

S0: Électrotechnique - Expérimentation scientifique et technique
 Dimensionnement
 S0-3: Machines électromagnétiques
 - Machines à courant alternatif :

Les capacités :

C1 -S'informer ●
 C2-Exécuter ○ C3-Justifier ● C4-Communiquer ●

Formation cours Fiche travail EXERCICE Evaluation expérimentation

Livre de technologie page : _____ Ressource(s) :

Livre de d'électrotechnique page :

Exigences: * Lois : Grandeurs caractéristiques : fréquence de rotation, glissement, intensité, déphasage, rendement.
 * Structure : Moteur asynchrone monophasé et triphasé.



ESPACE scolaire
CONDORCET

Ter EEEC

BAC PROFESSIONNEL

Nom : _____ Prénom : _____ Crédit temps : _____ Groupe : _____

De conception simple et robuste, le moteur asynchrone, associé souvent à un variateur de vitesse, est le convertisseur tournant le plus répandu.

1°) Fonction du moteur asynchrone

Le moteur asynchrone est un convertisseur d'énergie



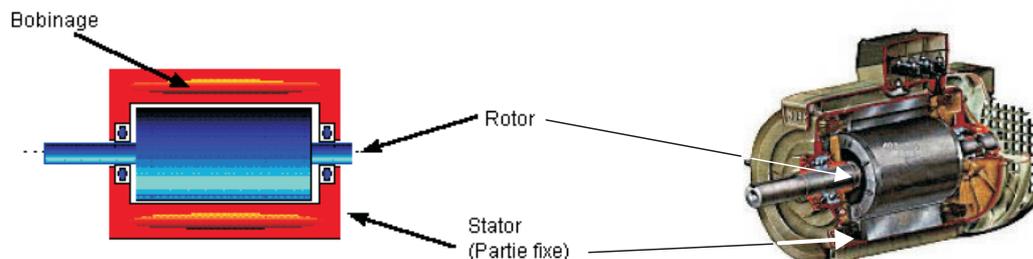
2°) Constitution du moteur asynchrone

Le moteur asynchrone à rotor en court-circuit est aussi appelé moteur à cage (cage d'écureuil).

Comme toute machine tournante, il est constitué :

– d'une partie fixe, le stator, dont les enroulements, logés dans les encoches du circuit magnétique et alimentés en courant triphasé, vont être à l'origine du champ magnétique tournant. Il est l'inducteur de la machine ;

– d'une partie libre en rotation, le rotor, qui fournit le couple moteur. Il est l'induit de la machine.



3°) Fréquence de rotation et vitesse angulaire du champ tournant (ou de synchronisme)

3.1°) Fréquence de rotation de synchronisme

Elle dépend de la fréquence de la tension d'alimentation et du nombre de paires de pôles bobinés dans le stator :

f : en hertz (Hz)
 p : nombre de paires de pôles
 ns : en tours par seconde (s⁻¹).

$$n_s = \frac{f}{p}$$

3.2°) Vitesse angulaire de synchronisme

Exprimée en radians par seconde, elle est égale à :

$$\Omega = 2\pi \times n_s$$

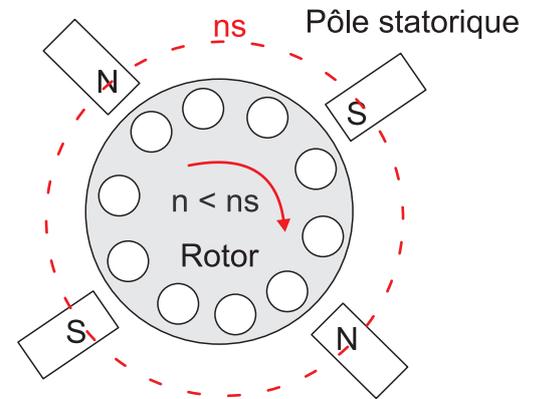
4°) Fréquence de rotation et vitesse angulaire du rotor

4.1°) Phénomène de glissement

Des courants induits, engendrés par le champ statorique variable et tournant, circulent dans les conducteurs du rotor. Un couple électromagnétique est créé, entraînant le rotor en rotation. Ce dernier va tendre à s'opposer à la rotation du champ en essayant de le rattraper sans jamais y parvenir.

Le rotor « glisse » par rapport au champ ; le mouvement est asynchrone :

$n < n_s$ ou $W < W_s$.



4.2°) Fréquence de rotation et vitesse angulaire de glissement

C'est l'écart qui sépare les deux fréquences ou vitesses :

Fréquence de rotation de glissement n_g (s ⁻¹ ou min ⁻¹)	Vitesse angulaire de glissement Ω_g (rad.s ⁻¹)
$N_g = n_s - n$	$\Omega_g = \Omega_s - \Omega$

4.3°) Glissement symbolisé par g

C'est le quotient de la fréquence de rotation de glissement n_g sur la fréquence de rotation du champ tournant n_s (fréquence de synchronisme).

Le calcul peut aussi s'effectuer à partir des vitesses angulaires.

$$g = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega}$$

Le glissement est un nombre abstrait (sans unité). Il est généralement exprimé en pourcentage. Ses valeurs limites sont :

$n = 0 \Rightarrow g = 1$: valeur correspondant à la mise sous tension (démarrage) ;

$n = n_s \Rightarrow g = 0$: valeur théorique et impossible, en réalité $g < 1$.

Le moteur asynchrone triphasé, comme tout moteur, doit fournir un couple de moment suffisant pour vaincre le moment du couple résistant et le moment du couple d'inertie du système entraîné en rotation.

5°) Moment du couple mécanique et vitesse du moteur

Le moment du couple est proportionnel à la puissance P et inversement proportionnel à la vitesse angulaire Ω du moteur :

Tu en newtons-mètres (Nm)

Pu en watts (W)

Ω en radians par seconde (rad.s⁻¹).

$$Tu = \frac{Pu}{\Omega}$$

Tableau de mesures

Le tableau de mesures d'une expérimentation réalisée est rappelé ici :

Compléter le tableau en vous aidant de la plaque signalétique.

MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ					
IP 44		I . cl . F		105 K S1	
V	Hz	min ⁻¹	kW	cos φ	A
△ 230	50	1440	1,2	0,77	5
Y 400					2,9

Tableau 1

Mesurage				Calcul			
I (A)	Pa (W)	N (min ⁻¹)	Tu (Nm)	cos φ	Pu (W)	,η (%)	,g (%)
1.63	120	1498	0				
1.79	465	1489	1.4				
2.12	888	1475	4				
2.48	1220	1464	6				
2.88	1540	1452	7.8				
3.66	2110	1428	11				

Constatations

– Facteur de puissance

Médiocre à vide, le facteur de puissance atteint une valeur acceptable en pleine charge. Compte tenu de l'importance de ce facteur sur la facturation de l'énergie électrique, la puissance du moteur devra toujours être en adéquation avec la puissance demandée.

– Couple utile

La fréquence de rotation variant peu, le moment du couple utile est sensiblement proportionnel à la puissance mécanique utile développée sur l'arbre.

– Rendement

Il croît au fur et à mesure que la charge augmente. Sa valeur maximale est atteinte au voisinage du point nominal .

6°) Existence du couple moteur

Les pôles induits à la périphérie du rotor par le champ tournant statorique, tournent à la même fréquence de rotation de synchronisme. Le rotor, lui, tourne à une vitesse inférieure, du fait du glissement.

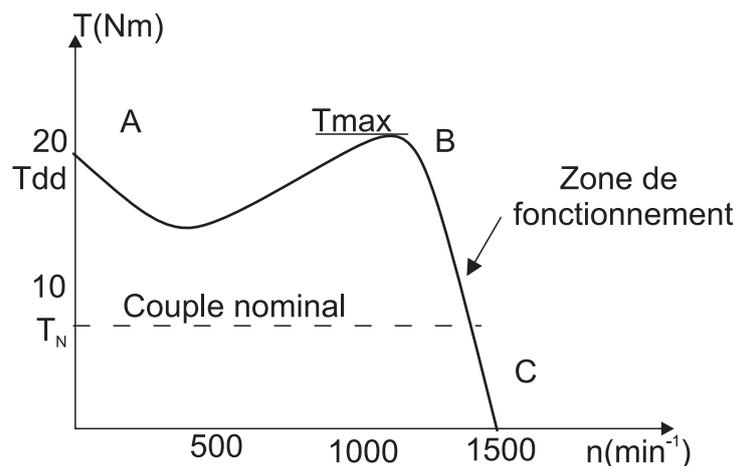
C'est l'interaction {pôles statoriques-pôles rotoriques} qui est à l'origine du couple électromagnétique T_{em} , et donc du couple utile :

$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega_s}$$

Caractéristique mécanique $T_u = f(n)$ ou $T_u = f(g)$
 Relevée à tension d'alimentation et fréquence constantes, l'allure générale de la caractéristique est commune à tous les moteurs asynchrones

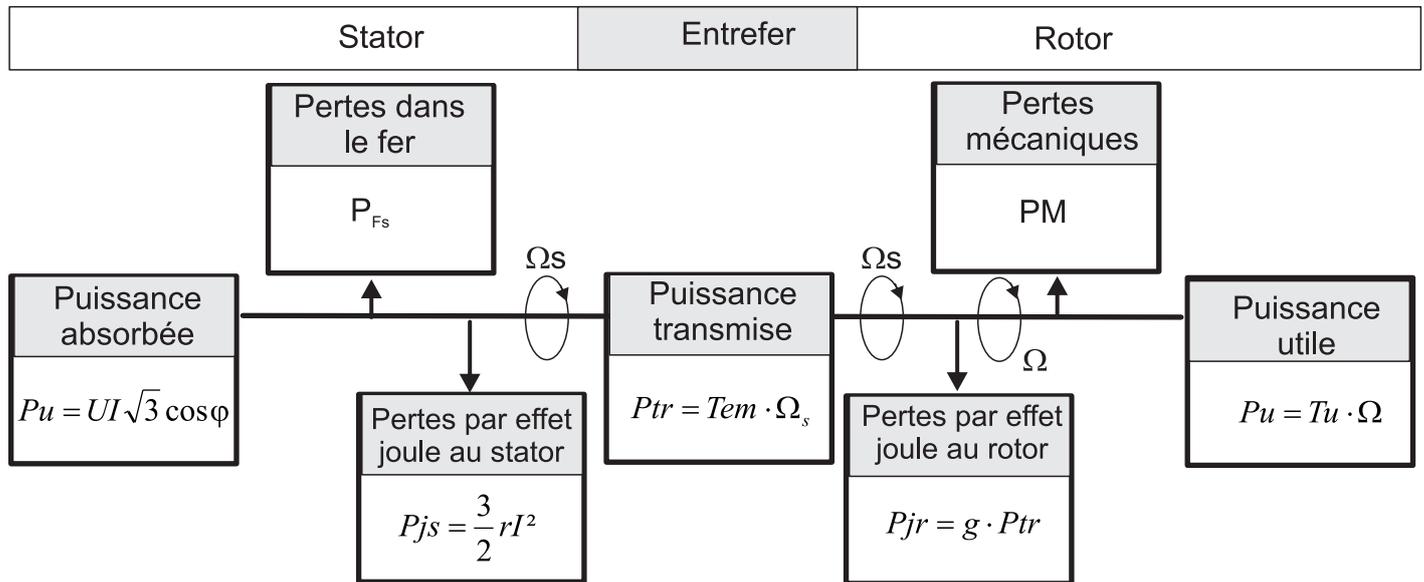
Examinons les points particuliers de cette caractéristique :

- le moment du couple au démarrage direct T_{dd} est supérieur au moment du couple nominal T_N ;
- au cours de la période de démarrage correspondant à la partie AB de la caractéristique, le moment du couple passe par une valeur maximale T_{max} ;
- la partie BC, pratiquement linéaire, correspond à un fonctionnement stable du moteur.



Tracer la caractéristique $T_u = f(n)$ relevés dans le tableau 1 sur une feuille et placer les différents points de fonctionnement

7°) Bilan des puissances



7.1°) Stator

- Puissance absorbée Pa

Les trois enroulements ou phases du stator, rigoureusement identiques et réparties régulièrement dans les encoches du circuit magnétique, forment un système équilibré dont la puissance absorbée est donnée par la formule :

$$P = UI\sqrt{3} \cos\varphi$$

- Puissance perdue dans le fer PF

Elle est due aux phénomènes d'hystérésis et aux courants de Foucault. Indépendantes de la charge du moteur, les pertes dans le fer varient avec la fréquence de la tension d'alimentation.

- Puissance perdue par effet Joule PJS

La puissance perdue par effet Joule est fonction de la résistance des enroulements statoriques et de l'intensité du courant absorbé

Résistance	Intensité	Formule
Mesurage de la résistance Entre bornes, machine couplée en étoile ou en Triangle : r	- dans un fil de ligne : l	$P_{js} = \frac{3}{2} rI^2$
Mesurage de la résistance d'un enroulement ;R	- dans un enroulement I en étoile ou J en triangle	$P_{js} = 3RI^2$ $P_{js} = 3RJ^2$

7.2°) Puissance transmise au rotor

La puissance transmise au rotor est égale à la puissance absorbée diminuée des pertes statoriques :
 $P_{tr} = P_a - (P_{FS} + P_{JS})$.

Elle est aussi égale au produit du moment du couple électromagnétique par la vitesse angulaire de synchronisme : $P_{tr} = T_{em} \Omega_S$.

7.2°) Rotor

- Puissance perdue par effet Joule

La puissance transmise au rotor s'accompagne d'une perte de vitesse due au glissement. Le moment du couple électromagnétique restant inchangé, la diminution de puissance du rotor correspond aux pertes par effet Joule : $P_{JR} = T_{em} \omega_s - T_{em} \omega = T_{em} (\omega_s - \omega)$.

En multipliant cette expression par le rapport $1 - g$ on obtient une formule en fonction du ω_s glissement et de la puissance transmise : $P_{JR} = g P_{tr}$.

- Puissance mécanique perdue P_M

La puissance mécanique perdue a pour origine les frottements mécaniques et la ventilation du moteur. Ces pertes, dépendantes de la fréquence de rotation, entraînent une diminution du couple moteur.

Remarque :

L'ensemble des pertes fer statoriques et mécaniques, appelé également pertes collectives P_c , est donné par la mesure de la puissance absorbée à vide P_v de laquelle on retranche les pertes par effet Joule statoriques : $P_c = P_{FS} + P_M = P_v - P_{JSv}$.

- Puissance utile P_u

La puissance utile correspond à la puissance mécanique disponible sur l'arbre du moteur et s'exprime en fonction du moment du couple utile et de la vitesse angulaire du rotor :

T_u en Nm
 Ω en rad.s^{-1}
 P_u en W.

$$T_u = P_u \times \Omega$$

8°) Rendement.

Par définition, il est égal au rapport de la puissance utile sur la puissance absorbée

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_a - \sum \text{pertes}}{P_a}$$