

Électrotechnique 2ème partie

7 séances de cours

7 séances de travaux dirigés (1 séance de révision incluse)

3 séances de TP-

(Habilitation électrique, 3 ordinateurs portables obligatoires, séance notée (attention absence))

L'épreuve surveillée est sans document, avec calculatrice et d'une durée de 2 heures.

CHAPITRE 1. GENERALITES SUR LES MACHINES ELECTRIQUES TOURNANTES

STRUCTURE DE LA MACHINE

LOIS GENERALES DE LA CONVERSION ELECTROMECHANIQUE

CONSTITUTION DE LA MACHINE ELECTRIQUE

TYPE DE SERVICE S

INDICE DE PROTECTION IPXX ET IKXX

PLAQUE SIGNALÉTIQUE

COUPLES RESISTANTS.

MODES DE FONCTIONNEMENT

QUESTIONS DE COURS

CHAPITRE 1. GÉNÉRALITÉS SUR LES MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

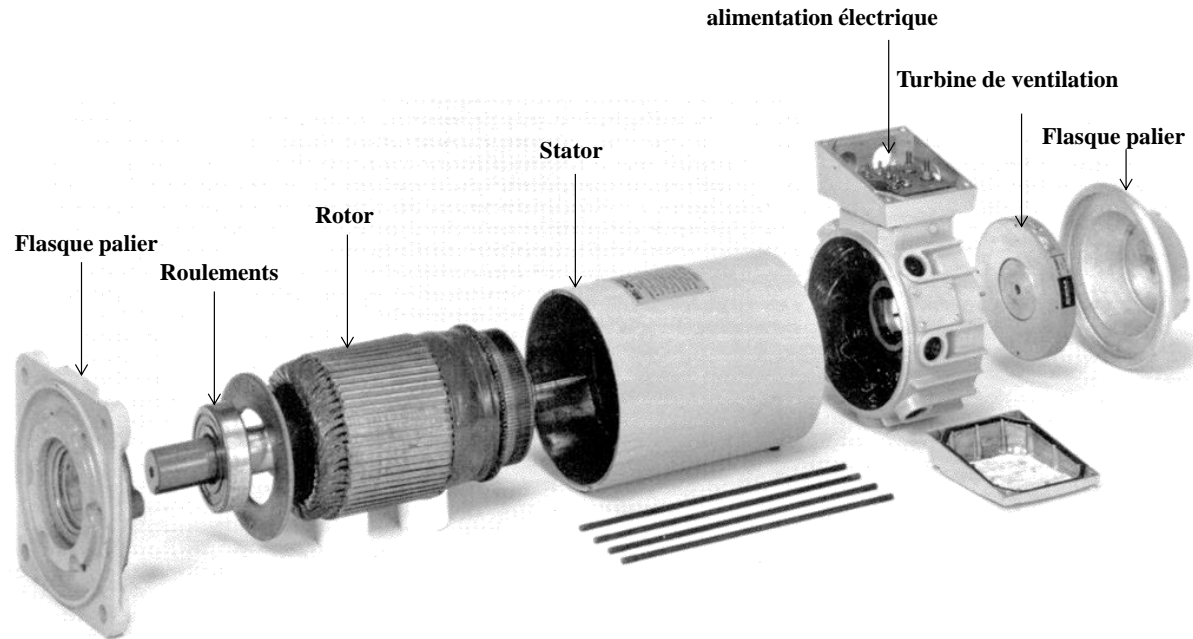
Un moteur électrique est un convertisseur d'énergie électrique en énergie mécanique, destiné à entraîner une machine

En entrée, il reçoit de l'énergie électrique et il fournit en sortie une énergie mécanique.

Ce processus est réversible et peut servir à produire de l'électricité

STRUCTURE DE LA MACHINE

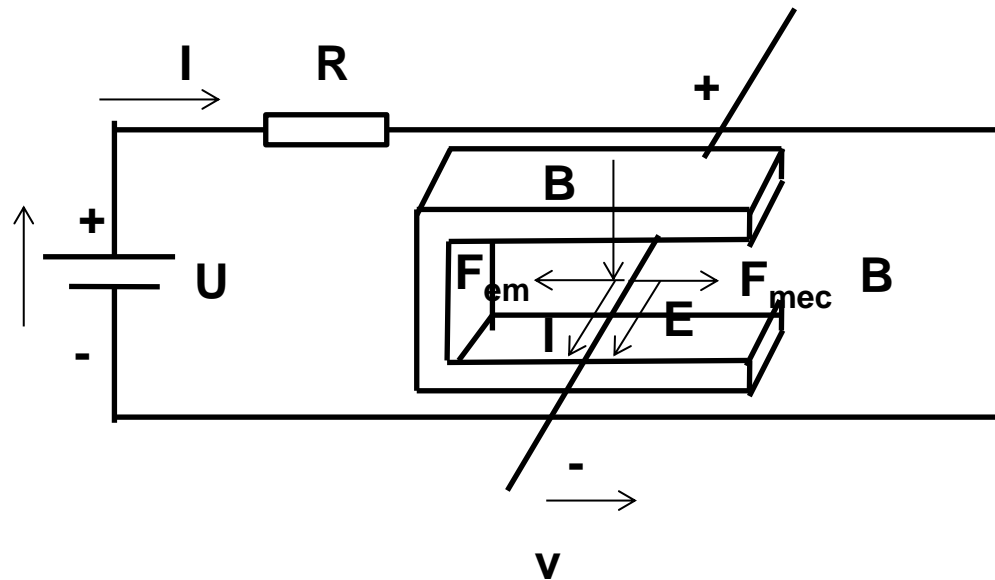
Un moteur ou une génératrice est constitué par une partie fixe appelée **STATOR** et une partie mobile appelée **ROTOR** qui tourne généralement à l'intérieur du stator



Lois générales de la conversion électromécanique

Exemple

Un conducteur de longueur l , mobile, se déplace à la vitesse v sur deux rails indéfinis placés dans une induction uniforme et invariable B , normale aux conducteurs



Quatre lois déterminent le système électromécanique

:

1. La loi de **Faraday** : si la vitesse du conducteur est v

Il apparaît une f.é.m. E : $E = Blv$

2. La loi de **Laplace** : si le courant dans le conducteur est I

Il existe une force électromagnétique : $F_{em} = BIl$

3. La loi d'**Ohm** : $U = E + RI$

4. La loi de la **dynamique** : si la vitesse v est constante, elle implique : $F_{em} = F_{mec}$

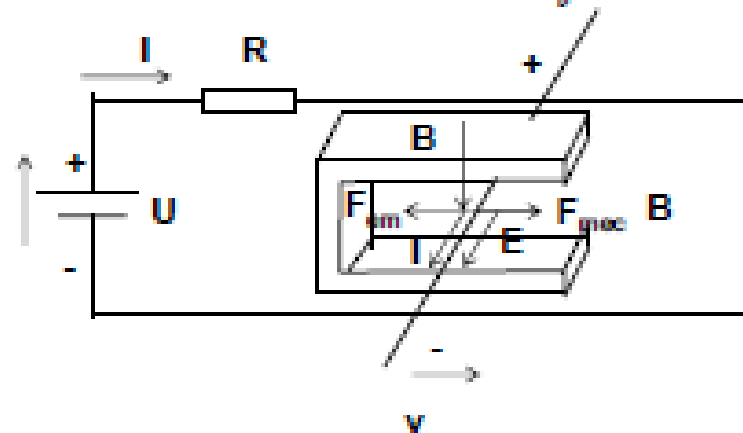
Le fonctionnement sera **moteur** si F_{em} et v sont de même sens $U = E + RI$

Le fonctionnement sera **générateur** électrique si F_{em} et v sont de sens opposé. La f.é.m. E va dans le sens du courant $U = E - RI$

La puissance

$$P_{em} = F_{em} \times v = B \times l \times I \times \frac{E}{B \times l} = EI$$

Exercice 1. On donne une barre mobile sur deux rails le long desquels elle peut glisser sans frottement. La résistance de la barre et des rails est représentée par la résistance $R=1,4 \Omega$. La vitesse en régime établi est de $v=10\text{m/s}$. La densité de flux est uniforme et vaut $0,5\text{T}$.



Si la position initiale de la barre est x_0 et que la longueur de la barre est $L= 2\text{m}$ et que la tension de la source est de 24V ,

On vous demande de :

- 1. Donner l'expression du flux coupé par le circuit composé de la source de tension, la résistance et la barre.*
- 2. Dériver l'expression du flux pour déterminer la tension induite dans la barre.*

1. Donner l'expression du flux coupé par le circuit composé de la source de tension, la résistance et la barre.

$$\phi = \int B ds$$

$$\phi = BS \rightarrow S = L \times (x_0 + l) \rightarrow v = \frac{l}{t} \rightarrow l = v \times t$$

$$\phi = B \times L(x_0 + l)$$

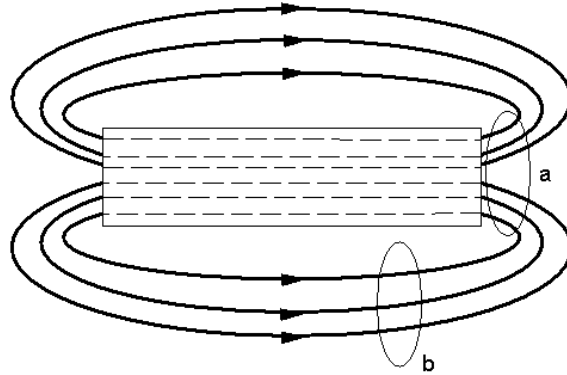
$$\phi = BL(x_0 + vt)$$

2. Dériver l'expression du flux pour déterminer la tension induite dans la barre.

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -Blv = -10V$$

CONSTITUTION DE LA MACHINE ÉLECTRIQUE

1. des matériaux magnétiques chargés de conduire et canaliser le flux magnétique;



matériaux magnétiques.

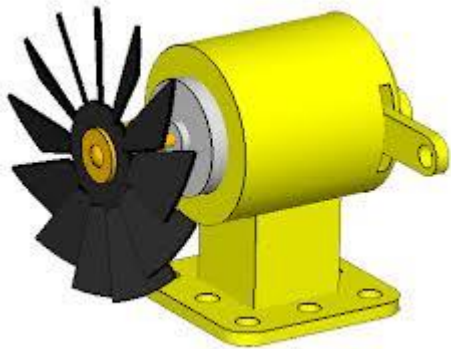
2. des matériaux conducteurs chargés de conduire et canaliser les courants électriques



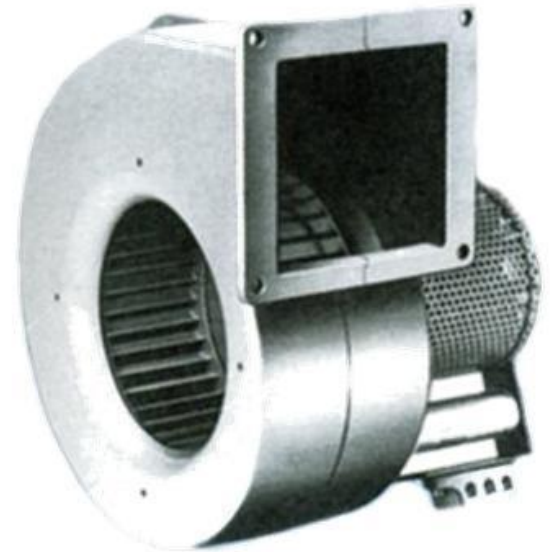
Câble de distribution.

3. des isolants : du papier, du coton, du bois, du PVC, du caoutchouc, des thermoplastiques

4. un système de refroidissement : ventilation naturelle ou ventilation forcée



Ventilation naturelle




Turbine ventilation forcée

TYPE DE SERVICE S

S1	SERVICE CONTINU	Fonctionnement à charge constante pour atteindre l'équilibre thermique.
S2	SERVICE TEMPORAIRE	Fonctionnement à charge constante pendant un temps déterminé inférieur au temps de l'équilibre thermique suivi d'un repos suffisant pour rétablir l'égalité de température entre le moteur et l'air de refroidissement. OBSERVATION: ce service peut permettre une puissance utile supérieure à la puissance nominale.
S3	SERVICE INTERMITTENT	Répétition de cycles identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à la charge constante et une période de repos: on considère que l'intensité de démarrage n'affecte pas l'échauffement du moteur de façon significative. OBSERVATION: ce service peut permettre une puissance utile supérieure à la puissance nominale.

Indice de protection IPxx et IKxx

Degré de protection	Description sommaire	Objets qui ne doivent pas pouvoir pénétrer à l'intérieur de l'enveloppe
IP 0 X		La partie électrique du luminaire n'a pas de protection particulière.
IP 1X		La partie électrique du luminaire est protégée contre les corps solides supérieurs à 50 mm (exemple : contact involontaire de la main)

PLAQUE SIGNALÉTIQUE



- Le numéro du modèle propre au constructeur **834039**;
- la puissance utile délivrée sur l'arbre du moteur **1,8 kW**;
- le facteur de puissance (**0,82**) qui permet de calculer la puissance réactive consommée par le moteur dans le cas du moteur asynchrone ;
- les tensions d'alimentation, par exemple (**220 V/380 V**). La plus petite valeur indique la tension nominale pour un enroulement statorique de la machine, elle indique le couplage (étoile ou triangle) à effectuer en fonction du réseau d'alimentation.

PLAQUE SIGNALÉTIQUE



- les intensités en ligne (7,5 A/ 4,3 A) en fonction du couplage étoile ou triangle;
- le rendement (79 %) qui permet de connaître la puissance électrique absorbée par la machine ;
- la vitesse de rotation nominale (1410 tr/min) de l'arbre moteur qui permet de déterminer la vitesse de synchronisme (**1500 tr/min**) dans le cas d'une machine asynchrone ;
- la fréquence (50 Hz) des tensions devant alimenter la machine ;
- le nombre de phases 3;

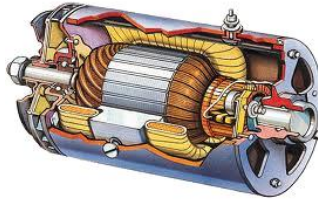
PLAQUE SIGNALÉTIQUE



- la température ambiante maximum (**40°C**);
- le service de marche **S1**;
- la classe d'isolation **F** (définissant la température maximum en exploitation) ;
- les indices de protection IP, voir IK indiquant par trois chiffres la résistance du moteur à la pénétration des poussières, à l'eau et aux chocs mécaniques.
- la masse de la machine **24 kg**;

Classification des machines électriques tournantes

Machines en courant continu



Machine asynchrone (ou d'induction):



Machine synchrone:

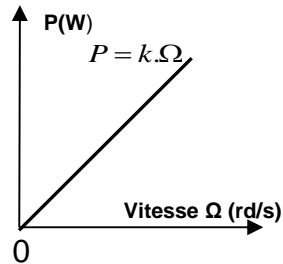
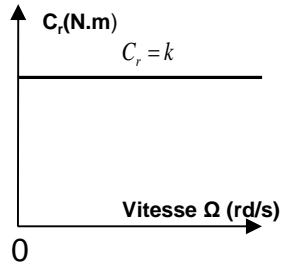


Dimensionnement d'un moteur d'entraînement

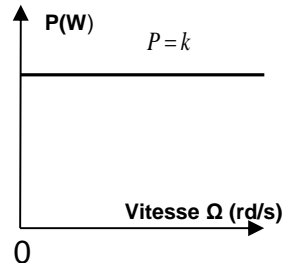
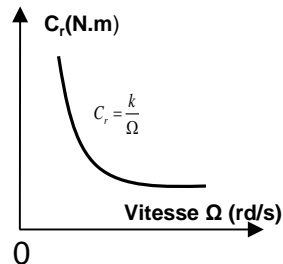
Les données d'entrée

le type de système à entraîner

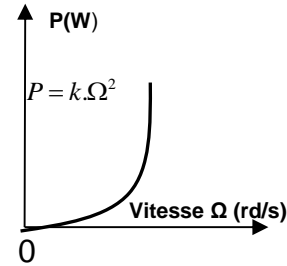
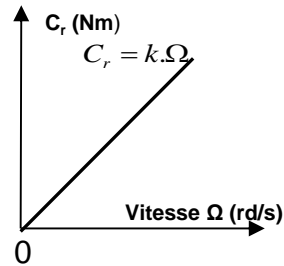
1) Machines à couple constant. Exemple: levage



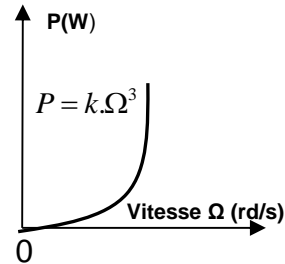
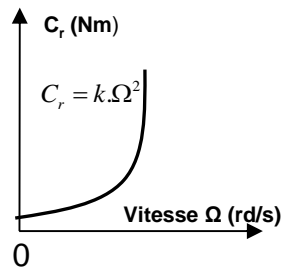
2) Machines à puissance constante. Exemple :essoreuse



3) Machines à couple proportionnel à la vitesse. Exemple Mélangeur



4) Machines à couple proportionnel au carré de la vitesse. Exemple : pompes centrifuges



Exercice 2.1. On se propose d'étudier une pompe centrifuge à axe horizontale dont les caractéristiques sont les suivantes : Débit = 110 l/sec. Hauteur manométrique totale : 4 m. MD^2 sur l'arbre à 1500 tr/min : 4,31 $kg.m^2$

1. Calculer le moment d'inertie de la pompe centrifuge J_{pompe} à 1500 tr/min
2. Donner le type de couple résistant de la machine entraînée. Machine centrifuge,
3. Calculer la puissance d'entraînement P_e

$$1. \quad J_{pompe} = MR^2 = M \left(\frac{D}{2} \right)^2 = \frac{MD^2}{4} = \frac{4,31}{4} = 1,0775 kg.m^2$$

MD^2 Moment de giration

$$2. \quad C_r = k \times \Omega^2$$

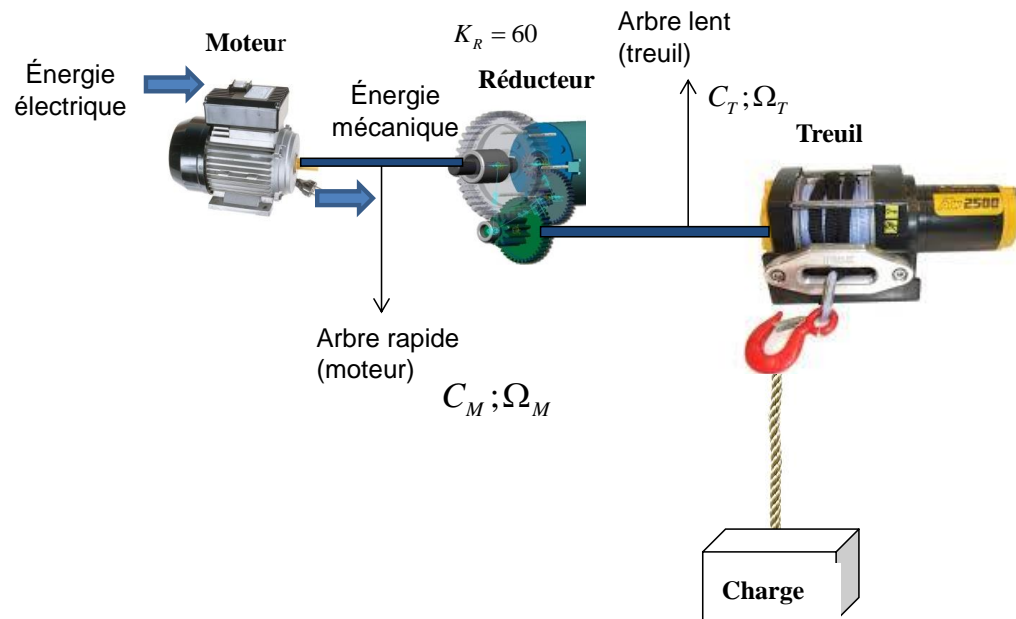


pompes centrifuges

$$3. \quad P_e = \frac{\rho.Q.g.h}{1000.\eta} = \frac{1000 \times 110 \times 9,8 \times 4}{1000 \times 0,6} \cong 7,2 kW$$

Appareils de pompage

Exercice 3.1. Pour élever une charge de 100 kg à 10 m de hauteur, on utilise un treuil accouplé à un moteur par l'intermédiaire d'un réducteur mécanique.



Caractéristiques des appareils :

- treuil diamètre du tambour $d = 20 \text{ cm}$, $\eta_T = 0,9$
- réducteur : rapport de réduction $K_R = 60$, $\eta_R = 0,85$
- moteur : vitesse de rotation en charge $= 1450 \text{ min}^{-1}$, $\eta_M = 0,85$
- diamètre de l'axe $d = 20 \text{ mm}$

- 1 - Calculer le travail utile W_{uT} effectué par le treuil ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$)
- 2 - Calculer la puissance utile P_{uT} fournie par le treuil.
- 3 - Calculer le travail fourni par l'axe du moteur W_{uM} .

Corrigé 3.

1 - Travail utile effectué :

$W = F \times L$, dans ce cas F correspond au poids de la charge, soit $F = M \times g = 100 \times 9,81$ et L au déplacement $L = 10$ m. $W_{uT} = M \times g \times h = 100 \times 9,8 \times 10 = 9810W \text{ sec}$

2 - Puissance utile :

$P_{uT} = \frac{W_{uT}}{t}$: Nous venons de calculer W_{uT} , il faut déterminer t :

Nombre de tours de tambour nécessaire pour élever la charge de 10 m : $10/\pi d = 10/0,2\pi = 16$ tours.

- Temps mis pour faire un tour de tambour :

$$\Omega_T = \frac{\Omega_M}{K_R} = \frac{1500}{60} = 24tr / \text{min} \rightarrow \frac{60\text{sec} \times 1tr}{24tr} = 2,5 \text{ sec}$$

- Temps mis pour effectuer le travail : $2,5 \times 16 = 40$ s.

$$P_{uT} = \frac{W_{uT}}{t} = \frac{9810}{40} = 245,25W$$

3 - Travail fourni par l'axe du moteur :

- Attention, les rendements se multiplient : $\eta = \eta_{tre} \times \eta_{red} = 0,9 \times 0,85 = 0,765$

$$W_{uM} = \frac{W_{uT}}{\eta} = \frac{9810}{0,765} = 12823,5W \text{ sec}.$$

QUESTIONS DE COURS

Q1. Quels sont les éléments principaux concernés par le mode de démarrage?

R1. Courant de démarrage, couple au démarrage, la répétitivité et le temps de démarrage

Q2. Donner la définition de l'inertie

R2. Elle est d'autant plus importante que la masse de la charge est grande et s'oppose à la mise en mouvement. Elle est caractérisée par le moment d'inertie J , qui s'exprime en kg/m^2 .

Q3. Donner la définition du couple d'une machine :

R3. Il définit l'effort que la charge mécanique oppose au maintien de sa mise en mouvement. Il s'exprime en Newton mètre (Nm).

Q4. Quelles sont les machines qui représentent la large majorité des utilisations :

R4. Les pompes, ventilateurs et compresseurs

FIN