

LU3EE104 : Réseaux électriques et Electronique de puissance

VI. CONVERSION DC/AC, LES ONDULEURS

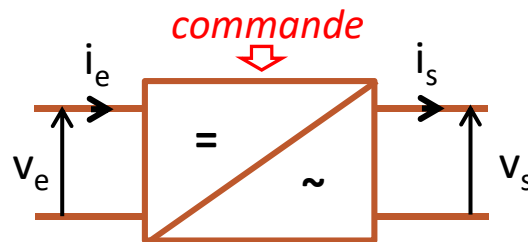
Ouvrage de référence :

Electronique de puissance, 2^e édition - Luc Lasne

Editions Dunod - ISBN 978-2-10-072135-1

Conversion DC/AC : les onduleurs

- Du hacheur à l'onduleur
- Caractérisation des grandeurs de sortie
- Onduleur pleine onde à filtre résonant
- Onduleur à commande MLI



Ouvrage de référence :

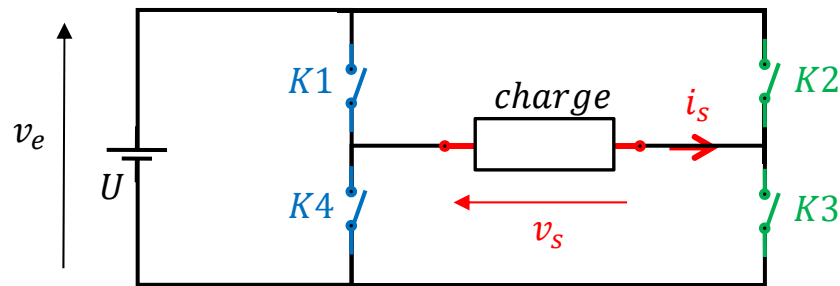
Electronique de puissance, 2^e édition - Luc Lasne

Editions Dunod - ISBN 978-2-10-072135-1

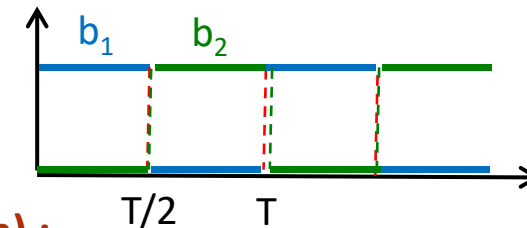
Rappel : du hacheur à l'onduleur

Onduleur de tension monophasé pleine onde :

- Structure de base : la même que celle du hacheur



- 2 cellules de commutation :
 - $K1K4$ et $K2K3$
- Commande :

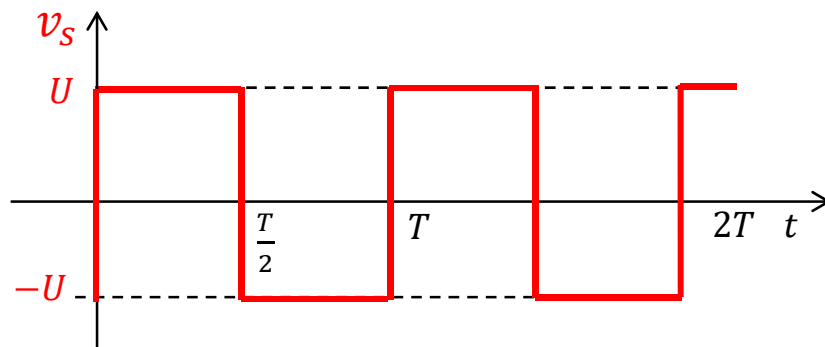


A vous de répondre (on se donne 5 mn de réflexion) :

- Décrire la tension de sortie v_s
- Pourquoi parle-t-on de tension v_s « alternative » ?
- Comment caractérise-t-on une grandeur alternative ?

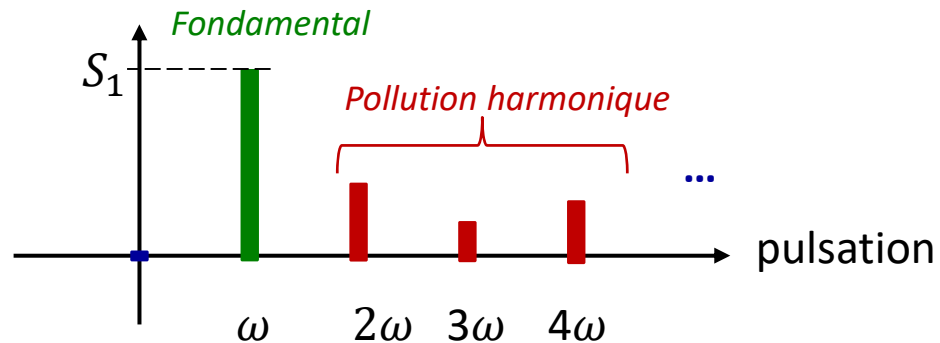
Réponses :

Tension de sortie v_s :



v_s alternative car
 $\langle v_s \rangle = 0$

Caractérisation d'une grandeur alternative : spectre et TDH

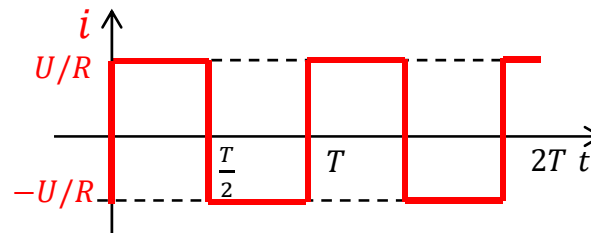


$$TDH = \frac{\sqrt{\sum_{n \geq 2} S_n^2}}{S_1}$$

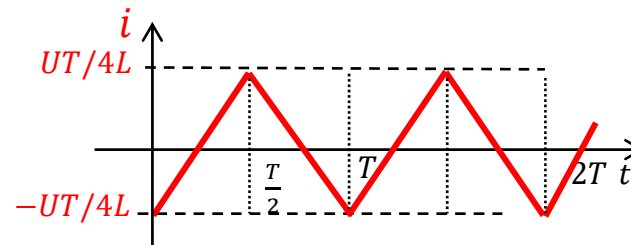
De la tension v_s au courant i_s

Tracer la forme du courant i_s pour les charges suivantes :

- Résistance R



- Inductance pure L

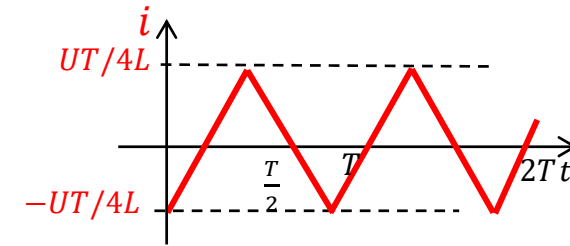
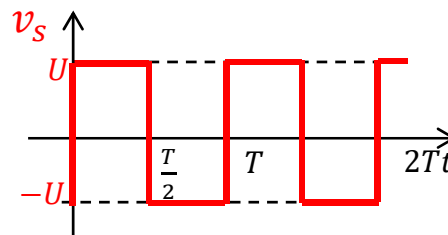


- Capacité pure C



Spectres de v_s et de i_s , cas charge L

Signaux temporels :

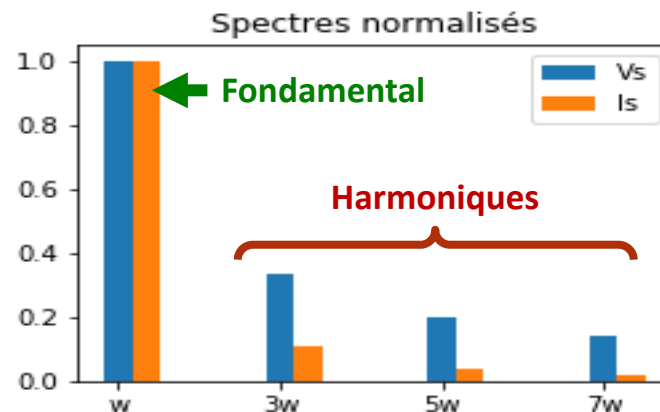


Séries de Fourier associées :

$$v_s(t) = \frac{4U}{\sqrt{2\pi}} \left[\sin(\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega t) + \frac{1}{7} \sin(7\omega t) + \dots \right]$$

$$i_s(t) = -\frac{4U}{\sqrt{2\pi}\omega} \left[\cos(\omega t) + \frac{1}{9} \cos(3\omega t) + \frac{1}{25} \cos(5\omega t) + \frac{1}{49} \cos(7\omega t) + \dots \right]$$

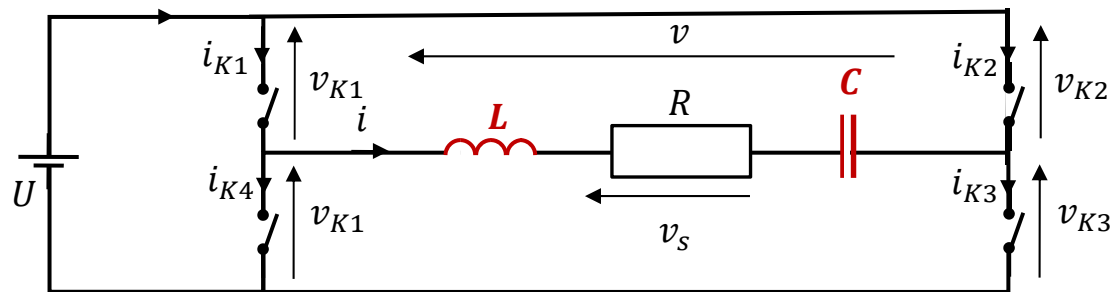
Spectres :



THD meilleur
pour le courant

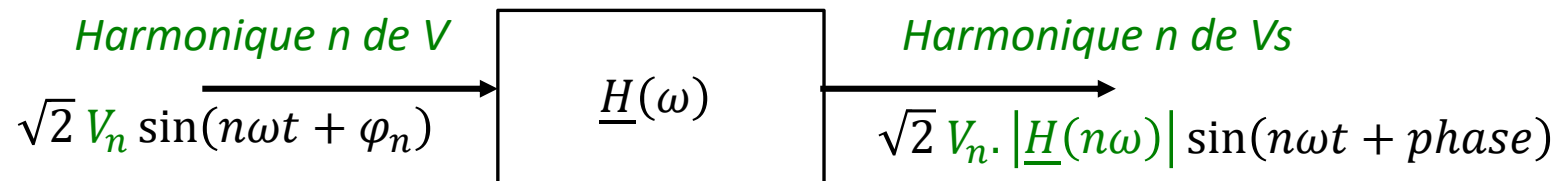
Onduleur pleine onde à résonance série

Charge résistive, filtrage par cellule LC série :



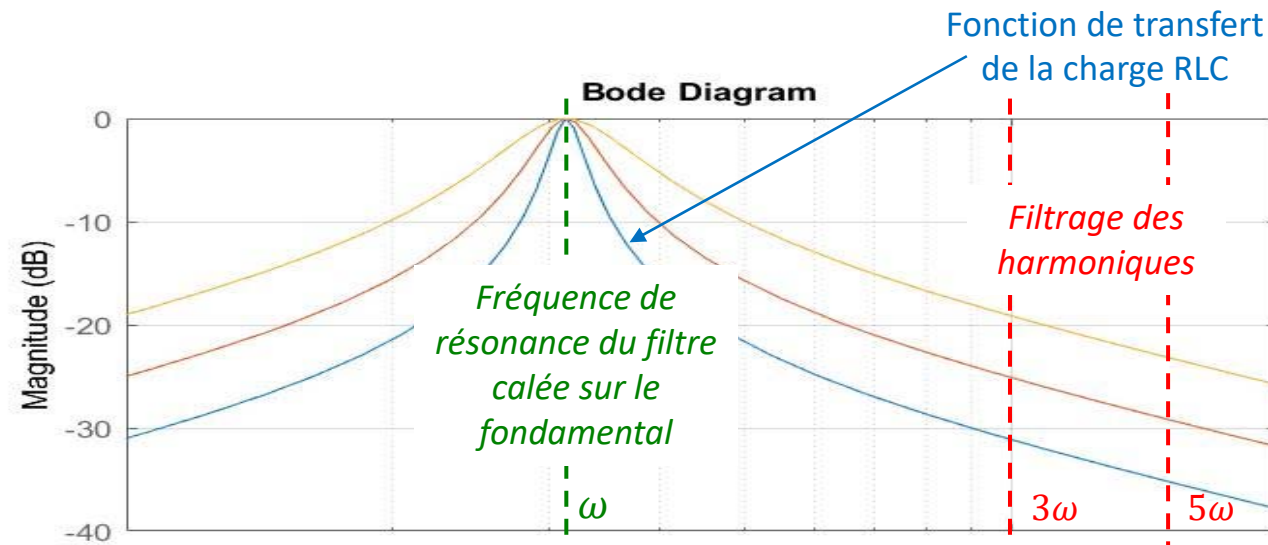
Fonction de transfert :

$$\underline{V}_s(\omega) = \underline{H}(\omega) \cdot \underline{V}(\omega) = \frac{j RC\omega}{(1 - LC\omega^2) + jRC\omega} \cdot \underline{V}(\omega)$$



Onduleur pleine onde à résonance série

Filtrage de la tension carrée :



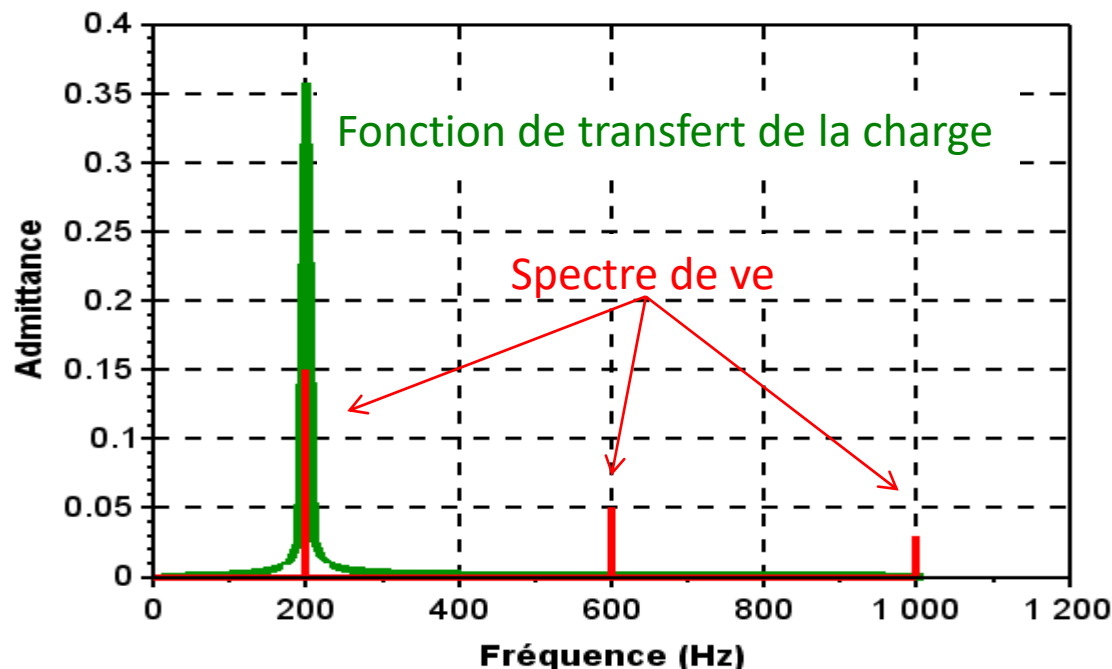
Avantage : principe simple

Inconvénient : en pratique, valeurs L et C des composants peu précises en forte puissance, difficile de réaliser un bon filtrage

Onduleur pleine onde sur charge résonante

Dans certaines situations, la fréquence du signal n'a pas besoin d'être contrôlée précisément (ex : chauffage par induction).

On peut alors ajuster la fréquence de hachage à la fréquence de résonance de la charge RLC.



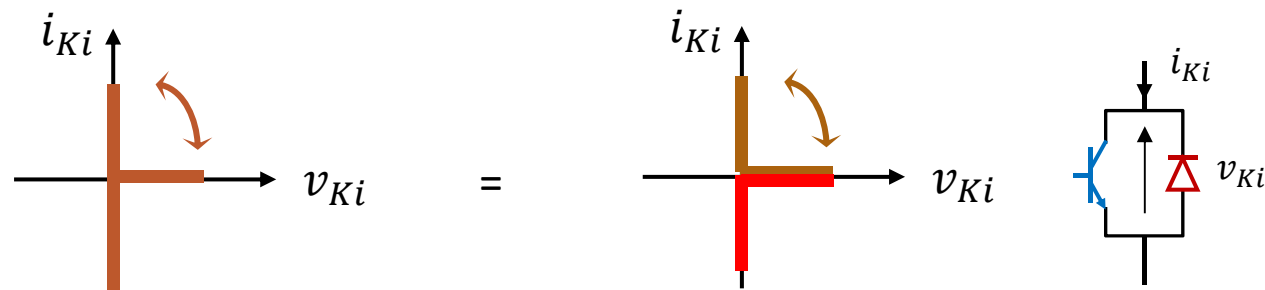
$$Y(\omega) = \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Onduleur pleine onde

Identification des interrupteurs :

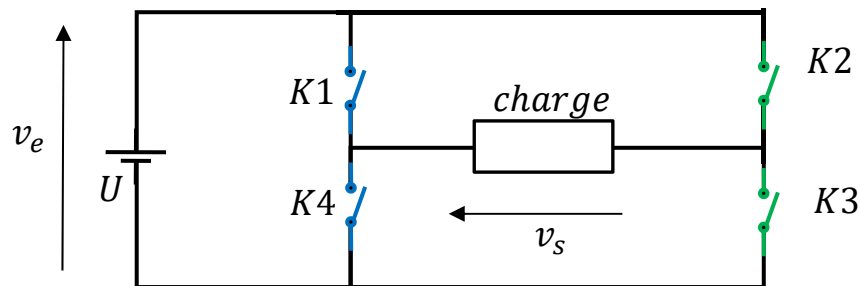
- v_{Ki} ne peut être que positif
- i_{Ki} peut être positif ou négatif car courant alternatif déphasé par rapport à la tension



Onduleur pleine onde à commande décalée

Pont en H :

- La commande décalée permet d'améliorer (un peu) le TDH

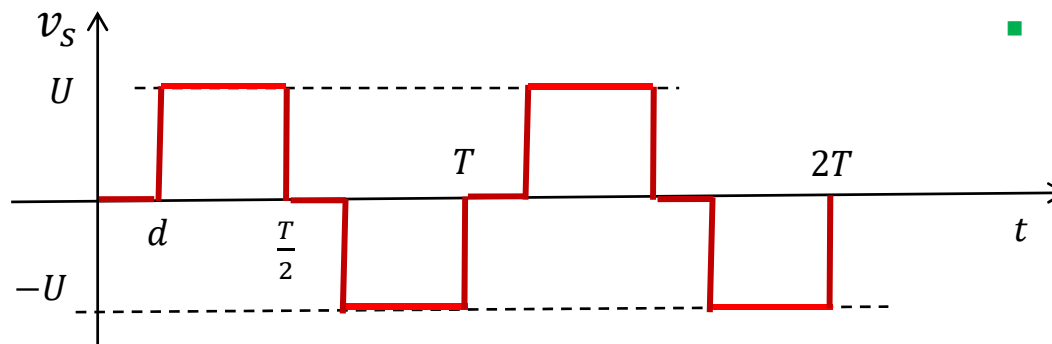


Commande :

- Période T , fréquence $f=1/T$
- Sur $[0, T/2[$: $b1=1$
- Sur $[T/2, T[$: $b1=0$

La commande de $K3$ est décalée par rapport à celle de $K1$

- Sur $[d, T/2+d[$: $b3=1$
- Sur $[T/2+d, T+d[$: $b3=0$

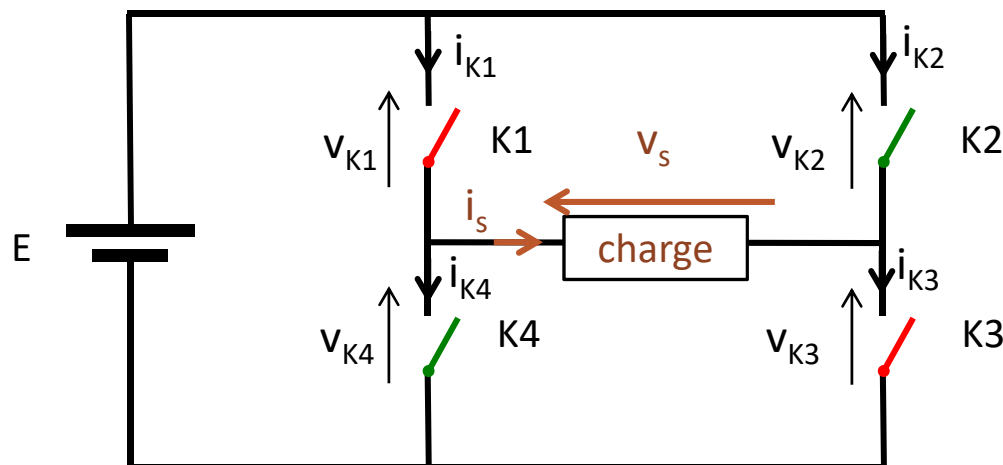


Voir TD et en TP

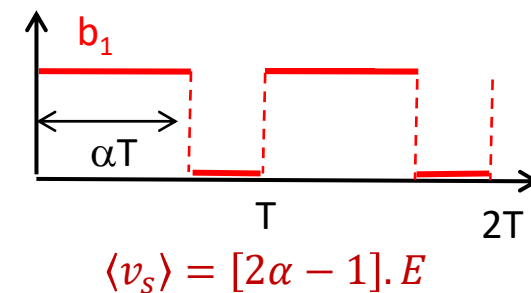
Onduleur de tension à commande MLI

MLI = modulation de largeur d'impulsion

- Structure de base : pont en H



Fonctionnement en hacheur : $\langle v_s \rangle$ est contrôlé par le rapport cyclique



Supposons maintenant que α varie « lentement » au cours du temps : alors, la valeur moyenne de v_s aussi :

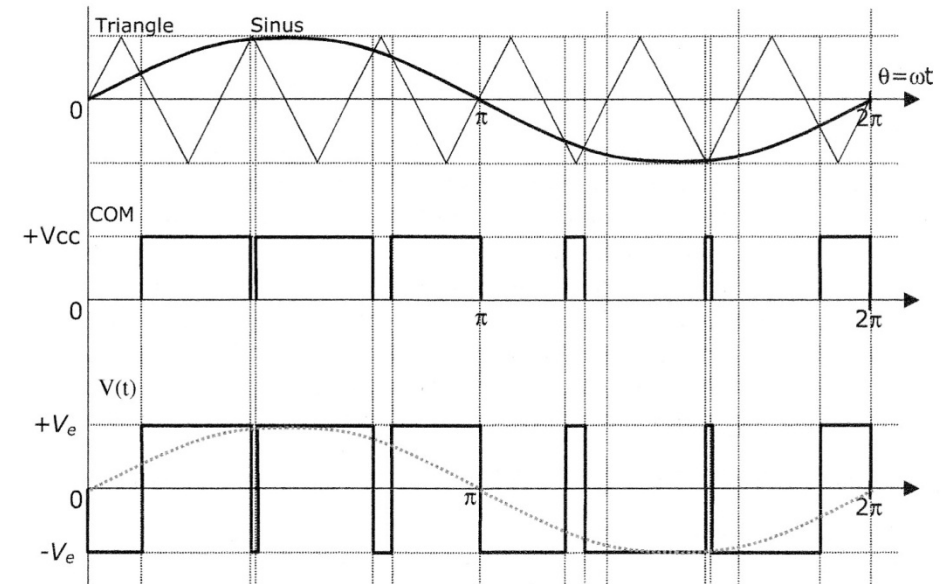
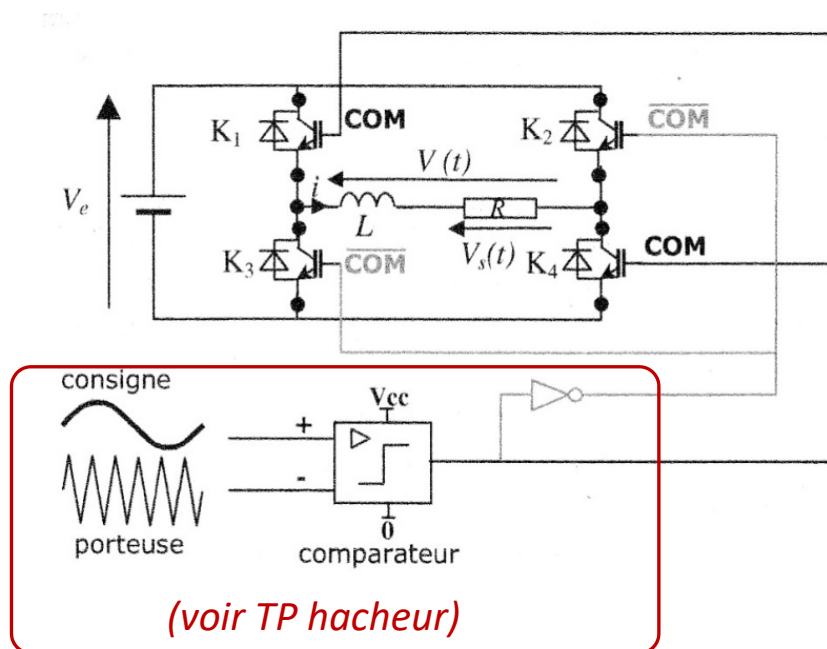
$$\langle v_s(t) \rangle = [2\alpha(t) - 1] \cdot E$$

C'est le principe de la commande à modulation de largeur d'impulsion (MLI) .

Une commande appropriée du rapport cyclique permet de créer une tension de sortie de valeur moyenne sinusoïdale.

Onduleur de tension à commande MLI

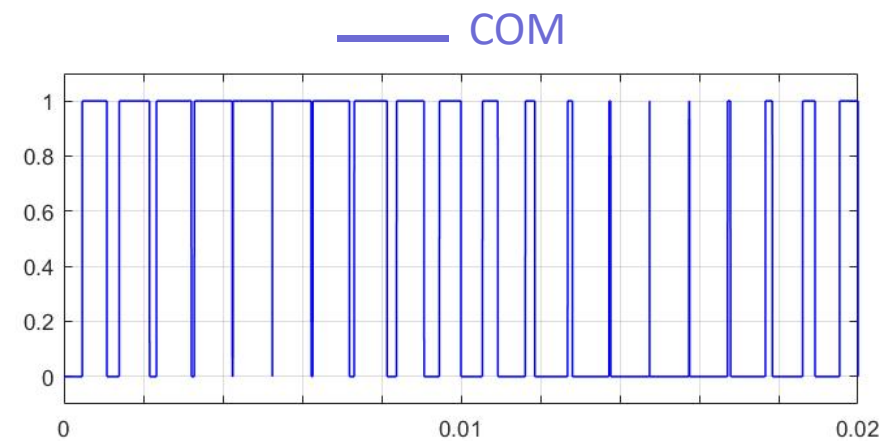
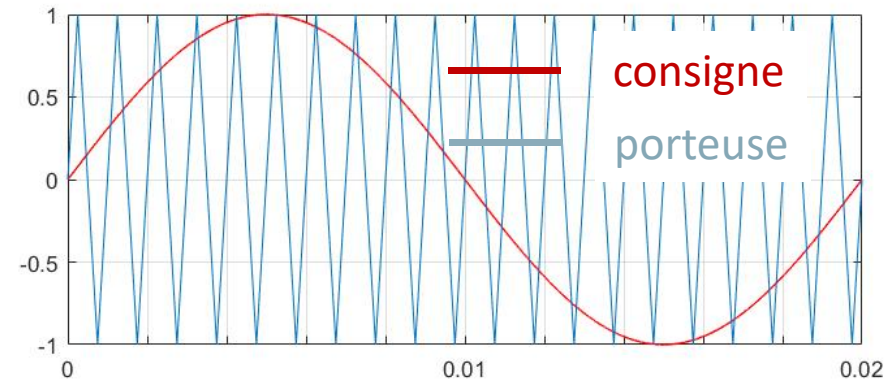
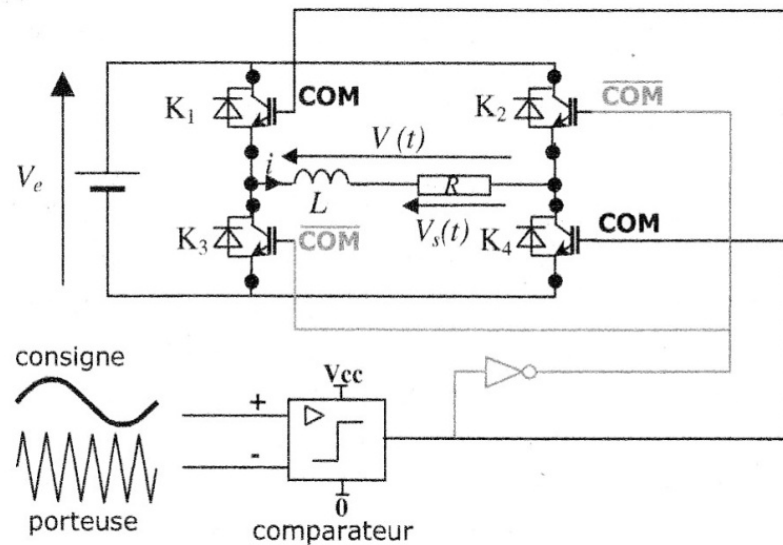
Réalisation



Techniquement, il faut une fréquence de hachage grande par rapport à la fréquence de v_s et un peu de filtrage...

Onduleur de tension à commande MLI

Réalisation



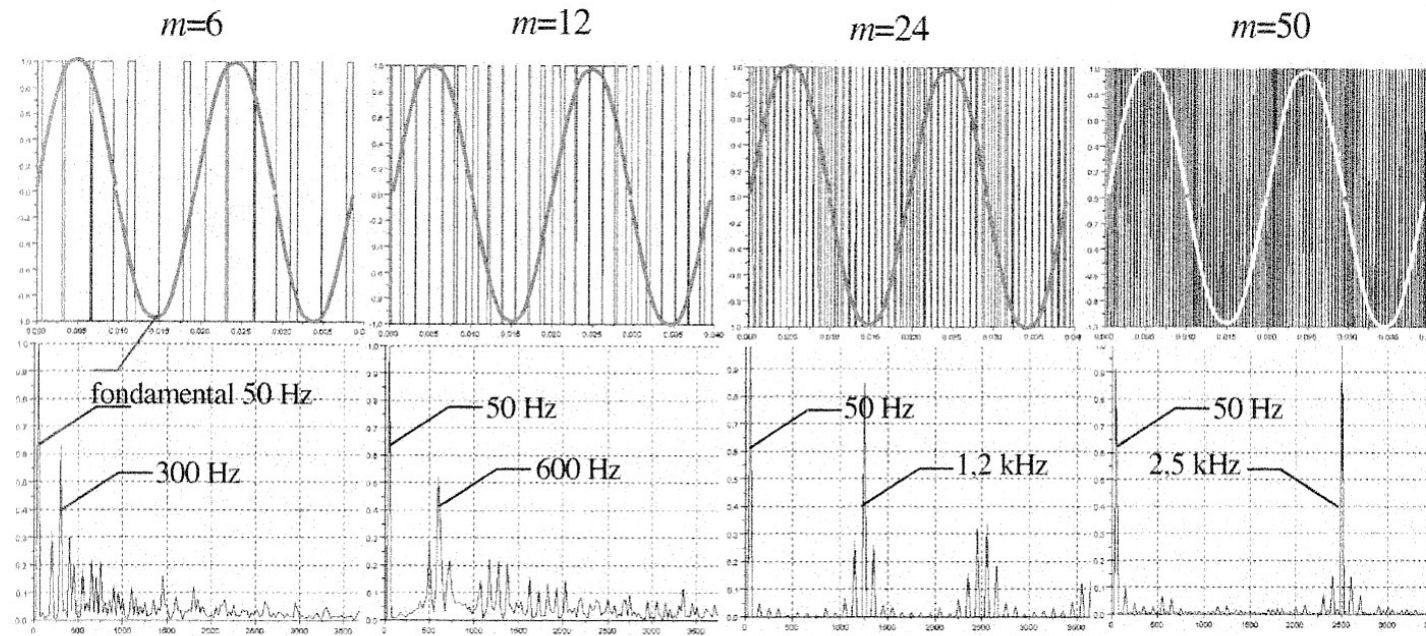
Onduleur de tension à commande MLI

$$m = \frac{f_{hachage}}{f_{sortie}}$$

Analyse des spectres et influence de la fréquence de hachage :

- Raie à la fréquence de sortie (50 Hz, par exemple)
- + harmoniques à la fréquence de hachage

$$f_{hachage} = m \cdot f_{sortie}$$



Filtrage de plus en plus facile