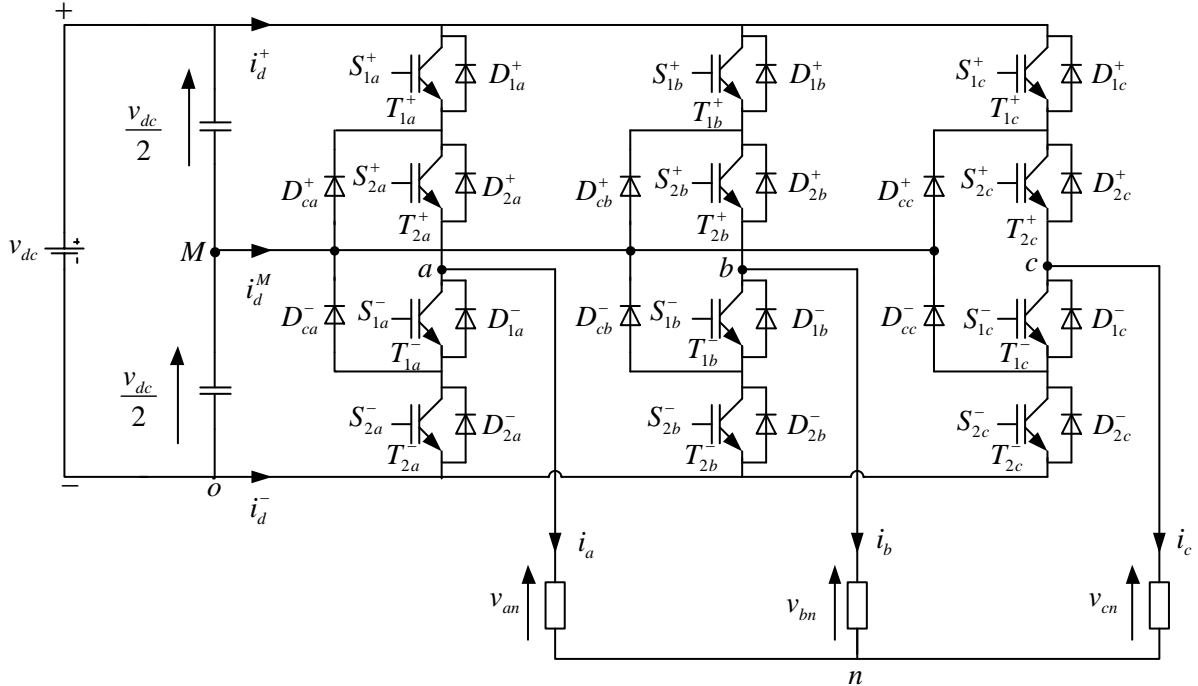


Série d'exercices n° : 4

Exercice 1

Soit le convertisseur triphasé à trois niveaux à structure NPC de la figure ci-dessous. On propose de présenter le diagramme vectoriel de ce convertisseur.



Pour ce faire, il est commun de représenter les tensions triphasées v_{an}, v_{bn} et v_{cn} dans le plan complexe $\alpha\beta$ par un vecteur d'espace \bar{v} tel que :

$$\bar{v} = v_{\alpha} + jv_{\beta}$$

Les composantes v_{α} et v_{β} peuvent être calculées en fonction des tensions simples v_{an}, v_{bn} et v_{cn} à l'aide de la transformation de Clarke comme suit :

$$\begin{pmatrix} v_{\alpha} \\ v_{\beta} \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_{an} \\ v_{bn} \\ v_{cn} \end{pmatrix}$$

1- Monter que le vecteur d'espace \bar{v} peut être écrit sous la forme suivante :

$$\bar{v} = \frac{2}{3}(v_{an} + \bar{a}v_{bn} + \bar{a}^2v_{cn}) \text{ où } \bar{a} = e^{j\frac{2\pi}{3}} \text{ dit opérateur de rotation}$$

2- Tracer le vecteur d'espace \bar{v} dans le cas où : $v_{an} = 100 \text{ V}, v_{bn} = 100 \text{ V}$ et $v_{cn} = -200 \text{ V}$.

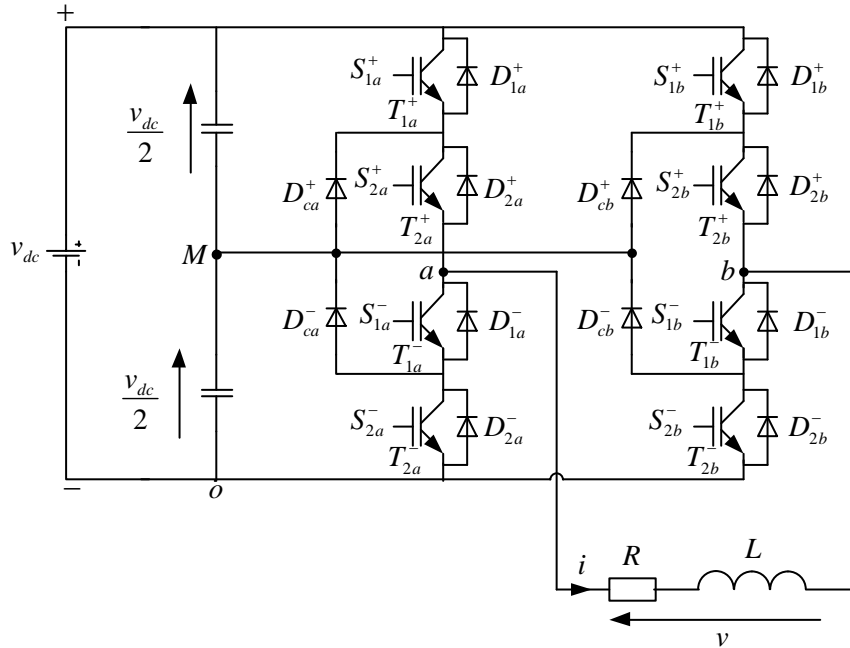
3- En désigne par le triplet (S_a, S_b, S_c) l'état de commutation du convertisseur, où $S_x, x = a, b, c$ prend la valeur 1 si le point x est relié à la borne positive de la source continue, 0 s'il est relié au point milieu et -1 s'il est relié à la borne négative de la source continue.

- Quel est le nombre d'états de commutation possibles du convertisseur NPC.
- Pour chaque état de commutation calculer le vecteur d'espace et mettre le sous une forme polaire.
- Tracer le diagramme vectoriel de l'ensemble des vecteurs de tension générés par ce convertisseur.

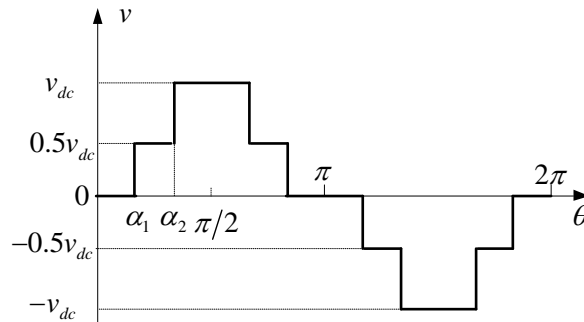
- Classifier les des vecteurs de tension selon leurs amplitudes et donner le nombre d'états redondants.

Exercice 2

Le convertisseur de la figure ci-dessous est un onduleur monophasé à trois niveaux de type NPC alimentant une charge RL.



- 1- Donner la table de commutation de cet onduleur, sachant que $S_{1x}^- = \bar{S}_{1x}^+$ et $S_{2x}^- = \bar{S}_{2x}^+$, $x = a, b$.
- 2- Quel est le nombre de niveaux de la tension de sortie de cet onduleur.
- 3- Tracer les configurations possibles de cet onduleur.
- 4- Donner la table de conduction des différents semi-conducteurs formant cet onduleur.
- 5- Si on admet que la tension de sortie de cet onduleur et celle présentée sur la figure suivante. Tracer sur une période de fonctionnement les formes des deux tensions $v_{aM}(t)$ et $v_{bM}(t)$.

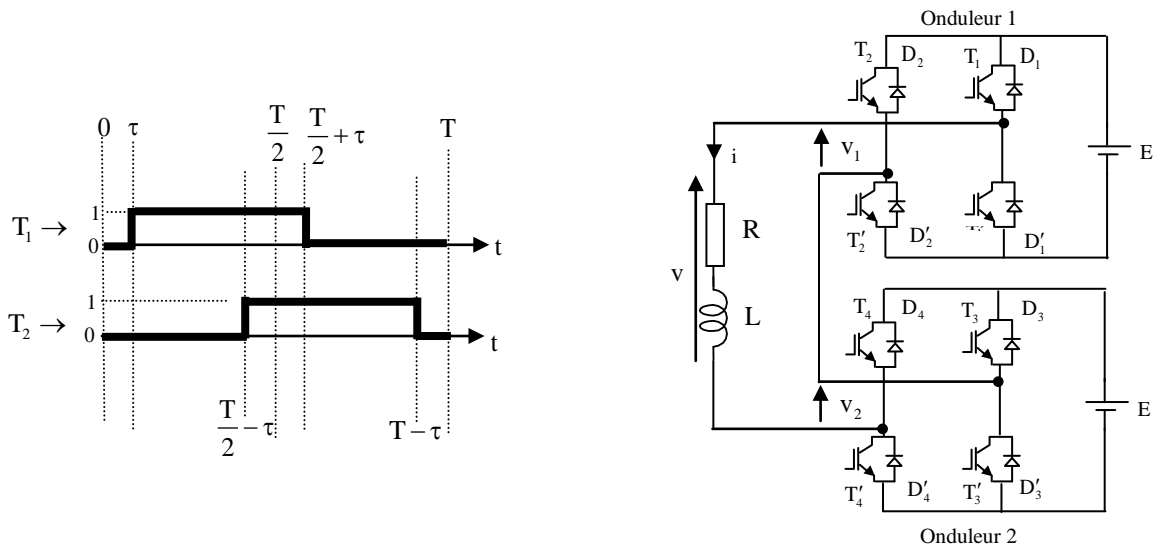


- 6- L'onduleur est commandé par la technique LSPWM à porteuses en phase décalées verticalement. A noter que les porteuses utilisées pour contrôler le deuxième bras sont décalées de 180 par rapport à celles utilisées pour le contrôle du premier bras. Tracer les tensions $v_{aM}(t)$, $v_{bM}(t)$ et $v(t)$ pour $m = 6$ et $r = 0.8$.

Exercice 3

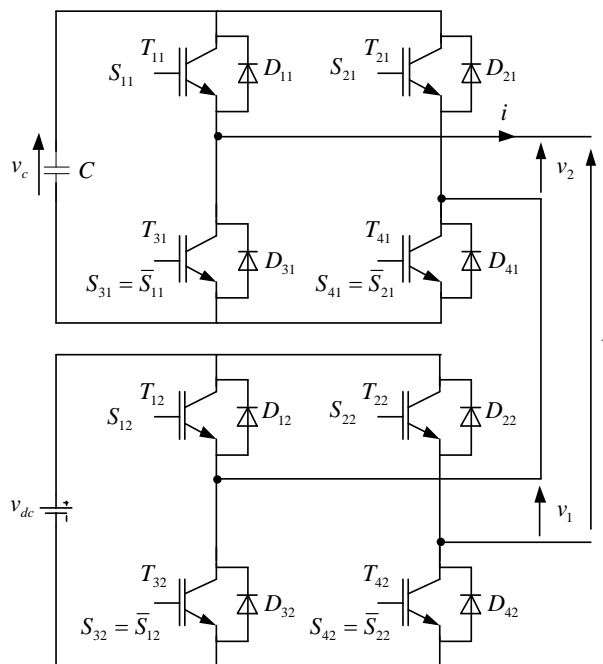
L'onduleur multiniveaux en cascade de la figure ci-dessous est formé par deux onduleurs monophasés connectés en série et alimentés par deux sources de tension continue identiques et indépendantes. Les transistors T_1 et T_2 sont commandés suivant les séquences de la figure ci-dessous. Par contre la commande de T_3 et T_4 est décalée par rapport à celle de T_1 et T_2 de $\tau' < \tau$.

- 1° Tracer les formes des tensions $v_1(t)$, $v_2(t)$ et $v(t)$.
- 2° Calculer la valeur efficace de $v(t)$ en fonction de τ et τ' .
- 3° Calculer le THD de la tension $v(t)$ en fonction de τ et τ' .

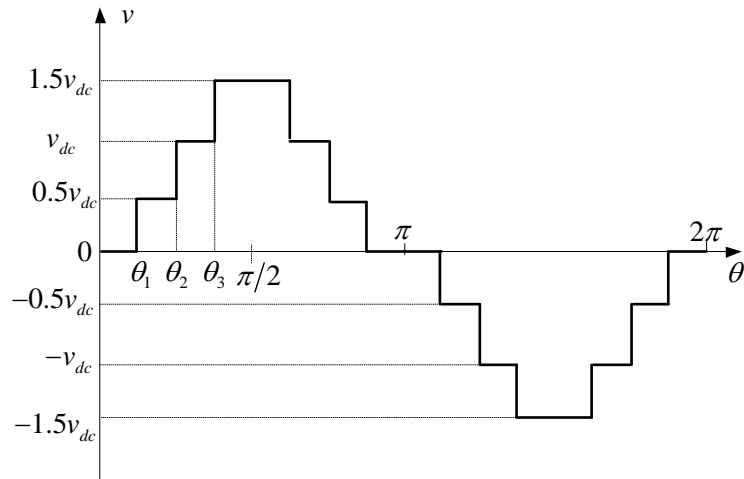


Exercice 4

Dans l'onduleur monophasé multiveaux hybride de la figure ci-dessous, une des deux cellules est alimentée par une source continue et l'autre par un condensateur dont la tension est supposée maintenue à une valeur $V_c < V_{dc}$.



- 1- Quels sont les niveaux possibles des tensions v_1 et v_2 . En déduire le nombre de niveaux de la tension de sortie.
- 2- Donner la table de commutation de cet onduleur.
- 3- Admettons que le convertisseur est commandé pour qu'il puisse générer une tension en escalier de la forme suivante.
 - a- Quelle est la valeur de la tension qui doit être imposée aux bornes du condensateur.
 - b- Tracer dans ce cas les formes des tensions $v_1(t)$ et $v_2(t)$.
 - c- Donner la décomposition en série de Fourier de la tension de sortie.
 - d- Donner le système d'équations permettant le calcul des angles de commutation tout en contrôlant le fondamental de la tension de sortie à une valeur désirée V^* et en annulant les harmoniques d'ordres 3 et 5.



Exercice 5

Soit le montage de la figure ci-contre. Les commandes des transistors T_i et T'_i , $i = 1, 2, 3$ sont supposées complémentaires.

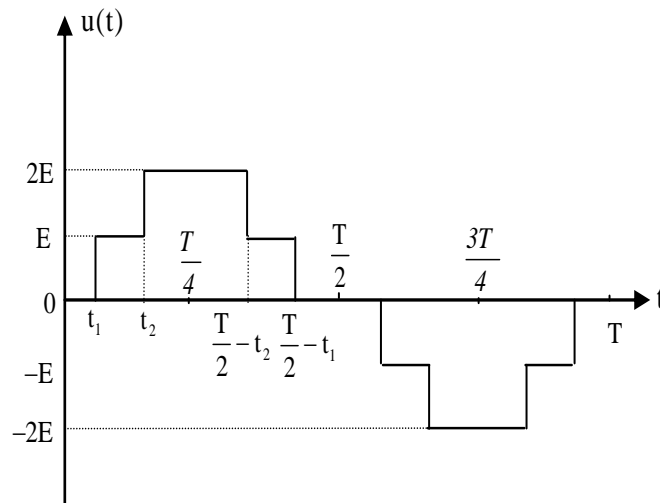
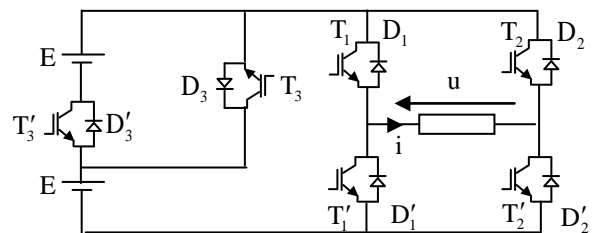
1°) Déterminer les séquences de conduction des transistors T_i , $i = 1, 2, 3$ de sorte que la tension de sortie $u(t)$ prend la forme de la figure ci-dessous.

2°) Exprimer la tension de sortie $u(t)$ en fonction de E et des commandes S_i , $i = 1, 2, 3$ des transistors

$$T_i, i = 1, 2, 3.$$

3°) Donner le système d'équations donnant les instants de commutation t_1 et t_2 de sorte que le fondamental de la tension de sortie prend sa valeur de référence U_1^{ref} et l'harmonique trois soit nul.

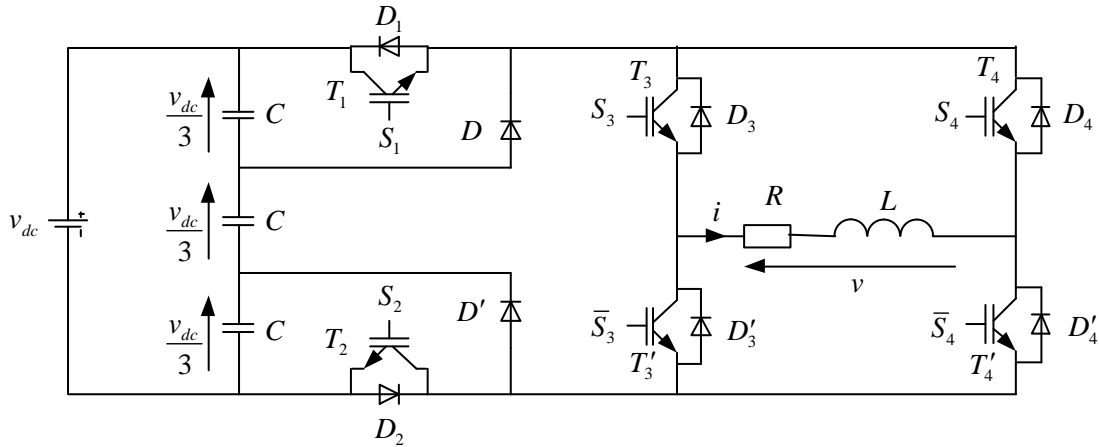
4°) Calculer le THD de la tension de sortie en fonction de t_1 et t_2 .



Exercice 6

Soit le convertisseur multiniveaux de la figure ci-dessous.

- 1- Donner la table de commutation de ce convertisseur.
- 2- Tracer les configurations possibles de ce convertisseur.
- 3- Donner la table de conduction de ce convertisseur.



Exercice 7

L'onduleur monophasé de la figure ci-contre alimente une charge inductive de type (R, L). Le fonctionnement du montage est basé sur une commande complémentaire définie par :

$$S_1' = 1 - S_1, S_2' = 1 - S_2 \text{ et } S_3' = 1 - S_3$$

Avec S_i et S_i' , $i=1,2,3$ sont les signaux logiques de commande des transistors T_i et T_i' respectivement. Les signaux de commande S_1, S_2 et S_3 sont donnés par la figure ci-dessous.

1°) Exprimer la tension v_1 en fonction de S_1, S_2 et E .

Idem pour la tension v_2 en fonction de S_3 et E .

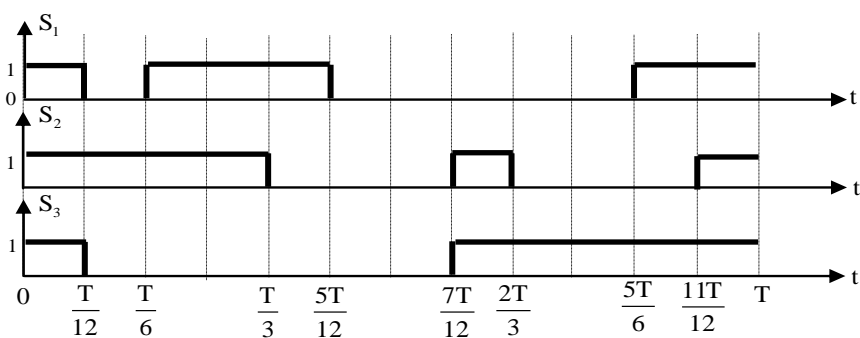
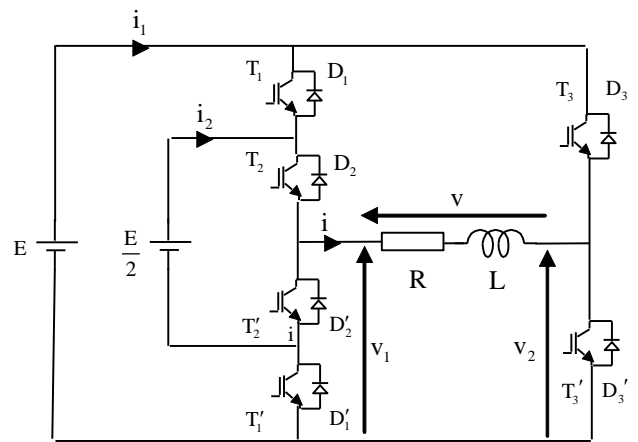
2°) Tracer les formes des tensions $v_1(t), v_2(t)$ et $v(t)$.

3°) Tracer la forme du courant $i(t)$ et déterminer les

différentes séquences de conduction des éléments semi-conducteurs.

4°) Calculer la valeur efficace de la tension de sortie pour $E = 100V$.

5°) Calculer le THD de la tension $v(t)$.



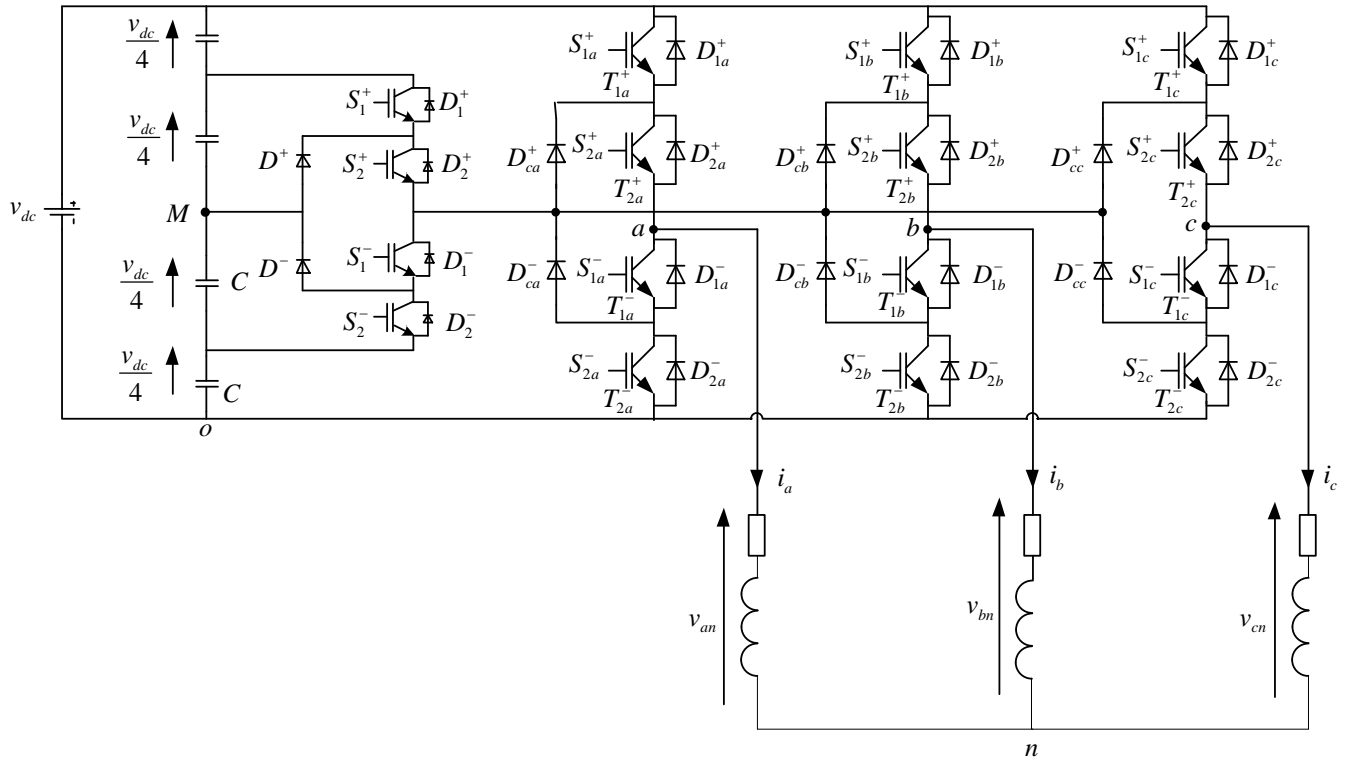
Exercice 8

Soit le convertisseur triphasé multiniveaux à diodes de bouclage cascadié de la figure ci-dessous. Ce convertisseur consiste en un convertisseur principal triphasé de type NPC connecté en cascade avec un autre convertisseur auxiliaire monophasé raccordé à son tour au bus continu.

1- Donner la table de commutation d'un bras de ce convertisseur.

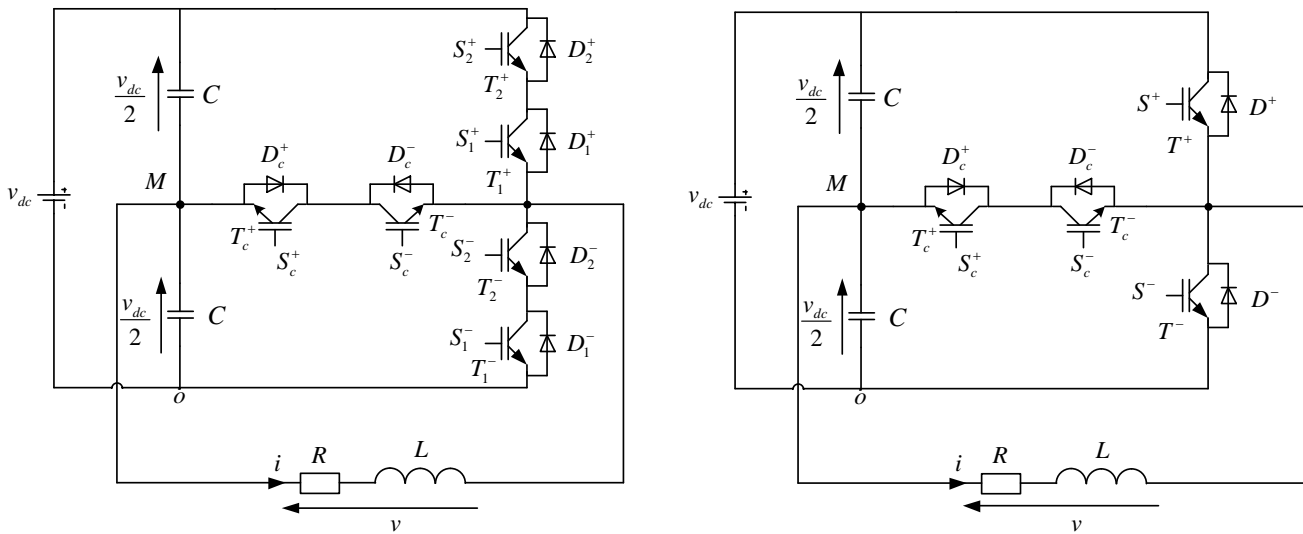
2- Tracer les configurations possibles d'un bras de ce convertisseur.

3- Donner la table de conduction des semi-conducteurs formant un bras de ce convertisseur.



Exercice 9

Les deux montages de la figure ci-dessous montrent deux manières de réaliser le convertisseur à trois niveaux à point neutre piloté (Three-level neutral point piloted, NPP).



- 1- Comparer les tensions de blocage des transistors dans les deux convertisseurs.
- 2- Donner les tables de commutation des deux convertisseurs en tenant en compte la commutation douce des transistors T_c^+ et T_c^- .
- 3- Tracer les topologies possibles des deux convertisseurs.
- 4- Donner les tables de conduction des éléments semi-conducteurs dans les deux convertisseurs.
- 5- Tracer les configurations triphasées de ces deux convertisseurs.