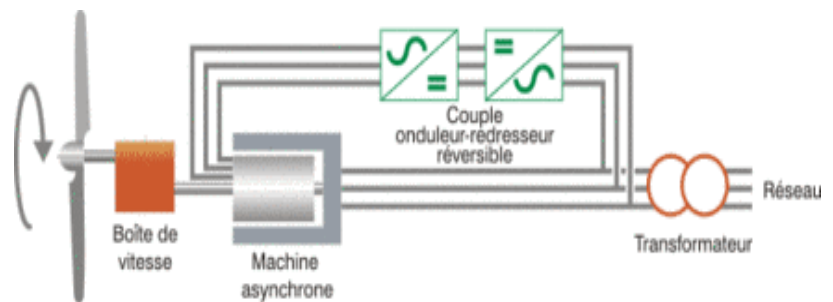


Conversion électromécanique

Machine Asynchrone



Eclaté d'une machine asynchrone classique



Organisation d'une machine asynchrone d'éolienne à rotor bobiné et fort glissement (soutirage rotorique)

1	INTRODUCTION, DOMAINES D'EMPLOI	2
2	CONSTITUTION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	2
2.1	VUE D'ENSEMBLE ECLATEE (LEROY SOMER)	2
2.2	STATOR ET ROTOR	3
2.3	PRINCIPE DU CHAMP TOURNANT POUR UNE MACHINE ALTERNATIVE TRIPHASEE	3
2.4	ENTRAINEMENT ASYNCHRONE DU ROTOR (MACHINE A INDUCTION)	4
3	RELATIONS DE BASES UTILES (USAGE DES NOTICES DE CONSTRUCTEURS)	4
3.1	VITESSE DE SYNCHRONISME	4
3.2	GLISSEMENT ET VITESSE ROTORIQUE	5
3.3	CARACTERISTIQUE MECANIQUE $T_u = f(N)$	5
3.4	INFLUENCE DE LA TENSION U ET DU RAPPORT TENSION / FREQUENCE (U/F) SUR LE COUPLE	6
3.5	LECTURE ET EXPLOITATION DES CARACTERISTIQUES FOURNIES PAR LES CONSTRUCTEURS $T_u = f(N)$	6
4	RACCORDEMENT AU RESEAU	6
4.1	PRINCIPE	6
4.2	PLAQUE A BORNES ET COUPLAGES	7
5	BILAN DE PUISSANCE	7
5.1	BILAN COMPLET	7
5.2	BILAN SIMPLIFIE	8
6	MODELISATION EN REGIME PERMANENT (SCHEMA SIMPLIFIE EN PI)	8
7	CONTROLE DU MOTEUR ASYNCHRONE	8
7.1	MOTEUR ALIMENTE A FREQUENCE FIXE	8
7.2	MOTEUR ALIMENTE A FREQUENCE VARIABLE ET RAPPORT $\frac{V_1}{f}$ CONSTANT	9
8	EXERCICES DE COMPREHENSION DU COURS	10
8.1	EXERCICE N°1 LECTURE ET EXPLOITATION D'UNE PLAQUE SIGNALÉTIQUE	10
8.2	EXERCICE N°2 EXPLOITATION D'UNE NOTICE CONSTRUCTEUR	10
8.3	EXERCICE N°3 : BILAN DES PUISSANCES D'UN MOTEUR ASYNCHRONE	11
8.4	EXERCICE N°4 : CARACTERISTIQUES D'UN MAS, POINT DE FONCTIONNEMENT EN CHARGE	12

1 INTRODUCTION, DOMAINES D'EMPLOI

La machine asynchrone est un convertisseur électromécanique qui, par sa simplicité de construction, sa robustesse, a conquis en un siècle tous les domaines des entraînements : à vitesse fixe, puis variable, et à contrôle de couple.

Plus de 80% de la puissance de motorisation électrique dans le monde correspond à l'usage de machines asynchrones

Les champs d'application sont nombreux, ils concernent aussi bien le domaine industriel (levage, convoyage, enroulage-déroulage, usinage, ventilation, pompage, les transports (trains, automobiles) que la génération d'énergie (éolienne).

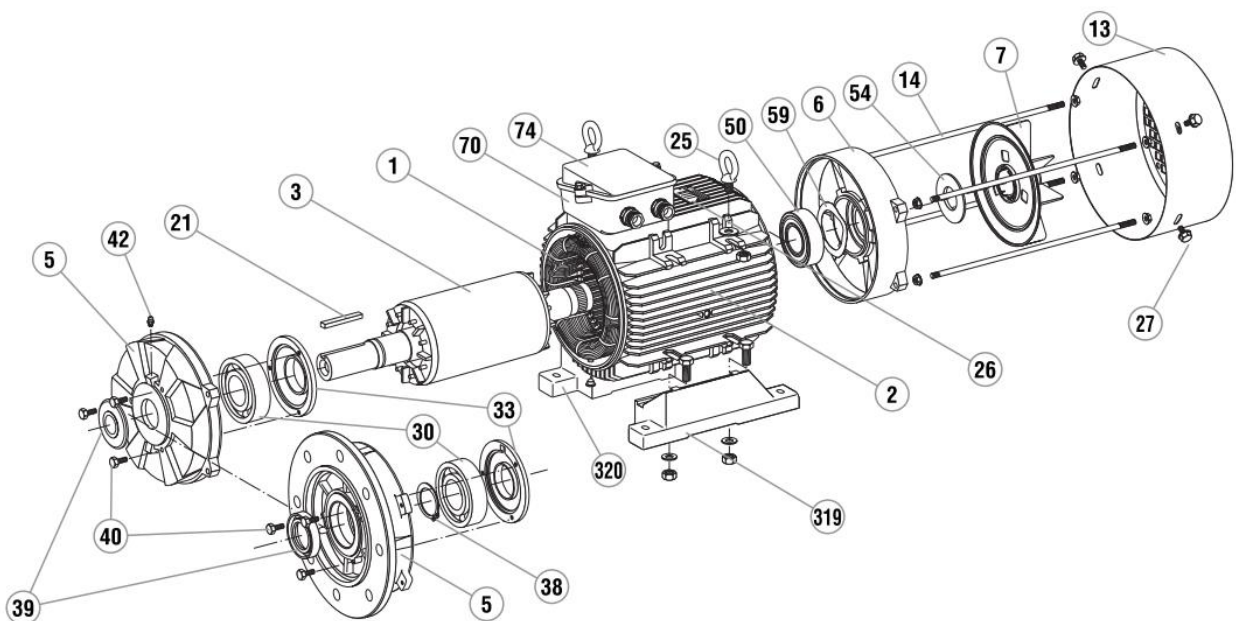


On retiendra les symboles suivants utilisés dans les schémas électriques d'ensemble, l'alimentation se fait au stator.

	<p>Seul le stator est alimenté, pas de liaisons électriques au rotor</p>		<p>On alimente le stator et le rotor bobiné peut être raccordé à des résistances variables (moteur) ou on récupère la puissance rotorique (générateur / éolienne)</p>
<p>Moteur asynchrone à cage</p>		<p>Moteur asynchrone à rotor bobiné</p>	

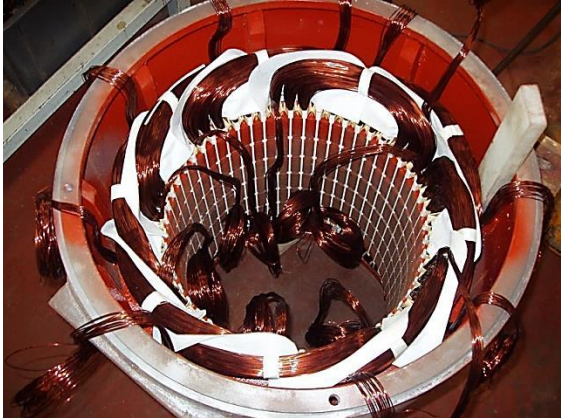
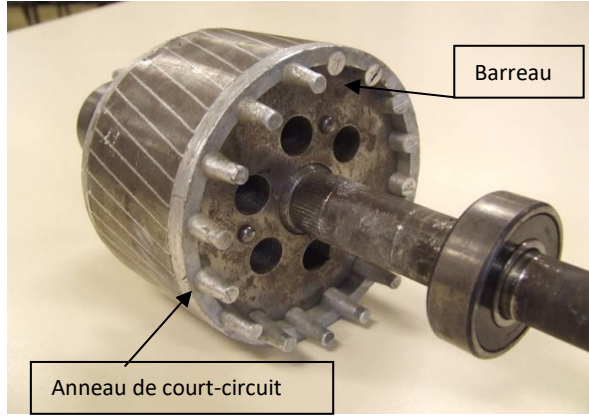
2 CONSTITUTION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

2.1 Vue d'ensemble éclatée (Leroy Somer)



1 Stator bobiné (3 enroulements)	26 Plaque signalétique
2 Carter avec ailettes de refroidissement	30 et 50 Roulements
3 Rotor à cage (barreaux coulés en alliage + empilage de tôles ferromagnétiques)	74 Boîte à bornes
7 Ventilateur entraîné par le rotor	

2.2 Stator et rotor

 <p>stator supportant le bobinage triphasé</p>	 <p>Barreau Anneau de court-circuit</p> <p>rotor à cage (siège de courants induits par le stator)</p>
---	---

2.3 Principe du champ tournant pour une machine alternative triphasée

Le principe de fonctionnement de la plupart des machines tournantes à courant alternatif s'appuie sur la création d'un champ magnétique tournant auquel est soumise une partie libre en rotation, le rotor.

Le stator ou inducteur est constitué de trois enroulements (bobines) parcourus par des courants alternatifs triphasés. Les 3 courants alternatifs équilibrés créent un champ magnétique tournant unique et constant (Théorème de FERRARIS).

Pour le moteur asynchrone ou synchrone, on peut expliquer le champ tournant statorique à l'aide de la figure ci-contre.

Les trois enroulements sont alimentés par les courants sinusoïdaux :

$$\begin{aligned}
 I_A(t) &= I_{max} \cos(\omega t) \\
 I_B(t) &= I_{max} \cos(\omega t - 2\pi/3) \\
 I_C(t) &= I_{max} \cos(\omega t - 4\pi/3)
 \end{aligned}$$

Ces courants créent à leur tour dans l'axe de chacune des bobines les inductions pulsantes :

$$\begin{aligned}
 B_A(t) &= B_{max} \cos(\omega t) \\
 B_B(t) &= B_{max} \cos(\omega t - 2\pi/3) \\
 B_C(t) &= B_{max} \cos(\omega t - 4\pi/3)
 \end{aligned}$$

Ces trois bobines étant décalées entre elles d'un angle de $2\pi/3$, pour un point P décalé d'un angle β de l'axe de la bobine A on obtient l'induction résultante :

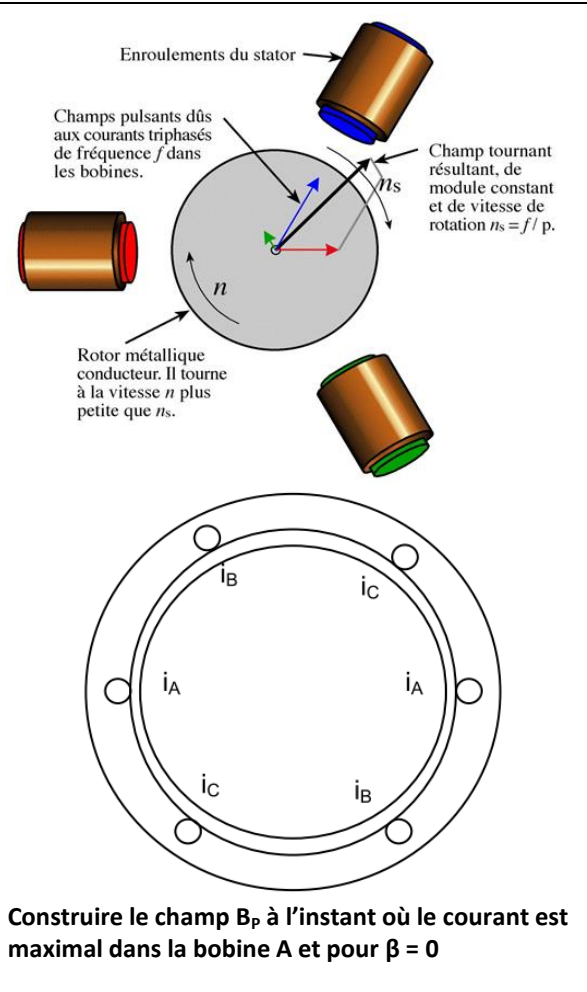
$$\begin{aligned}
 B_P(t) &= B_{max} [(\cos(\omega t) \cdot \cos\beta) \\
 &+ \cos(\omega t - 2\pi/3) \cdot \cos(\beta - 2\pi/3) \\
 &+ \cos(\omega t - 4\pi/3) \cdot \cos(\beta - 4\pi/3)]
 \end{aligned}$$

Soit après simplification : **(1) $B_P(t) = 3/2 \cdot B_{max} \cdot (\cos(\omega t - \beta))$**

Cette expression montre que :

- à un instant t donné, la répartition de l'induction est sinusoïdale le long de l'entrefer (variation de β de 0 à 2π).
- pour une position donnée β_1 , l'induction varie de façon sinusoïdale au fil du temps.
- si le point P tourne à vitesse ω constante, soit $\beta(t) = \omega t + \beta_0$, l'induction qu'il voit est constante.

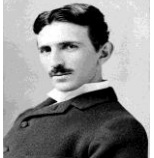
Animation : <https://www.youtube.com/watch?v=LtJoJBUSE28>



Théorème de FERRARIS.

Création du champ magnétique tournant

L'inventeur du moteur à induction NICOLAS TESLA (Wikipédia)

	<p>Considéré comme l'un des plus grands scientifiques dans l'histoire de la technologie, pour avoir déposé quelque 300 brevets couvrant au total 125 inventions (qui seront pour beaucoup d'entre elles attribuées à tort à Thomas Edison) et avoir décrit de nouvelles méthodes pour réaliser la « conversion de l'énergie », Tesla est reconnu comme l'un des ingénieurs les plus créatifs de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle. Quant à lui, il préférerait plutôt se définir comme un découvreur.</p>
---	--

2.4 Entraînement asynchrone du rotor (machine à induction)

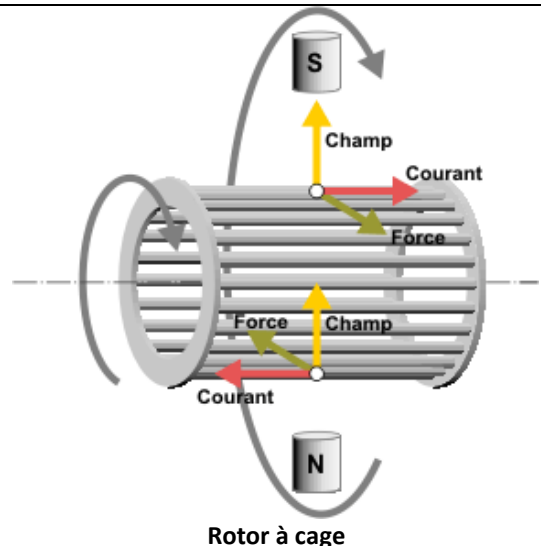
Le champ tournant produit par le stator balaye le rotor (figure ci-contre).

Le rotor ou induit est alors le siège de fem induites (loi de Faraday), puis de courants si les conducteurs du rotor sont en circuits fermés.

On distingue alors les 2 situations de fermeture des courants induits :

- Par une cage d'écurueil, constitués de barres court-circuitées aux extrémités par des anneaux et sans liaison vers l'extérieur (grande majorité des machines asynchrones),
- Par un bobinage relié à l'extérieur par 3 bagues tournantes, ce qui permet de modifier la caractéristique résistive du rotor donc le couple de la machine.

Il existe donc un champ rotorique B_r , induit par le champ statorique B_s . C'est l'interaction entre ces 2 champs qui est à l'origine du couple électromagnétique (Cem).

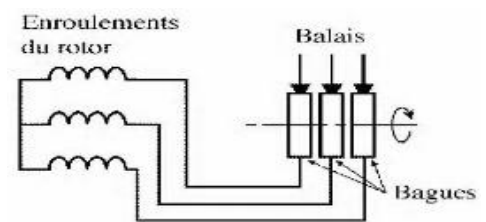


Rotor à cage

POINT CLE DE LA MACHINE ASYNCHRONE :

Seul un écart entre la vitesse du rotor ($N_{R/0}$) et la vitesse du champ magnétique statorique ($N_{S/0}$) permet la variation de flux et donc l'existence du couple.

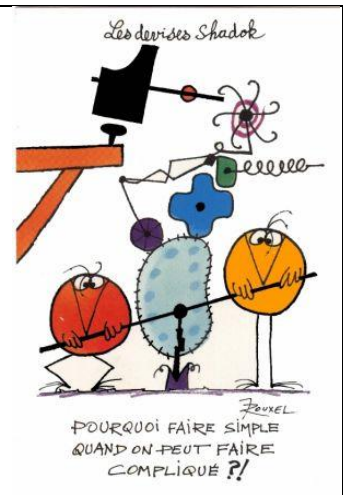
Une machine asynchrone fonctionne nécessairement avec un glissement pour produire un couple.



Rotor bobiné

En résumé :

- On applique un système de tensions triphasées équilibrées $\{V_1, V_2, V_3\}$ au stator,
- Ces tensions engendrent un système de courants triphasés équilibrés $\{i_1, i_2, i_3\}$ au stator,
- Ces courants engendrent un champ statorique B_s tournant à la vitesse de synchronisme Ω_s par rapport au stator,
- Ce champ tournant engendre des f.e.m. $\{E'_1, \dots\}$ dans les bobines rotoriques,
- Ces f.e.m. engendrent des courants $\{I'_1, \dots\}$ dans le rotor qui doit être électriquement fermé,
- Ces courants engendrent un champ tournant rotorique B_r à la vitesse Ω_s par rapport au stator,
- L'interaction des deux champs B_s et B_r produit le couple électromagnétique.



La machine la plus simple à fabriquer, a le principe le plus complexe à expliquer...

3 RELATIONS DE BASES UTILES (USAGE DES NOTICES DE CONSTRUCTEURS)

3.1 Vitesse de Synchronisme

La vitesse de synchronisme et celle du champ tournant au stator, elle ne se voit pas...

Vitesse de synchronisme ou du champ magnétique tournant	$n_{S/0}$ vitesse du champ tournant statorique en tr/s	Vitesse de synchronisme en $\text{tour} \cdot \text{min}^{-1}$
$n_{S/0} = \frac{f}{p}$	$\Omega_{S/0}$ vitesse du champ tournant statorique en rd/s	$N_{S/0} = \frac{60 \cdot f}{p}$
$\Omega_{S/0} = \frac{\omega}{p}$	p nombre de paires de pôle magnétiques	
	$N_{S/0}$ vitesse du champ tournant en tr/min	
	ω pulsation électrique de l'alimentation du stator en rd/s	

Exemples :

- Réseau 50 Hz : 2 pôles $N_{S/0} = 3000$ tr/min; 4 pôles $N_{S/0} = 1500$ tr/min... 12 pôles $N_{S/0} = 500$ tr /min...
- Réseau 60 Hz : 2 pôles $N_{S/0} = 3600$ tr/min; 4 pôles $N_{S/0} = 1800$ tr/min... 12 pôles $N_{S/0} = 600$ tr /min...
- Machine spéciale 4 pôles dimensionnée pour $f = 180$ Hz, $N_{S/0} = 5400$ tr/min

Autres exemples :

3.2 Glissement et vitesse rotorique

Le glissement g est un écart de vitesse relatif, il s'exprime souvent en %.

<p>Glissement $g = \frac{N_{S/0} - N_{R/0}}{N_{S/0}} = \frac{\Omega_{S/0} - \Omega_{R/0}}{\Omega_{S/0}}$</p> <p>Si $N_{R/0} > N_{S/0}$ glissement $g < 0$ machine en génératrice</p> <p>Vitesse du rotor : $n_{R/0} = n_{S/0}(1 - g)$</p>	<p>Le glissement est fondamental pour le fonctionnement d'une machine asynchrone, mais il est analogue au patinage d'un embrayage mécanique donc générateur de pertes élevées au rotor.</p> <p>C'est pourquoi une MAS doit avoir un glissement très faible lors de son régime établi.</p>
---	---

Exemple :

MAS 3~ 50Hz de caractéristiques nominales suivantes :

Vitesse de rotation : $N_n = 1455$ tr/min

Puissance utile mécanique : $P = 15$ kW

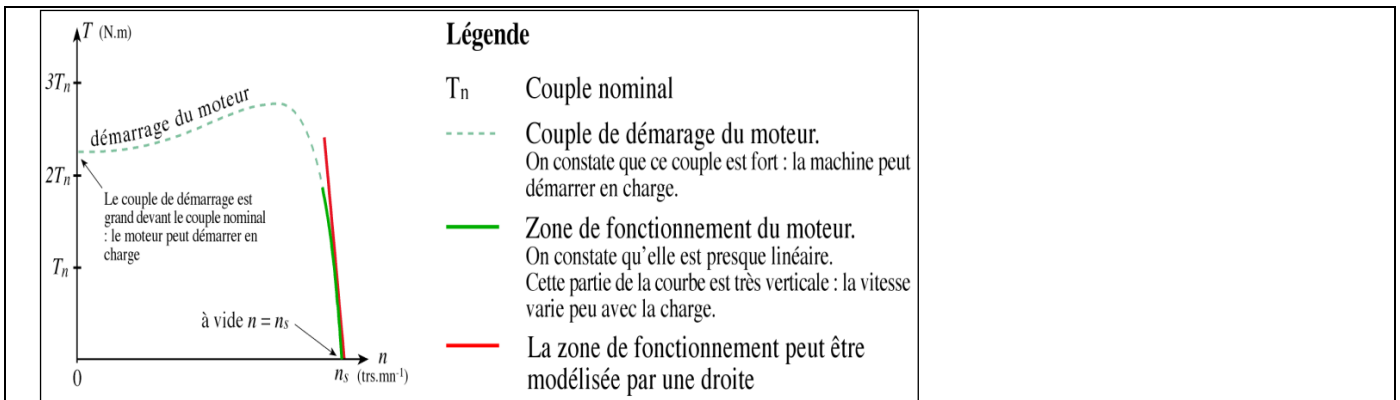
Nombre de paires de pôles :

Vitesse de synchronisme :

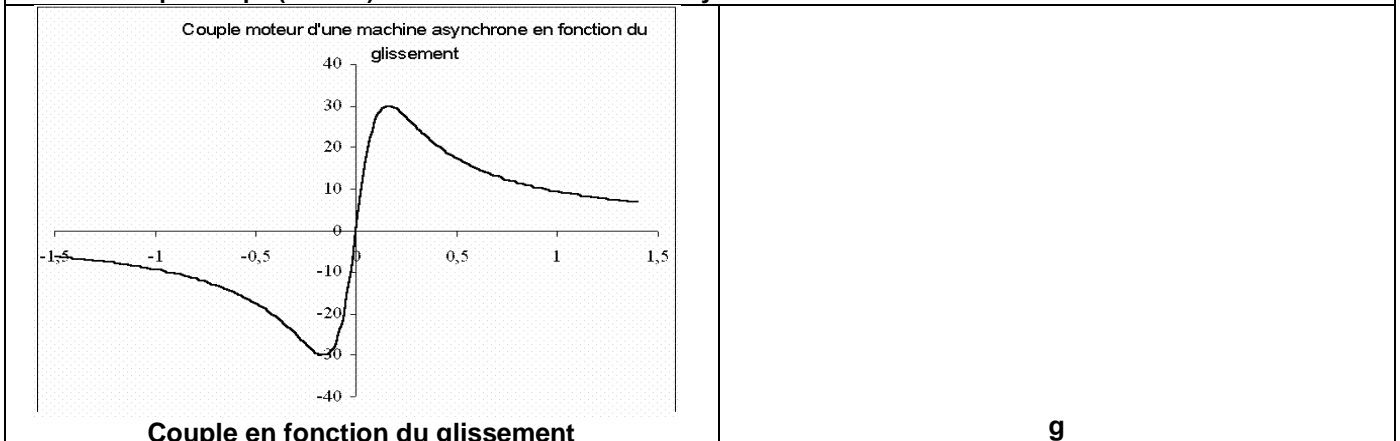
Glissement nominal :

Couple utile nominal :

3.3 Caractéristique mécanique $T_u = f(n)$



Caractéristique couple(vitesse) « naturelle » d'un moteur asynchrone



g

3.4 Influence de la tension U et du rapport tension / fréquence (U/f) sur le couple

A fréquence f constante : $T = K \cdot U^2$	En première approximation, que le couple T est proportionnel au carré de la tension d'alimentation si la fréquence f est constante.
A fréquence f variable $T = K \cdot (U/f)^2$	Dans un cas de fonctionnement à fréquence variable, le couple T est proportionnel au rapport U/ f au carré.
Caractéristiques couple (vitesse) avec f constant et U variable	Caractéristiques couple (vitesse) à rapport U/f constant

3.5 Lecture et exploitation des caractéristiques fournies par les constructeurs $T_u = f(n)$

Elle met en relation la vitesse du moteur (tr/min en général) avec son couple (Nm).

Extrait de tableau de caractéristiques d'un constructeur (Schneider electric)

Type	Puissance nominale	Vitesse nominale	Moment nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance			Rendement CEI 60034-2-1 2007			Courant démarrage/ Courant nominal	Moment démarrage/ Moment nominal	Moment maximum/ Moment nominal	Moment d'inertie	Masse	Bruit
	P_N	N_N	M_N	$I_{N(400V)}$	Cos φ			η			I_d / I_n	M_d / M_n	M_u / M_n	J	IM B3	LP
	kW	min ⁻¹	N.m	A	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4				kg.m ²	kg	db(A)
LS 56 M*	0.09	2860	0.3	0.44	0.55	0.45	0.40	54.0	45.2	37.1	5.0	5.3	5.4	0.00015	3.8	54
LS 56 M*	0.12	2820	0.4	0.5	0.60	0.55	0.45	58.7	54	45.2	4.6	4.0	4.1	0.00015	3.8	54

Les constructeurs indiquent en général (extrait de notice du constructeur Leroy Somer) :

- le couple nominal noté Cn, Tn ou Mn
- le rapport MD/Mn (MD couple au démarrage)
- le rapport MM/Mn (MM couple maxi).

Exploitation pour le modèle de puissance utile $P_N = 0,12kW$ et de couple $M_N = 0,4Nm$

- Au démarrage : $M_D =$
- Couple maximal : $M_M =$
- Courant de démarrage : $I_D =$

4 RACCORDEMENT AU RESEAU

4.1 Principe

Les constructeurs indiquent en général deux tensions sur la plaque signalétique du moteur.

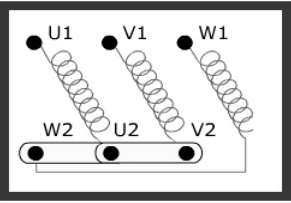
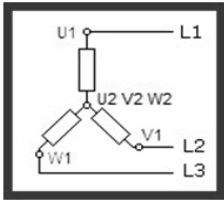
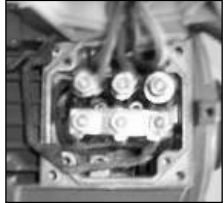
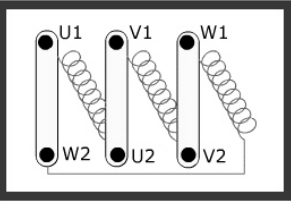
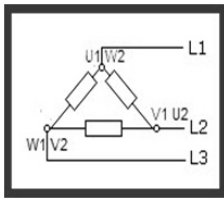

La tension la plus faible correspond à la tension d'emploi U_e de chaque bobinage.

Ici la tension la plus faible est de 230V et correspond à la tension nominale d'emploi U_e d'un enroulement, elle ne doit pas être dépassée sous peine de destruction de la machine asynchrone !

- Si le réseau d'alimentation triphasé à une tension composée U (entre fils de phases) de même valeur que U_e , on peut directement alimenter chaque bobinage sous cette tension. Le couplage qui en résulte est le **couplage triangle**. Ici couplage en triangle si la tension composée U (entre phases) est de 230 V.
- Si le réseau d'alimentation triphasé à une tension composée (entre fils de phases) égale à $U = V \cdot \sqrt{3} = U_e \cdot \sqrt{3}$ le couplage se fera en étoile. Ici couplage en étoile si la tension composée U du réseau (entre phases) est de 400 V.

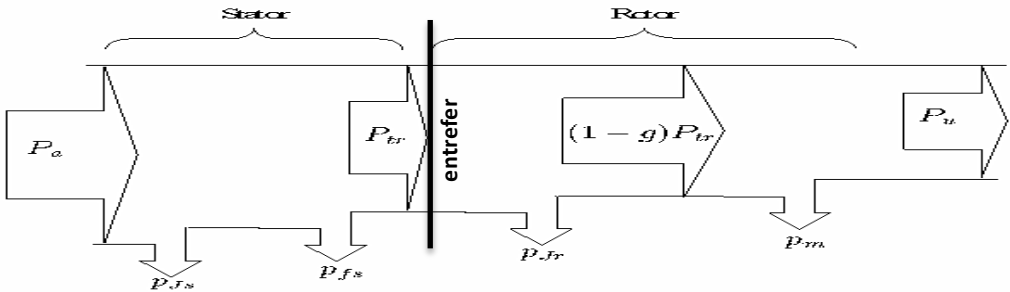
MCX 3 T
1440 tr/min cos φ=0.88
230 - 400 V ~ 50 Hz
830 W - 2.9 - 1.65 A

4.2 Plaque à bornes et couplages

			exemple
Couplage étoile			
			exemple
Couplage triangle			

5 BILAN DE PUISSANCE

5.1 Bilan complet

			<p>Conseil à suivre !</p> <p>Toujours représenter un bilan de puissance sous cette forme, en localisant les différentes parties de la machine, de la chaîne d'énergie...</p>
P_a	Puissance électrique absorbée	$P_a = \sqrt{3}UI \cos \varphi = 3VI \cos \varphi$	<ul style="list-style-type: none"> • <i>U tension composée et V tension simple</i> • <i>I courant en ligne</i>
P_{js}	Pertes par effet joule au stator	$p_{js} = 3.R_s I^2$	<i>Avec R_s résistance d'un bobinage du stator</i>
P_{fs}	Pertes fer au stator	Les pertes fer stator comprennent les pertes par courants de Foucault (circulation de courants induits dans la masse métallique du stator), et les pertes par hystérésis (basculement des grains magnétiques à chaque période de l'induction magnétique). Voir expression dans le modèle plus loin	
$P_{tr} = P_{em}$	Puissance transmise au rotor ou puissance électromagnétique	$P_{tr} = P_a - p_{js} - p_{fs}$	<i>C'est la puissance que reçoit le rotor.</i>
$C_{em} = \frac{P_{tr}}{\Omega_{S/0}}$	Moment du couple électromagnétique	L'action de l'ensemble des forces électromagnétiques se réduit à un couple électromagnétique résultant de moment C_{em} . Il est obtenu à partir de la puissance transmise au rotor P_{tr} et de la vitesse de synchronisme $\Omega_{S/0}$	
P_M	Puissance mécanique totale	Le couple électromagnétique C_{em} entraîne le rotor à la vitesse $\Omega_{R/0}$ et lui communique la puissance mécanique totale P_M . $P_M = C_{em} \cdot \Omega_{R/0} \text{ soit } P_M = C_{em} \cdot \Omega_{(S/0)}(1 - g) = P_{tr}(1 - g)$	
P_{fr}	Pertes fer au rotor	<i>Elles sont négligeables car la fréquence des courants du rotor est faible $f_r = g \cdot f$</i>	
P_{jr}	Pertes joules au rotor	$p_{jr} = g \cdot P_{tr}$ <i>La machine asynchrone est à rotor chaud</i> <i>Par opposition, la machine synchrone est à rotor froid.</i>	
P_c	Pertes collectives	$P_c = p_{fs} + p_m$ Ces pertes ne dépendent que de U, f et n. <ul style="list-style-type: none"> • <i>Si machine est raccordée au réseau, ces grandeurs sont constantes, ces pertes aussi.</i> • <i>Si la machine est associée à un variateur, elles seront variables.</i> 	

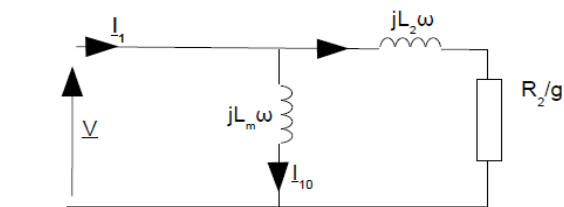
C_p	Couple de perte	Le couple de perte est constant quelle que soit la vitesse et la charge de la machine $C_p = \frac{P_c}{\Omega_{R/0}}$
P_u	Puissance mécanique utile	$P_u = P_M - p_m$; $C_u = \frac{P_u}{\Omega_{R/0}}$; $\eta = \frac{P_u}{P_a}$

5.2 Bilan simplifié

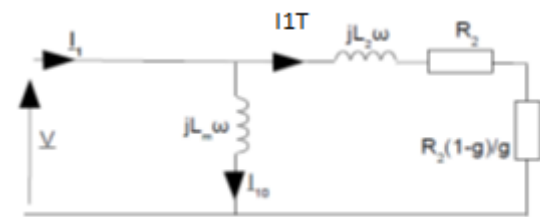
On ne retiendra que les pertes Joules rotor p_{jr} dans le modèle simplifié alors $P_u = P_{tr} \cdot (1 - g)$

Par conséquent, $C_u = C_{em}$ car $C_u = \frac{P_{tr}(1-g)}{\Omega_{(S/0)}(1-g)} = C_{em}$

6 MODELISATION EN REGIME PERMANENT SINUSOÏDAL (SCHEMA EN PI)



OU



$$jX_m = jL_m \cdot \omega$$

réactance de magnétisation, avec ω pulsation électrique, représente le flux magnétique d'entrefer à l'origine du couple

$$jX_2 = jL_2 \cdot \omega$$

réactance de fuite rotor, représente les fuites de flux au rotor

$$\frac{R_2}{g} = R_2 \cdot \left(\frac{g + 1 - g}{g} \right)$$

résistance fictive qui représente la puissance active transmise au rotor P_{tr}

$$R_2$$

résistance des pertes rotoriques qui représente les pertes joules rotor

$$\frac{R_2(1-g)}{g}$$

cette résistance représente la puissance mécanique transmise à la charge ; (résistance motionnelle)

Ce modèle est établi pour une phase, V est la tension simple (on imagine que la MAS est couplé en étoile).

Toutes les puissances seront exprimées avec un facteur 3, par exemple $P_u = C_u \cdot \Omega_{R/0} = 3 \cdot \frac{R_2(1-g)}{g} \cdot I_{1T}^2$

Il faut connaître le rôle de chaque élément du modèle et savoir exprimer les grandeurs mécaniques puissance et couple à partir des éléments V, L_m , L_2 , R_2 et g.

7 CONTROLE DU MOTEUR ASYNCHRONE

7.1 Moteur alimenté à fréquence fixe

Pour le modèle simplifié en pi, et à tension d'alimentation et fréquence fixées, le couple électromagnétique s'exprime par la relation :

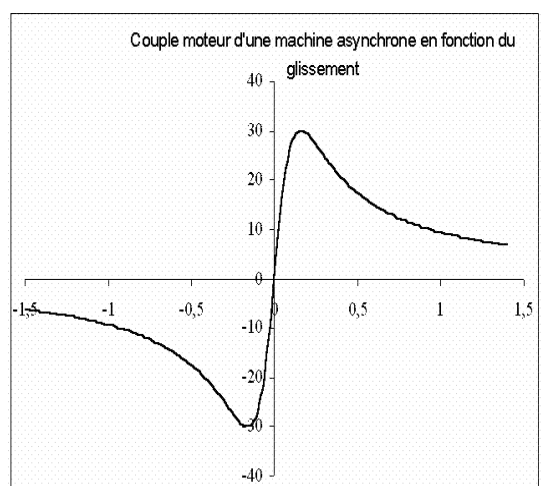
$$C_{em} = 3 \cdot \frac{P}{\omega} \cdot V_1^2 \cdot \frac{g \cdot R_2}{R_2^2 + (L_2 \cdot \omega \cdot g)^2}$$

(Vous devez savoir établir cette relation à partir du modèle)

Les caractéristiques rotoriques étant fixées, le couple est :

- Proportionnel au glissement pour le fonctionnement normal en régime établi à faible glissement.
- Inversement proportionnel au glissement à fort glissement.
- Maximum pour le glissement g_M

On remarque que le glissement peut prendre des valeurs négatives (fonctionnement générateur, exemple : éolienne).



Couple électromagnétique en fonction du glissement

A partir de l'expression : $C_{em} = 3 \cdot \frac{p}{\omega} \cdot V_1^2 \cdot \frac{g \cdot R_2}{R_2^2 + (L_2 \cdot \omega \cdot g)^2}$ on détermine g_M en dérivant cette expression par rapport au

glissement (dérivée partielle) et en recherchant son annulation.

On établit alors la valeur maximum du couple électromagnétique C_{emMAX}

$$C_{emMAX} = \frac{3}{2} \cdot \frac{p}{L_2} \cdot \left(\frac{V_1}{\omega}\right)^2 \quad \text{avec} \quad g_M = \frac{R_2}{L_2 \cdot \omega}$$

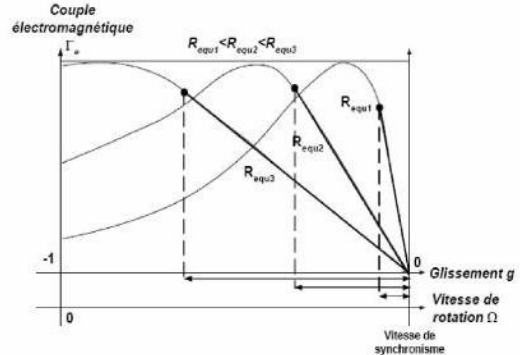
Vous devez savoir établir cette relation...

Effet de la variation de la résistance rotorique R_2 sur le couple électromagnétique.

La modification de R_2 permet de choisir la vitesse pour laquelle le couple est maximum.

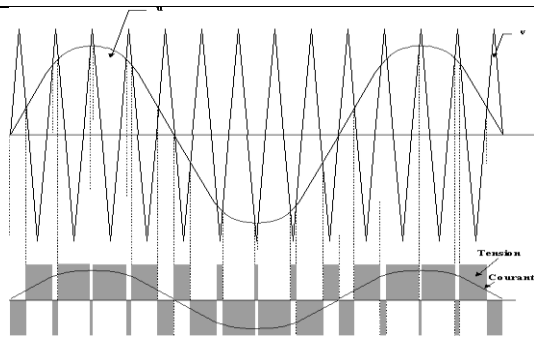
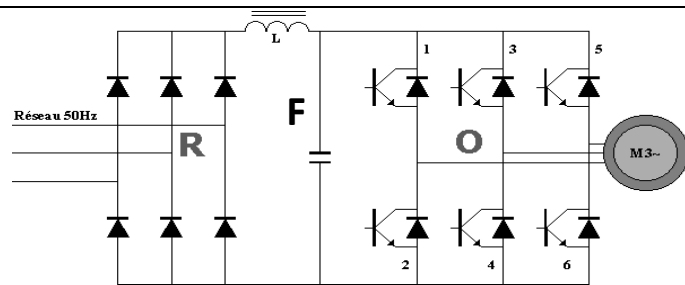
Cette propriété est exploitée par les MAS à rotor bobiné, dans les applications où un couple important est nécessaire à basse vitesse (concasseurs, levage), parallèlement à l'usage de convertisseurs électroniques avec des MAS à cage.

Les machines de certaines éoliennes de puissance ont un rotor bobiné. Le glissement peut être élevé mais une partie de la puissance produite, jusqu'à 40%, peut être « soutirée » du rotor.



7.2 Moteur alimenté à fréquence variable et rapport $\frac{V_1}{f}$ constant

Avec un convertisseur d'électronique de puissance, on peut fixer la vitesse et maintenir le couple du moteur asynchrone en agissant sur la fréquence et la valeur efficace des signaux (tensions statoriques) qui lui sont appliqués.



Convertisseur pour MAS triphasé :
R redresseur, F filtre, O onduleur autonome)

Onde tension MLI obtenue par modulation en basse fréquence (fm) du rapport cyclique d'une tension découpée à plus grande fréquence

On peut asservir la tension stator à la fréquence de telle sorte que le rapport V_1 / f reste constant.

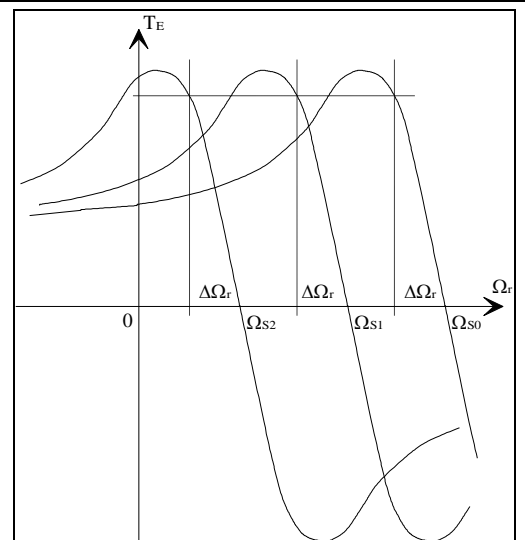
Avec : $g = \frac{\Omega_{S/0} - \Omega_{R/0}}{\Omega_{S/0}}$

De la relation $C_{em} = 3 \cdot \frac{p}{\omega} \cdot V_1^2 \cdot \frac{g \cdot R_2}{R_2^2 + (L_2 \cdot \omega \cdot g)^2}$

on tire $C_{em} = 3 \cdot p \cdot \left(\frac{V_1}{\omega}\right)^2 \cdot \frac{R_2 \cdot p \cdot (\Omega_{S/0} - \Omega_{R/0})}{R_2^2 + [L_2 \cdot p \cdot (\Omega_{S/0} - \Omega_{R/0})]^2}$

Avec cette stratégie, pour $\Omega_{S/0} - \Omega_{R/0}$ donné, le couple est maintenu constant par l'asservissement.

Une action sur la fréquence statorique a alors pour effet de modifier la valeur de $\Omega_{S/0}$ et de faire subir à la courbe de couple une simple translation dans le plan $(C_{em}, \Omega_{R/0})$.



8 EXERCICES DE COMPREHENSION DU COURS

8.1 Exercice N°1 Lecture et exploitation d'une plaque signalétique

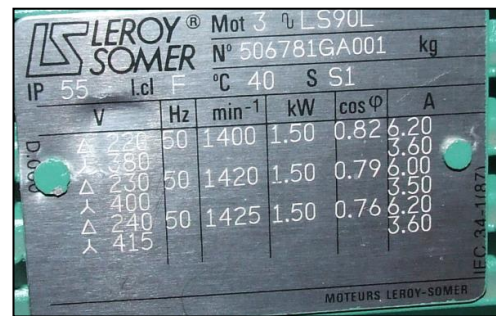
A partir de la plaque signalétique ci-contre :

1) Indiquer pour un réseau triphasé 400V entre phases :

- le couplage du moteur,
- le courant I absorbé au point nominal.

2) Déterminer par le calcul :

- le nombre de pôles du moteur,
- le glissement nominal du moteur,
- le rendement nominal du moteur,
- le couple nominal du moteur.



8.2 Exercice N°2 Exploitation d'une notice constructeur

IP 55 - 50 Hz - Classe F - ΔT 80 K - 230 V Δ / 400 V Y et 400 V Δ - S1 - Classe IE2

Type	Puissance nominale P_N kW	Vitesse nominale N_N min ⁻¹	Moment nominal M_N N.m	Intensité nominale $I_{N(400V)}$ A	Facteur de puissance			Rendement CEI 60034-2-1 2007			Courant démarrage/ Courant nominal I_d / I_n	Moment démarrage/ Moment nominal M_d / M_n	Moment maximum/ Moment nominal M_u / M_n	Moment d'inertie J kg.m ²	Masse kg	Bruit IMB3 LP db(A)
					Cos φ			η								
					4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4						
LS 56 M*	0.06	1380	0.4	0.29	0.76	0.69	0.62	41.8	37.1	29.7	2.8	2.4	2.5	0.00025	4	47
LS 56 M*	0.09	1400	0.6	0.39	0.60	0.52	0.42	55.2	49.6	42.8	3.2	2.8	2.8	0.00025	4	47
LS 63 M*	0.12	1380	0.8	0.44	0.70	0.58	0.47	56.1	53.9	46.8	3.2	2.4	2.3	0.00035	4.8	49
LS 63 M*	0.18	1390	1.2	0.64	0.65	0.55	0.44	61.6	58.0	51.3	3.7	2.6	2.6	0.00048	5	49
LS 71 M*	0.25	1425	1.7	0.80	0.65	0.55	0.44	69.4	66.8	59.8	4.6	2.7	2.9	0.00068	6.4	49
LS 71 M*	0.37	1420	2.5	1.06	0.70	0.59	0.47	72.1	71.7	66.4	4.9	2.4	2.8	0.00085	7.3	49
LS 71 L*	0.55	1400	3.8	1.62	0.70	0.62	0.49	70.4	70.0	65.1	4.8	2.3	2.5	0.0011	8.3	49
LS 80 L*	0.55	1410	3.7	1.42	0.76	0.68	0.55	73.2	69.1	62.1	4.5	2.0	2.3	0.0013	8.2	47
LSES 80 LG	0.75	1445	4.9	1.7	0.81	0.72	0.56	79.7	79.7	76.8	5.6	1.8	2.6	0.00261	11.7	47

Pour le moteur LSES 80 LG :

- 1) Relever la puissance utile et donner sa nature
- 2) Relever le rendement à pleine charge et déduire la puissance qu'il absorbe, faire la même chose pour le moteur à demi charge.
- 3) Déterminer par le calcul le courant nominal et le couple nominal, vérifier les données du tableau.
- 4) Déterminer le glissement du moteur.
- 5) Déterminer le courant de démarrage, le couple de démarrage puis le couple maximal.
- 6) Esquisser la courbe électromécanique $T = f(N)$ ci-contre en plaçant les 4 points connus
- 7) Renforcer la droite $T = f(N)$ valable pour les faibles glissements et donner les coordonnées de deux de ses points.
- 8) Déduire alors l'équation de cette droite sous la forme : $C = a.N + b$ avec N en tr.min^{-1}

8.3 Exercice N°3 : BILAN DES PUISSANCES D'UN MOTEUR ASYNCHRONE

Ses caractéristiques sont les suivantes :

Tension : 230/400 V, 50 Hz

Intensité : 50/ 28,6 A

Facteur de puissance : 0,85

Puissance : 15 kW

Vitesse de rotation : 1455 tr/min

Les pertes mécaniques du moteur sont négligées et le moment d'inertie du rotor seul est $J = 0,073 \text{ kg.m}^2$.

- 1.1) Déterminer le nombre de paires de pôles du stator et le glissement nominal.
- 1.2) Calculer la puissance absorbée au régime nominal et le rendement nominal.
- 1.3) Au régime nominal, calculer la puissance transmise au rotor , puis les pertes Joule rotor et les pertes statoriques.
- 1.4) Déterminer le couple utile nominal.
- 1.5) Le moteur démarre à vide avec un couple mécanique constant égal à 2 fois le couple nominal. Déterminer le temps mis par le moteur pour atteindre la vitesse de 1455 tr/min.

Réponses : $p = 2$; $P_{abs} = 16840 \text{ W}$; $P_{tr} = 15460 \text{ W}$; $P_{jr} = 460 \text{ W}$; $T_n = 98 \text{ Nm}...$

8.4 EXERCICE N°4 : Caractéristiques d'un MAS, point de fonctionnement en charge

Un moteur asynchrone triphasé est alimenté par un réseau 400/690V de fréquence 50Hz

Ses caractéristiques nominales sont : Puissance utile $P_u = 500 \text{ kW}$; Vitesse nominale $n = 2920 \text{ tr/min}$;

Tension nominale d'un enroulement $U = 400\text{V}$; Rendement nominal $\eta = 96\%$; Facteur de puissance nominal $\cos \varphi = 0,92$.

- 1) Indiquer et justifier le couplage du moteur au réseau
- 2) Déterminer la vitesse de synchronisme et le nombre de pôles de ce moteur.
- 3) Déterminer au point de fonctionnement nominal : Le glissement g en % ; la puissance absorbée électrique P_a ; Le courant en ligne I_n ; le couple utile T_u en Nm .
- 4) Le moteur entraîne une charge (pompe centrifuge) dont la caractéristique Couple (vitesse) a pour expression:

$$T_c = 400 + 1,14 \cdot 10^{-2} \cdot \Omega^2 \quad \Omega \text{ étant la vitesse exprimée en } rd/s$$

La caractéristique couple (vitesse) du moteur est supposée rectiligne dans sa partie utile.

- 4.1) Rappeler les deux points connus de la caractéristique couple (vitesse) du moteur, et déduire l'équation $T_m = f(\Omega)$ du moteur, avec Ω en rd/s
- 4.2) Déterminer alors le point de fonctionnement en vitesse et couple de l'ensemble moteur + charge.