

### CONVERSION DC-AC

#### INTRODUCTION :

Les derniers modèles de véhicules électriques Zoé et e208 sont propulsés par un moteur synchrone triphasé ( pour des raisons de ..... ).

Pour obtenir une vitesse variable, il faut donc disposer d'un réseau de tension triphasée ..... ceci à partir d'une source .....

Le montage permettant de réaliser cette conversion continu / alternatif s'appelle l' .....



**Problématique :** Quelle est la structure de ce montage et comment est-il piloté ?

#### A STRUCTURE DE L'ONDULEUR :

La structure de l'onduleur peut se déduire à partir de la fonction qu'il doit réaliser :

Entrée : .....

Schéma :

Sortie : .....

.....

Fonction à réaliser : .....

.....

.....

.....

D'un point de vue technologique, les interrupteurs peuvent être réalisés par des ..... en forte puissance, par des ..... en faible puissance. Afin de permettre une réversibilité en courant, il faut adjoindre aux transistors .....

#### B COMMANDE :

**Problématique :** comment commander les transistors de manière à créer une tension alternative (et si possible sinusoïdale) à partir d'une tension parfaitement continue ?

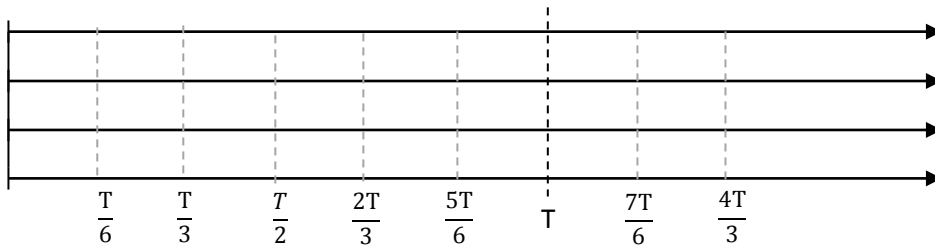
##### 1. Commande pleine onde

Première idée : pour chaque phase, on commande pour un bras d'onduleur :

- .....
- .....

afin de créer une alternance tension positive, tension négative et ainsi créer une tension alternative. La commande des transistors du bras suivant est ensuite décalée de .....

Intervales conduction des interrupteurs :



Chronogramme des tensions composées :

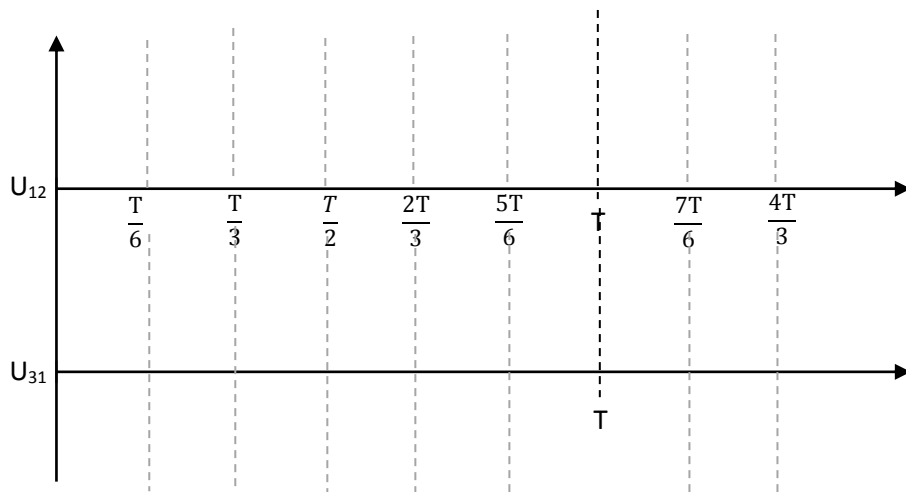
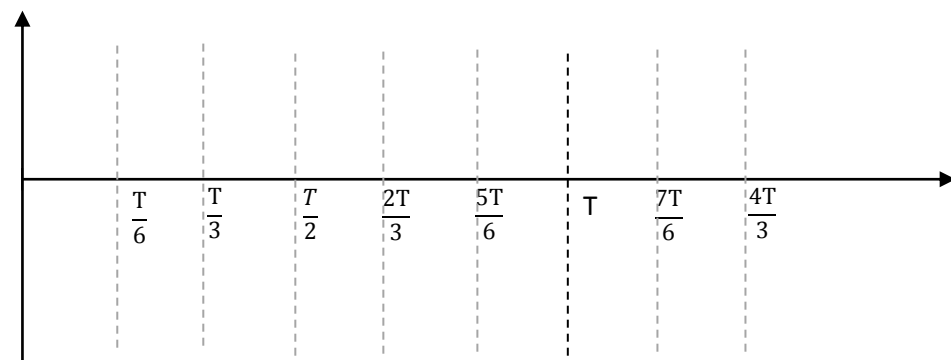


Schéma équivalent de 0 à T/6 :

$U_{12} = \dots$        $U_{31} = \dots$

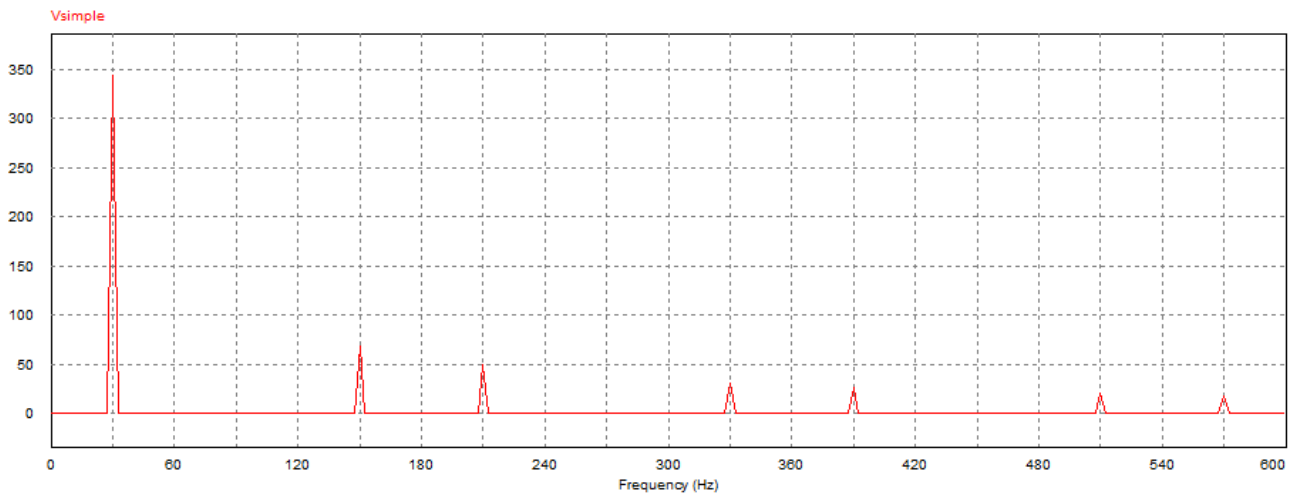
Chronogramme des tensions simple : (ex pour  $v_1$ )



**Conclusion** : La tension n'est pas sinusoïdale mais s'en approche, pour une approche quantitative, on peut

.....

Spectre de la tension simple pour une fréquence 30 Hz, obtenu par simulation (ond\_tri\_pleineonde.sch) :



On constate qu'il reste tout de même des harmoniques de tension relativement importantes et surtout à

Dans le cas d'une commande de moteur, cela créerait des harmoniques de courant, à l'origine de :

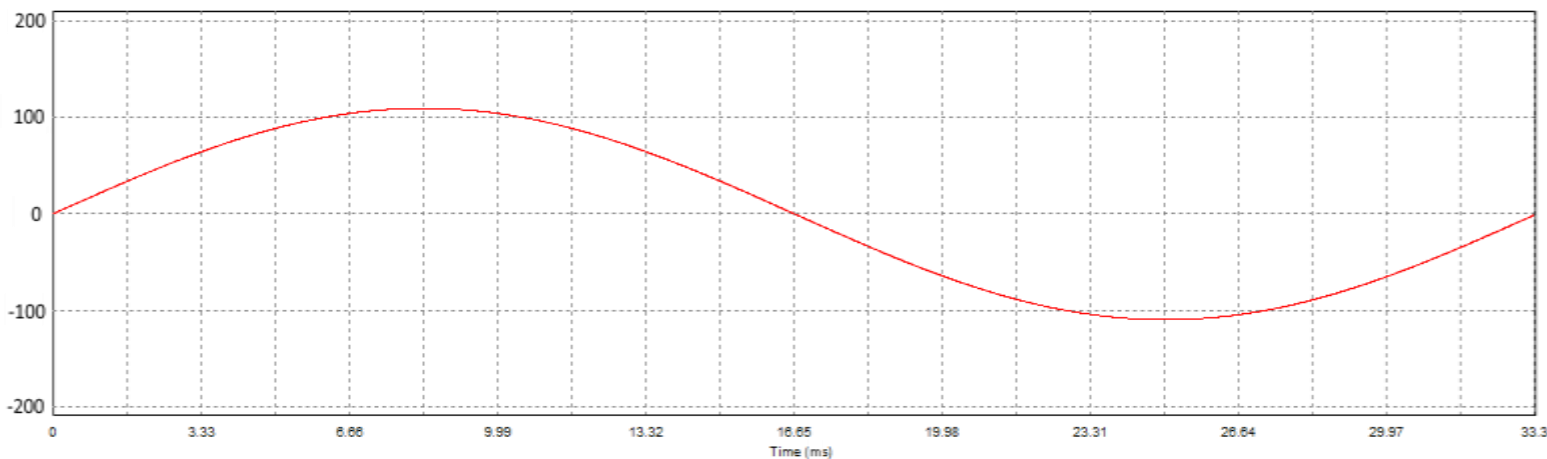
- "harmoniques" de .....
- pertes accrues ( pertes magnétiques ) dans le moteur et les transformateurs du réseau
- problèmes de CEM (compatibilité électromagnétique ), parasites ...

Il faut donc adopter une commande plus fine permettant d'obtenir moins d'harmoniques.

## 2. Commande MLI (modulation de largeur d'impulsion)

L'idée cette fois ci est d'utiliser la même technique que dans le montage hacheur. On découpe la tension continue à haute fréquence afin de reconstituer par morceaux une sinusoïde à la fréquence et amplitude voulue.

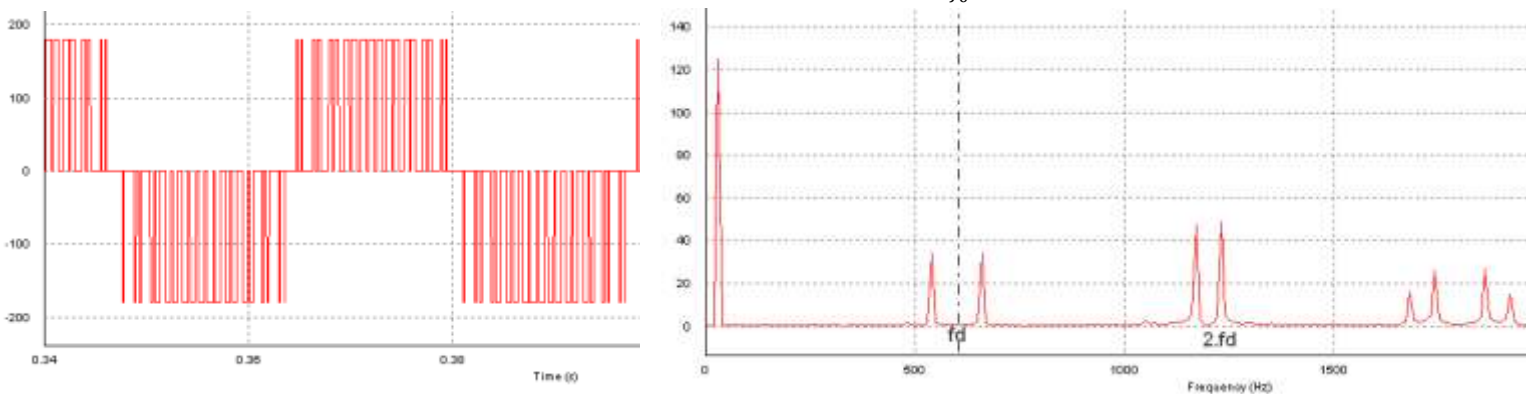
Exemple : on veut obtenir la tension composée ci-dessous ( $f_0=30\text{Hz}$ ,  $\hat{U} = 110\text{V}$ ) à l'aide d'un onduleur (entrée continue de 200V) fonctionnant avec une fréquence de découpage de 600 Hz :



Approximation par morceau (en vert)

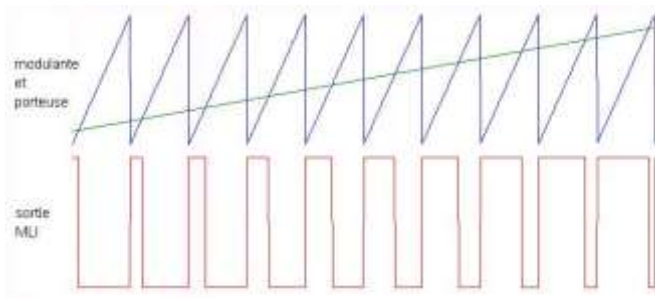
Réalisation des "morceaux" par découpage de la tension de 200 V : (en rouge)

Spectre pour la tension composée en sortie d'onduleur pour  $p=20$  ( $p = \frac{f_d}{f_0}$ ),  $f_0=30\text{Hz}$ .



On constate donc que les harmoniques sont rejetés ..... Cette fréquence étant généralement élevée par rapport à la fréquence  $f_0$  de la modulate (le sinus voulue en sortie d'onduleur), la tension est alors ..... Dans le cas de la commande des moteurs, le paramètre important n'est pas la tension appliquée mais le courant, et généralement (au moins pour les MAS), **l'inductance propre des moteurs est suffisamment importante pour filtrer les harmoniques de courant sans avoir à rajouter un quelconque filtre.**

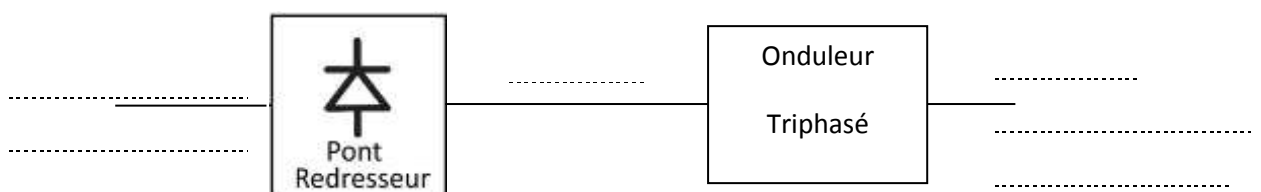
Rq : Une manière "simple" de réaliser les commandes d'interrupteur est de comparer la tension de référence voulue appelée modulate (sinusoïdale à fréquence  $f$  et amplitude donnée) à un signal triangulaire appelée porteuse de fréquence  $f_p = p \times f$ . L'amplitude se règle en paramétrant l'amplitude de la modulate. La sortie de cette comparaison commande directement les transistors. (cf schéma PSIM **ond\_tri\_MLI**)



**C DOMAINES D'UTILISATION**

**1. Variation de vitesse**

Plus généralement par rapport à l'exemple précédent, on trouvera le montage onduleur dès qu'il s'agit de variation de vitesse pour machines triphasées. (synchrone et asynchrone) même si la source de tension est déjà sinusoïdale. Un redresseur (triphase ou monophasé suivant le cas) fournit une tension continue, puis l'onduleur crée le réseau de tension triphasé sinusoïdal à une amplitude et fréquence permettant le fonctionnement désiré.



L'ensemble ci-dessus est appelé variateur

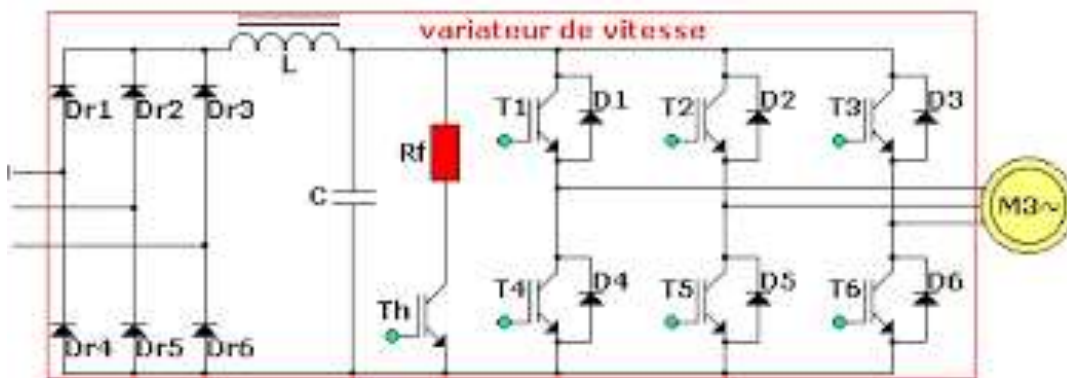
**Exemple :** démarrage progressif de barrière de parking : système DECMA PARK

Moteur asynchrone alimenté par un variateur ATV31, piloté par un automate (cf schéma de câblage en fichier annexes)

Intérêt du démarrage progressif : .....

Critère de choix d'un variateur : .....

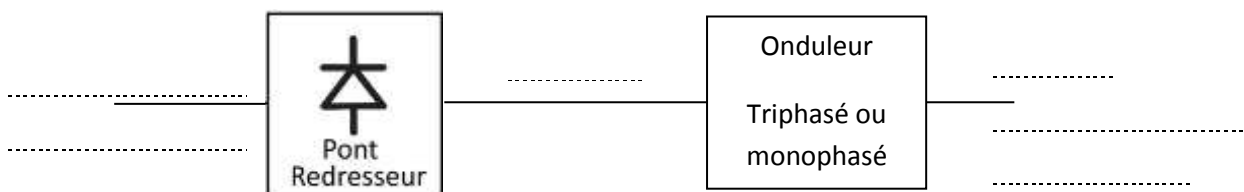
**Rq :** l'onduleur seul peut fonctionner dans les quatre quadrants (à condition de mettre en anti parallèle des diodes sur les transistors), mais souvent le bus continu est alimenté par un pont redresseur triphasé à diode qui lui n'est pas réversible en courant : solution → .....



**2. Alimentations sans interruption (ASI)**

Certaines applications sensibles (.....) ne peuvent supporter la moindre panne d'alimentation (cf perturbations vus en cours source d'énergie). Pour réaliser une alimentation sécurisée, on a la même structure que précédemment avec des batteries sur le bus continu, ce qui permet de continuer à fournir de l'énergie et donc une tension sinusoïdale le temps qu'un groupe électrogène prenne le relais. (Rq : onduleurs en monophasé pour les faibles puissances, en triphasé pour les gros data center)

On a alors une structure identique au variateur :



Rq : Dans le langage courant, on désigne souvent par onduleur, l'ensemble du montage précédent.

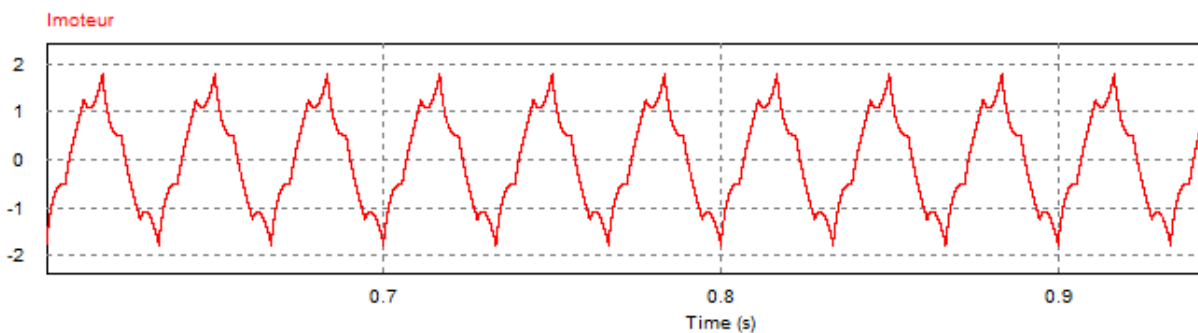
**CONCLUSION :**

Les montages onduleurs sont aujourd'hui omniprésents dès qu'il s'agit de contrôle moteur. Simplement, en paramétrant les instants de commutation des transistors, l'onduleur crée "quasiment" n'importe quelle réseau de tensions triphasées, grâce au découpage de la tension par modulation de largeur d'impulsion (MLI ou PWM en anglais). Plus la fréquence de découpage MLI est élevée, plus les harmoniques (tensions et par conséquent courants) sont élevés et donc facile à filtrer. (cf annexe ci-dessous)

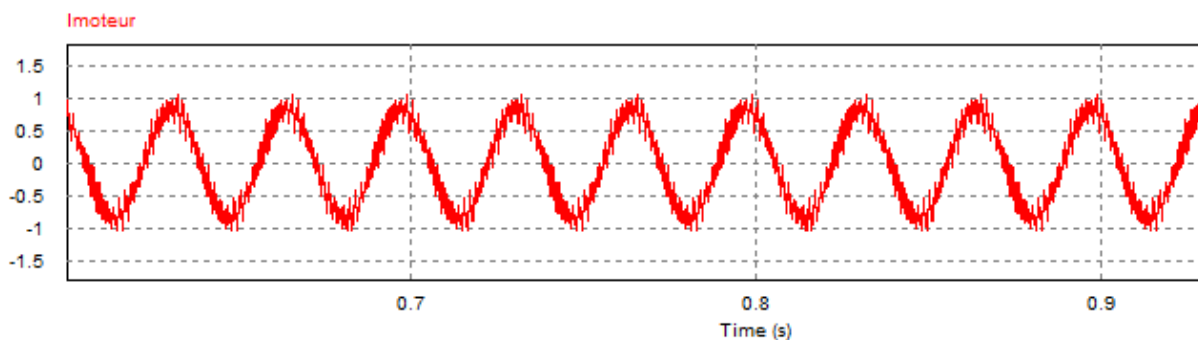
En pratique, les onduleurs actuels (pour ASI ou variateurs) sont pilotés par des algorithmes très compliqués (contrôle vectoriel de flux) et surtout comportent des fonctionnalités annexes, support de plusieurs protocoles de communication, pilotage par PC déporté, filtrage, paramétrage différent suivant la charge ...

### Annexe : Allure du courant de ligne pour un moteur asynchrone alimenté par onduleur : (tension de sortie de fréquence 30 Hz)

- Onduleur avec commande pleine onde :



- Onduleur par commande MLI sinus- triangle : fréquence de découpage 600 Hz



- Onduleur par commande MLI sinus- triangle : fréquence de découpage 6000 Hz

