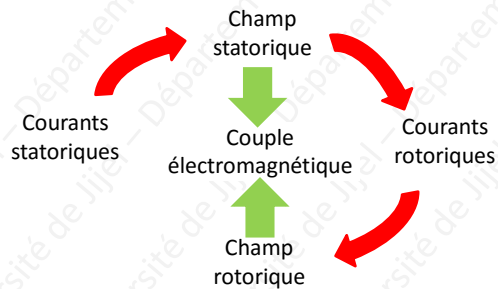


4.1 Introduction

La machine Asynchrone est une machine à courant alternatif. Elle repose sur le principe d'induction de courant dans un conducteur (rotor) à travers la variation du champ magnétique (stator) : **Lois de Lenz**.

En contre partie, les courants circulant dans les conducteurs rotoriques produisent un champ électromagnétique qui interagit avec celui du stator pour créer le couple moteur



1

4.2 Constitution de la MAS

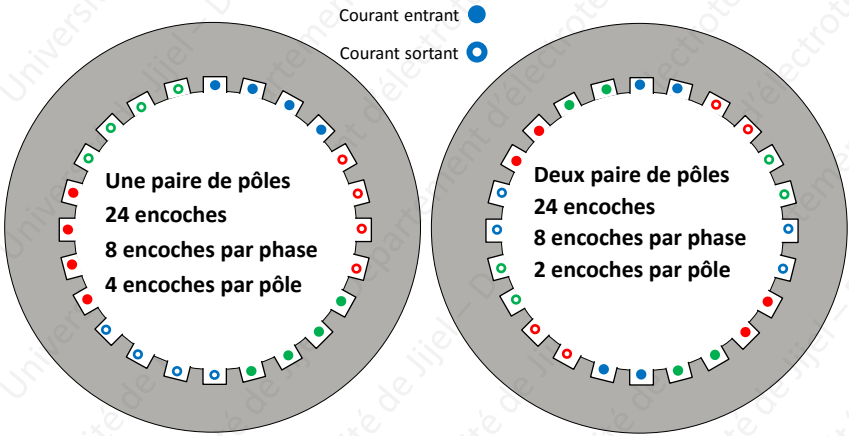
Le stator est composé d'un empilement de tôles pour limiter les courants de Foucault qui forment le cylindre statorique. Celui-ci est composé d'un certain nombre d'encoches où sont logés les conducteurs de cuivre.

Dans le cas de la machine triphasée, le nombre d'encoches est généralement multiple de six (chaque spire est composée de deux conducteurs, l'un pour l'aller et l'autre pour le retour du courant)



2

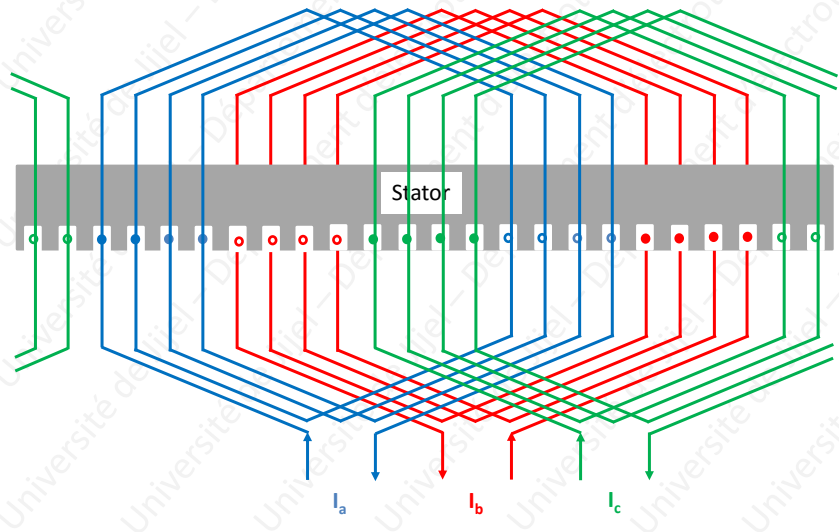
4.2 Constitution de la MAS



3

4.2 Constitution de la MAS

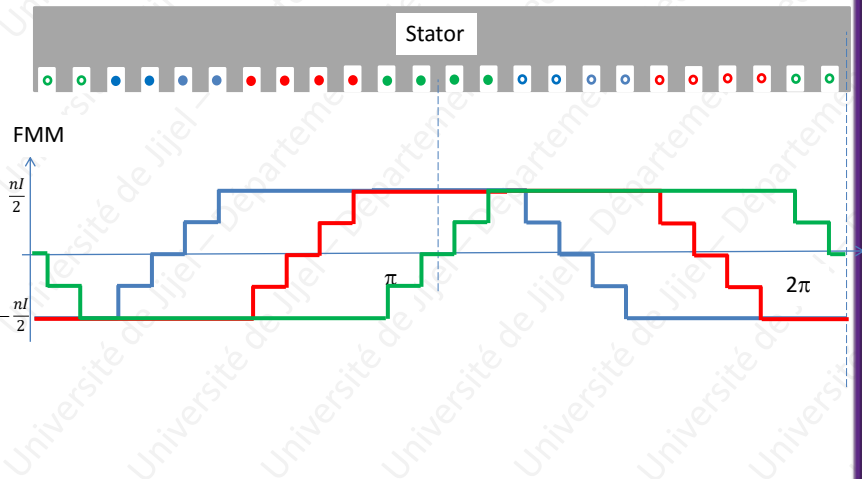
La répartition spatiale du bobinage de chaque phase statorique est réalisée de telle sorte à avoir une **FMM** sinusoïdale à travers l'entrefer.



4

4.2 Constitution de la MAS

La répartition spatiale du bobinage de chaque phase statorique est réalisée de telle sorte à avoir une **FMM** sinusoïdale à travers l'entrefer.



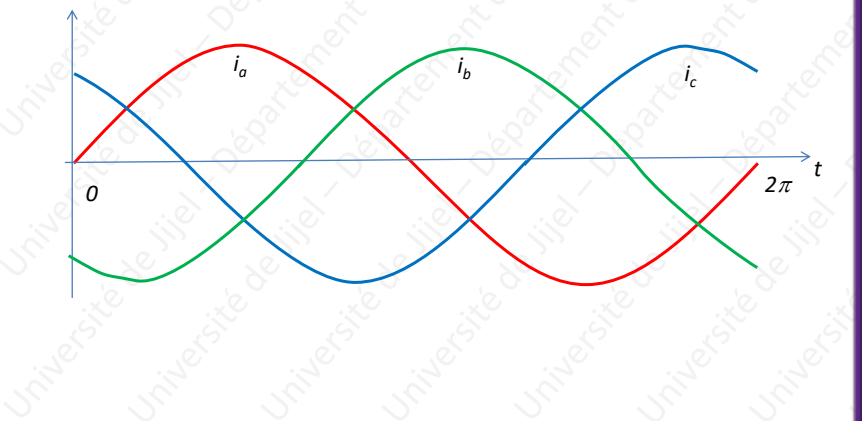
5

4.2 Constitution de la MAS

Le courant n'étant pas le même dans les trois phases, les FMM s'additionnent vectoriellement. C'est-à-dire qu'on doit prendre en considération le facteur temps.

Si A B et C représentent les trois phases alors on a :

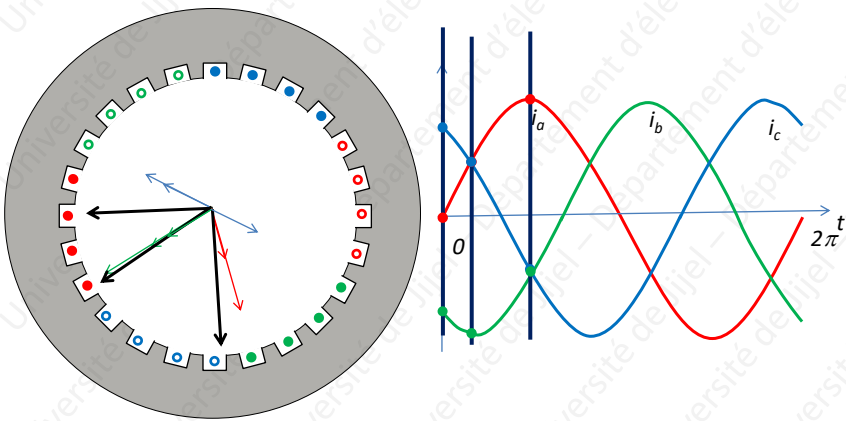
$$i_a = \sqrt{2}I\sin(\omega t), \quad i_b = \sqrt{2}I\sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}), \quad i_c = \sqrt{2}I\sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$



6

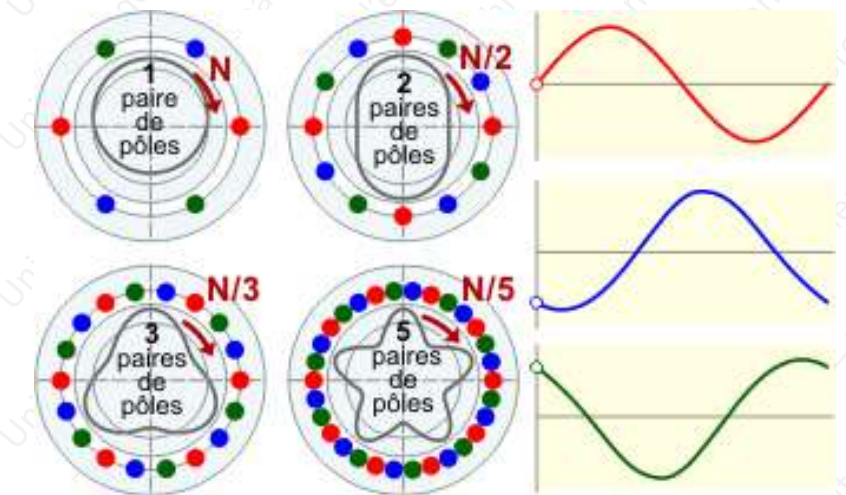
4.2 Constitution de la MAS

La distribution de la FMM est donc sinusoïdale dans le temps et dans l'espace. De telle sorte que la résultante apparait tournante à une vitesse fixe dépendant de la fréquence des courants



7

4.2 Constitution de la MAS



8

4.2 Constitution de la MAS

Le rotor est soit constitué d'un bobinage comme le stator ou alors d'une sorte de cage formée d'un certain nombre de barres en court-circuit. dans le cas d'un rotor bobiné des bagues sont présentes pour faire sortir les bouts de bobines à l'extérieur.



9

4.3 Fonctionnement de la MAS

Les courants statoriques de fréquence $f_s = \frac{\omega_s}{2\pi}$ vont produire un champ statorique tournant à la vitesse $\Omega_s = \frac{\omega_s}{p_s}$ où p_s désigne le nombre de paires de pôles statoriques.

Si on suppose que le rotor tourne à la vitesse Ω , ses conducteurs coupent le champ statorique à une vitesse relative :

$$\Omega_r = \Omega_s - \Omega = g\Omega_s$$

Il sont donc le siège d'une FEM (loi de Lenz) de fréquence $f_r = \frac{p_r \Omega_r}{2\pi}$. Si les conducteurs rotoriques sont en court-circuit, il y'aura circulation d'un courant de même fréquence que la FEM.

Ce courant produit à son tour un champ tournant à la vitesse

$$\Omega_r = \frac{p_r \Omega_r}{p_r} = \Omega_r \text{ par rapport au rotor}$$

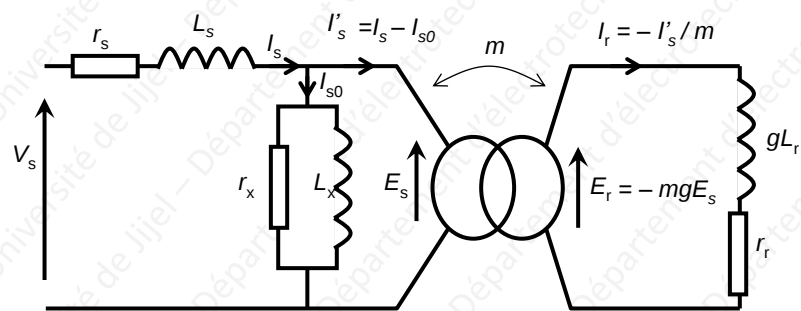
Et

$$\Omega_s = \Omega_r + \Omega = \Omega_s \text{ par rapport au stator}$$

Le champ statorique et le champ rotorique ont donc la même vitesse vue du stator

10

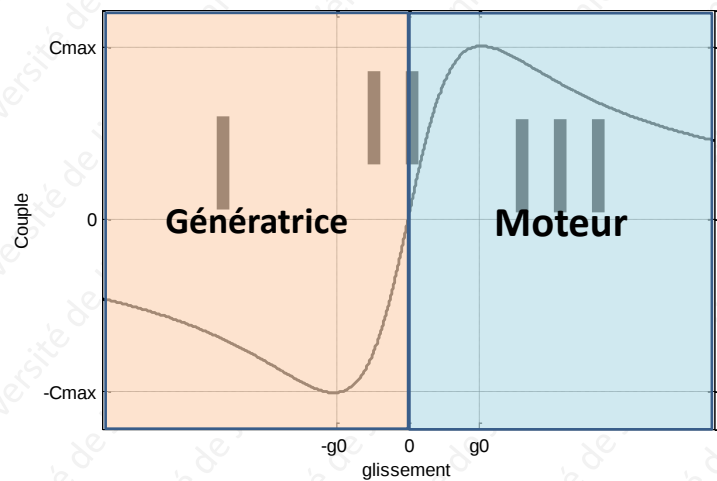
4.4 Schéma équivalent monophasé



r_s : résistance d'un enroulement statorique
 r_r : résistance d'un enroulement rotorique
 L_s : inductance de fuite statorique
 L_x : inductance de magnétisation
 r_x : résistance fer
 gL_r : inductance de fuite rotorique

11

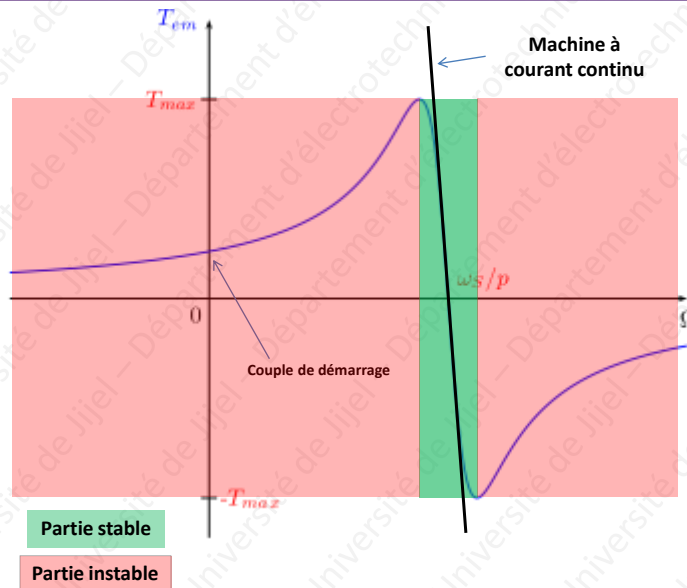
4.5 Le couple électromagnétique



$$C_{em} = 3(mV)^2 \frac{p}{\omega_s r_r^2 + (g\omega_s l_r)^2}$$

12

4.5 Le couple électromagnétique



13

4.6. Variation de vitesse

La vitesse de la machine est donné par

$$\Omega = (1 - g) \frac{\omega_s}{p}$$

Avec

g : Le glissement du rotor

ω_s : la pulsation des courants statoriques

p : le nombre de paires de pôles

Pour faire varier la vitesse, On peut donc agir sur :

- les pôles statoriques
- Le glissement du rotor
- La fréquence des courants statoriques

14

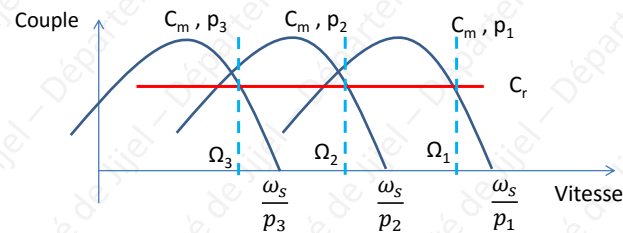
4.6.1 Action sur le nombre de paires de pôles

Pour faire varier le nombre de pôles statoriques, il faut que la machine soit de construction spéciale.

En pratique on limite le nombre de vitesses possibles à deux ou trois :

La différence se situe au niveau de la vitesse de synchronisme.

$p_1 < p_2 < p_3$

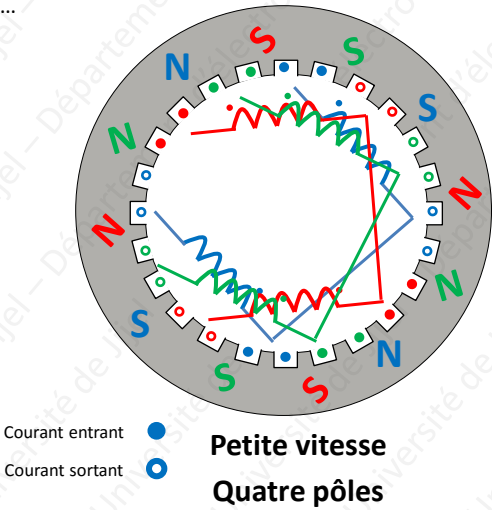


La variation de vitesse est possible même à vide

15

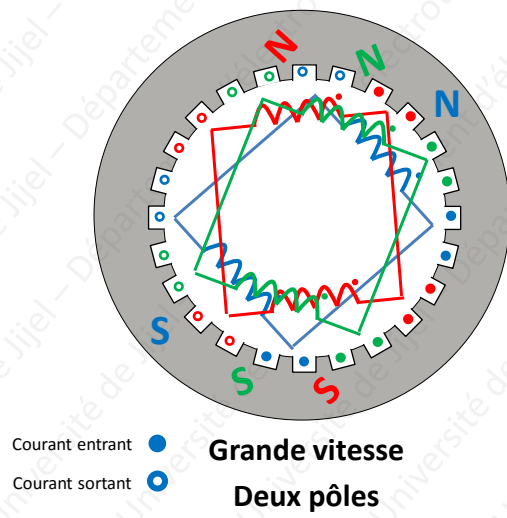
4.6.1 Action sur le nombre de paires de pôles : montage Dahlander

c'est un montage qui permet d'avoir deux vitesses : un grande vitesse (GV) et une petite vitesse (PV). Dans ce cas, on obtient un rapport de 2 entre les deux vitesses : 2/4 , 3/6 ,4/8...



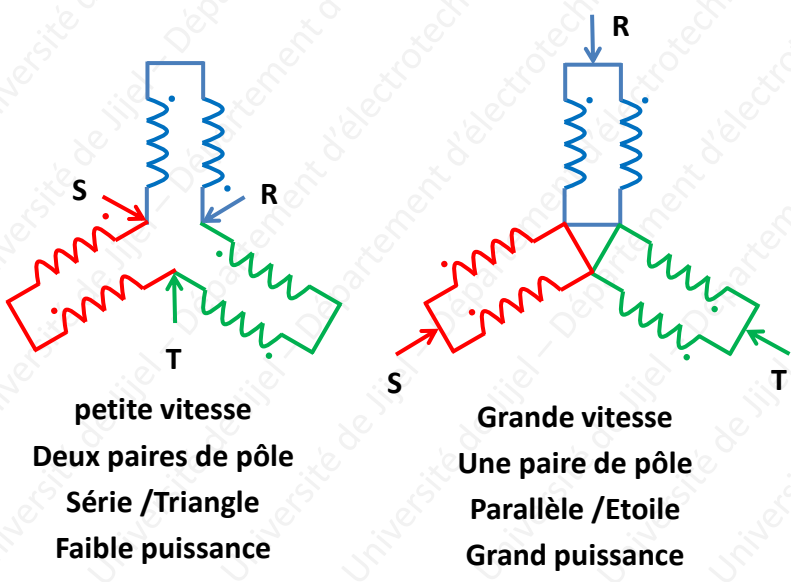
16

4.6.1 Action sur le nombre de paires de pôles : montage Dahlander



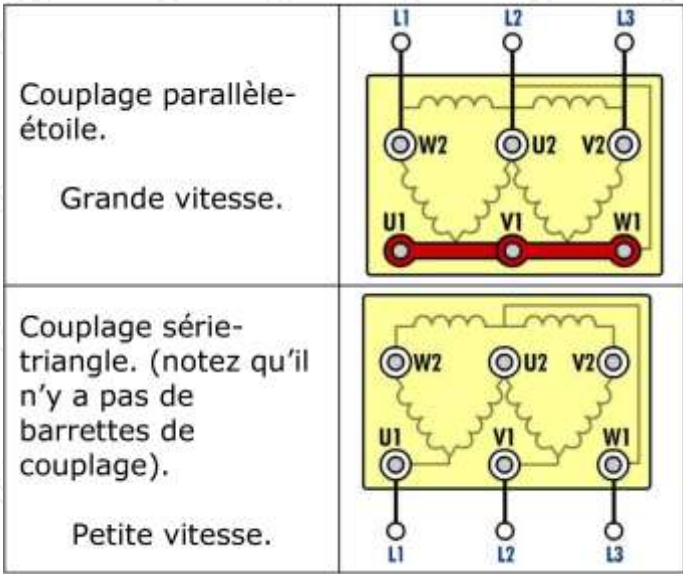
17

4.6.1 Action sur le nombre de paires de pôles : montage Dahlander



18

4.6.1 Action sur le nombre de paires de pôles



19

4.6.1 Action sur le nombre de paires de pôles

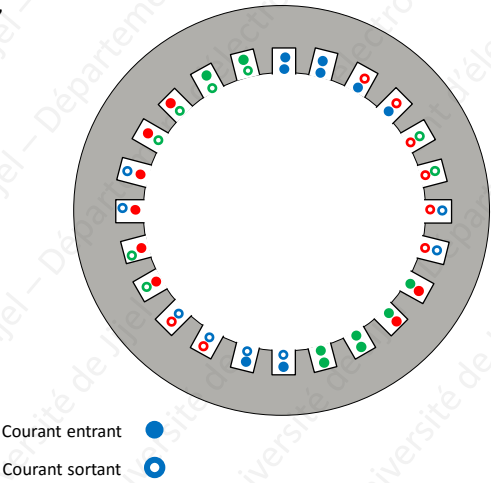
2-4
Pôles
3000 – 1500 tr/min

Type moteur	Puissance nominale à 50 Hz		Vitesse nominale		Intensité nominale		Facteur de puissance		Rendement		Intensité démarrage/ intensité nominale		Moment démarrage/ Moment nominal		Moment nominal		Moment d'inertie	
	P_n kW		N_n min ⁻¹		I_n (400V) A		Cos φ 4/4		η 100 %		I_d / I_n		M_d / M_n		M_n N.m		J 10 ⁻³ kg.m ²	
	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV
LS 71 L	0,25	0,18	Nous consulter															
LS 71 L	0,37	0,25	Nous consulter															
LS 71 L	0,55	0,37	Nous consulter															
LS 80 L	0,55	0,37	2800	1420	1,6	1,2	0,83	0,67	0,6	0,62	3,4	3,3	1,9	2,1	1,75	2,3	5,5	
LS 80 L	1,1	0,75	2810	1390	3	2	0,87	0,8	0,62	0,68	4	4,4	2	2,2	3,5	4,7	6,7	
LS 90 L	1,5	1,1	2800	1400	4	2,7	0,83	0,74	0,64	0,73	3,6	4,1	1,8	2	4,8	7	8,6	
LS 90 L	2,2	1,5	2780	1400	5	3,4	0,88	0,83	0,76	0,76	4,9	4,2	2	2,2	7	9,6	9,6	
LS 100 L	3	2,6	2870	1400	7,5	5,9	0,88	0,88	0,75	0,75	5,6	5	1,6	1,9	11	18	10,9	
LS 112 MG	4,5	3,7	2910	1450	12,5	8,5	0,79	0,81	0,78	0,81	4,6	6	1,8	1,9	16	23,5	19,3	
LS 132 SM	6	4,5	Nous consulter															
LS 132 M	9	6,9	2880	1440	17	13	0,89	0,86	0,72	0,82	6,2	7,9	3	2,1	28	44	65,5	

20

4.6.1 Action sur le nombre de paires de pôles : double enroulement

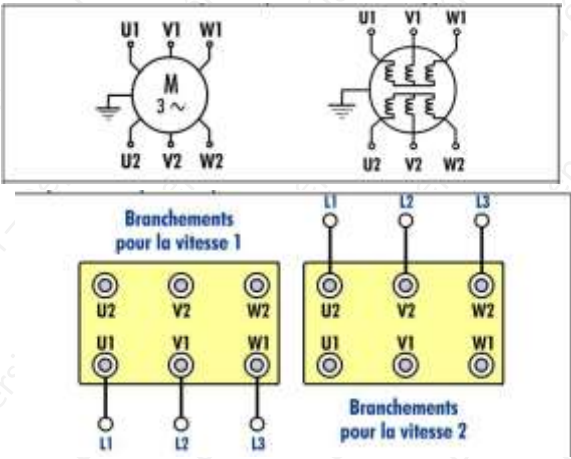
Lorsque le rapport des deux vitesse du moteur n'est pas égale à 2, on met en œuvre deux bobinages séparés au niveau du stator ayant chacun un nombre de pôles différent,



21

4.6.1 Action sur le nombre de paires de pôles : double enroulement

Lorsque le rapport des deux vitesse du moteur n'est pas égale à 2, on met en œuvre deux bobinages séparés au niveau du stator ayant chacun un nombre de pôles différent,



22

4.6.1 Action sur le nombre de paires de pôles : double enroulement

2-8
Pôles
3000 – 750 tr/mn

Type moteur	Puissance nominale à 50 Hz		Vitesse nominale		Intensité nominale		Facteur de puissance		Rendement		Intensité démarrage/ Intensité nominale		Moment démarrage/ Moment nominal		Moment nominal		Moment d'inertie	
	P_n kW		N_n min ⁻¹		I_n A		$\cos \varphi$ 4/4		η 100 %		I_d / I_n		M_d / M_n		M_n N.m		J 10 ⁻³ kg.m ²	
	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	-	
LS 80 L	0,55	0,12	2870	870	1,55	0,7	0,8	0,85	85	40	4,8	2	1,95	1,82	1,9	1,7	4,2	
LS 90 L	0,75	0,18	2850	890	2,1	1,1	0,88	0,85	59	39	3,5	1,9	2,8	1,8	2,5	2,5	7,2	
LS 90 L	1,1	0,33	2880	710	3,1	2	0,74	0,55	70	45	5,3	2,5	3,88	2,31	3,8	4,5	8,5	
LS 100 L	2,2	0,55	2780	685	5,4	2,2	0,82	0,68	70	52	4,6	2,9	2,8	2,04	7,5	7,5	9,8	
LS 112 MG	3	0,75	2870	705	8,2	3,1	0,75	0,63	70	56	5,4	2,7	3,5	1,95	10	10	15,3	
LS 132 SM	4	1	2810	710	12	4,3	0,7	0,54	67	62	3,8	3	2,44	2	13,5	13,5	46,2	
LS 132 M	6	1,5	2845	720	17,5	6,7	0,7	0,54	72	59	4,5	3,1	3,2	2,28	20	20	51	

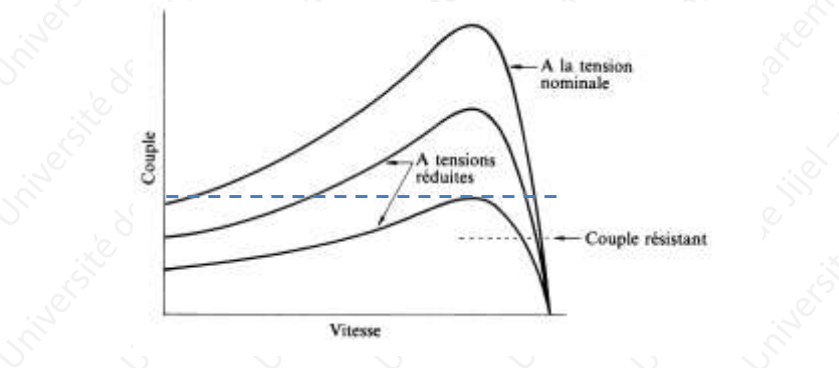
4.6.2 Action sur le glissement : variation de la tension d'alimentation

Lorsque l'alimentation le permet, on peut faire varier la tension du moteur pour obtenir une variation de vitesse.

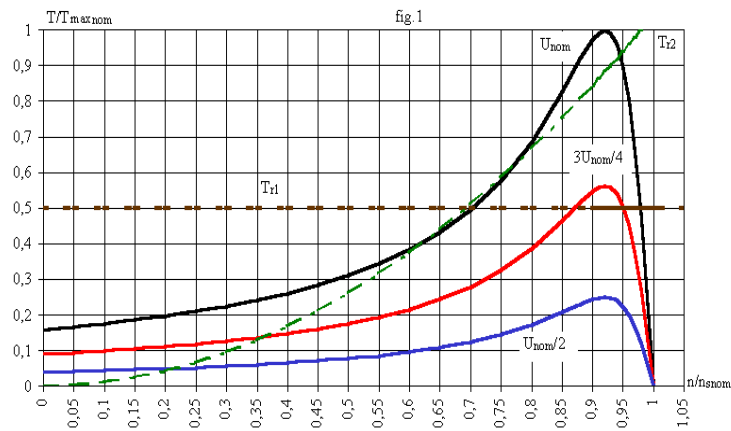
La caractéristique de couple du moteur se déforme aux tensions réduite pour donner un point de fonctionnement différent suivant le couple résistant.

La vitesse à vide reste la même quelque soit la tension.

Si le couple résistant reste constant, on peut aboutir un décrochage du moteur si la tension devient assez réduite



4.6.2 Action sur le glissement : variation de la tension d'alimentation

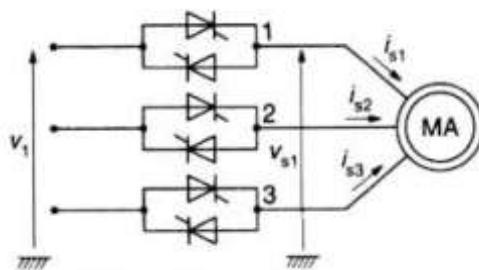


Ce procédé est généralement utilisé pour entrainer des charges dont le couple résistant est croissant en fonction de la vitesse.

25

1.6.2 Action sur le glissement : variation de la tension d'alimentation

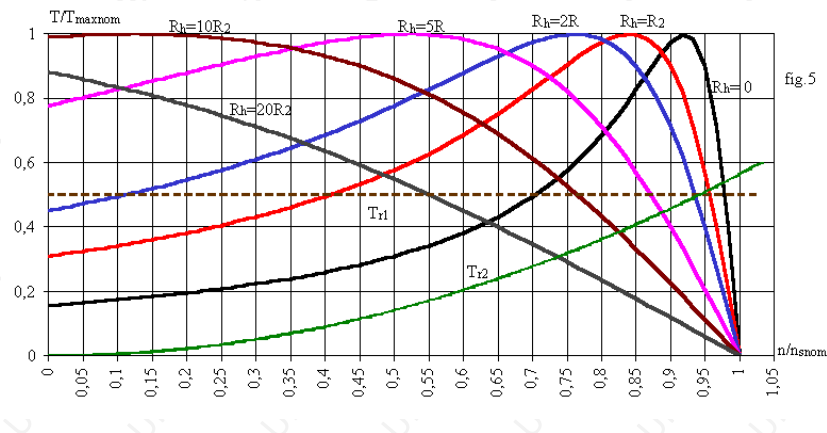
Pour faire varier la tension d'alimentation on peut utiliser un gradateur triphasé.



26

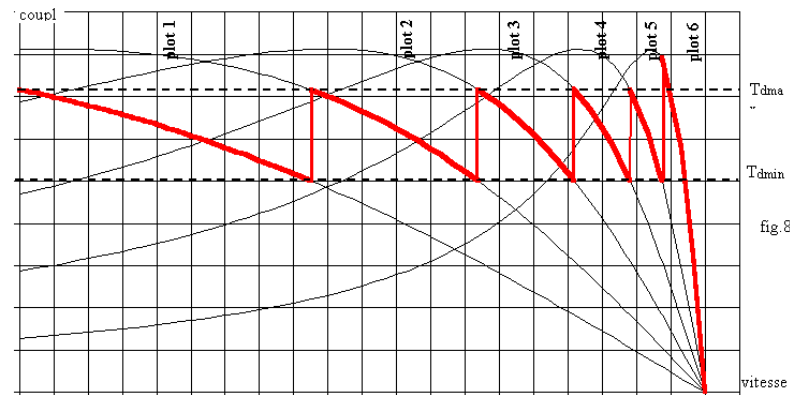
4.6.3 Action sur Le glissement : variation de la résistance rotorique

Quand le rotor du moteur est bobiné, on peut incérer un résistance additionnelle variable pour faire varier le glissement à l'aide de la variation de la caractéristique du couple



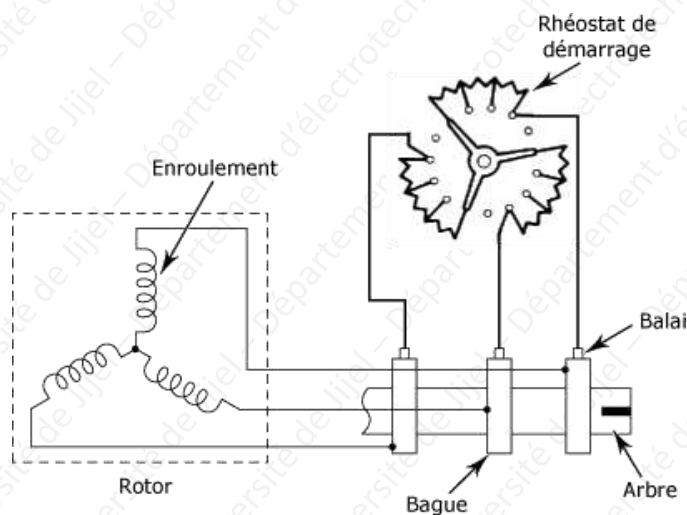
27

4.6.3 Action sur Le glissement : variation de la résistance rotorique



28

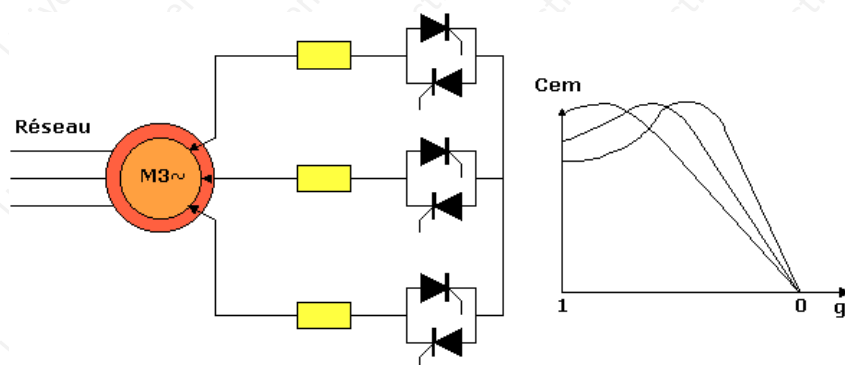
4.6.3 Action sur Le glissement : variation de la résistance rotorique



29

4.6.3 Action sur Le glissement : variation électronique de la résistance

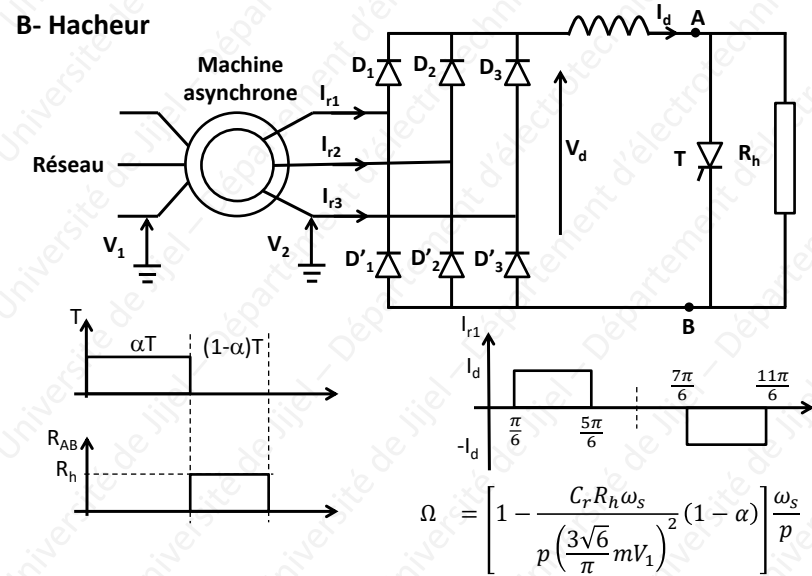
A- gradateur



30

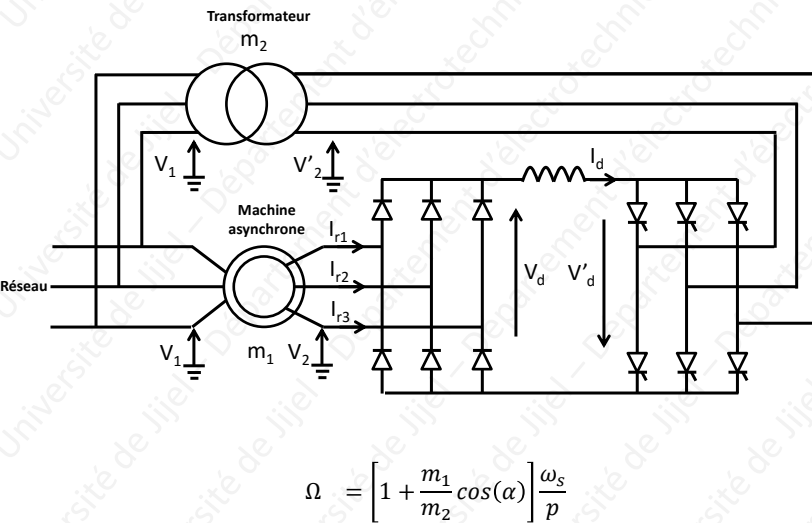
4.6.3 Action sur Le glissement : variation électronique de la résistance

B- Hacheur



31

4.6.3 Action sur le glissement : La cascade hyposynchrone



32

4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation

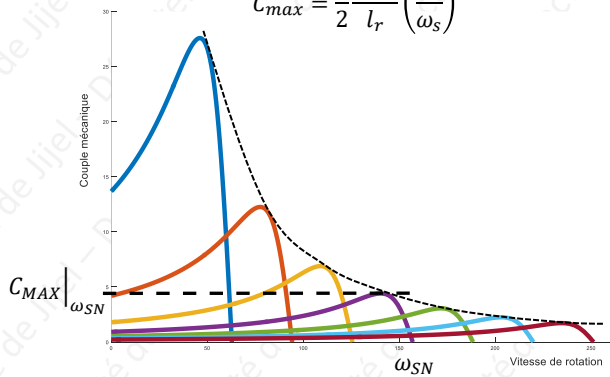
A l'heure actuelle seule la variation de fréquence reste la plus utilisée pour la variation de vitesse à cause des performances qu'elle procure.

- Vrai variation de vitesse
- Possibilité d'utilisation avec le moteur à cage
- Possibilité de dépassement de la vitesse de synchronisme

4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation

La vitesse de rotation est donnée par $\Omega = (1 - g) \frac{\omega_s}{p}$

Et le couple moteur maximal par $C_{max} = \frac{3 m^2 p}{2 l_r} \left(\frac{V}{\omega_s} \right)^2$



Si la tension d'alimentation reste constante, le couple aux faibles fréquence devient dangereux pour la machine (courant important) et pour la charge (accélération importante).

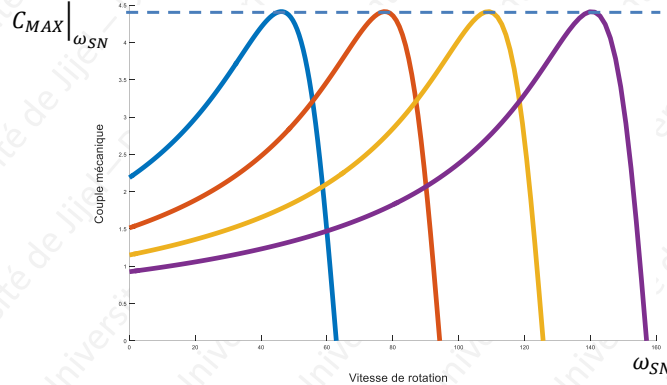
4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation

Pour des fréquences inférieures à la fréquence nominale de la machine, on maintient le rapport (V/ω_s) constant : c'est la **commande à V/f constant**.

On a alors :

$$\frac{V}{\omega_s} = \frac{V_N}{\omega_{SN}}$$

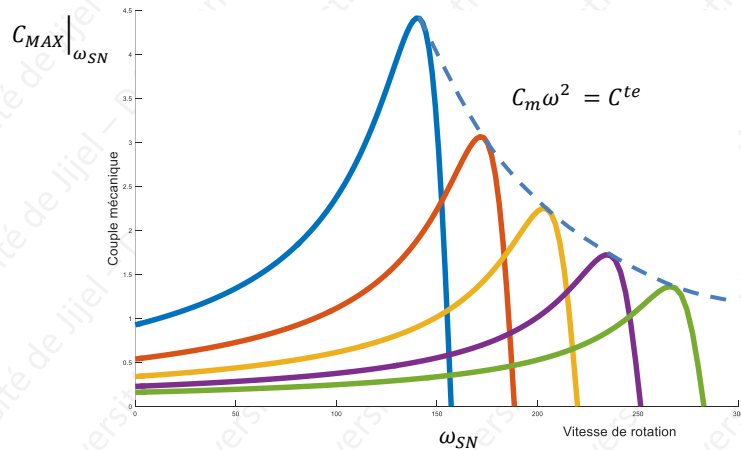
Le couple maximal est donc maintenu constant quelque soit la fréquence d'alimentation.



35

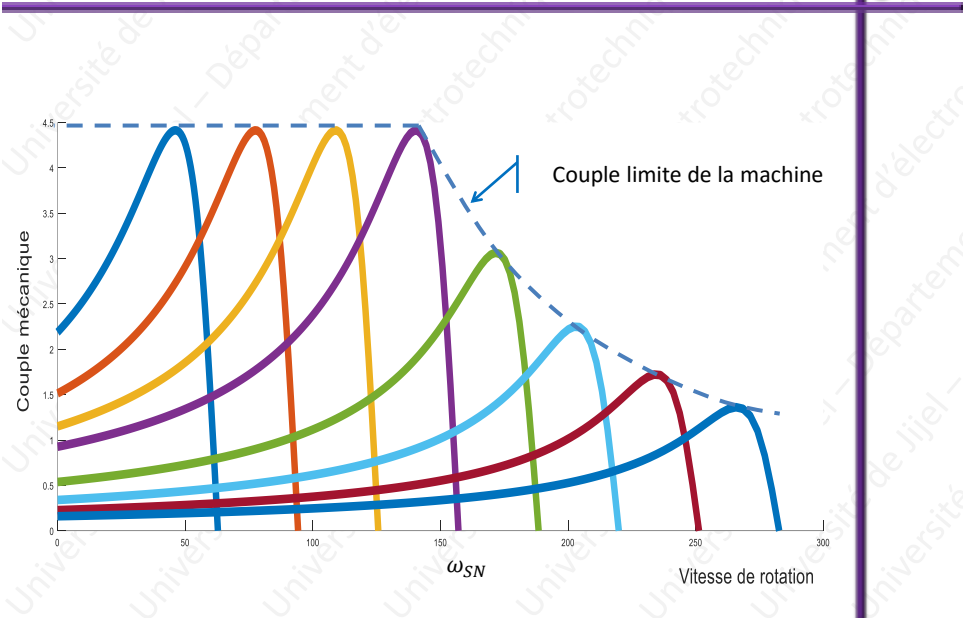
4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation

A la fréquence nominale de la machine, la tension d'alimentation devient égale à la tension nominale. Au-delà de cette fréquence, la tension ne peut plus être augmentée ; elle reste alors constante et le couple diminue



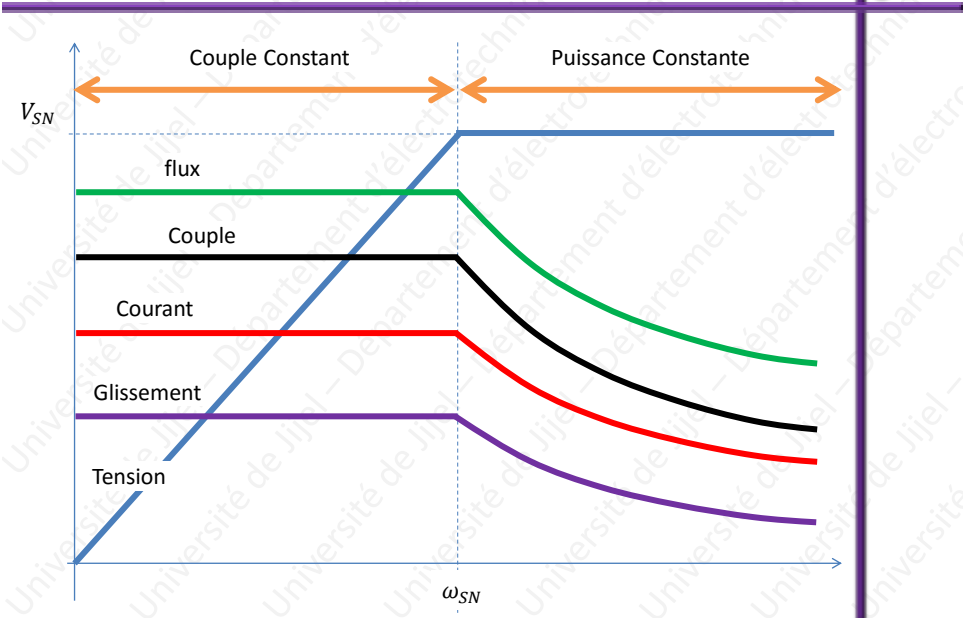
36

4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation



37

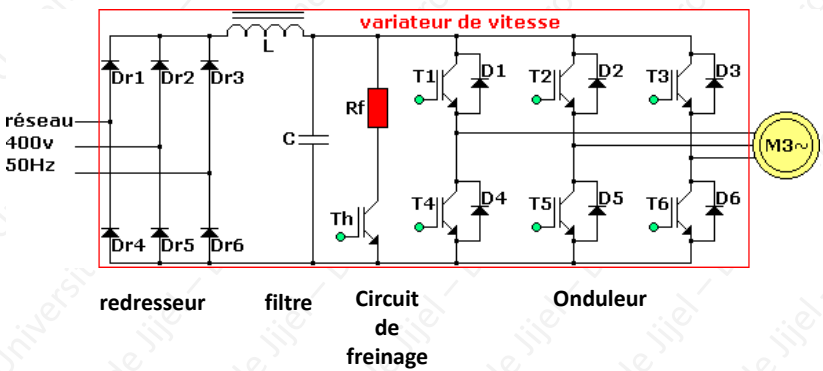
4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation



38

4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation

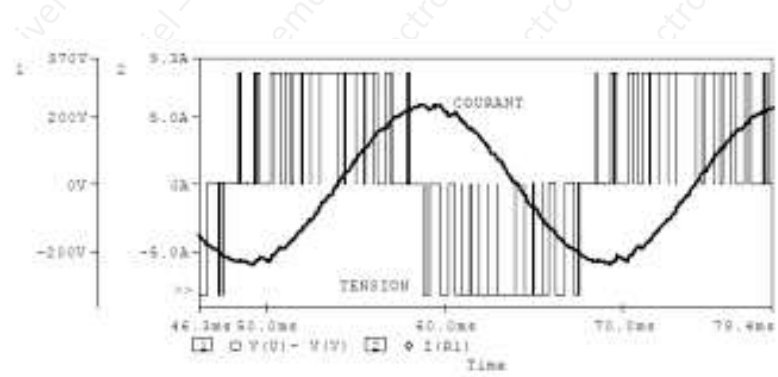
A- Variateur indirect de fréquence



39

4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation

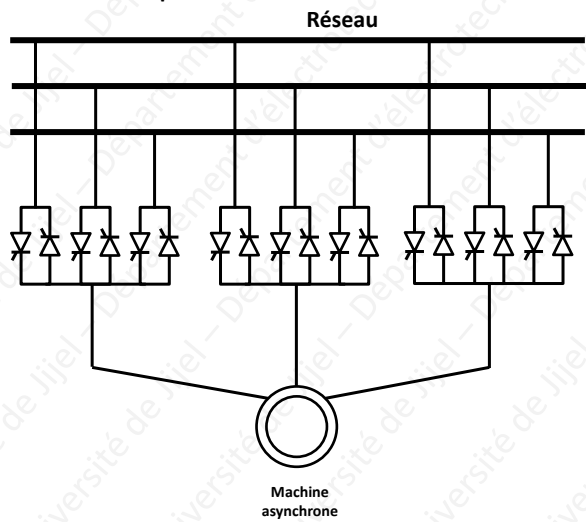
A- Variateur indirect de fréquence



40

4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation

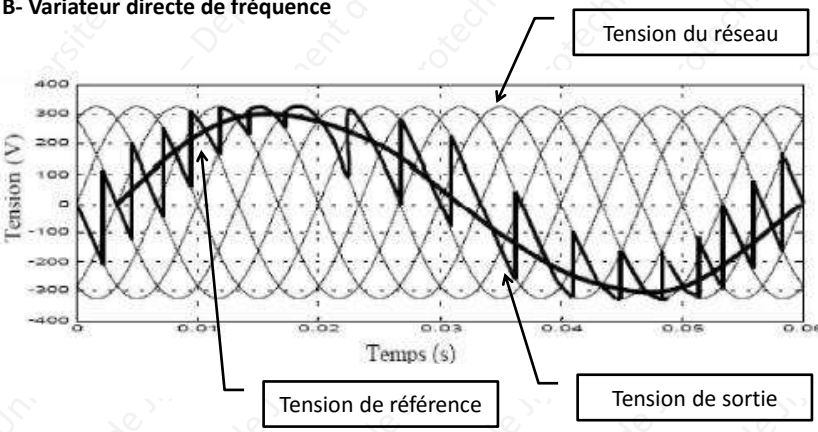
B- Variateur directe de fréquence



41

4.6.4 Action sur la fréquence d'alimentation

B- Variateur directe de fréquence



42