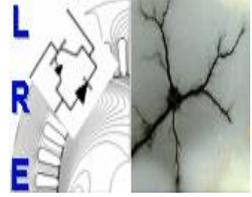




Ecole Nationale Polytechnique
Département d'Electrotechnique
Laboratoire de Recherche en Electrotechnique



Mémoire de Master en Electrotechnique

Présenté par :
BENHAMIDA Mohammed Ali

Intitulé

Commande directe du couple de la machine asynchrone alimentée par un onduleur à trois niveaux à structure NPC

Directeur du mémoire :

E.M BERKOUK Professeur ENP d'Alger

Président du jury :

O. TOUHAMI Professeur ENP d'Alger

Examineurs :

R. IBTIOUEN Professeur ENP d'Alger

S. MEKHTOUB Professeur ENP d'Alger

ENP 2013

ملخص

تقدم هذه الأطروحة دراسة حول طريقة التحكم المباشر في العزم الكهرومغناطيسي للمحركات الغير متزامنة ذوات قفص السنجاب المدعومة بمناوب متعدّد المستويات
كلمات مفتاحية : المحرك الغير متزامن، مناوب متعدّد المستويات، ألتحكم المباشر في العزم الكهرومغناطيسي

Résumé

Ce rapport porte sur l'étude de la commande directe du couple DTC appliquée aux machines asynchrones à cage d'écureuil alimentée par un onduleur à trois niveaux à structure NPC.

Mots clés : DTC, Moteur asynchrone, Onduleux multi-niveaux, NPC.

Abstract

This report focuses on the study of direct torque control DTC applied to induction motors with squirrel-cage powered by a three level inverter NPC

Key words : DTC, induction motor, multi-level inverter, NPC.

Table des matières

Table des matières	2
Table des figures	3
Liste des tableaux	4
Introduction	5
1 Commande directe du couple	6
1.1 Principe de la commande directe du couple	7
1.1.1 Contrôle du flux statorique	8
1.1.2 Contrôle du couple électromagnétique	9
1.1.3 Détermination de la région et estimation du couple et du flux sta- torique	10
1.1.4 Réglage du flux statorique et du couple électromagnétique	11
2 Onduleur à trois niveaux à structure NPC	14
2.1 Principe	14
2.2 Vecteurs de Sortie	15
2.3 Commande directe du couple de la machine asynchrone alimentée par un onduleur à trois niveaux à structure NPC	16
2.4 Simulation sur Matlab	17
2.4.1 Interprétations des résultats	25
Conclusion	27
A Paramètres de la Machine de simulation	28
Bibliographie	29

Table des figures

1.1	Principe de base de la commande directe du couple	7
1.2	Principe de la DTC	7
1.3	Comparateur à hystérésis et évolution du vecteur flux statorique	8
1.4	Comparateur à hystérésis à deux niveaux contrôlant le couple	9
1.5	Évolution du couple électromagnétique en fonction du vecteur appliqué . .	11
1.6	Découpage du plan α - β en six secteurs	12
2.1	Onduleur à trois niveaux à structure NPC	14
2.2	Représentation des dix-neuf vecteurs dans le plan $\alpha - \beta$	15
2.3	Vitesse de rotation	18
2.4	Couple électromagnétique	19
2.5	Loupe sur le couple électromagnétique	20
2.6	Courants statoriques	21
2.7	Loupe sur les courants statoriques	22
2.8	Module du flux statorique	23
2.9	Vitesse de rotation	24
2.10	Vitesse de rotation	25

Liste des tableaux

1.1	Position du vecteur flux statorique	10
1.2	Table de commutation de la commande directe du couple	13
2.1	États et vecteurs de sorties par bras	15
2.2	Table de commutation pour la DTC_{NPC}	17
2.3	Conditions de simulation	18

Introduction

Les moteurs asynchrones sont les plus utilisés dans l'industrie, ils ont des applications très larges c'est pour ça qu'il faut développer des commandes qui permettent une utilisation optimale de la machine selon l'application.

Nous nous intéresserons dans ce travail à la commande directe du couple.

Dans ce rapport nous aborderons la commande directe du couple, nous illustrerons son principe à travers des différentes équations, puis nous donnerons brièvement le principe de fonctionnement d'un onduleur à trois niveaux à structure NPC et pour terminer, des simulations sur Matlab seront réalisées pour comparer les résultats de la commande directe du couple associée avec un onduleur à trois niveaux à structure NPC et ceux de la commande directe du couple associée à un onduleur à deux niveaux.

Chapitre 1

Commande directe du couple

La commande directe du couple est apparue dans la deuxième moitié des années 80 comme concurrentielle des méthodes classiques, basées sur l'alimentation par modulation de largeur d'impulsions MLI et sur le découplage du flux et du couple moteur par orientation du champ magnétique. Ces dernières sont conçues au début pour des onduleurs à deux niveaux[1].

La commande directe du couple électromagnétique est caractérisée par les avantages suivants[2] :

- Elle ne nécessite pas un capteur mécanique.
- Elle est robuste contre les variations paramétriques de la machine
- Une dynamique plus rapide du couple et du flux

elle représente cependant les inconvénients suivants[2] :

- Une fréquence de commutation variable.
- Les ondulations du couple et du flux électromagnétique autour de la bande d'hystérésis.
- En basse vitesse le flux est difficile à contrôler.

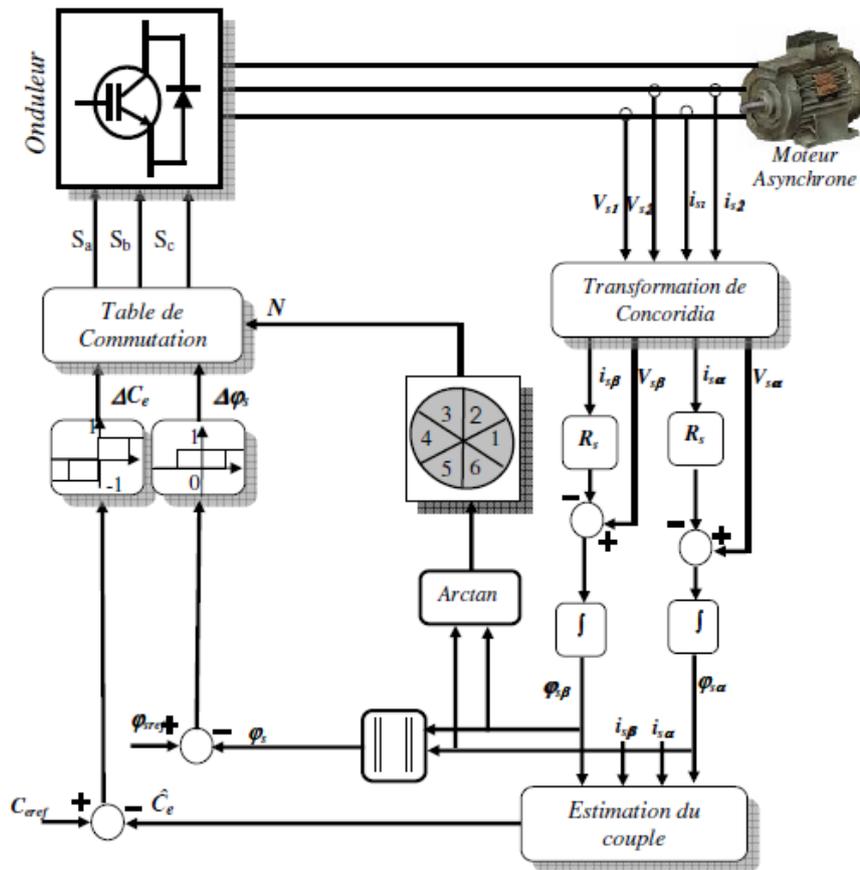


FIGURE 1.1 – Principe de base de la commande directe du couple

1.1 Principe de la commande directe du couple

Le principe, illustré par les figures 1.2 et 1.1, consiste à imposer un vecteur de tension à l'onduleur suivant la région du flux statorique et les états des comparateurs à hystérésis, du flux et du couple, dont la fonction est de contrôler l'état du système[2].

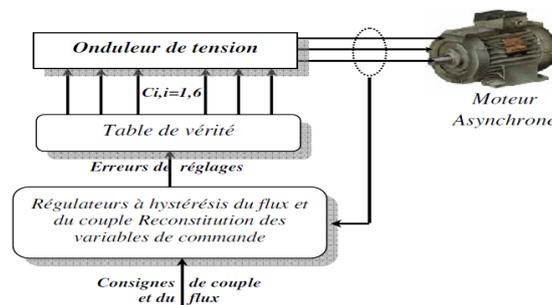


FIGURE 1.2 – Principe de la DTC

1.1.1 Contrôle du flux statorique

Si on se place dans le repère α - β lié au stator le flux statorique s'écrit de la façon suivante :

$$\phi_s = \int_0^t V_s - R_s I_s dt \quad (1.1)$$

La figure 1.3b montre que l'application du vecteur V_3 dans un secteur précis permet d'agir sur l'amplitude du flux et du couple : la composante radiale agit sur le module du flux et la composante tangentielle agit sur la position du flux. En sélectionnant pas à pas le vecteur approprié, on peut imposer une trajectoire au flux statorique. Cette dernière offre une bonne dynamique à la machine[2].

Pour réaliser cette fonction, on peut utiliser un comparateur à hystérésis comme le montre la figure 1.3a

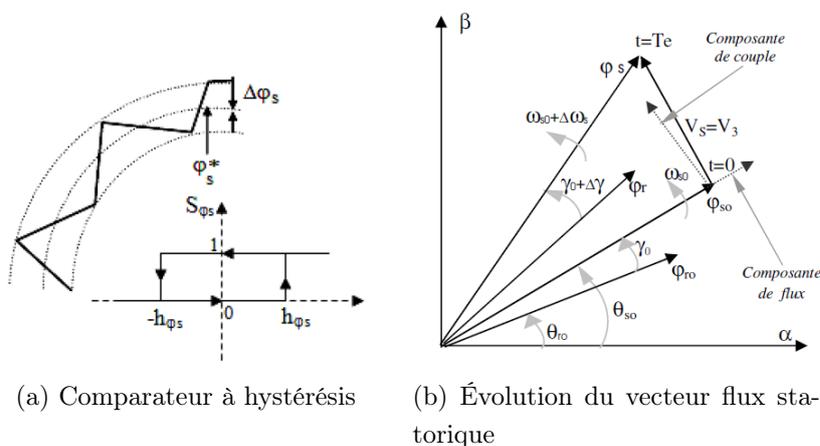


FIGURE 1.3 – Comparateur à hystérésis et évolution du vecteur flux statorique

Et on écrit alors :

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{si } \Delta\phi_s > h_{\phi_s} & \Rightarrow S_{\phi_s} = 1 \\ \text{si } 0 \leq \Delta\phi_s \leq h_{\phi_s} \text{ et } \Delta\dot{\phi}_s > 0 & \Rightarrow S_{\phi_s} = 0 \\ \text{si } 0 \leq \Delta\phi_s \leq h_{\phi_s} \text{ et } \Delta\dot{\phi}_s < 0 & \Rightarrow S_{\phi_s} = 1 \\ \text{si } \Delta\phi_s < -h_{\phi_s} & \Rightarrow S_{\phi_s} = 0 \end{array} \right. \quad (1.2)$$

Le comparateur génère deux sorties¹ :

- $S_{\phi_s} = 1$:si l'amplitude du flux statorique doit augmenter.
- $S_{\phi_s} = 0$:si l'amplitude du flux statorique doit diminuer.

1. Il faut noter que le vecteur du flux statorique doit tourner, donc il doit suivre une couronne circulaire

1.1.2 Contrôle du couple électromagnétique

L'expression du couple électromagnétique dans un repère lié au stator α - β est la suivante :

$$C_e = \frac{pM}{\sigma L_s L_r} \phi_s \phi_r \sin(\gamma) \quad (1.3)$$

Avec : γ la différence entre les deux angles statorique et rotorique respectivement.

Si on applique un vecteur de tension non nul, actif, et en supposant que le flux statorique suit sa référence, on modifie les positions et les vitesses des flux statorique et rotorique suivant le système d'équations 1.4 [2].

$$\begin{cases} C_e = \frac{pM}{\sigma L_s L_r} \phi_s^* \phi_r \sin(\gamma) \\ \overline{\phi}_s(t + \Delta t) = \phi_s^* e^{j(\theta_s + \Delta\theta_s)} \\ \overline{\phi}_r(t + \Delta t) = (\phi_r + \Delta\phi_r) e^{j(\theta_r + \Delta\theta_r)} \\ \Delta\theta_s = (\omega_s + \Delta\omega_s)\Delta t \end{cases} \quad (1.4)$$

Avec $\Delta\omega_s$ est la variation de la vitesse du vecteur de flux statorique.

L'évolution du flux rotorique est lente par rapport à celle du flux statorique[2], on aura alors :

$$\begin{cases} \Delta\phi_s \approx 0 \\ \Delta\phi_r \approx 0 \end{cases} \quad (1.5)$$

Donc le couple électromagnétique devient à l'instant $(t + \Delta t)$:

$$C_e = \frac{pM}{\sigma L_s L_r} \phi_s^* \phi_r \sin(\gamma + \Delta\gamma) \quad (1.6)$$

On peut donc conclure que le contrôle du couple électromagnétique dépend du contrôle de la rotation du flux statorique[2]. En utilisant un comparateur à hystérésis à trois niveaux, on peut corriger le couple électromagnétique, ce comparateur donne trois sorties $S_{C_e} = 1$ pour augmenter le couple, $S_{C_e} = 0$ pour le maintenir constant et $S_{C_e} = -1$ pour le diminuer, il est modélisé par le système d'équations 1.7 et représenté par la figure 1.4

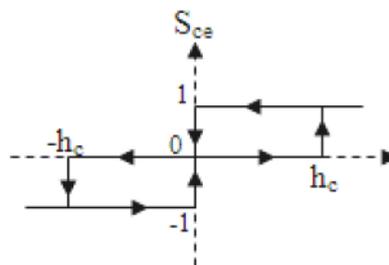


FIGURE 1.4 – Comparateur à hystérésis à deux niveaux contrôlant le couple

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{si } \Delta C_e > h_{C_e} & \Rightarrow S_{C_e} = 1 \\ \text{si } 0 \leq \Delta C_e \leq h_{C_e} \text{ et } \Delta \dot{C}_e > 0 & \Rightarrow S_{C_e} = 0 \\ \text{si } 0 \leq \Delta C_e \leq h_{C_e} \text{ et } \Delta \dot{C}_e < 0 & \Rightarrow S_{C_e} = 1 \\ \text{si } \Delta C_e < -h_{C_e} & \Rightarrow S_{C_e} = -1 \\ \text{si } -h_{C_e} \leq \Delta C_e \leq 0 \text{ et } \Delta \dot{C}_e > 0 & \Rightarrow S_{C_e} = 0 \\ \text{si } -h_{C_e} \leq \Delta C_e \leq 0 \text{ et } \Delta \dot{C}_e < 0 & \Rightarrow S_{C_e} = -1 \end{array} \right. \quad (1.7)$$

1.1.3 Détermination de la région et estimation du couple et du flux statorique

Détermination de la région et estimation du flux statorique

À partir des composantes biphasées $V_{s\alpha-\beta}$ et $I_{s\alpha-\beta}$ on peut estimer le module et la région du flux statorique :

$$\left\{ \begin{array}{l} \phi_{s\alpha} = \int_0^t V_{s\alpha} - R_s I_{s\alpha} dt \\ \phi_{s\beta} = \int_0^t V_{s\beta} - R_s I_{s\beta} dt \\ \phi_s = \sqrt{\phi_{s\alpha}^2 + \phi_{s\beta}^2} \end{array} \right. \quad (1.8)$$

les tensions biphasées $V_{s\alpha}$ et $V_{s\beta}$ sont obtenues par l'application de la transformation de Concordia aux tensions triphasées V_a , V_b et V_c .

Les courants biphasés $I_{s\alpha}$ et $I_{s\beta}$ sont obtenus par l'application de la transformation de Concordia aux courants triphasés I_a , I_b et I_c .

À partir des deux composantes $\phi_{s\alpha}$ et $\phi_{s\beta}$ on peut déterminer la région du flux statorique, donc l'angle, suivant le tableau 1.1 :

Conditions		θ_s
$\phi_{s\alpha} > 0$	$\phi_{s\beta} > 0$	$\arctan\left(\frac{\phi_{s\alpha}}{\phi_{s\beta}}\right)$
$\phi_{s\alpha} > 0$	$\phi_{s\beta} < 0$	$\arctan\left(\frac{\phi_{s\alpha}}{\phi_{s\beta}}\right) + 2\pi$
$\phi_{s\alpha} < 0$		$\arctan\left(\frac{\phi_{s\alpha}}{\phi_{s\beta}}\right) + \pi$
$\phi_{s\alpha} = 0$	$\phi_{s\beta} \leq 0$	$\frac{3\pi}{2}$
$\phi_{s\alpha} = 0$	$\phi_{s\beta} \geq 0$	$\frac{\pi}{2}$

TABLE 1.1 – Position du vecteur flux statorique

Estimation du couple électromagnétique

Le couple électromagnétique peut être estimé à partir des courants mesurés et du flux statorique estimé suivant la relation 1.9

$$C_e = p(\phi_{s\alpha}i_{s\beta} - \phi_{s\beta}i_{s\alpha}) \quad (1.9)$$

1.1.4 Réglage du flux statorique et du couple électromagnétique

Après avoir estimé le module du flux statorique et déterminé sa région, il faut connaître le vecteur approprié à appliquer c'est à dire la table de commutation.

Suivant la figure 1.5 le choix du vecteur peut soit augmenter le flux ou le diminuer.

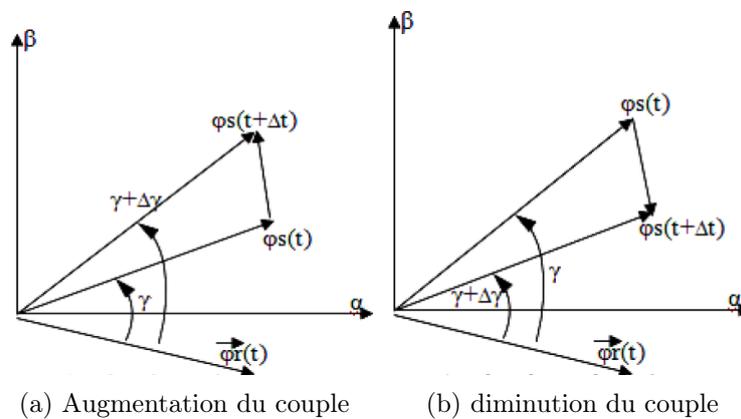
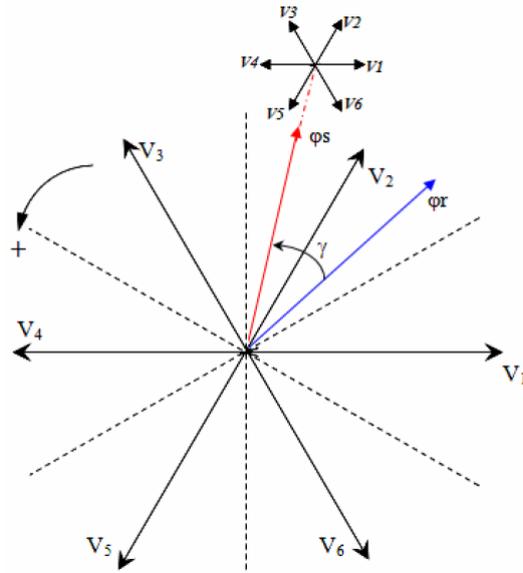


FIGURE 1.5 – Évolution du couple électromagnétique en fonction du vecteur appliqué

On remarque que dans la figure 1.5a l'application d'un certain vecteur dans une certaine région conduit à l'augmentation de l'angle γ . Cette dernière action provoque l'augmentation du couple électromagnétique. De même, la figure 1.5b montre que l'application d'un autre vecteur de tension dans la même région conduit à la diminution de l'angle γ donc la diminution du couple électromagnétique.

On donnera un exemple à partir de la figure 1.6 pour mieux expliquer le principe.

FIGURE 1.6 – Découpage du plan α - β en six secteurs

Supposons, à titre d'exemple, que le vecteur flux statorique se trouve dans le secteur angulaire $\theta(2)$: son angle est compris entre 30° et 90° . D'après les règles de comportement du vecteur flux statorique, l'application des vecteurs tension V_1, V_2 et V_3 contribue à son augmentation, tandis que les vecteurs V_4, V_5 et V_6 contribuent à sa diminution[2].

D'autre part, d'après les règles de comportement du couple, V_3 et V_4 amènent à son augmentation tandis que V_1 et V_6 contribuent à sa diminution, les vecteurs V_2 et V_5 engendrent une faible variation[2].

Donc si on veut par exemple augmenter le flux et le couple électromagnétique, le vecteur V_3 est le seul à pouvoir le faire. Si on veut par contre diminuer le couple tout en augmentant le flux, le vecteur V_1 doit être appliqué.

D'une manière générale, si on se trouve dans le secteur i :

- pour augmenter l'amplitude du flux statorique on peut appliquer V_i, V_{i+1} ou V_{i-1}
- pour diminuer l'amplitude du flux statorique on peut appliquer V_{i+3}, V_{i+2} ou V_{i-2}

La table 1.2 représente les configurations possibles des interrupteurs selon la position du flux statorique et les sorties obtenues par les deux comparateurs à hystérésis.

$\Delta\phi_s$	ΔC_e	Région					
		1	2	3	4	5	6
1	1	V_2 1,1,0	V_3 0,1,0	V_4 0,1,1	V_5 0,0,1	V_6 1,0,1	V_1 1,0,0
	-1	V_6 1,0,1	V_1 1,0,0	V_2 1,1,0	V_3 0,1,0	V_4 0,1,1	V_5 0,0,1
	0	V_7 1,1,1	V_0 0,0,0	V_7 1,1,1	V_0 0,0,0	V_7 1,1,1	V_0 0,0,0
0	1	V_3 0,1,0	V_4 0,1,1	V_5 0,0,1	V_6 1,0,1	V_1 1,0,0	V_2 1,1,0
	-1	V_5 0,0,1	V_6 1,0,1	V_1 1,0,0	V_2 1,1,0	V_3 0,1,0	V_4 0,1,1
	0	V_0 0,0,0	V_7 1,1,1	V_0 0,0,0	V_7 1,1,1	V_0 0,0,0	V_7 1,1,1

TABLE 1.2 – Table de commutation de la commande directe du couple

Chapitre 2

Onduleur à trois niveaux à structure NPC

2.1 Principe

Le principe consiste à donner trois niveaux de tension de sortie.

Chaque bras de l'onduleur à trois niveaux à structure NPC¹ est constitué de quatre interrupteurs (T_1, T_2, T_3, T_4), voir figure 2.1.

La source d'alimentation U_d est subdivisée en deux sources égales à $\frac{U_d}{2}$. Pour éviter le court-circuit de l'une des ces dernières ou la déconnexion de la charge une commande complémentaire est nécessaire, et on écrit :

$$\begin{cases} T_{k1} = \overline{T_{k4}} \\ T_{k2} = \overline{T_{k3}} \\ k = a, b, c \end{cases} \quad (2.1)$$

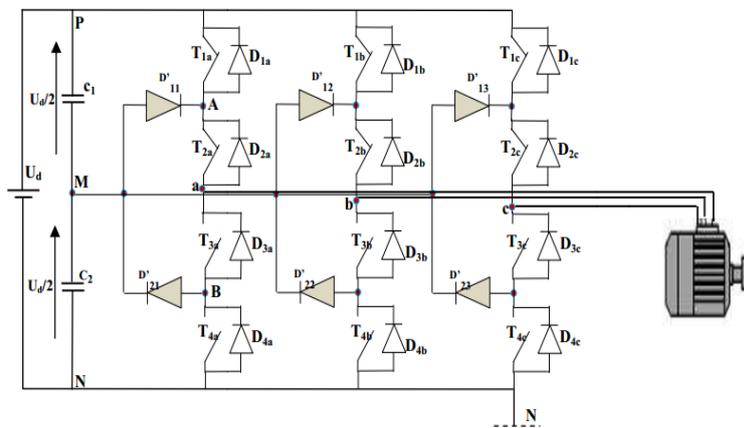


FIGURE 2.1 – Onduleur à trois niveaux à structure NPC

1. Neutral Point Clamped

Chaque niveau de tension délivré par le bras_k correspond à un état, voir le tableau 2.1 [3].

États	T_{k1}	T_{k2}	T_{k3}	T_{k4}	V_k
0	0	0	1	1	$\frac{-U_d}{2}$
1	0	1	0	1	0
2	1	1	0	0	$\frac{U_d}{2}$

TABLE 2.1 – États et vecteurs de sorties par bras

2.2 Vecteurs de Sortie

La sortie de chaque bras peut prendre trois états, donc l'onduleur peut fournir 3^3 combinaisons différentes des trois bras, ce qui correspond à dix-neuf vecteurs de sortie dans le plan $\alpha - \beta$, voir figure 2.2.

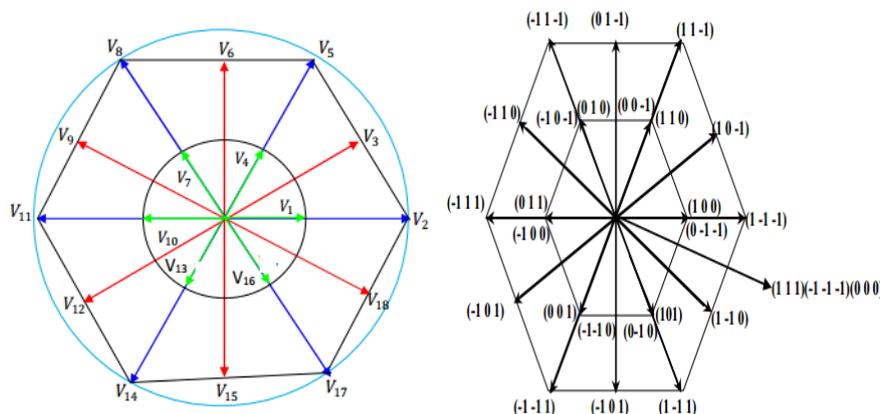


FIGURE 2.2 – Représentation des dix-neuf vecteurs dans le plan $\alpha - \beta$

On peut subdiviser les vecteurs de sortie en quatre groupes [2] :

- Vecteurs de tension nul : ils sont obtenus par les combinaisons des états des trois bras : $(2,2,2)$, $(1,1,1)$ et $(0,0,0)$.
- Vecteurs de petite tension : ils constituent l'hexagone interne, ce groupe est subdivisé en deux sous-groupes :
 - Groupe 1 : L'application d'un vecteur de ce sous-groupe engendre la décharge de la capacité C_1 .
 - Groupe 2 : L'application d'un vecteur de ce sous-groupe engendre la décharge de la capacité C_2 .
- Vecteurs de moyenne tension : ils constituent l'hexagone intermédiaire, celui du milieu.
- Vecteurs de grandes tension : ils constituent l'hexagone externe.

2.3 Commande directe du couple de la machine asynchrone alimentée par un onduleur à trois niveaux à structure NPC

Pour réaliser la commande directe du couple il faut construire la table de commutation.

Pour une utilisation optimale de l'onduleur à trois niveaux à structure NPC, un comparateur à hystérésis à cinq niveaux contrôlant le couple et un découpage du plan $\alpha - \beta$ en douze secteurs sont nécessaires. L'utilisation d'un comparateur à hystérésis à cinq niveaux permet d'introduire la notion de grande et faible variation du couple électromagnétique.

Les sorties du comparateur sont :

- 2 : correspond à une grande augmentation du couple
- 1 : correspond à une faible augmentation du couple
- 0 : correspond à un couple constant
- -1 : correspond a une faible diminution du couple
- -2 : correspond a une grande diminution du couple

Le comparateur à hystérésis contrôlant le flux statorique reste le même, il donnera deux sorties :

- 1 : correspond à l'augmentation du module du flux statorique
- 0 : correspond à la diminution du module du flux statorique

		Région											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta C_e=2$	$\Delta \phi_s=1$	V_5	V_5	V_8	V_8	V_{11}	V_{11}	V_{14}	V_{14}	V_{17}	V_{17}	V_2	V_2
	$\Delta \phi_s=0$	V_8	V_8	V_{11}	V_{11}	V_{14}	V_{14}	V_{17}	V_{17}	V_2	V_2	V_5	V_5
$\Delta C_e=1$	$\Delta \phi_s=1$	V_3	V_6	V_6	V_9	V_9	V_{12}	V_{12}	V_{15}	V_{15}	V_{18}	V_{18}	V_3
	$\Delta \phi_s=0$	V_6	V_9	V_9	V_{12}	V_{12}	V_{15}	V_{15}	V_{18}	V_{18}	V_3	V_3	V_6
$\Delta C_e=0$		V_0											
$\Delta C_e=-1$	$\Delta \phi_s=1$	V_{18}	V_{18}	V_3	V_3	V_6	V_6	V_9	V_9	V_{12}	V_{12}	V_{15}	V_{15}
	$\Delta \phi_s=0$	V_{15}	V_{15}	V_{18}	V_{18}	V_3	V_3	V_6	V_6	V_9	V_9	V_{12}	V_{12}
$\Delta C_e=-2$	$\Delta \phi_s=1$	V_{17}	V_2	V_2	V_{15}	V_5	V_8	V_8	V_{11}	V_{11}	V_{14}	V_{14}	V_{17}
	$\Delta \phi_s=0$	V_{14}	V_{17}	V_{17}	V_2	V_2	V_{15}	V_5	V_8	V_8	V_{11}	V_{11}	V_{14}

TABLE 2.2 – Table de commutation pour la DTC_{NPC}

2.4 Simulation sur Matlab

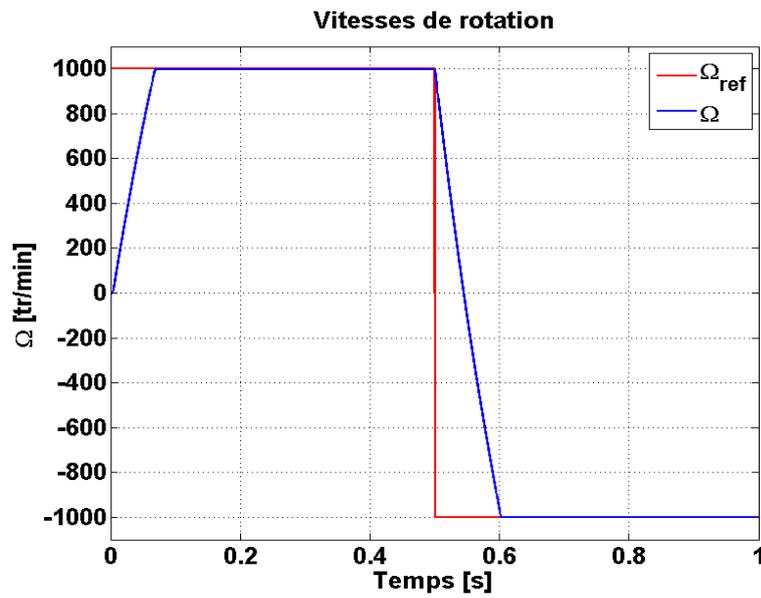
Nous avons intégré un régulateur de type proportionnel intégral pour contrôler la vitesse de rotation de la machine.

Pour comparer les résultats de la commande directe du couple utilisant un onduleur à deux niveaux et celle utilisant un onduleur à trois niveaux à structure NPC², nous avons réalisé des simulations sur Matlab avec les conditions données dans le tableau³ 2.3

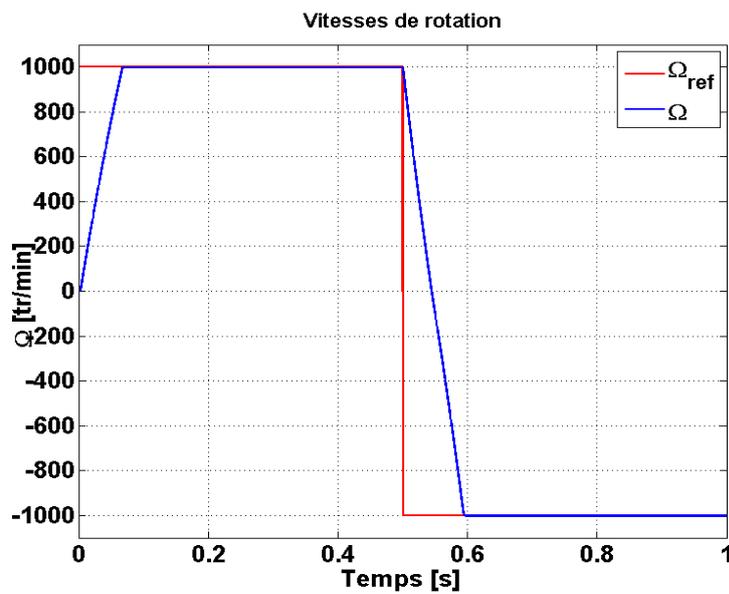
-
2. DTC_{NPC} : Commande directe du couple utilisant un onduleur à trois niveaux à structure NPC
 3. DTC₂ : Commande directe du couple utilisant un onduleur à deux niveaux

Temps [s]	0 - 0.5	0.5 - 1
Vitesse de référence [tr/min]	1000	-1000
Flux de référence [Wb]	0.7	
$H_{C_{e2}}$ [Nm]	0.6	
$H_{C_{e1}}$ [Nm]	0.3	
H_{ϕ_s} [Wb]	0.02	

TABLE 2.3 – Conditions de simulation

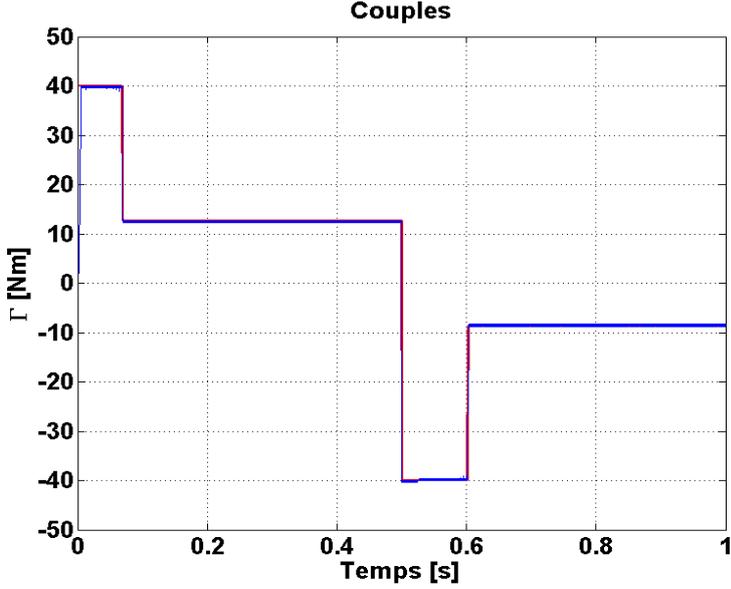


(a) DTC₂

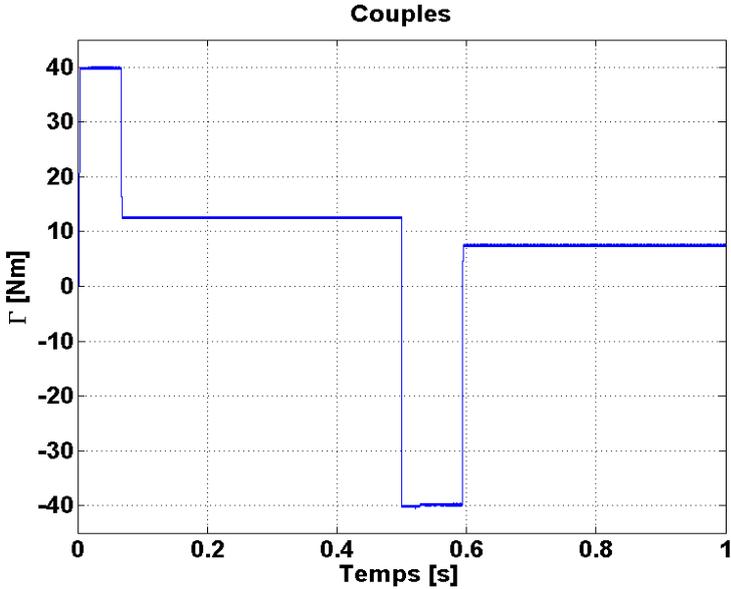


(b) DTC_{NPC}

FIGURE 2.3 – Vitesse de rotation



(a) DTC_2



(b) DTC_{NPC}

FIGURE 2.4 – Couple électromagnétique

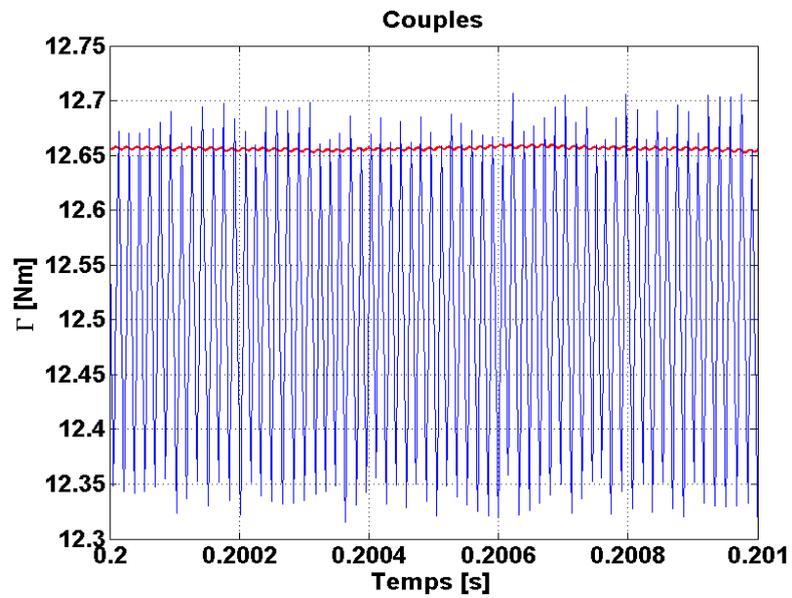
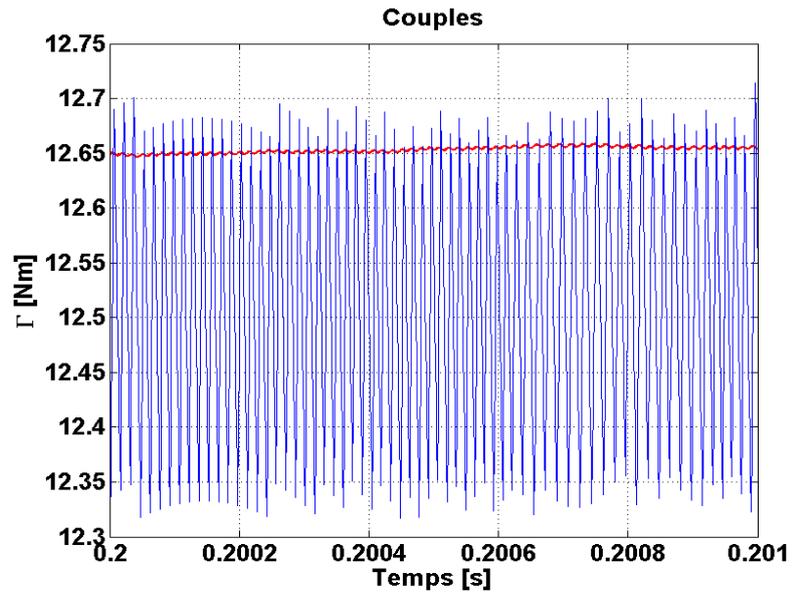
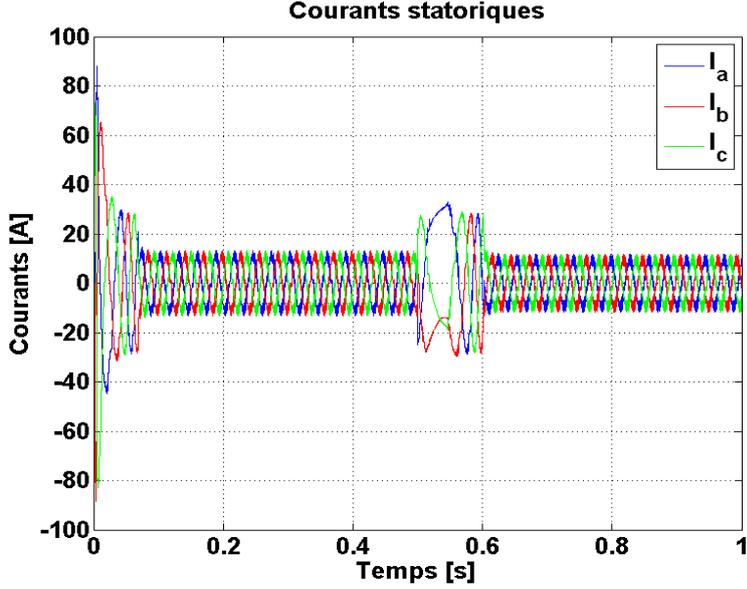
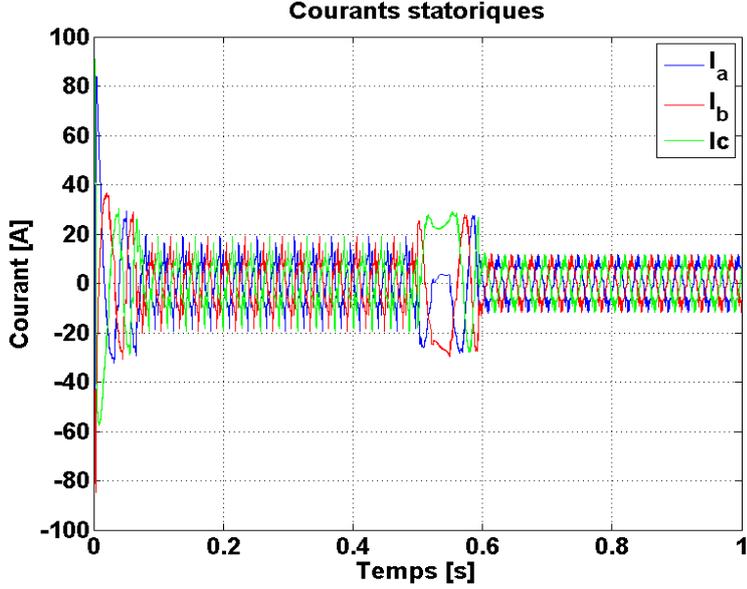


FIGURE 2.5 – Loupe sur le couple électromagnétique



(a) DTC_2



(b) DTC_{NPC}

FIGURE 2.6 – Courants statoriques

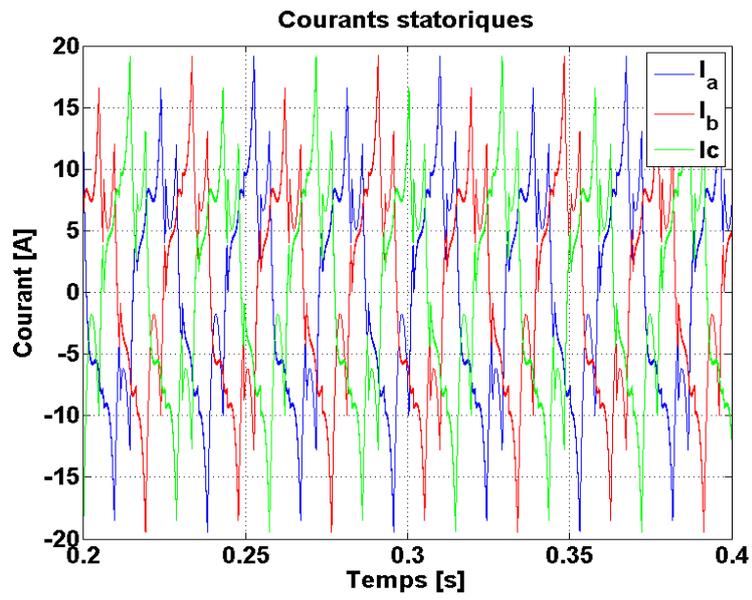
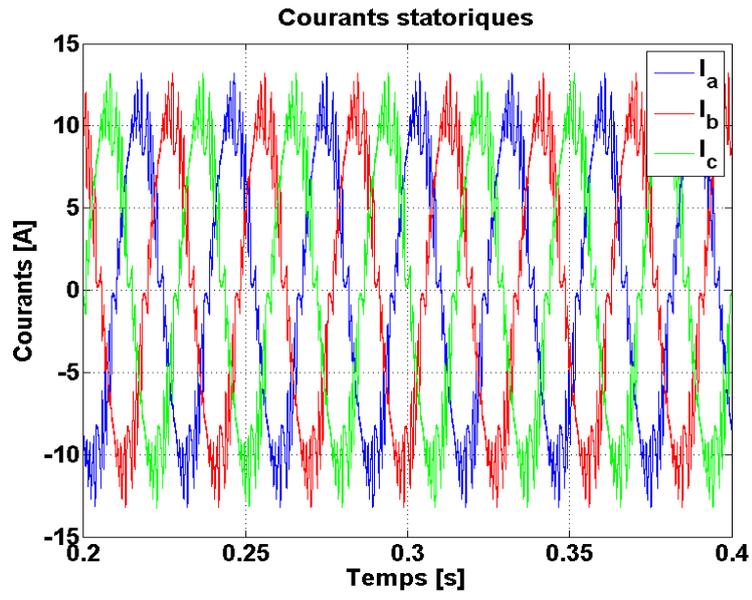
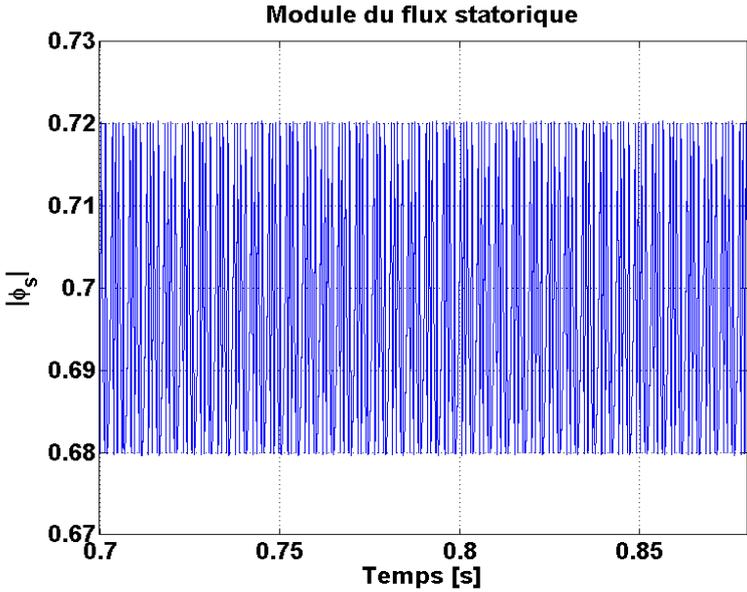
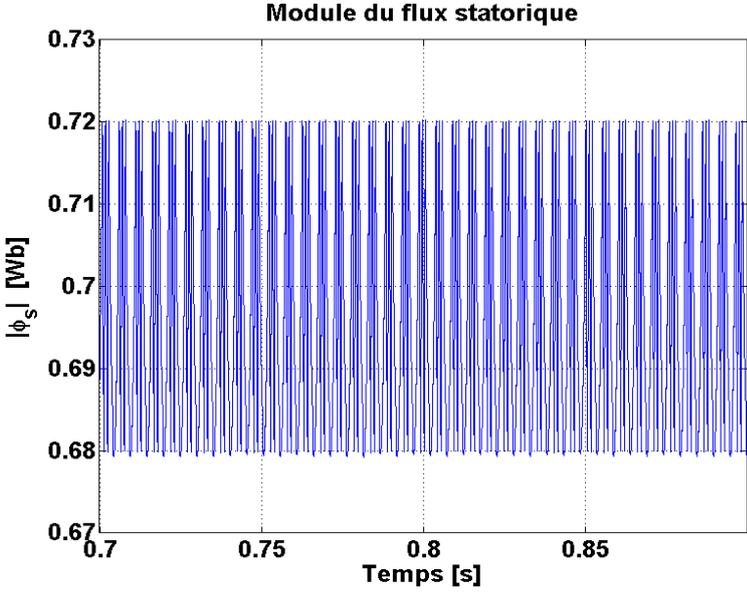


FIGURE 2.7 – Loupe sur les courants statoriques

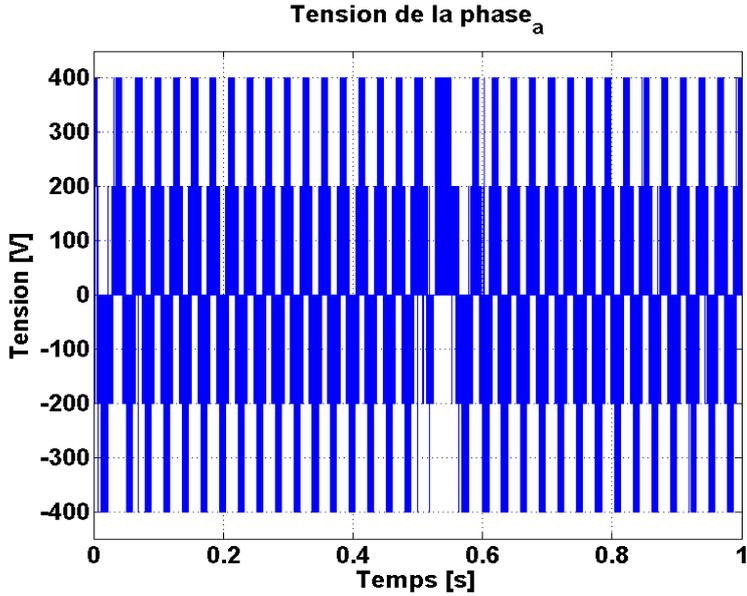


(a) DTC_2

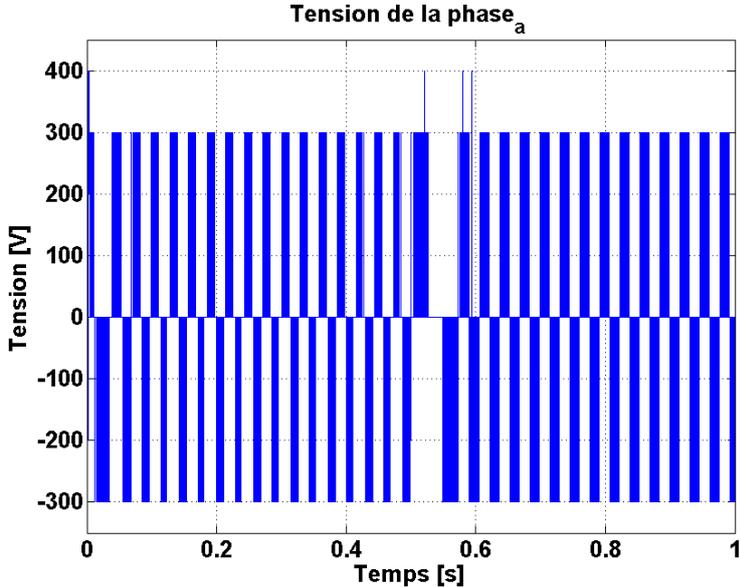


(b) DTC_{NPC}

FIGURE 2.8 – Module du flux statorique



(a) DTC_2



(b) DTC_{NPC}

FIGURE 2.9 – Vitesse de rotation

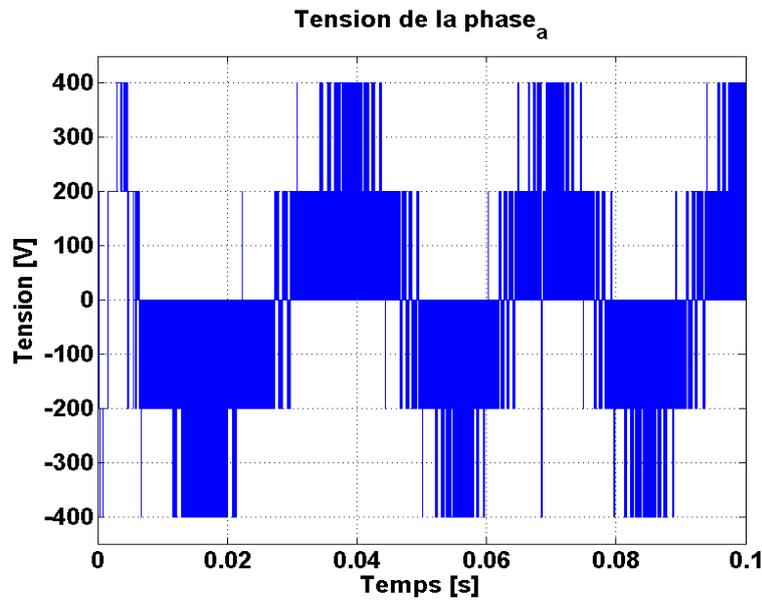
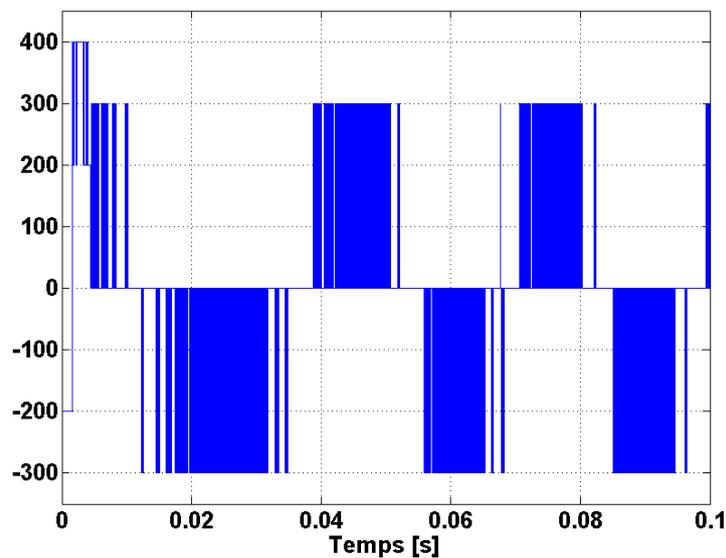
(a) DTC_2 (b) DTC_{NPC}

FIGURE 2.10 – Vitesse de rotation

2.4.1 Interprétations des résultats

De la figure 2.3, nous remarquons que la vitesse suit sa référence sans aucun dépassement ou ondulation, car nous avons opté pour un régulateur qui donne un système, en boucle fermée, du deuxième ordre fortement amorti.

Des figures 2.4 et 2.5, nous remarquons que le couple électromagnétique suit sa référence plus ou moins la valeur injectée dans le comparateur à hystérésis contrôlant le couple.

Des figures 2.6 et 2.7, nous remarquons que les courants statoriques ont une allure sinusoïdale, les courants statoriques délivrés par l'onduleur NPC sont moins bruités que les

courants statoriques délivrés par un onduleur à deux niveaux.

De la figure 2.8, nous remarquons que le module du flux statorique suit sa référence plus ou moins la valeurs injectées dans le comparateur à hystérésis contrôlant le flux.

Des figures 2.9 et 2.10, nous remarquons que la tension de la phase_a délivrée par l'onduleur NPC est moins bruitée que celle délivrée par un onduleur à deux niveaux. Nous remarquons aussi que la fréquence de commutation des interrupteurs de l'onduleur à structure NPC est moins que celle des interrupteurs d'un onduleurs à deux niveaux.

Conclusion

Dans ce rapport nous avons étudié la commande directe du couple sur une machine asynchrone alimentée par un onduleur à deux niveaux et une autre alimentée par un onduleur à trois niveaux à structure NPC.

La commande directe du couple offre une dynamique rapide et permet de limiter les ondulations du couple électromagnétiques et du module du flux statorique avec seulement deux comparateurs à hystérésis.

L'alimentation à travers un onduleur à trois niveaux à structure NPC impose des régimes transitoires moins sévères que ceux d'une alimentation à travers un onduleur à deux niveaux, elle permet de minimiser les harmoniques injectés dans le réseau et apporte la notion de faible et grande variation du couple.

Annexe A

Paramètres de la Machine de simulation

V_n/U_n	Tension	220/380 [V]
I_n	Courant Nominale	14 [A]
P_n	Puissance Nominale	3.5 [kW]
Ω_n	Vitesse nominale	1410 [tr/min]
p	Nombre de paires de pôles	2
R_s	Résistance statorique	0.76 [Ω]
R_r	Résistance rotorique	0.74 [Ω]
l_s	Inductance de fuite statorique	3 [mH]
l_r	Inductance de fuite rotorique	3 [mH]
M	Inductance Mutuelle	74 [mH]

Bibliographie

- [1] *Modélisation contrôle vectoriel et DTC*. HERMES Science Publications, 2000.
- [2] TOUFOUTI RIAD : *contribution à la commande directe du couple de la machine asynchrone*. Thèse de doctorat, université mentouri constantine, 2008.
- [3] Seddiki AREZKI : *Contibution au contrôle direct du couple d'une machine asynchrone à cage alimentée par un onduleur multiniveaux*. Ecole militaire polytechnique d'Alger, 01 2013. Mémoire de magister.