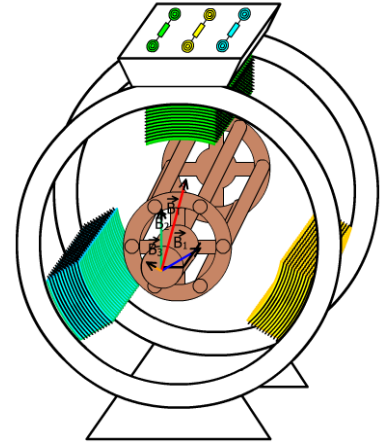


# Chap. 8 : Le moteur asynchrone

## I.Principe

Le stator est formé de 3 bobines dont les axes font entre eux un angle de \_\_\_\_\_. Il est alimenté par un réseau triphasé équilibré, qui crée dans l'entrefer un \_\_\_\_\_ ( radial ) à la vitesse de \_\_\_\_\_.

Le rotor traversé par les seuls courants de \_\_\_\_\_ (créé par le champ tournant) tourne alors à la vitesse \_\_\_\_\_.



## II.Description

### 2.1. Stator ou inducteur

Il est analogue à celui d'une machine synchrone. Le stator constitue \_\_\_\_\_ du moteur et à pour rôle de créer un \_\_\_\_\_ dans l'entrefer de la machine.

Alimenté par un réseau triphasé équilibré, les enroulements, génèrent dans l'entrefer du moteur un champ tournant dont la vitesse de rotation \_\_\_\_\_ (vitesse de synchronisme) est fonction de la \_\_\_\_\_ du réseau et du nombre de \_\_\_\_\_ du stator:

---



---



---

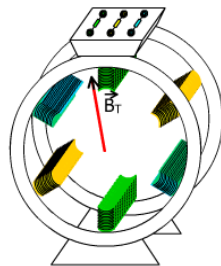


---

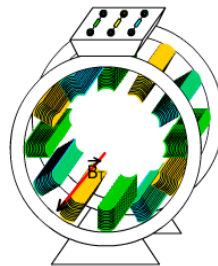


---

Soit encore



stator à 1 paire de pôle



stator à 2 paires de pôles

Donc pour une fréquence du reseau de 50Hz, on aura comme vitesse de synchronisme

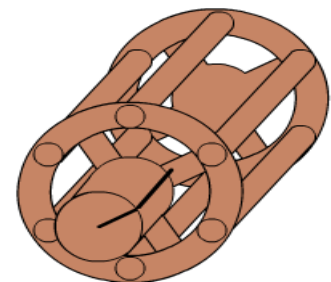
Nombre de pôles	Nombre de paires de pôles	Vitesse de synchronisme en tr/min	Vitesse de synchronisme en tr/s
2			
4			
6			
8			
10			
....			

### 2.2.Rotor ou induit

Il existe 2 types de rotor :

#### 2.2.1 Rotor en cage d'écureuil

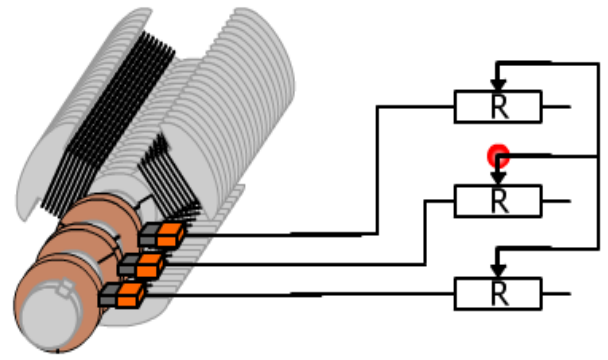
Des barres en cuivre (ou en aluminium) logées dans les encoches d'un cylindre ferromagnétique sont mises en court-circuit par deux anneaux en cuivre.



2.2.2. Rotor bobiné

Trois enroulements sont logés dans les encoches d'un cylindre ferromagnétique feuilleté constituant le rotor. Celui-ci présente le même nombre de pôles que le stator. Ces enroulements rotoriques sont reliés à trois bornes par l'intermédiaire de bagues, solidaires du rotor, et de balais frottant sur ces bagues.

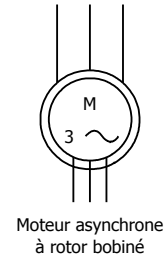
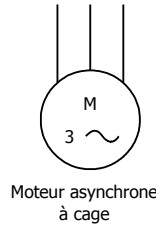
Le rotor bobiné doit être fermé sur lui-même directement (mis en court-circuit) ou par l'intermédiaire de résistances.



Le moteur asynchrone à cage d'écureuil est évidemment plus simple à réaliser. Il est plus \_\_\_\_\_ (pas de contacts glissants). Il présente aussi l'avantage d'être beaucoup moins \_\_\_\_\_ que celui-ci. Le développement de l'électronique de puissance a permis d'étendre le domaine d'application des moteurs à cage d'écureuil au détriment des moteurs à rotor bobiné (et des moteurs à courant continu).

III. Symboles normalisés

Deux symboles sont utilisés suivant que le moteur est à cage d'écureuil ou à rotor bobiné.



IV. Glissement

Définition : Le champ magnétique tournant à la \_\_\_\_\_ (ou à la vitesse angulaire \_\_\_\_\_) et le rotor à \_\_\_\_\_ ( ou \_\_\_\_\_ ), on définit le \_\_\_\_\_ par la relation :

Application 1 : : Calculer le glissement d'un moteur asynchrone tétrapolaire alimenté par un réseau 50Hz et qui tourne à 1420tr/min.

### V. Etude expérimentale

#### 5.1. Plaque signalétique

La plaque signalétique d'un moteur asynchrone porte les indications suivantes :

230/400V ; 50Hz ; 1,75A/1A ; 1440tr/min ; 0,30kW ;  $\cos\phi=0,66$

Les indications correspondent aux \_\_\_\_\_ (là ou le rendement du moteur est \_\_\_\_\_).

La plaque signalétique du moteur asynchrone indique donc :

- \_\_\_\_\_.
- \_\_\_\_\_.
- \_\_\_\_\_.
- \_\_\_\_\_.
- \_\_\_\_\_.
- \_\_\_\_\_.

*Application 2* : : A partir de la plaque signalétique ci-dessus, Calculer :

- le nombre de pôle du moteur asynchrone.

- la puissance absorbée par le moteur asynchrone.

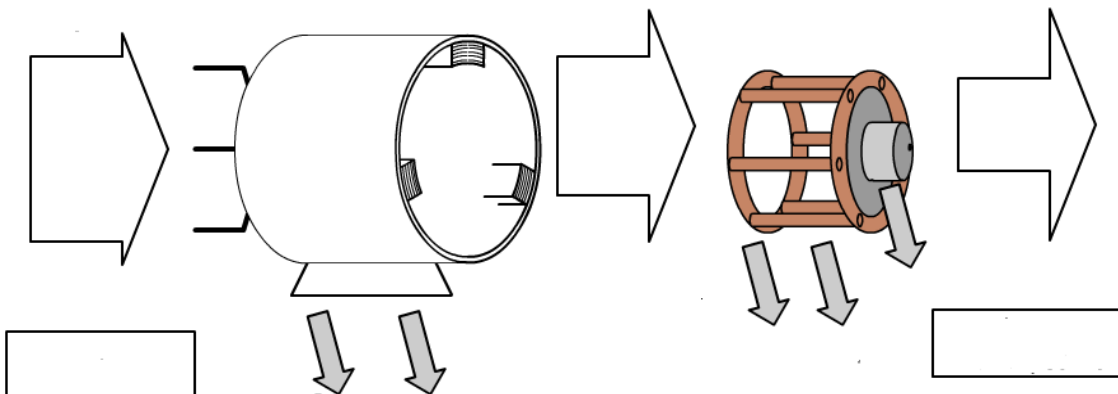
#### 5.2. Couplage des enroulements

Les indications 230V/400V signifie :

- qu'il peut être alimenté par un réseau 230V entre phases si les enroulements du moteur asynchrone sont couplés \_\_\_\_\_.
- ou par un réseau 400V si les enroulements sont couplés en \_\_\_\_\_.

*Remarque* : Les \_\_\_\_\_ (ici \_\_\_\_\_ et \_\_\_\_\_) sont les valeurs nominales aux bornes d'un enroulement.

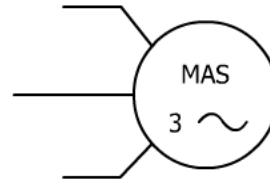
### VII. Bilan de puissance du moteur asynchrone



6.1. Puissance absorbée

La puissance absorbée est mesurée par la méthode \_\_\_\_\_

- 1 —
- 2 —
- 3 —



On a \_\_\_\_\_

6.2. Pertes au stator

Elles sont de deux types :

6.2.1. Pertes fer au stator :  $p_{fer_s}$

Elles dépendent de la \_\_\_\_\_ aux bornes d'un enroulement et de la \_\_\_\_\_ du réseau.

On considère qu'elles sont constantes :  $p_{fer_s} = \text{constante}$

6.2.2. Pertes par effet Joule au stator :  $p_{J_s}$

Couplage étoile : \_\_\_\_\_ avec  $r$  la résistance d'un enroulement et  $I$  courant en ligne.

Couplage triangle : \_\_\_\_\_ avec  $r$  la résistance d'un enroulement.

Couplage triangle ou étoile : \_\_\_\_\_ avec  $R$  la résistance mesurée entre 2 phases du stator

6.3. Puissance transmise au rotor  $P_{tr}$

On dit aussi puissance électromagnétique  $P_{em}$ .

Cette puissance est transmise du stator au rotor magnétiquement sous la forme d'un couple électromagnétique \_\_\_\_\_ qui tourne à la vitesse de synchronisme \_\_\_\_\_

6.4. Puissance totale au rotor

Le rotor reçoit le couple électromagnétique  $T_{em}$  et tourne à la vitesse angulaire \_\_\_\_\_.

Sa puissance totale est \_\_\_\_\_.

On en déduit donc : \_\_\_\_\_.

Remarque :  $P_r < P_{tr}$ , en raison des pertes \_\_\_\_\_.

6.5. Pertes au rotor

6.5.1. Pertes fer au rotor  $p_{fer_R}$

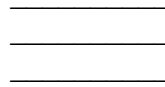
On néglige les pertes fer au rotor : \_\_\_\_\_.

6.5.2. Pertes par effet Joule  $p_{J_R}$

Remarque : Elles ne sont pas mesurables.

6.6. Puissance utile et pertes mécaniques

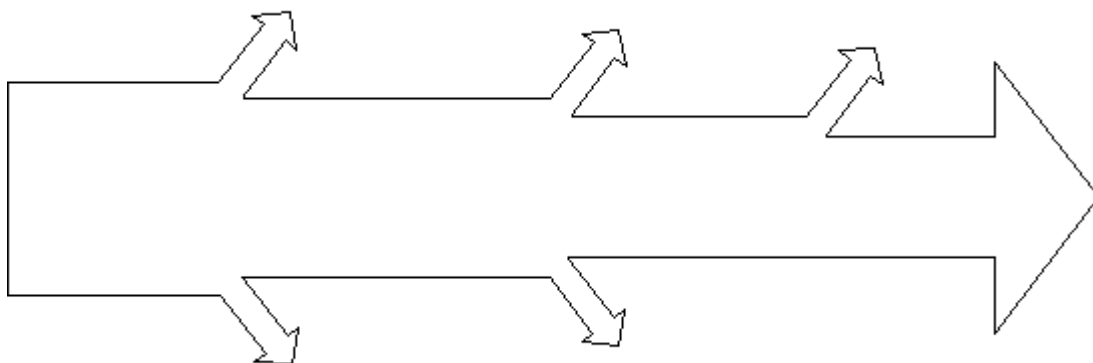
Le moteur développe un couple utile de moment \_\_\_\_\_ en tournant à la vitesse \_\_\_\_\_ ( celle du rotor). Il fournit donc, une charge mécanique de puissance utile \_\_\_\_\_.



La différence ( $P_r - P_u$ ) représente les \_\_\_\_\_ du moteur.  
Elles sont dues aux différents frottements et sont fonction de \_\_\_\_\_.  
 $\Omega$  variant peu, on considère que \_\_\_\_\_.

- Remarques :
- On a  $P_u < P_{em} = P_{tr}$ , d'où  $T_u < T_{em}$  : le moment du couple utile est inférieur au moment du couple électromagnétique.
  - On définit par  $P_c$  les pertes collectives ou pertes constantes telles que :

6.7. Rendement d'un moteur asynchrone  $\eta$



Le rendement du moteur asynchrone est :

La valeur maximale du rendement, si on néglige  $p_{fer_s}$ ,  $p_{J_s}$  et  $p_{mec}$ , sauf les pertes  $p_{J_R}$  est :

Remarque : Le glissement doit être \_\_\_\_\_ pour avoir un rendement important.

*Application 3* : La plaque signalétique d'un moteur asynchrone couplé en triangle porte les indications suivantes :

220/380V ; 50Hz ; 6,1A/3,5A ; 1430tr/min ; 1500W ;  $\cos\varphi=0,82$

On donne : la résistance d'un enroulement  $4\Omega$  ; les pertes fer au stator 90W.

Calculer les pertes joules au stator.

Calculer la puissance électromagnétique.

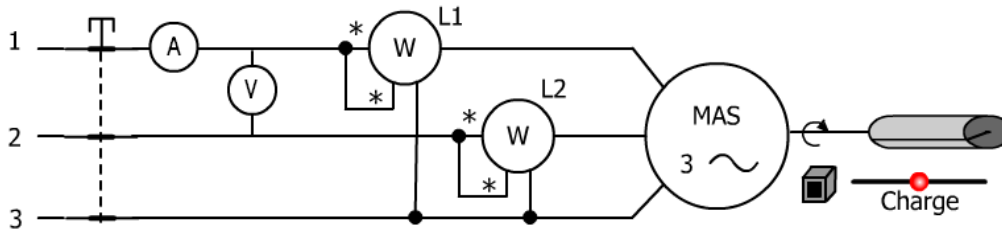
Calculer les pertes Joule au rotor.

Calculer les pertes mécaniques.

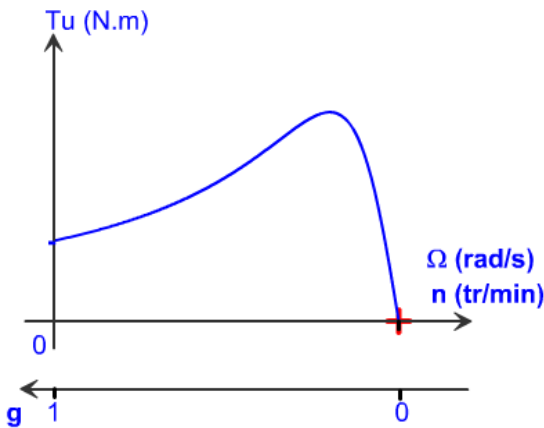
Calculer le couple utile.

Calculer le rendement du moteur.

## VII.Caractéristiques



### 7.1. Caractéristique mécanique $T_u=f(n)$ ou $T_u=f(\Omega)$



La vitesse du moteur asynchrone à vide \_\_ est pratiquement égale à la \_\_\_\_\_

On a \_\_\_\_\_

Ensuite, il possède un couple maximal \_\_. Si le couple résistant imposé par \_\_\_\_\_ est \_\_\_\_\_, le moteur se bloque.

Pour que le moteur démarre, il faut que le couple de démarrage soit \_\_\_\_\_ au couple résistant : \_\_\_\_\_

Enfin la zone utile de la caractéristique ( \_\_\_\_\_ ) est assimilable à \_\_\_\_\_.

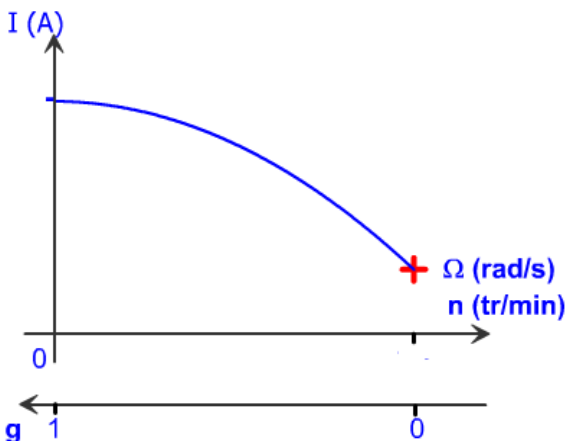
On a \_\_\_\_\_

Avec \_\_\_\_\_ et \_\_\_\_\_

*Application 4 :* Pour un moteur asynchrone tétrapolaire, On a  $T_{uN}=10N.m$  pour  $n_N= 1430tr/min$ .

La partie utile, de sa caractéristique  $T_u=f(n)$ , peut-être assimilée à une droite. Déterminer l'équation de sa caractéristique.

### 7.2. Caractéristique électrodynamique $I=f(n)$

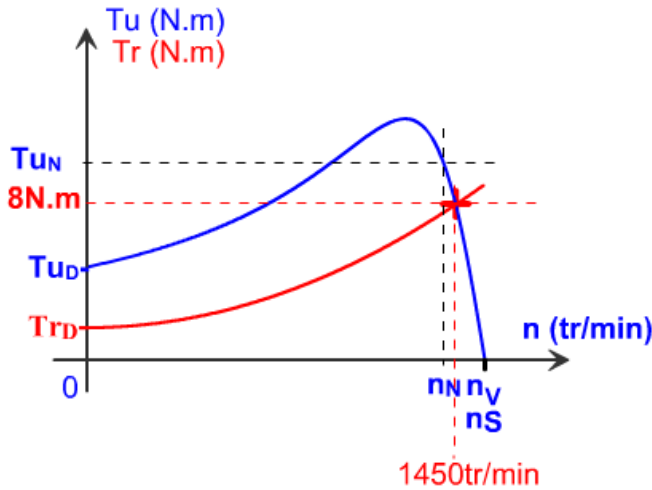


Tout d'abord, le courant de démarrage \_\_ est \_\_\_\_\_ (Plusieurs fois le courant nominale).

Ensuite, le courant à vide \_\_ est \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ du courant nominale).

Enfin, plus le glissement augmente (le couple résistant), plus l'intensité en ligne I \_\_\_\_\_.

7.3. Couplage d'un moteur asynchrone à une charge mécanique



Démarrage du groupe moteur asynchrone charge : Pour que le moteur démarre, il faut que le couple utile au démarrage \_\_\_ soit \_\_\_\_\_ au couple résistant mécanique au démarrage \_\_\_\_ ( $n=0$  tr/min) :

En régime permanent, la vitesse  $n$  du groupe est constante. Le point de fonctionnement est pour : \_\_\_\_\_.

Il se trouve à \_\_\_\_\_ de la caractéristique mécanique du moteur  $T_u=f(n)$  et de la caractéristique mécanique de la charge  $T_r=f(n)$ .

Application 5 : Calculer la puissance mécanique utile que le moteur asynchrone fournit à la charge :

VIII. Réglages des moteurs asynchrones

8.1. Problématique

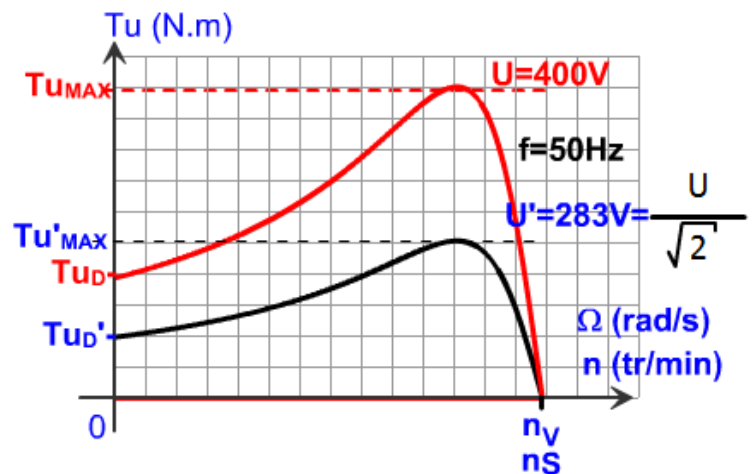
L'intensité au démarrage d'un moteur asynchrone est très \_\_\_\_\_, elle peut largement \_\_\_\_\_ le courant nominal.  
Si cette situation dure trop longtemps, elle peut \_\_\_\_\_ le moteur ou le réseau. Pour y remédier on a plusieurs solutions.

8.2. Alimentation du moteur à fréquence constante et tension variable

8.2.1. Caractéristique mécanique

Le moment du couple \_\_\_\_\_ lorsque le stator est alimenté sous tension réduite.

Le moment du couple au démarrage est proportionnel à \_\_\_\_\_ donc : \_\_\_\_\_





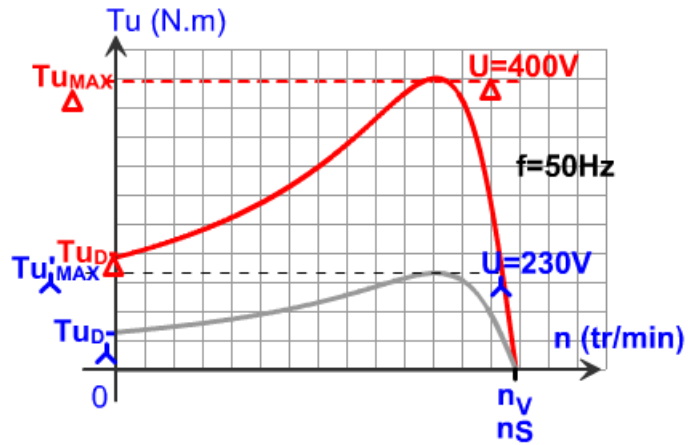
8.2.2. Démarrage du moteur

a) Démarrage étoile triangle

Le stator est couplés en \_\_\_\_\_ pendant le démarrage (la tension aux bornes d'un enroulement est 230V) puis en \_\_\_\_\_ pour le fonctionnement nominal (400V par enroulement).

Le moment du couple et le courant en ligne sont ainsi \_\_\_\_\_ par \_\_\_\_\_ pendant la phase de démarrage.

Remarque : Ce procédé ne permet pas toujours au moteur de démarrer en charge.

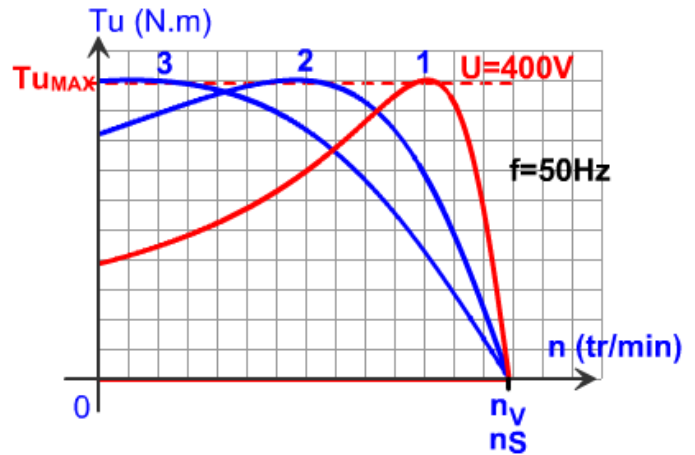


b) Rhéostat rotorique (moteur asynchrone à rotor bobiné)

- 1 : sans résistance au rotor
- 2 : avec  $R_1$
- 3 : avec  $R_2 > R_1$

Ce procédé, en insérant des résistances au rotor bobiné, permet de \_\_\_\_\_ le courant de démarrage  $I_d$  tout en gardant le \_\_\_\_\_ couple  $T_{umax}$

Problème : il ne s'applique que pour les moteurs asynchrone à rotor bobiné (coûteux).



8.3. Alimentation des moteurs sous fréquence variable

Actuellement, le démarrage des moteurs asynchrones se fait par une commande \_\_\_\_\_.

8.3.1. Condition expérimentale

D'après la formule de Boucherot, on a :

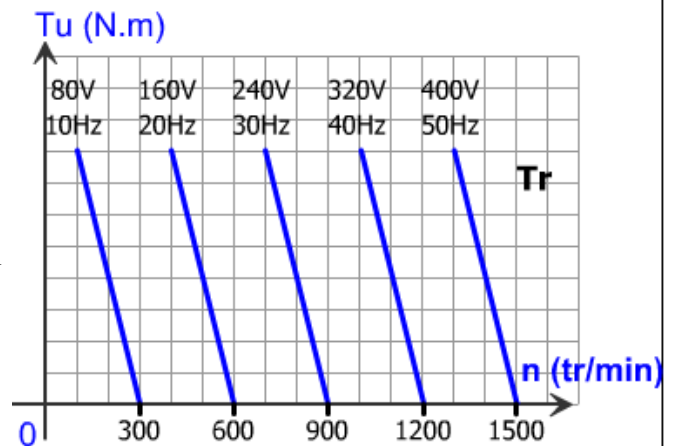
D'ou

Donc pour que le flux soit constant, il faut que \_\_\_\_\_ soit \_\_\_\_\_.

8.3.2 Caractéristique mécanique

Le stator est alimenté par un \_\_\_\_\_ autonome qui maintient le rapport \_\_\_\_\_.

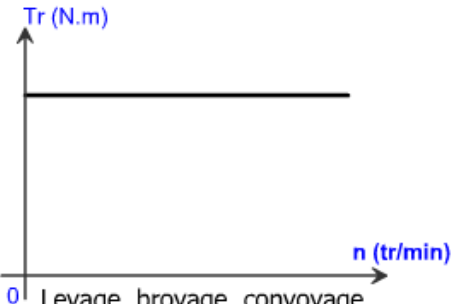
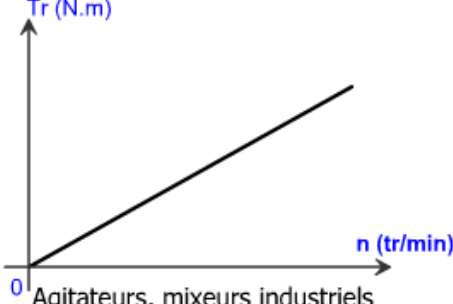
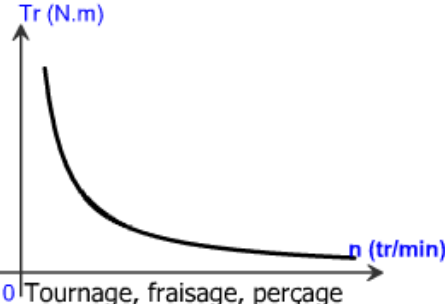
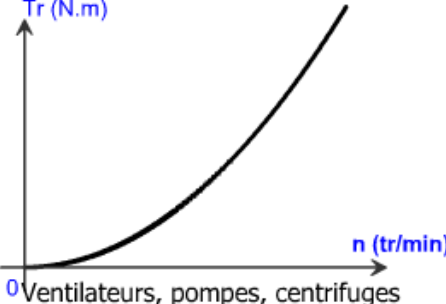
Lorsque f diminue, la caractéristique  $Tu=f(n)$  se déplace \_\_\_\_\_ à elle même. Donc avec les onduleurs, il devient très facile de faire varier \_\_\_\_\_



*Avantage* : Courant de démarrage \_\_\_\_\_ (tension faible au démarrage). Onduleur moins \_\_\_\_\_ que les moteurs asynchrones à rotor bobiné. Ils sont de plus en plus utilisés

Remarque : Seules les parties utiles de la caractéristique sont tracées.

8.4. Les 4 types de caractéristiques mécaniques

<p>Caractéristique de levage : <math>Tr=Constante=k</math></p>	<p>Caractéristique de pompage : <math>Tr=k.n</math></p>
 <p>The graph shows torque <math>Tr</math> (N.m) on the vertical axis and speed <math>n</math> (tr/min) on the horizontal axis. A horizontal line represents constant torque. The origin is marked with 0. Below the graph, the text reads: "Levage, broyage, convoyage".</p>	 <p>The graph shows torque <math>Tr</math> (N.m) on the vertical axis and speed <math>n</math> (tr/min) on the horizontal axis. A straight line starting from the origin represents linear torque. The origin is marked with 0. Below the graph, the text reads: "Agitateurs, mixeurs industriels".</p>
<p>Caractéristique d'essorage : <math>Tr = \frac{k}{n}</math></p>	<p>Caractéristique de ventilation : <math>Tr=k.n^2</math></p>
 <p>The graph shows torque <math>Tr</math> (N.m) on the vertical axis and speed <math>n</math> (tr/min) on the horizontal axis. A curve starting high and decreasing towards the horizontal axis represents inverse torque. The origin is marked with 0. Below the graph, the text reads: "Tournage, fraisage, perçage".</p>	 <p>The graph shows torque <math>Tr</math> (N.m) on the vertical axis and speed <math>n</math> (tr/min) on the horizontal axis. A curve starting from the origin and increasing quadratically represents quadratic torque. The origin is marked with 0. Below the graph, the text reads: "Ventilateurs, pompes, centrifuges".</p>

*Application 6* : Calculer la puissance mécanique utile que le moteur asynchrone fournit à la charge :

