

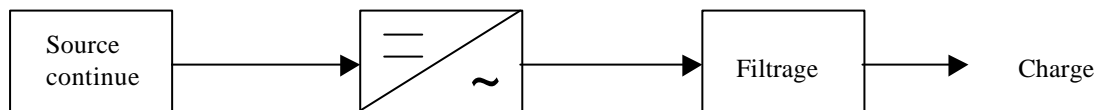
STRATEGIES DE COMMANDE DES ONDULEURS

1) Présentation :

Un onduleur est un convertisseur continu/alternatif. Ils sont utilisés principalement dans deux types de systèmes :

- Les ASI : alimentations sans interruption, (UPS : *uninterruptible supply system* en anglais). Elles servent le plus souvent d'alimentation de secours pour des systèmes informatique. La source de tension continue est généralement constituée d'une batterie d'accumulateurs. La fréquence et l'amplitude de la tension de sortie sont fixes.
- Les variateurs de vitesse pour machines asynchrone. La source continue est obtenue par redressement du réseau. La fréquence et l'amplitude de la tension de sortie sont variables.

Synoptique d'une ASI :



2) Le problème du filtrage :

La tension en sortie du convertisseur continu/alternatif n'est pas sinusoïdale. En effet, les semiconducteurs travaillant en commutation, la tension de sortie sera toujours constituée de « morceaux » de tension continue.

Cette tension non sinusoïdale peut être considérée comme la somme d'un fondamental (que l'on souhaite) et de tensions de fréquences multiples de celle du fondamental, les harmoniques (que l'on ne souhaite pas). Ces tensions harmoniques provoquent la circulation de courants harmoniques.

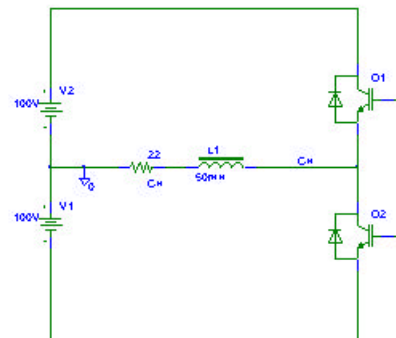
L'objectif du filtrage dépend du système considéré :

- Dans le cas des ASI, on souhaite une **tension** analogue à celle délivrée par le réseau donc sinusoïdale. On va donc **filtrer la tension** avec des condensateurs. L'impédance en alternatif d'un condensateur étant $Z_C = 1/C\omega$, on voit que pour les harmoniques de tension de rang croissants, cette impédance est de plus en plus faible.
- Dans le cas des variateurs de vitesse pour MAS, on souhaite que le **courant** soit sinusoïdal pour éviter les couples harmoniques générateurs de pertes et de vibrations. On va donc **lisser le courant** avec des inductances. L'impédance en alternatif d'une inductance étant $Z_L = L\omega$, on voit que pour les harmoniques de courants de rang croissants, cette impédance est de plus en plus grande.

Remarques :

- Dans le cas des MAS, l'inductance propre du stator suffit généralement à assurer un filtrage convenable.
- La stratégie de commande d'un onduleur dépend du système dont il fait partie.

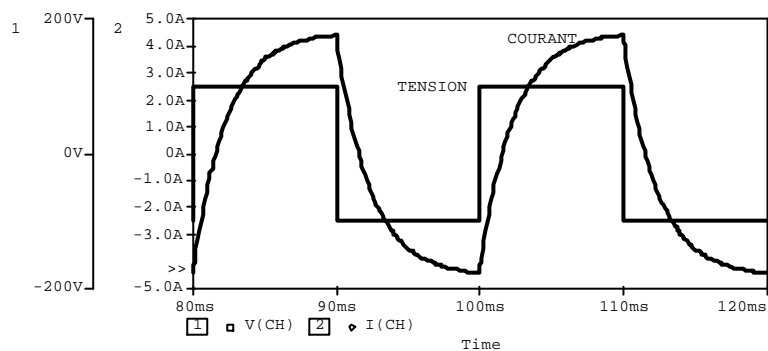
3) Onduleur monophasé pleine onde : Circuit de puissance :



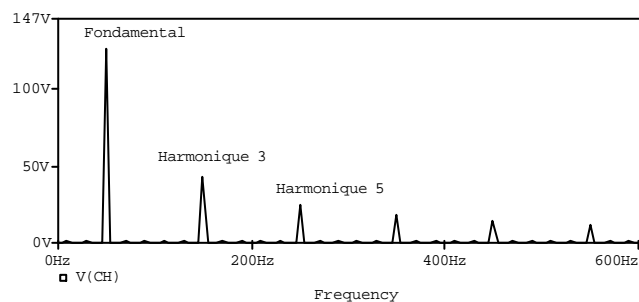
Stratégie de commande :

Chaque interrupteur est fermé pendant une moitié de la période.

Allure des courants et tensions :



Spectre de la tension de sortie :



On retrouve tous les harmoniques impairs avec des amplitudes décroissantes.

Conclusion :

C'est la stratégie de commande la plus simple à mettre en œuvre. Par contre la tension de sortie est très riche en harmonique de rang faible et donc de fréquence basse. Le filtrage est difficile.

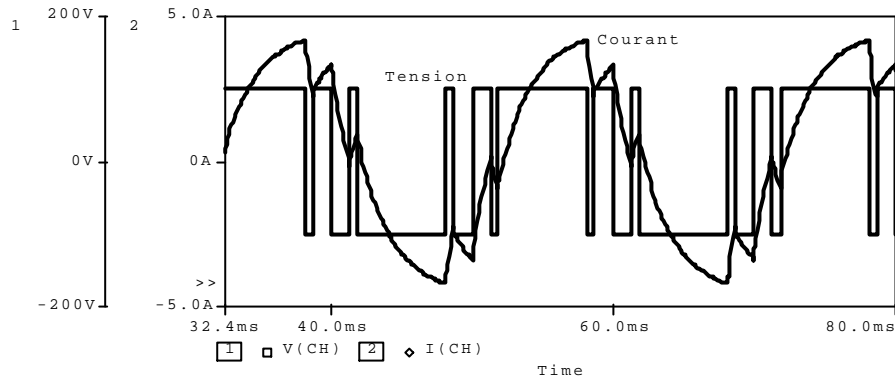
4) Onduleur monophasé à MLI calculée :

Circuit de puissance : voir §3

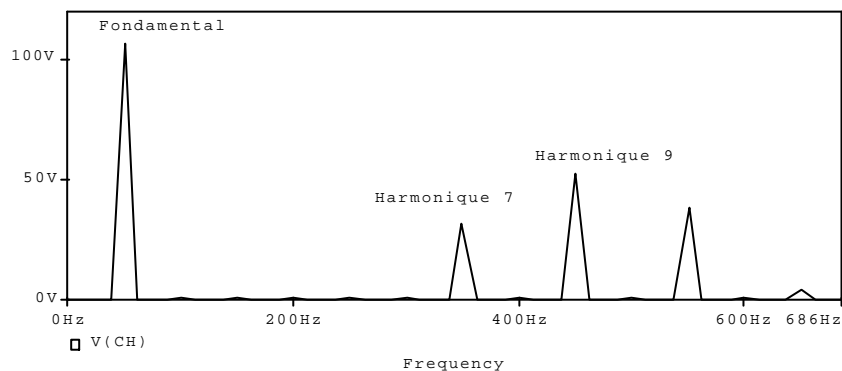
Stratégie de commande :

La tension de sortie est composée de créneaux de tension de largeur variable (d'où le nom de MLI : modulation de largeur d'impulsion, PWM : *pulse width modulation* en anglais). Les angles de commutations sont calculés de façon à éliminer un certain nombre d'harmoniques. Voici un exemple où sont supprimés les harmoniques 3 et 5.

Allure des courants et tensions :



Spectre de la tension de sortie :



On vérifie la suppression des harmoniques de rang 3 et 5. On remarquera que l'amplitude du fondamental a diminué et que celle des harmoniques restants a augmenté.

Conclusion :

Cette stratégie de commande permet de d'augmenter la fréquence des premiers harmoniques et donc facilite le filtrage (voir le § 2). Il est difficile de faire varier l'amplitude du fondamental. Cette méthode est donc surtout utilisée dans les ASI.

5) Onduleur monophasé à MLI sinus-triangle :

Circuit de puissance : voir §3

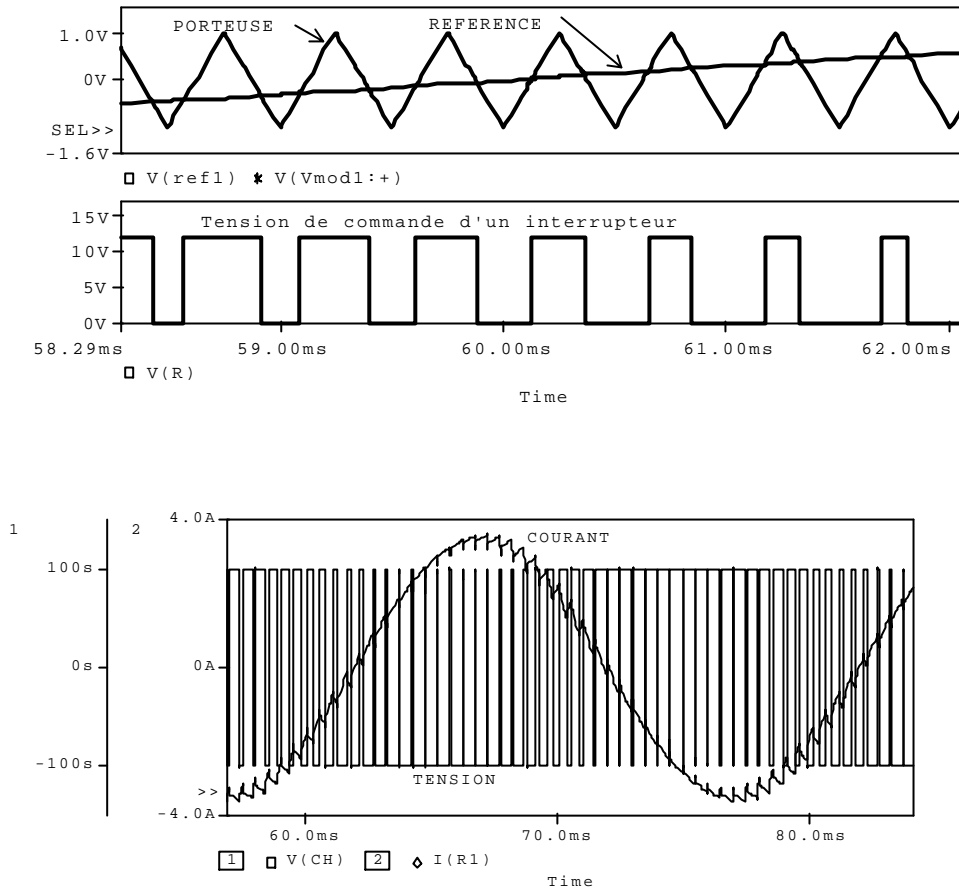
Stratégie de commande :

On crée deux signaux :

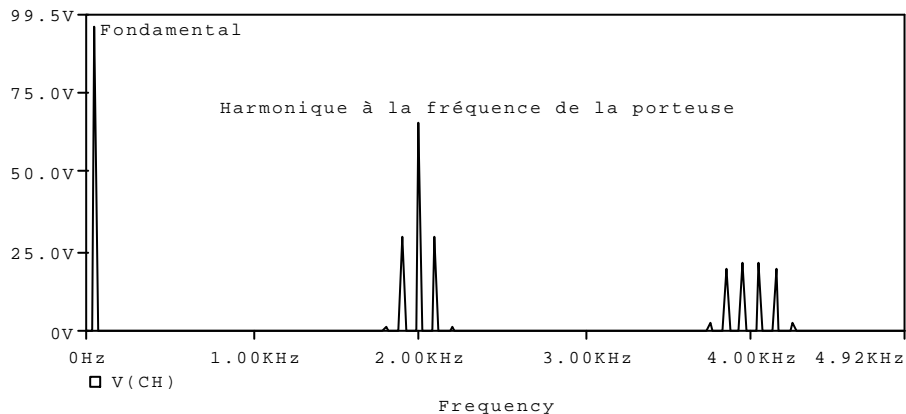
- Un signal sinusoïdal d'amplitude et de fréquence variable appelé « référence » V_{REF} .
- Un signal triangulaire de fréquence très élevée appelé « porteuse » V_{CAR} .

Ces deux signaux sont comparés. Le résultat de la comparaison sert à commander l'ouverture et la fermeture des interrupteurs du circuit de puissance.

Allure des tensions et courants :



Spectre de la tension de sortie :



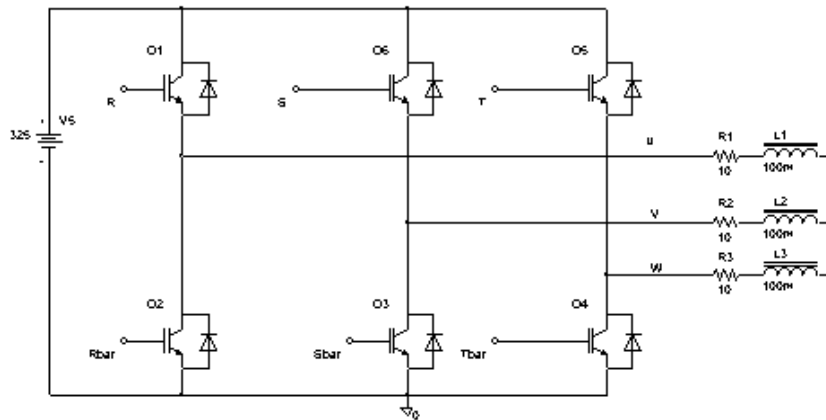
Conclusion :

L'étude du spectre de la tension de sortie montre que l'on obtient un fondamental dont la fréquence et l'amplitude dépendent de celles de la référence et des harmoniques d'amplitudes importantes mais de fréquences proches de celle de la porteuse donc très élevées. Le filtrage est donc très facile. On peut vérifier que le courant sur charge inductive est très proche d'une sinusoïde.

Cette méthode qui permet d'obtenir un fondamental variable en amplitude et en fréquence est très utilisée dans les variateurs pour MAS.

6) Onduleur triphasé pleine onde :

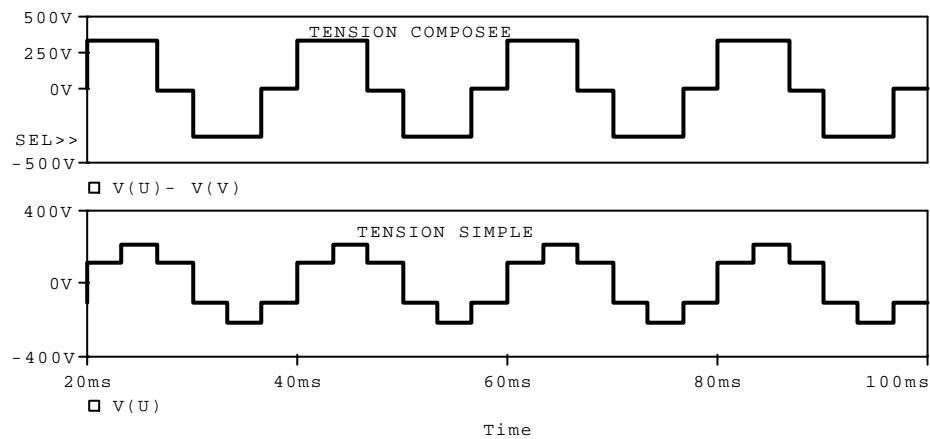
Schéma de puissance :



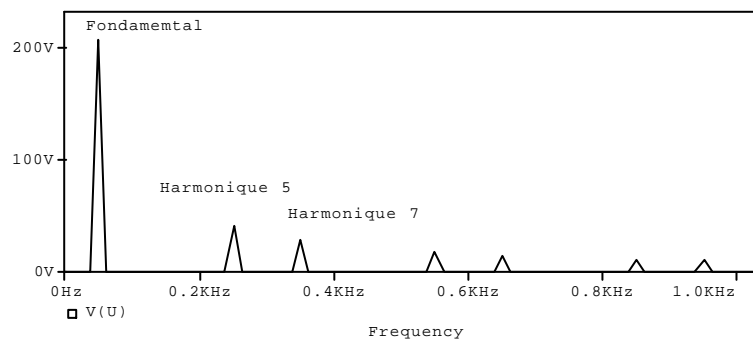
Stratégie de commande :

La commande de chaque bras de pont est complémentaire. Les commandes sont décalées de 120° .

Allures des tensions :



Spectre de la tension de sortie :



Conclusion :

On obtient un système de tensions alternatives triphasées. On remarque que les harmoniques de rangs multiples de 3 ont disparus.

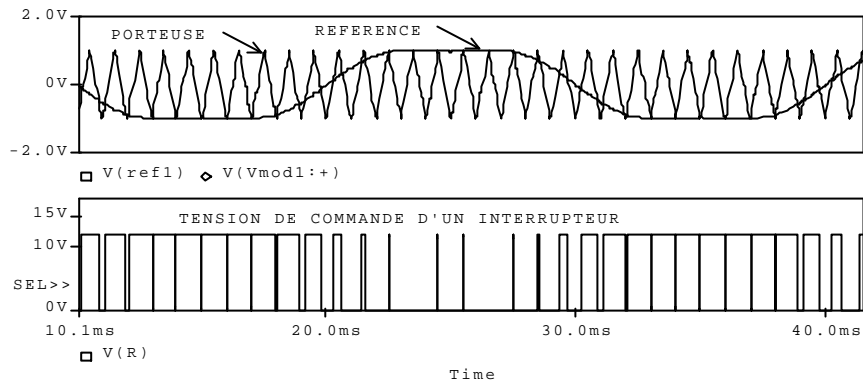
7) Onduleur triphasé à MLI sinus-triangle :

Circuit de puissance :

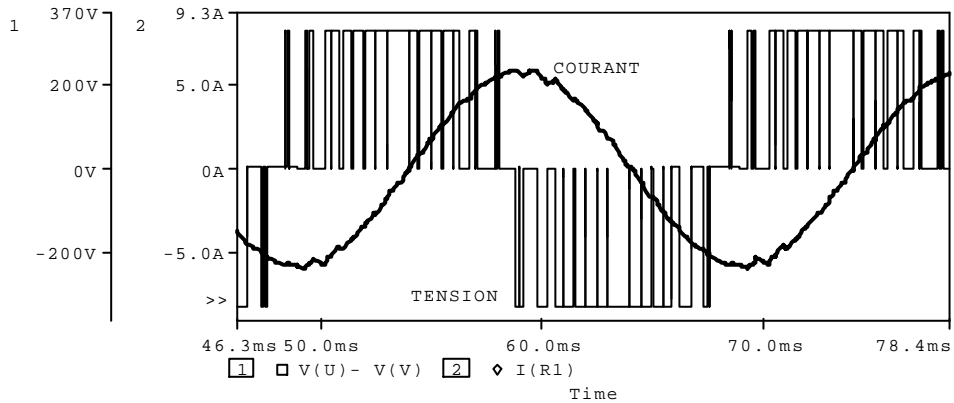
Voir §6

Stratégie de commande :

Une propriété des onduleurs triphasés est que par composition des tensions monophasées, l'harmonique 3 et ses multiples disparaissent de la tension de sortie (voir §6). On utilise cette propriété dans le cas de la MLI sinus-triangle pour augmenter l'amplitude du fondamental à tension continue donnée. On ajoute de l'harmonique 3 à la référence qui n'est donc plus sinusoïdale. Cet harmonique 3 disparaît de la tension de sortie dont le fondamental est augmenté de 15%.



Allure des courants et tensions :



Spectre de la tension de sortie :

