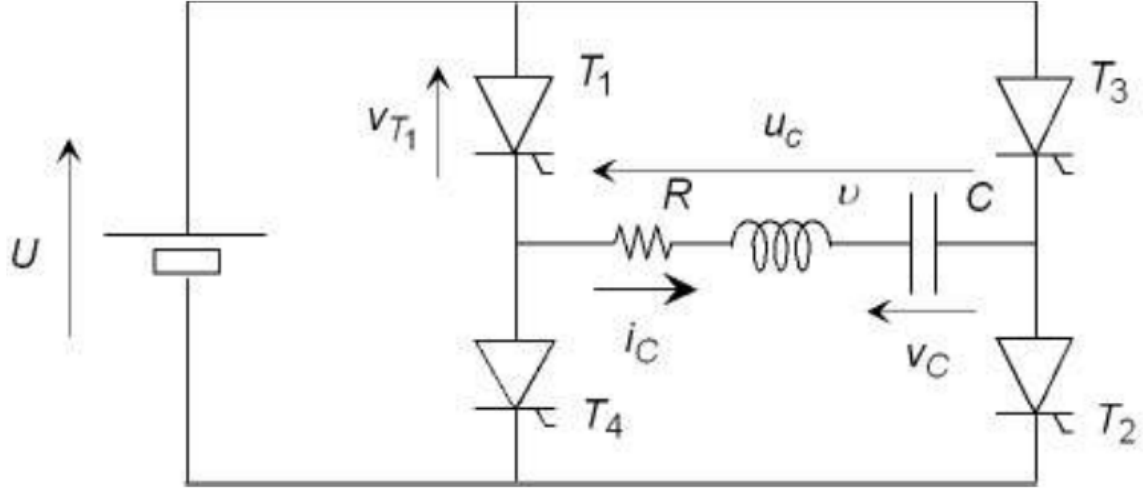


FIGURE 12 – Schéma électrique de l'onduleur

Lors de la première transition, les thyristors T1 et T2 sont activés. Cette transition permet à l'inductance et au condensateur de se charger. Puisque les thyristors T3 et T4 ne sont pas activés, ils ne conduisent pas. Durant la transition entre les 2 paires de thyristors, la sortie de l'onduleur est donc stable puisque le courant n'a aucun endroit où circuler. Après la transition, les thyristors T3 et T4 sont activés et inverse le courant du circuit, donc cela permet une chute de tension à la sortie du RLC. Ce fonctionnement est périodique.

C'est avec ces formules que l'on peut calculer la tension et le courant du condensateur en régime permanent.

$$v_C(t) = U - (U + v_{C(0)}) * \left[ 1 - \frac{e^{-\omega_0 t \cos \phi}}{\sin \phi} * \sin(\phi + \omega_0 t * \sin \phi) \right] \quad (1)$$

$$i_C(t) = (U - U + v_{C(0)}) * \sqrt{\frac{C}{L}} * \frac{e^{-\omega_0 t \cos \phi}}{\sin \phi} * \sin(\omega_0 t * \sin \phi) \quad (2)$$

## 4 Fonctionnement du Hacheur dévolteur – Mode D

### 4.1 Présentation architecture et commentaires sur le dévolteur

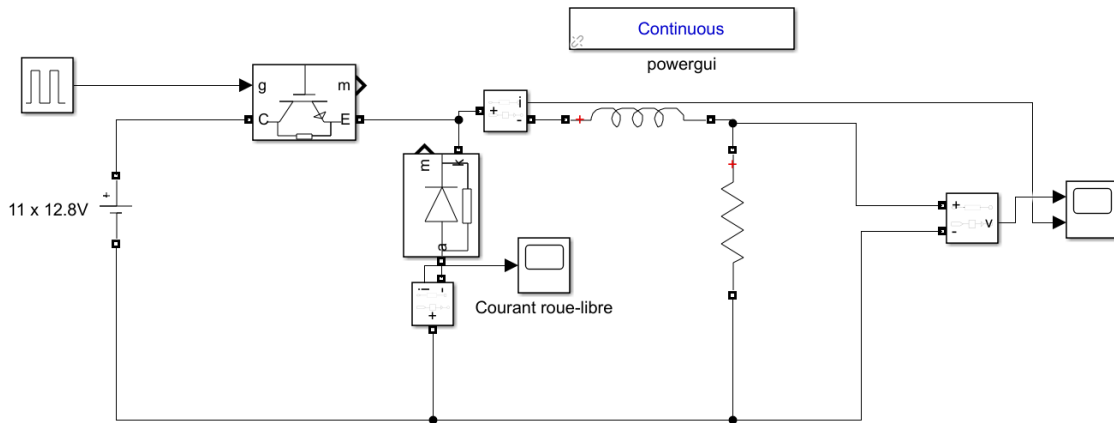


FIGURE 13 – Architecture du dévolteur

En ce qui concerne le mandat D, il s'agit d'une alimentation à hachage (CC-CC) de type Dévolteur. C'est-à-dire, que la tension de sortie en fonction de l'entrée est plus faible. Cette alimentation est composée d'une bobine, un interrupteur contrôlé et une diode de roue-libre (la disposition des composantes est importantes à respecter pour le dévolteur). Les phases de fonctionnement de cette alimentation est constitué d'une phase où l'interrupteur est fermé et que le courant circule dans la bobine, puis une phase où l'interrupteur est ouvert et que le courant de la bobine (chargé) circule dans la diode de roue libre.

$$V_{entrée} > V_{sortie}$$

$$V_{sortie} = \alpha * V_{entrée}$$

## 4.2 Résultats simulation Simulink

Avec un PWM de 1000Hz et les composants mesuré en laboratoire L :139.2mH et R :10 $\Omega$ , on obtient une oscillation autour de 75% la valeurs de la source sois 140,8V

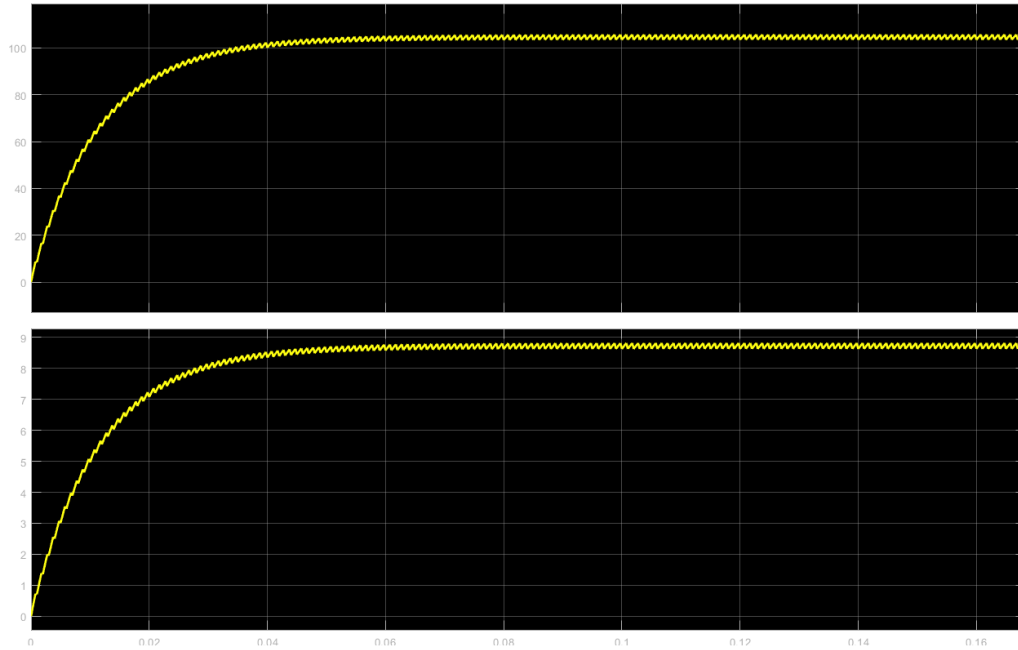


FIGURE 14 – Courbe de la tension et du courant de la charge  $U_c$  et  $I_c$

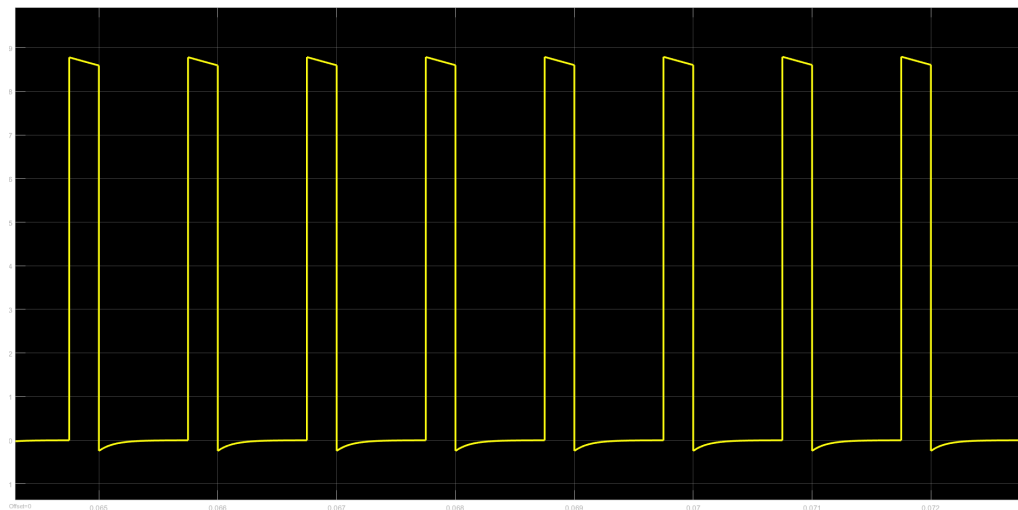


FIGURE 15 – Courbe de la courant dans la diode de roue-libre

Puisque le rapport cyclique est à 75%, il est possible de remarquer que la diode conduit a 25% de sa période.

### 4.3 Équation pour la tension et le courant de la bobine

Pour trouver les équations de tension et de courant dans la bobine, il est possible d'utiliser les lois de Kirchoff.

$$V_L = V_{entree} - V_{interrupteur}$$

Étant donnée le PWM, on ajoute le  $\alpha$  :

$$V_L = V_{entree} - V_{entree} * \alpha$$

$$V_L = V_{entree} * (1 - \alpha)$$

Équation de courant en circuit ouvert et en circuit fermé :

$$I_{Louvert}(t) = -\frac{V_{entree}}{L} * t$$

$$I_{Lferme}(t) = -\frac{V_{entree} * V_{interrupteur}}{L} * t$$

## 4.4 Calcul de la puissance thermique dissipé pour K

Le courant est environ a 8.8A simulé avec Matlab/Simulink.

$$P_{commutation} = \frac{1}{2} * V_{in} * f * I * (ton + toff + trecouvrement)$$

$$P_{commutation} = \frac{1}{2} * 140.8V * 250Hz * 8.8A * (125ns + 125ns + 75ns)$$

$$P_{commutation} = 58.08mW$$

$$P_{conduction} = I^2 * R_{on}$$

Puissance de conduction :

$$P_{conduction} = 5.5m\Omega * 8.8A^2$$

$$P_{conduction} = 425.92mW$$

Résistance thermique :

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P_{commutation} + P_{conduction}}$$

$$R_{th} = \frac{60^{\circ}C - 20^{\circ}C}{58.08mW + 425.92mW}$$

$$R_{th} = 93.91 \frac{^{\circ}C}{W}$$

## 4.5 Calcul de la puissance thermique dissipé pour Drl

$$P = V_{RLMax} * I$$

$$P = 0.65V * 8.8A$$

$$P = 5.72W$$

## 5 Annexe - Laboratoire 2

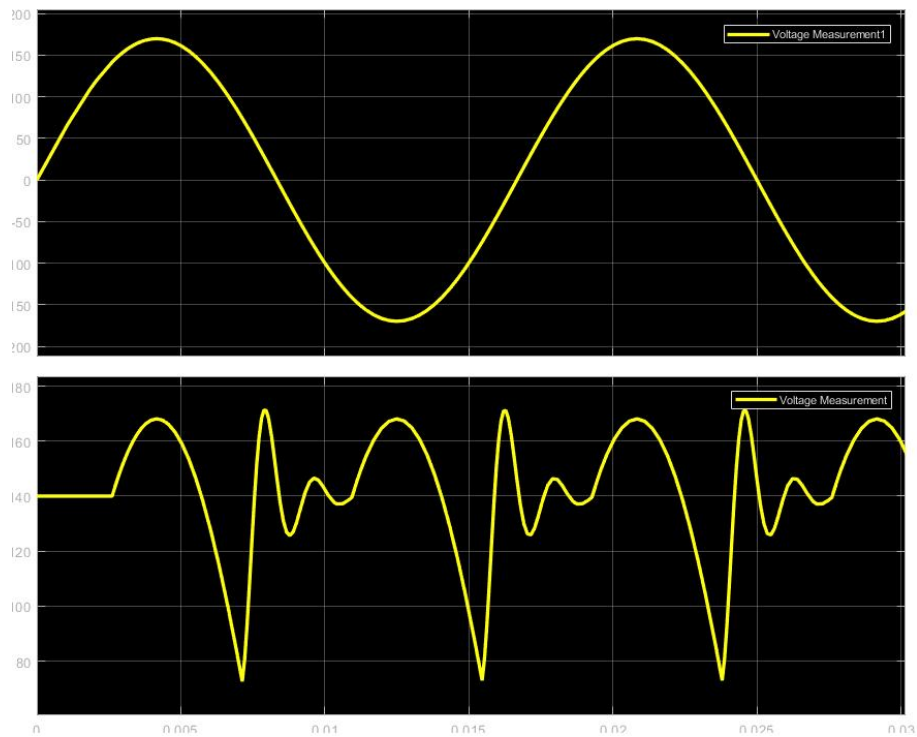


FIGURE 16 – Chronogrammes de la tension de charge

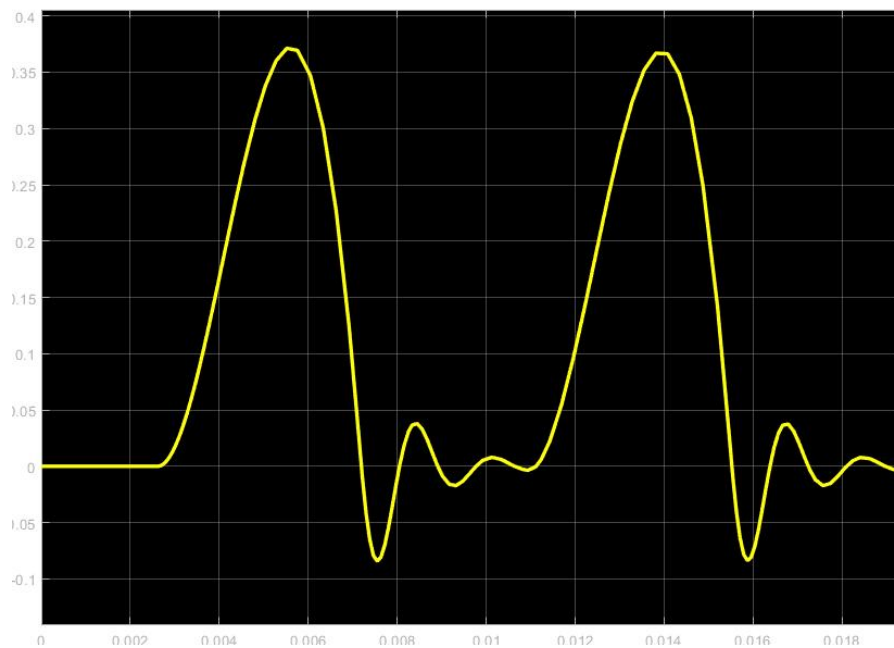


FIGURE 17 – Chronogrammes du courant de charge



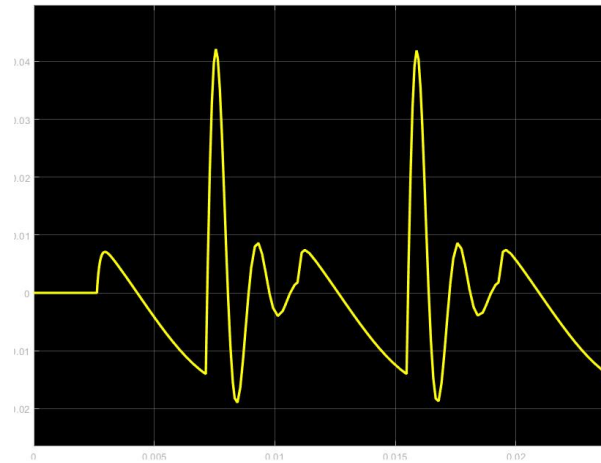


FIGURE 18 – Chronogramme du courant dans la diode de roue-libre

Ici, il est possible de remarquer que la diode protège le restant du bon pour le surtension, puis continue de conduire lorsque les diodes sont bloquées et que le moteur continue de tourner.

## 5.1 Réponses aux questions du laboratoire 2

### 5.1.1 Intervalles de conduction des interrupteurs ?

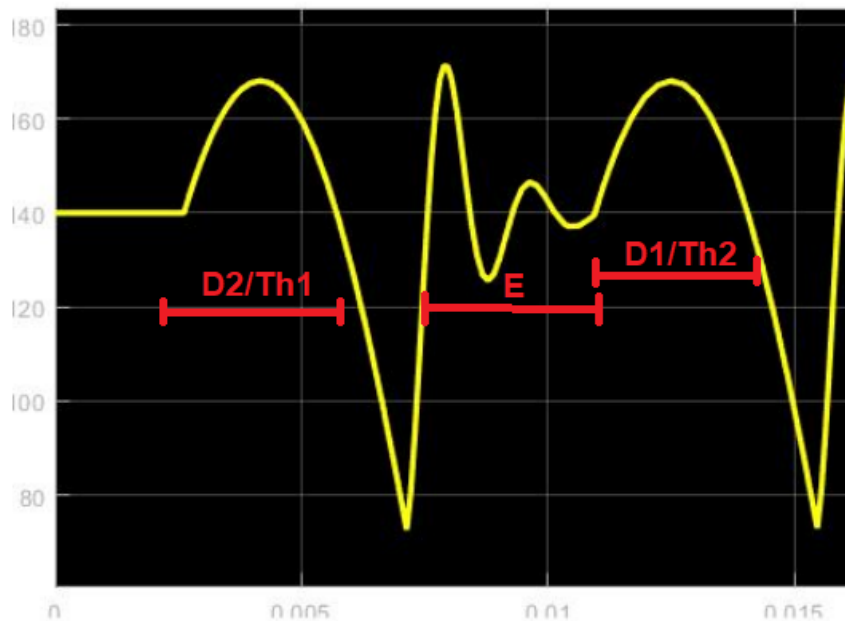


FIGURE 19 – Intervalles de conductions des interrupteurs

### **5.1.2 La tension de charge est-elle sinusoïdale ? Alternative ?**

Elle est sinusoïdale redressée avec une partie où le moteur devient une génératrice, donc la partie redressée est ondulée puisque le moteur continue de tourner.

### **5.1.3 Quelle est sa période ?, sa fréquence ?**

La période est de  $1/120$  secondes et 120Hz à 75% de la période.

### **5.1.4 Valeur moyenne de la tension de la charge.**

Environ 140V

## Références

- [1] João Pedro Trovão, révisé par Minh C. Ta, *GUIDE DE L'ÉTUDIANT*, 4<sup>e</sup> version, Université de Sherbrooke, 2022
- [2] ESME SUDRIA, *LA CONVERSION ALTERNATIF-ALTERNATIF INDIRECTE ÉTUDE D'UN ONDULEUR COMMUTÉ PAR LA CHARGE*