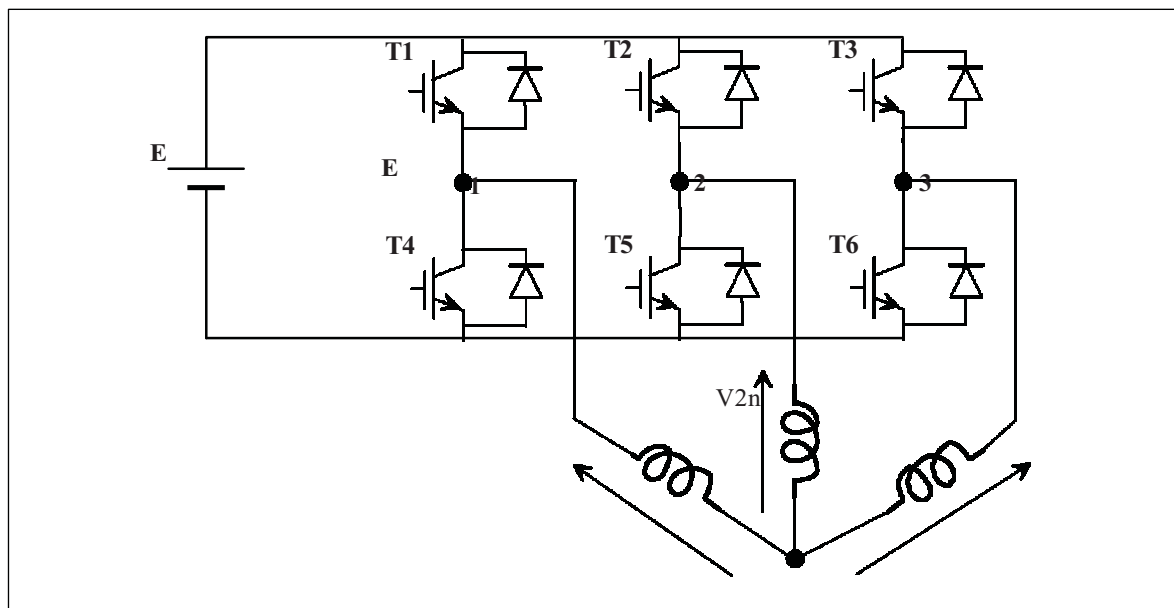


## TP n° 6

## Onduleur triphasé



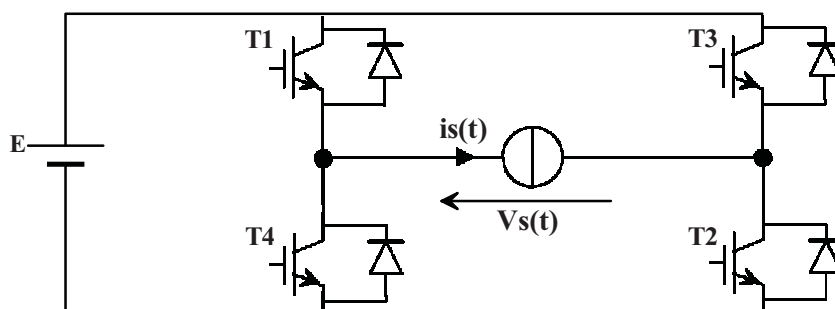
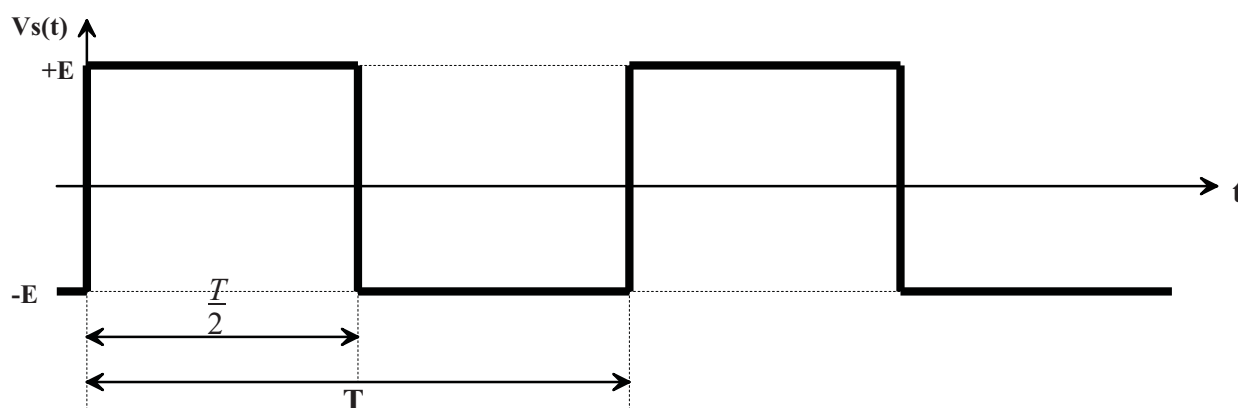


**1.1- Identification et enchaînement des séquences :**

Voir Document Réponse A.

**1.2- Choix des interrupteurs statiques et schéma structurel du convertisseur :**

L'onduleur sera réalisé avec des interrupteurs statiques bidirectionnels en courant et unidirectionnels en tension (IGBT+diode en anti-parallèle).

**2.1.1- Expression de la valeur moyenne de la tension de sortie d'un onduleur de tension monophasé pleine onde :**

$$V_{S0} = \frac{1}{T} \int_0^T V_S(t) \cdot dt = \frac{1}{T} \left( \int_0^{T/2} E \cdot dt - \int_{T/2}^T E \cdot dt \right) = \frac{E}{T} \cdot \left( \frac{T}{2} - 0 - T + \frac{T}{2} \right)$$

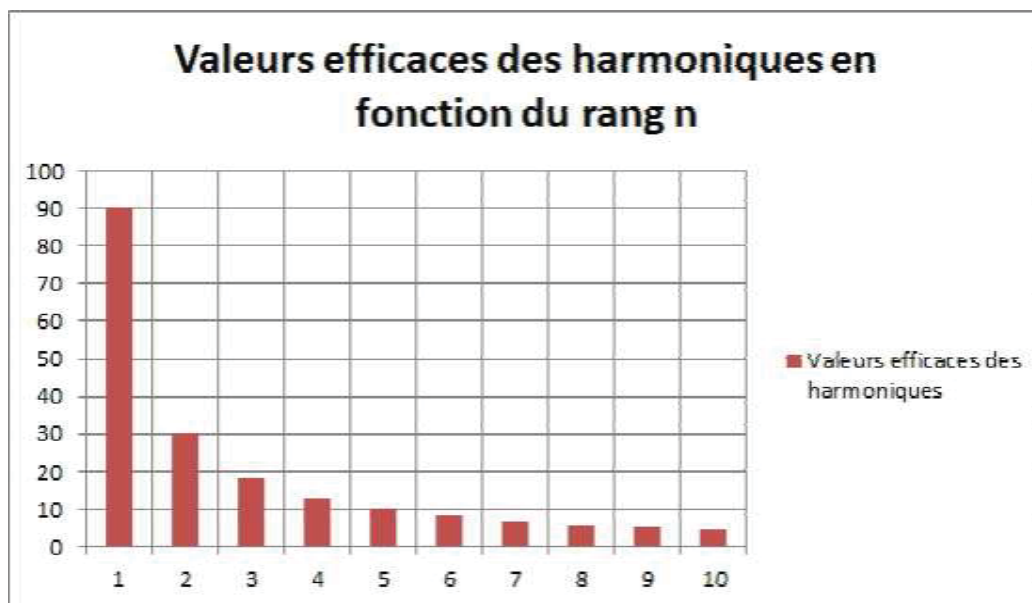
On obtient :

$$V_{S0} = 0 \text{ V}$$

### 2.1.2- Spectre harmonique de la tension de sortie :

Pour tracer le spectre de la tension de sortie, il faut exprimer la valeur efficace des harmoniques de tension en fonction de leur rang, à partir de l'expression de la série de Fourier :

$$V_{s\text{eff}} = \frac{4.E}{\pi.n.\sqrt{2}} \quad \text{avec } n=2.k+1 \quad \text{car les harmoniques sont de rangs impairs}$$



### 2.1.3- Expression du taux de distorsion harmonique :

$$THD = \frac{\sqrt{V_{s\text{eff}}^2 - V_1^2}}{V_1} = \frac{\sqrt{E^2 - \left(\frac{4.E}{\pi.\sqrt{2}}\right)^2}}{\left(\frac{4.E}{\pi.\sqrt{2}}\right)}$$

$$THD^2 = \frac{E^2 - \left(\frac{4.E}{\pi.\sqrt{2}}\right)^2}{\left(\frac{4.E}{\pi.\sqrt{2}}\right)^2} = \frac{2.E^2.\pi^2}{16.E^2} - 1 = \frac{\pi^2}{8} - 1$$

On obtient :

$$THD = \sqrt{\frac{\pi^2}{8} - 1} \approx 0,483 \quad \text{soit en pourcentage un THD de 48,3 \%}$$

### 2.1.4- Inconvénients d'un onduleur de tension pleine onde :

L'onduleur de tension pleine onde ne permet pas de régler la valeur efficace de la tension de sortie.

De plus, les harmoniques impaires sont de faibles rangs et de valeurs importantes. Elles seront difficiles à filtrer, en particulier l'harmonique de rang 3.

Le taux de distorsion est également assez élevé (> 40 %).

### 2.2.1- Variation du rapport cyclique pour réduire le taux d'harmonique :

La valeur moyenne de la tension de sortie d'un onduleur pleine onde, pour un rapport cyclique  $\alpha$ , s'exprime comme suit :

$$V_{S0} = E.(2.\alpha - 1)$$

En faisant varier le rapport cyclique  $\alpha$  de manière sinusoïdale, la valeur moyenne de la tension de sortie variera comme une grandeur sinusoïdale et deviendra le fondamental.

Avec une MLI, les harmoniques seront de rangs élevés et d'autant plus faibles et facile à filtrer.

### 2.2.2- Expression du fondamental de la tension de sortie de l'onduleur de tension à commande MLI :

La valeur moyenne de la tension de sortie correspondra à son fondamental :

$$V_{S1}(t) = E.(2.\alpha - 1) \quad \text{avec } \alpha = \frac{1}{2} + m. \sin(\omega_S.t)$$

En remplaçant  $\alpha$  par son expression, on a :

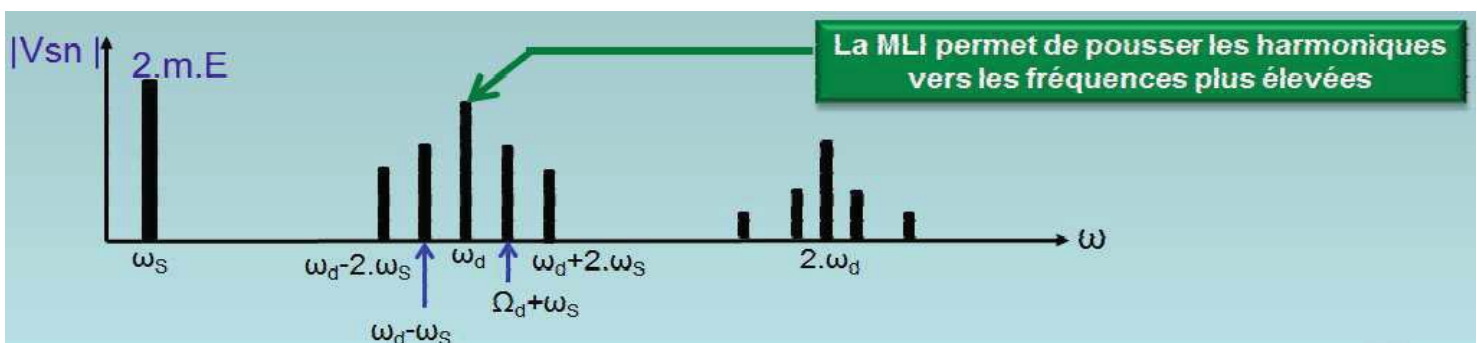
$$V_{S1}(t) = E. \left[ 2. \left( \frac{1}{2} + m. \sin(\omega_S.t) \right) - 1 \right] = E.(1 + 2.m. \sin(\omega_S.t) - 1)$$

On obtient :

$$V_{S1}(t) = 2.m.E. \sin(\omega_S.t)$$

L'indice de modulation  $m$  permet de régler l'amplitude (et la valeur efficace) de la tension de sortie de l'onduleur.

### 2.2.3- Spectre harmonique de la tension de sortie de l'onduleur de tension MLI :



Les harmoniques de fréquences élevées seront filtrées naturellement par la charge RL ou les enroulements de la machine tournante.

**2.2.4- Courant dans une charge RL alimentée par un onduleur de tension MLI :**

Voir Document Réponse B.

**2.2.5- Allure de la tension  $V_s(t)$  à partir du schéma de commande :**

Voir Document Réponse B.

**2.2.6- Réglage de la valeur efficace du fondamental de  $V_s(t)$  :**

L'expression du fondamental de la tension  $V_s(t)$  est :

$$V_{S1}(t) = 2.m.E. \sin(\omega_s.t) \quad \text{avec } m \text{ indice de modulation}$$

La valeur efficace est donc réglable avec l'indice **m**. La valeur de l'indice m est fixée par le rapport  $\frac{V_{ref}}{V_0}$ .

**3.3.1- Allure de la tension  $V_{1N}(t)$  :**

On utilise le schéma équivalent de l'onduleur triphasé et les relations qui en découlent :

$$V_{1N}(t) = V_{1M}(t) - V_{NM}(t) \quad \text{avec } V_{NM}(t) = \frac{1}{3} \cdot (V_{1M}(t) + V_{2M}(t) + V_{3M}(t))$$

Pour le tracé, voir le Document Réponse C.

**3.3.2- Allure de la tension  $V_{1N}(t)$  :**

Les tensions  $V_{2M}(t)$  et  $V_{3M}(t)$  sont décalées respectivement de  $120^\circ$  et  $240^\circ$  par rapport à  $V_{1M}(t)$ .

Les tensions  $V_{1M}(t)$ ,  $V_{2M}(t)$  et  $V_{3M}(t)$  constituent un système de tensions triphasé équilibré direct car :  $V_{1M}(t) + V_{2M}(t) + V_{3M}(t) = 0$ .

**3.3.3- Ajustement des valeurs efficaces et de la fréquence de l'onduleur triphasé pleine onde :**

L'onduleur de tension triphasé pleine onde ne permet pas le réglage de la valeur efficace de la tension de sortie.

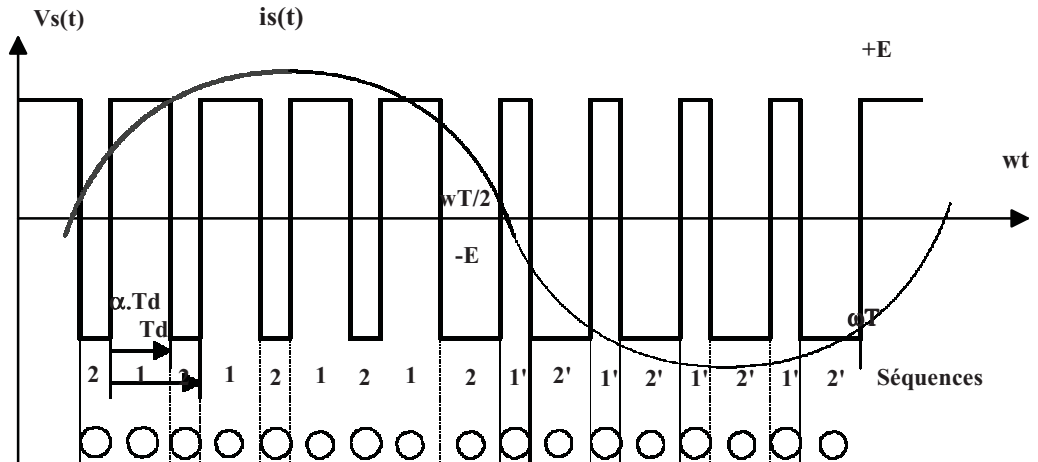
Pour modifier la valeur efficace de la tension de sortie, il faut régler la tension continue E à l'entrée de l'onduleur.

**3.3.4- Allure des tensions de l'onduleur triphasé MLI :**

Voir Document Réponse D.

DOCUMENT REPONSE A

➤ Formes d'ondes en sortie de l'onduleur de tension monophasé MLI :



➤ Caractéristiques statiques des interrupteurs et modes de commutation :

