

CHAPITRE II

LA CONVERSION D'ÉNERGIE ÉLECTROMÉCANIQUE

II.1 Introduction

Les systèmes utilisés en Électrotechnique permettent de transformer la nature de l'énergie électrique et de convertir l'énergie électrique en une autre forme d'énergie (mécanique, thermique, chimique, lumineuse, ...). L'électronique, l'automatique et l'informatique s'intéressent essentiellement au traitement du signal (ou de l'information).

Les systèmes de l'électrotechnique traditionnelle (machines tournantes, éclairage, chauffage, climatisation, ...) permettant la conversion de l'énergie électrique, ne peuvent pas toujours être reliés directement à une source électrique. Il faut alors avoir recours à un dispositif, jouant le rôle d'interface, permettant d'adapter (de transformer) les caractéristiques de la source afin d'assurer le bon fonctionnement (et d'introduire des moyens de réglage de transfert d'énergie). Ce dispositif est un convertisseur électrique.

Lorsque l'interface est réalisée par des moyens purement électroniques (semi-conducteurs), elle est alors appelée convertisseur statique. Ces convertisseurs statiques peuvent se trouver aussi bien discipline technologique associée à ces réalisations est appelée Électronique de Puissance.

II.2 Les Convertisseurs Statiques

Un convertisseur statique est dit réversible lorsque l'énergie, peut transiter (en général, être contrôlée) de manière bidirectionnelle, c'est à dire aussi bien dans un sens que dans l'autre. Les notions d'entrée et de sortie ne sont alors plus évidentes. Un convertisseur non réversible transfère l'énergie d'une source vers une charge utilisatrice.

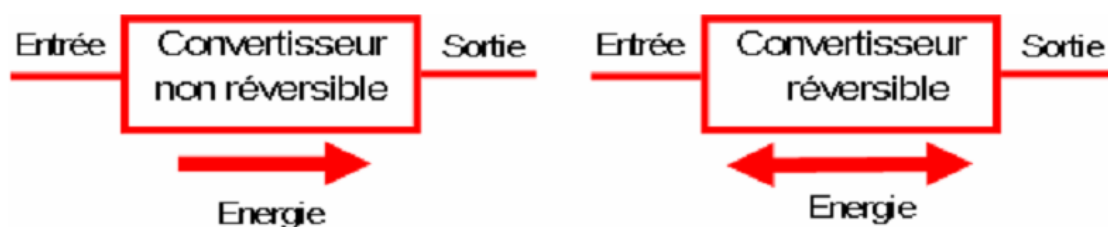


Figure II.1 : Réversibilité (et non réversibilité) des convertisseurs statiques

II.2.1 Conversion continu / continu (DC / DC): est dispositif de l'électronique de puissance mettant en œuvre un ou plusieurs interrupteurs électroniques commandés ce qui permet de modifier la valeur de la tension (moyenne) d'une source de tension continue.



Applications

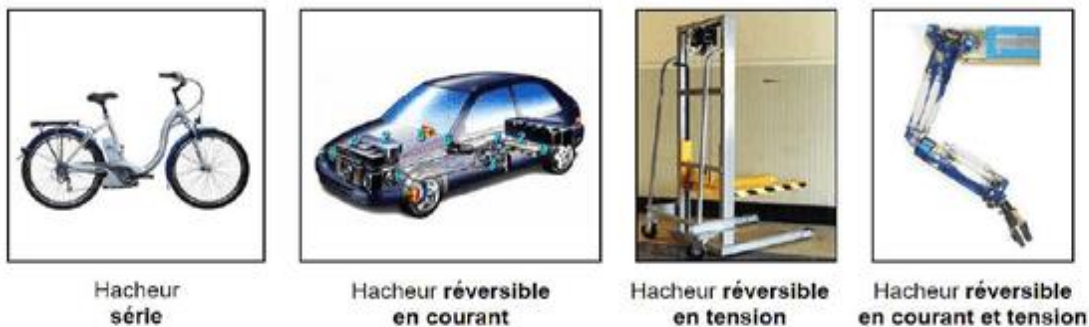
- alimentation à découpage (ordinateur, mobile ...)
- alimentation pour moteur à courant continu

Le hacheur permet de transférer l'énergie d'une source de tension continue (batterie d'accumulateur, alimentation stabilisée, etc.) vers une charge de type source de courant (moteur à courant continu).

Lors des phases de freinage, on peut récupérer une partie de l'énergie cinétique en faisant transiter la puissance de la MCC vers la source (fonctionnement génératrice).

Le convertisseur devra alors être réversible en courant et / ou tension.

On rencontre ces convertisseurs dans la chaîne d'énergie des produits industriels suivants:



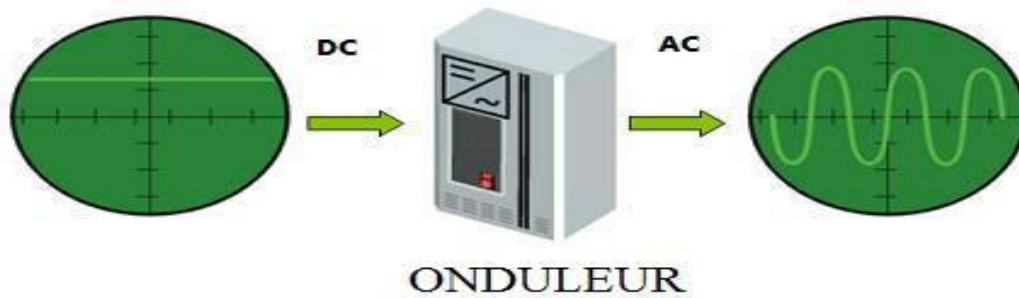
II.2.2 Conversion continu / alternatif (DC / AC):

Le convertisseur jouant le rôle d'interface entre une source continue et une charge alimentées suivant le type de charge, ce convertisseur est appelé onduleur autonome ou assisté. Dans le dernier cas, le convertisseur est composé de thyristors, sa structure est la même que le redresseur réversible (AC-DC / DC-AC).



Applications

- alimentation de secours (+ groupe électrogène)
- variateur de vitesse pour moteur asynchrone ...



II.2.3 Conversion alternatif / continu (AC / DC) :

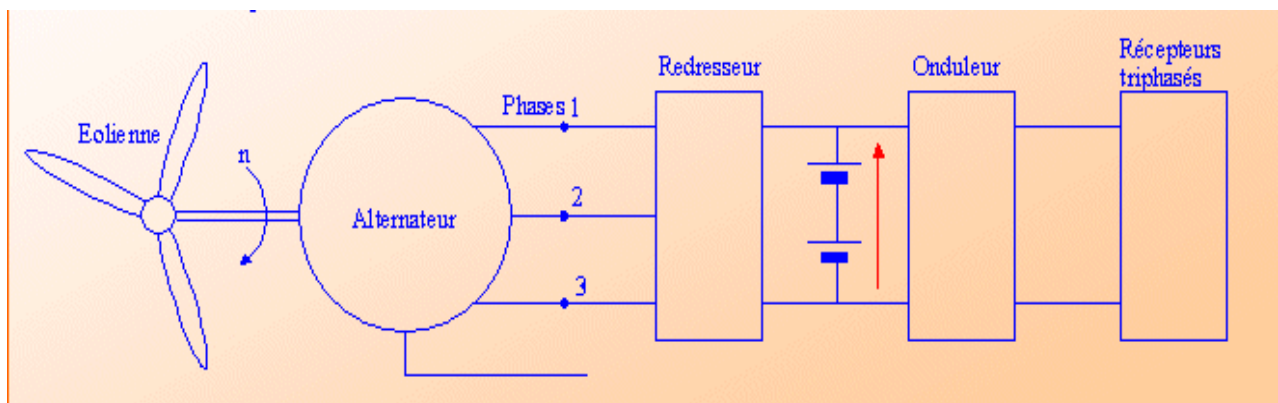
Le convertisseur jouant le rôle d'interface entre une source alternative et une charge alimentée en continu, est appelé : Redresseur (Rectifier).



Le plus souvent, il est alimenté par le réseau à fréquence industrielle. La tension (ou le courant) de sortie peut être, ou non, réglable par rapport à la grandeur d'entrée (tension ou courant).

Applications

- alimentation continue (pour circuits électroniques)
- alimentation pour moteur à courant continu
- chargeur de batteries ...



II.2.4 Conversion alternatif / alternatif (AC / AC) :

Ces convertisseurs permettent d'obtenir une tension alternative variable de fréquence constante ou variable, à partir d'une source alternative. Trois types sont possibles:

1. Soit convertir une tension alternative de valeur efficace fixe en une tension alternative variable. C'est le gradateur.

2. Soit convertir une tension alternative de valeur efficace fixe en une tension alternative de valeur efficace variable et de fréquence variable inférieure à la fréquence de la source. C'est le cyclo-convertisseur.
3. Soit convertir une tension alternative de valeur efficace fixe en une tension alternative de valeur efficace variable avec tension et fréquence variable. La fréquence de la tension de sortie peut être supérieure ou inférieure à la fréquence de la source. C'est un convertisseur alternatif-continu-alternatif: un redresseur commandé est utilisé pour obtenir une tension continu variable; et un onduleur est utilisé pour obtenir, à partir la tension continu, une tension de sortie à tension et fréquence variable.

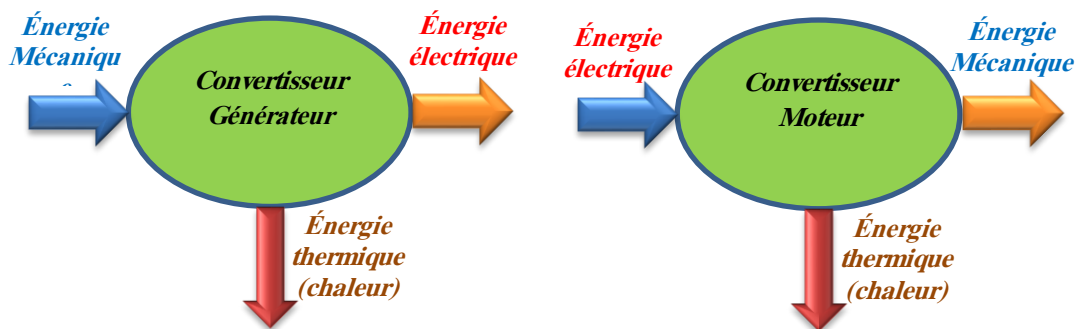


Applications

- variateur de lampe halogène
- variateur de vitesse pour moteur universel ...

II.3 Convertisseurs Électromécaniques (Convertisseurs Tournants)

Un convertisseur électromagnétique ou "machine tournante" effectue une transformation entre l'énergie électrique et l'énergie mécanique. Deux régimes de fonctionnement peuvent alors exister :

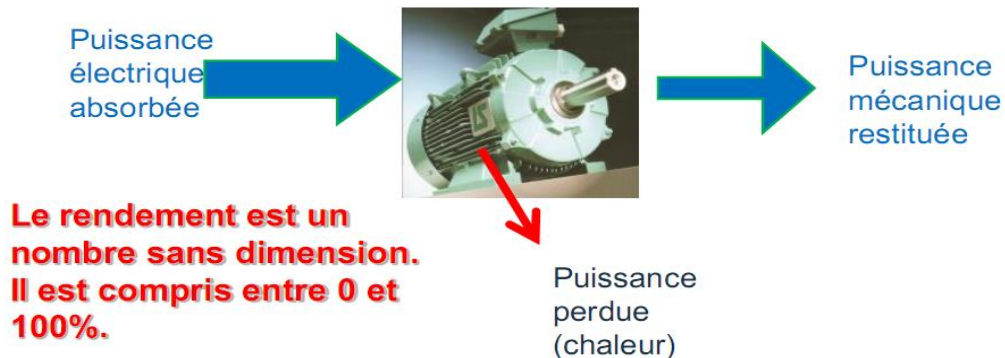


Différents types des convertisseurs tournantes sont:

II.3.1 Convertisseur À Courant Continu (CC)

La machine à courant continu est un convertisseur d'énergie, totalement réversible, elle peut fonctionner soit en moteur, convertissant de l'énergie électrique en énergie mécanique, soit en génératrice, convertisseur de l'énergie mécanique en énergie électrique. Dans les deux cas un

champ magnétique est nécessaire aux différentes conversions. Cette machine est donc un convertisseur électromagnétique.



II.3.1.1 Constitution d'une machine à courant continu

La machine à courant continu est réversible, c'est-à-dire que la constitution d'une génératrice est identique à celle du moteur.

Elle se compose de deux parties :

- **L'inducteur (ou le stator)** : Il s'agit de la partie fixe de la machine. Elle peut être formée d'aimants en ferrite ou de bobines, en général disposées autour de noyaux polaires. Sur ces pièces polaires se trouvent des enroulements qui parcourent par un courant continu, créent le champ d'induction magnétique. Elle comprend également la carcasse.

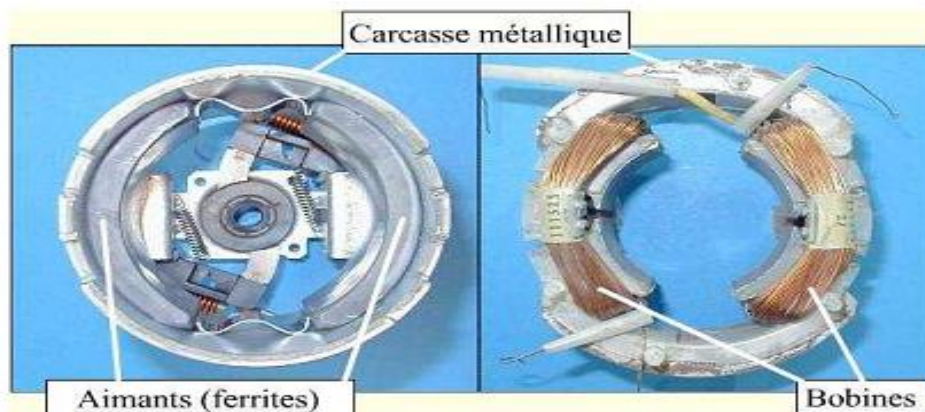


Figure II.1 : Schéma de principe de l'inducteur

- **L'induit (ou le rotor)** : Il s'agit de la partie mobile ou tournante de la machine. Elle se compose d'un cylindre feuilleté constitué par un empilement de tôles. À la périphérie de ce cylindre, se trouvent des dentures entre lesquelles il y a des encoches à l'intérieur desquelles se trouvent des conducteurs qui constituent l'enroulement de l'induit et qui sont regroupés par des spires dont les extrémités se referment sur un

collecteur. L'induit est donc un circuit électrique obtenu en associant en série des conducteurs logés dans des encoches du rotor.

Le schéma ci-dessous montre la liaison électrique entre un rotor à deux pôles et la source de tension continue:

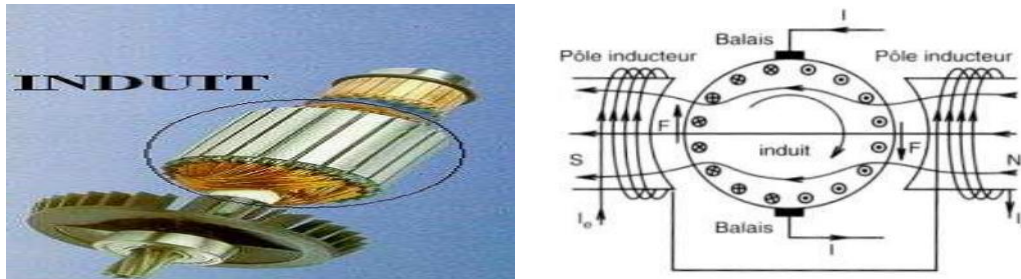
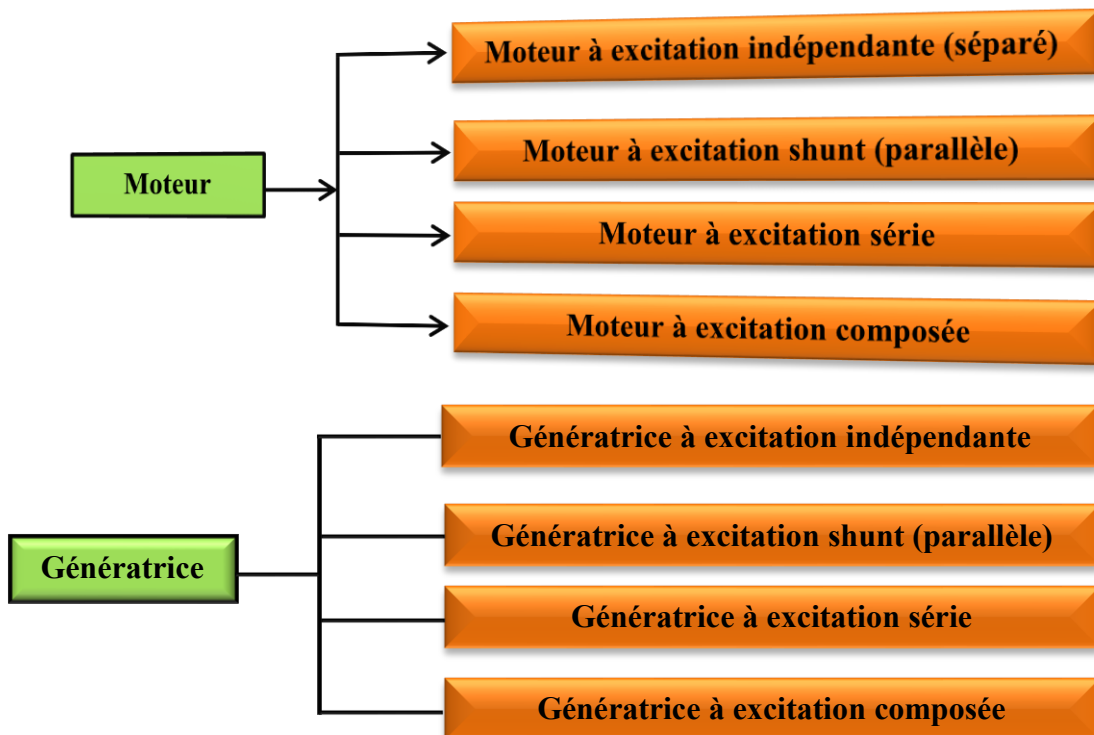


Figure II.2 : Schéma de principe de l'induit

II.3.1.2 Type des convertisseurs à courant continu

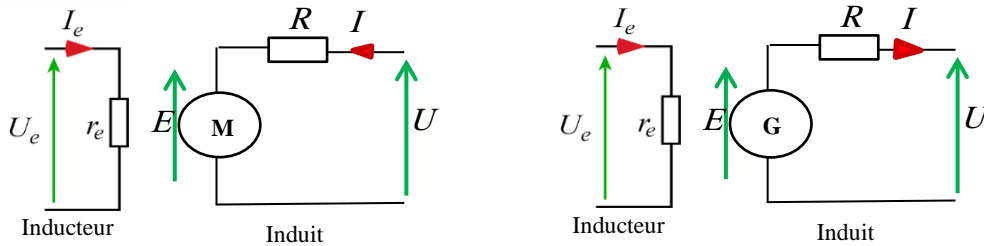
Suivant l'application, le bobinage de l'inducteur et de l'induit la machine à courant continu peuvent être connectée de manière suivante :



II.3.1.3 Modèle équivalent

A/ Excitation indépendante

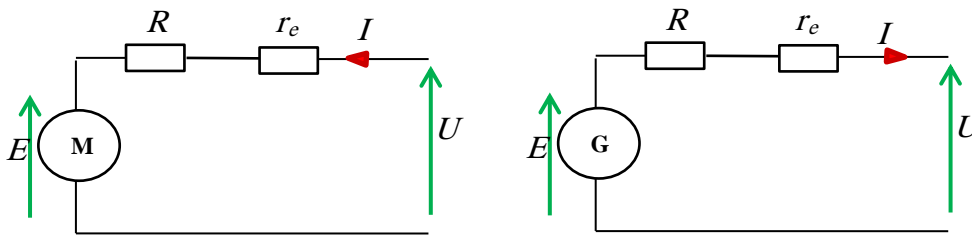
Ce moteur est appelé **moteur à excitation indépendante** car il n'y a aucun lien électrique en l'induit et l'inducteur.



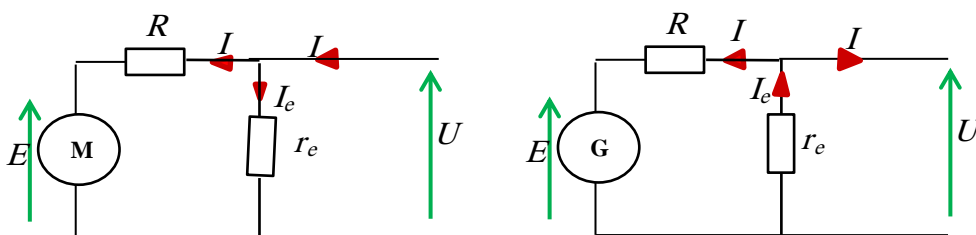
Avec :

- r_e résistance de l'enroulement inducteur (Ω).
- U_e Tension d'alimentation de l'inducteur (V).
- I_e courant dans l'inducteur (A).
- E f.e.m. du à la rotation dans le champ inducteur (V).
- R résistance des enroulements induit (Ω).
- U tension d'alimentation de l'induit (V).
- I courant dans l'induit (A).

B/ Excitation série : dans un moteur à excitation série, l'inducteur est parcouru par le même courant que l'induit.



C/ Excitation shunt : On peut utiliser une seule tension d'alimentation pour l'induit et l'inducteur, il suffit de placer le bobinage inducteur en parallèle avec l'induit et les alimentant par une source de tension.



II.3.1.4 Couple et Puissance d'une machine à courant continu

A/ Force électromotrice :

Une bobine (l'induit) en mouvement dans un champ magnétique (l'inducteur) voit apparaître à ses bornes une **force électromotrice** (f.e.m.) donnée par la :

$$\text{Loi de Faraday } e = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$

Sur ce principe, l'induit de la machine à courant continu est le siège d'une f.é.m. E :

$$E = K\Phi\Omega$$

Avec :

E : f.e.m (volts -V)

K : constante qui dépend des caractéristiques de fabrication du moteur : nombres de spires, nombre de pôles, inclinaison des encoches, ...

Φ : flux magnétique maximum traversant les enroulements de l'induit (Webers - Wb).

Ω : vitesse de rotation du rotor (rad.s⁻¹).

B/ Couple électromagnétique :

Un conducteur parcouru par un courant électrique et placé dans un champ magnétique subit la :

$$\text{Force de Laplace } \vec{F} = I\vec{l} \wedge \vec{B}.$$

Sur ce principe le rotor de la machine possède un couple que l'on nommera **couple électromagnétique**.

$$T_{em} = K\Phi I$$

Avec :

T_{em} : couple électromagnétique (N.m).

I : courant dans l'induit (rotor) (A).

C/ Conversion de puissance :

La **puissance électromagnétique** est la partie de la puissance électrique de la machine, convertie en puissance mécanique.

$$P_{em} = EI = T_{em}\Omega$$

↙ ↘

Forme électrique *Forme mécanique*

D/ Puissance absorbée et Puissance utile :

Il s'agit de puissance électrique :

$$P_a = P_{a \text{ induit}} + P_{a \text{ inducteur}}$$

P_a : Puissance absorbée

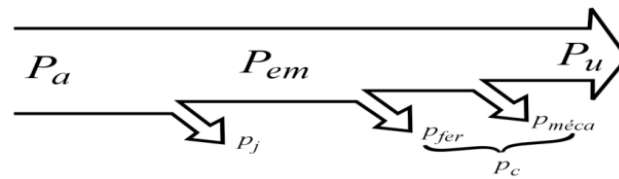
$$P_a = UI + U_e I_e$$

Et il s'agit d'une puissance mécanique de rotation :

$$P_u = T_u \Omega$$

P_u : Puissance utile et T_u : couple utile

E/ Bilan des puissances :



- Bilan complet : $P_a = P_u + p_j + p_c$
- Bilan intermédiaire : $P_u = P_{em} - p_c$

Avec :

p_c : Perte « Constantes » ou « collectives ». C'est-à-dire que si le moteur travaille à vitesse et flux constants, les pertes fer et mécaniques sont approximativement constantes. Elles ne varient pas avec la charge. $p_c = p_{fer} + p_{méca}$

Pertes	<u>Pertes magnétiques</u> p_{fer} ou pertes ferromagnétiques ou pertes fer	<u>Pertes par effet joule</u> p_j	<u>Pertes mécaniques</u> $p_{méca}$
Causes	Elles sont dues à l'hystérésis (champ rémanent) et aux courants de Foucault (courant induit dans le fer) et dépendent de B et de Ω .	Pertes dans l'induit et l'inducteur, dues aux résistances des bobinages.	Elles sont dues aux frottements des diverses pièces en mouvement.
Parades	Utilisation de matériaux à cycles étroits, comme le fer au silicium et le feuilletage de l'induit.	Il faut surtout éviter l'échauffement par ventilation.	Utilisation de roulements et de lubrifiants.

F/ Couples utile :

Si on divise la relation $P_u = P_{em} - p_c$ par la vitesse ω , on obtient : $T_u = T_{em} - T_p$

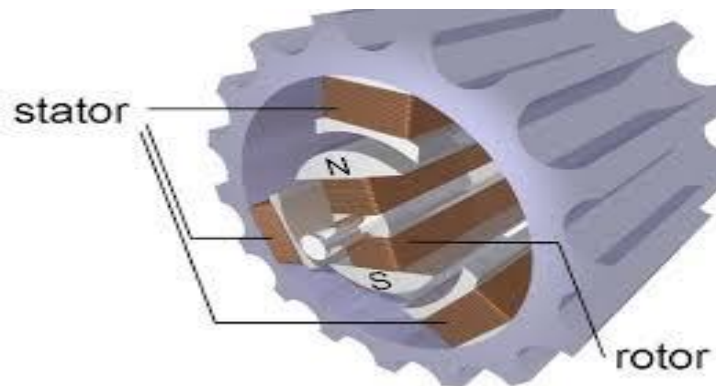
Du fait de ces différentes pertes, le rendement d'une machine à courant continu varie entre 80 et 95 %.

II.3.2 Convertisseur À Courants Alternatifs

Le principe des machines à courants alternatifs réside dans l'utilisation d'un champ tournant produit par des tensions triphasées. On trouve en fait deux principes de fonctionnement utilisant le champ tournant créé par un réseau triphasé :

II.3.2.1 Machines synchrones

La machine synchrone est un convertisseur réversible d'énergie électromagnétique, on peut utiliser en moteur ou en générateur.



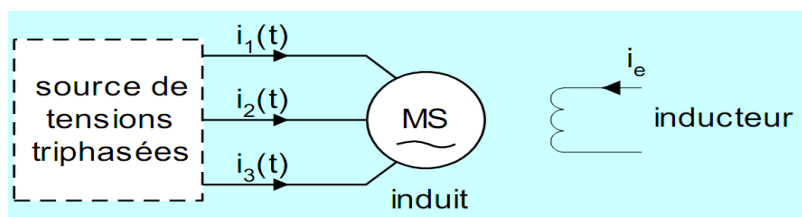
II.3.2.1.1 Constitution et principe de fonctionnement

Comme dans toutes les machines tournantes, on distingue deux parties, partie fixe appelée stator et partie tournante appelée rotor.

- **Stator = inducteur** : Le principe de fonctionnement du moteur synchrone repose sur la création d'un champ magnétique tournant.
- **Rotor = induit** : Le rotor n'est relié à aucune alimentation, va créer un champ continu. Il tourne à la vitesse de rotation de la machine.

Le couplage entre les deux champs nous permettra d'expliquer le fonctionnement du système.

II.3.2.1.2 Symboles



II.3.2.2 Machines asynchrones

Les machines asynchrones sont très utilisées car leur cout est inférieur à celui des autre machines, de plus ces machines sont robustes. Comme les autre machines, la machine asynchrone est réversible.



II.3.2.2.1 Constitution et principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement du moteur asynchrone repose sur la création d'un champ magnétique tournant.

- **Le stator = inducteur** : sera donc identique à celui d'un moteur synchrone. Les bobinages triphasés du stator créent un champ magnétique tournant à la vitesse Ω_S qui dépend de la pulsation d'alimentation $\omega = 2\pi.f$, mais aussi du nombre de paires de pôles p du stator
$$\Omega_S = \frac{\omega}{p}$$

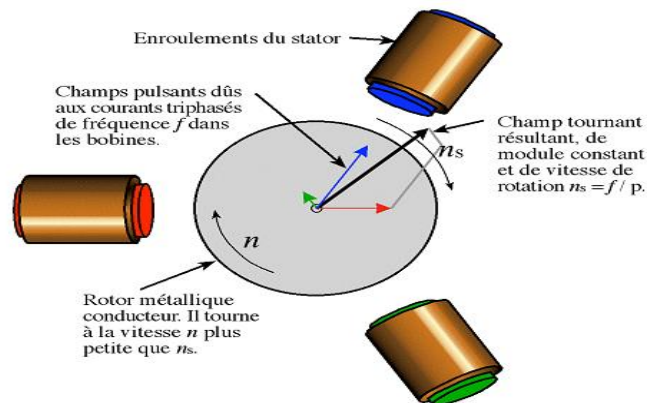


Figure II.3 : Schéma de principe d'un stator

- **Le rotor = induit** : Le rotor n'est lié à aucune source d'alimentation. Il est constitué de bobinages en court-circuit. Le rotor le plus utilisé est à "cage d'écureuil", il s'agit de barres de cuivre ou d'aluminium reliées aux extrémités par deux anneaux conducteurs (court-circuit).

1. **Rotor bobiné** : l'enroulement, semblable à celui du stator, comporte P paire de pole par phase, les trois paires sont reliées à trois bagues.

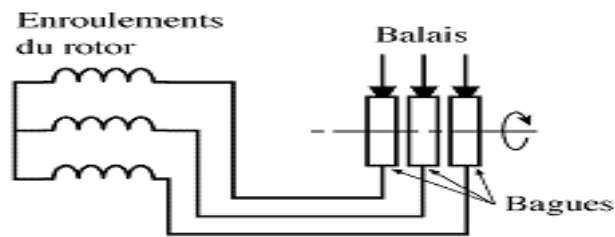


Figure II.4 : Schéma de principe d'un bobinage par l'intermédiaire de trois bagues et trois balais.

2. **Rotor à cage** : le rotor est constitué de barreaux de cuivre ou d'aluminium reliés aux deux extrémités par deux couronne conductrice (sans alimentation électrique).

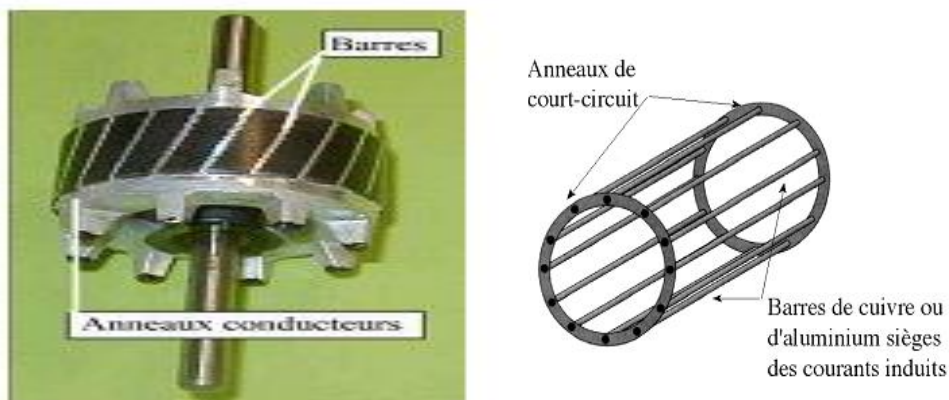
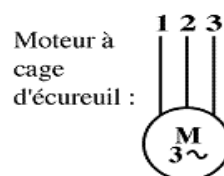
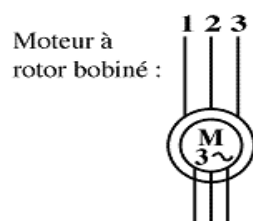


Figure II.5 : Schéma de principe d'un rotor à cage d'écureuil

II.3.2.2.2 Symboles



II.3.2.3 Moteur Pas À Pas

Le moteur pas à pas est un convertisseur électromécanique qui assure la transformation d'un signal électrique impulsionnel en un déplacement mécanique (angulaire ou linéaire). Sa structure de base se présente sous la forme de deux pièces séparées mécaniquement, le Stator et le Rotor. L'interaction électromagnétique entre ces deux parties assure la rotation.

II.3.2.3.1 Fonctionnement

La circulation d'un courant électrique dans un bobinage entraîne l'apparition d'un champ magnétique, comme le détaille la figure de gauche dans le cas du solénoïde, et donc la présence de pôles Nord et Sud (deux pôles de même nature se repoussent, deux pôles Nord et Sud s'attirent) ; c'est sur ce principe de base que repose le fonctionnement de tout moteur électrique, et, de manière plus générale, de bon nombre de dispositifs électromécaniques : relais, compteurs, galvanomètres, certains hautparleurs ou microphones, gâches électriques de porte, etc....

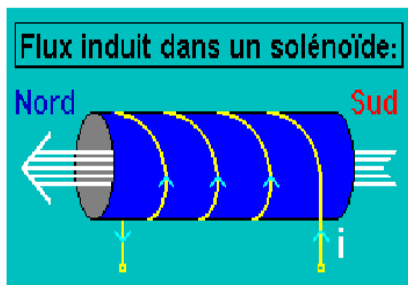


Figure II.6 : flux induit de moteur pas à pas

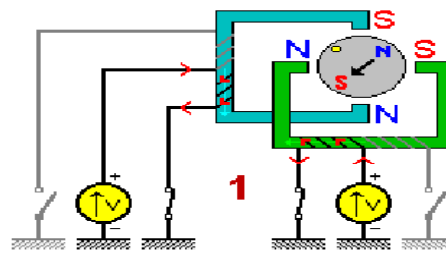


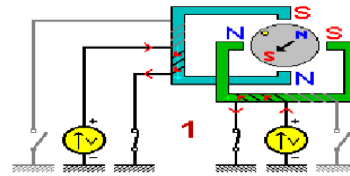
Figure II.7 : position de moteur pas à pas à pas

Le moteur pas à pas, représenté à droite, est constitué d'un rotor aimanté (en gris) avec deux pôles, Nord et Sud, ainsi que d'un double-stator (une partie en bleu, l'autre en vert): à chacune de ces deux parties, est associé un bobinage avec un point milieu et deux phases; en alimentant l'une ou l'autre des phases, on peut ainsi inverser l'aimantation au niveau du stator correspondant.

La flèche noire représente l'aiguille d'une boussole qui serait disposée en place et lieu du rotor; elle indique l'orientation du champ magnétique (elle pointe vers le nord, qui attire donc le pôle Sud du rotor) et se décale alors d'un quart de tour à chaque étape:

Étape 1, position

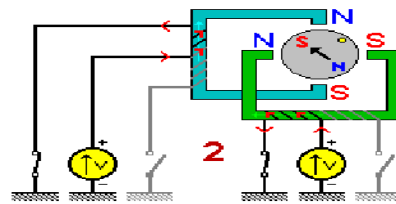
- Premier bobinage (stator bleu) :
 - Phase 1 (inter gauche) non alimentée ;
 - Phase 2 (inter droit) alimentée.
- Second bobinage (stator vert) :
 - Phase 1 (inter gauche) alimentée.
 - Phase 2 (inter droit) non alimentée.



Position 1

Étape 2, position 2

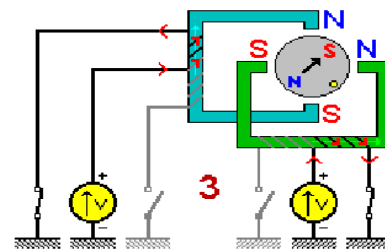
- Premier bobinage :
 - Phase 1 alimentée ;
 - Phase 2 non alimentée.
- Second bobinage :
 - Phase 1 alimentée ;
 - Phase 2 non alimentée.



Position 2

Étape 3, position 3

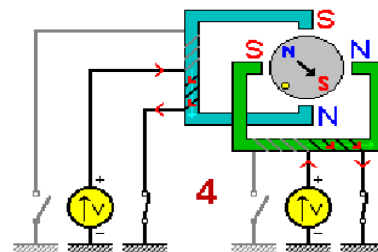
- Premier bobinage :
 - Phase 1 alimentée ;
 - Phase 2 non alimentée.
- Second bobinage :
 - Phase 1 non alimentée ;
 - Phase 2 alimentée.



Position 3

Étape 4, position 4

- Premier bobinage :
 - Phase 1 non alimentée;
 - Phase 2 alimentée.
- Second bobinage :
 - Phase 1 non alimentée;
 - Phase 2 alimentée.



Position 4

II.3.2.3.2 Les principaux types de moteur pas-à-pas

A/ à aimant permanent

Le nom de ce type de moteur pas à pas est lié à la conception de son stator : une tôle magnétique découpée et emboutie.

Sur un diamètre intérieur, les tôles composent une série de dents qui symbolise les pôles du stator tout en laissant un espace torique pour une bobine.

Chaque sous-ensemble représente une phase stator.

Le rotor est un barreau aimanté radialement ayant plusieurs paires de pôles N-S.

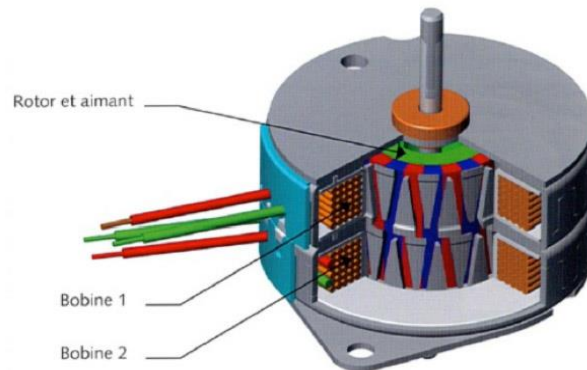


Figure II.8 moteur pas à pas à aimant permanent

B/ Hybride

Le moteur pas à pas « hybride » allie le principe du moteur à réluctance variable à celui du moteur à aimant permanent.

Le rotor du moteur hybride comprend 2 structures régulières de dents.

Ces 2 blocs sont décalés d'une $\frac{1}{2}$ dent l'un par rapport à l'autre et sont fixés de part et d'autre d'un aimant permanent magnétisé axialement.

Le circuit magnétique du stator possède plusieurs pôles constitués de paquets de tôles entourés chacun d'une bobine ; les paquets de tôles se terminant par des dents.

Une phase est constituée de plusieurs dents ; 4 dans la plupart des cas. Tous les pôles de la phase sont décalés de façon à assurer le déphasage de 90° (quadrature).

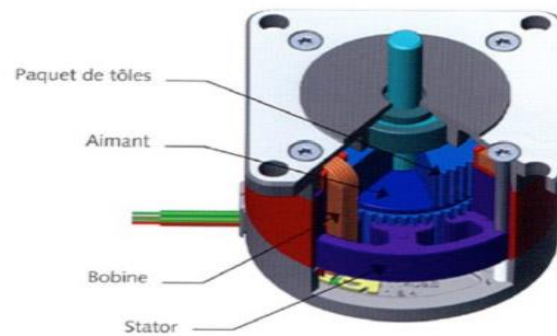


Figure II.9 Vue d'un moteur hybride

C/ Réluctance variable

Le principe de fonctionnement de ce type de moteur pas à pas est proche de celui du moteur hybride, avec une structure dentée au rotor et au stator.

Il n'y a pas d'aimant au rotor pour renforcer l'action du flux et donc pas de couple résiduel sans courant. Ce type de moteur pas à pas n'est presque plus utilisé ni fabriqué.

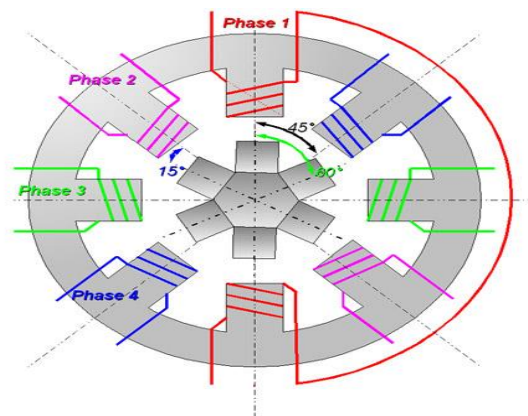


Figure II.9 Vue d'un moteur à réluctance variable

II.3.2.4 Le contacteur

Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos et une seule position de travail.

Il est capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharges en service.

L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance.

Il fait partie de la famille des préactionneurs puisqu'il se trouve avant l'actionneur dans la chaîne des énergies.

Un contacteur peut être actionné à partir des éléments du circuit de commande (Bouton poussoir, Capteur, Etc...)



Figure II.10 Visuels de contacteurs

II.3.2.4.1 Constitution et principe de fonctionnement

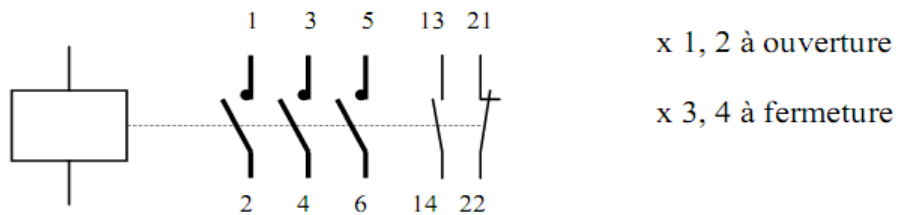
Un contacteur est composé de deux parties:

- Une partie fixe appelée «**armature fixe**»
- Une partie mobile appelée «**armature mobile**».

Le contacteur réalise les fonctions suivantes :

- Commande des récepteurs, le contacteur est capable de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales de fonctionnement du récepteur.
- Protège des chutes de tensions et des coupures de courant : le contacteur est un appareil monostable. En cas de coupure de courant ou de tension, le contacteur s'ouvre et seule une commande volontaire permet de le refermer.
- Protège les récepteurs des surcharges : le contacteur associé à un dispositif de détection (relais thermique) est capable de supporter et d'interrompre des courants de surcharges.

II.3.2.4.2 Symbole



II.3.2.4.3 Pôles ou contacts principaux

Fonction : Ce sont les éléments qui assurent l'établissement et la coupure du circuit de puissance. Ils se composent de

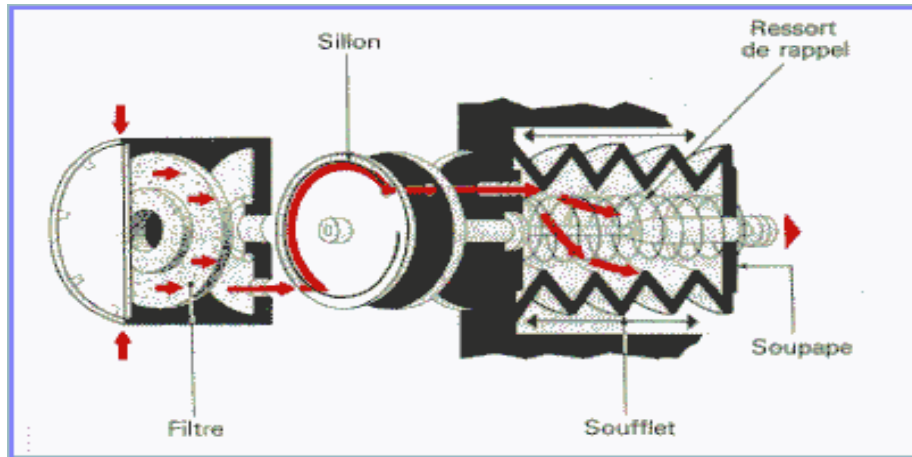
- Pôles de puissance
- Contacts de puissance
- Éléments de liaison électrique

À chaque contact principal est associé un dispositif d'extinction d'arc



II.3.2.4.3 Contacts auxiliaires

Ces contacts s'insèrent dans le circuit de commande, ils sont destinés à assurer l'auto-alimentation, l'asservissement, les verrouillages, la signalisation des contacteurs dans l'équipement. Les contacts auxiliaires sont des contacts à ouverture ou à fermeture (instantanés ou temporisés). Ils sont prévus pour une intensité de 5 à 10A.



II.3.2.4.4 Électroaimant

L'électroaimant est l'élément moteur du contacteur électromagnétique.

A/ Structure de l'électroaimant

Il comprend :

- La bobine
- un circuit magnétique avec une partie fixe (la culasse) et une partie mobile (l'armature).

B/ Technologie de l'électroaimant

Constitution du circuit magnétique

- feuilleté : si la bobine est parcourue par un courant alternatif afin de limiter les pertes par courant de Foucault.
- massif : si la bobine est parcourue par un courant continu

II.4 Couple Et Puissance

A/ Puissance électrique absorbée :

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

U : tension entre deux bornes du moteur

I : courant en ligne

B/ Pertes par effet joule au stator :

$$P_{js} = \frac{3}{2}RI^2$$

R : résistance entre deux bornes du stator

C/ Pertes fer au stator : Elles ne dépendent que de la tension U et de la fréquence f et sont donc constantes si le moteur est couplé au réseau.

D/ Puissance transmise : P_{tr} C'est la puissance que reçoit le rotor

$$P_{tr} = P_a - p_{js} - p_{fs}$$

E/ Couple électromagnétique : Les forces qui s'exercent sur les conducteurs du rotor tournent à la vitesse Ω_s : elles glissent sur le rotor qui, lui, ne tourne qu'à la vitesse Ω .

L'action de l'ensemble des forces électromagnétiques se réduit à un couple électromagnétique résultant de moment T_{em} .

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

F/ Puissance mécanique totale : Le couple électromagnétique de moment T_{em} entraîne le rotor à la vitesse Ω . Il lui communique donc la puissance mécanique totale P_M

$$P_M = T_{em}\Omega$$

Soit

$$P_M = T_{em}\Omega = P_{tr} \frac{\Omega}{\Omega_s} = P_{tr}(1 - g)$$

Cette puissance comprend la puissance utile et les pertes mécaniques.

g : Le glissement est le rapport entre la vitesse du champ et celle du rotor,

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

G/ Pertes par effet joule et pertes dans le fer au rotor

Ces pertes représentent la différence entre P_{tr} et P_M . Elles sont dues aux courants induits. Elles ne sont pas mesurables car le rotor est court-circuité. On les calcule.

Donc :

$$p_{jr} + p_{fr} = P_{tr} - P_M = P_{tr} - P_{tr}(1 - g) = gP_{tr}$$

$$p_{jr} \approx gP_{tr}$$

Les pertes fer du rotor sont négligeables.

H/ Pertes mécaniques : La vitesse de rotation variant peu en marche normale, ces pertes sont pratiquement constantes.

$$p_m = P_u - P_M$$

I/ Pertes collectives : Ces pertes ne dépendent que de U, f et n. Comme ces grandeurs sont généralement constantes, les pertes fer au stator et les pertes mécaniques le sont aussi.

$$p_c = p_{fs} + p_m$$

On définit le couple de perte : $T_p = \frac{p_c}{\Omega_s}$

Le couple de perte est une grandeur constante quelle que soit la vitesse et la charge de la machine.

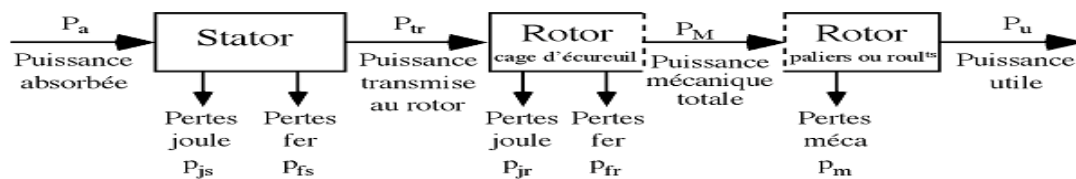
J/ Puissance utile :

Puissance utile : $P_u = P_M - p_m$

Couple utile : $T_u = \frac{P_u}{\Omega}$

Rendement : $\eta = \frac{P_u}{P_a}$

K/ Bilan des puissances :



II.5 Exercices

Exercice 1

- 1) Un élève passe un aspirateur de puissance 1300 W dans sa chambre, pendant 8 minutes. Calculer, en joules, l'énergie transférée à cet appareil pendant la durée du nettoyage. Exprimer ensuite ce résultat en kWh.
- 2) Ce même élève révise son chapitre de sciences physiques pour le prochain contrôle pendant 1 heure et 30 minutes. Pour cela, il s'éclaire avec une lampe de bureau de 60 W. Calculer, en kWh, l'énergie transférée à cette lampe pendant cette révision. Exprimer ensuite ce résultat en joules.

Corrigé

- 1) Un élève passe un aspirateur de puissance 1300 W dans sa chambre, pendant 8 minutes. Calculer, en joules, l'énergie transférée à cet appareil pendant la durée du nettoyage. Exprimer ensuite ce résultat en kWh.

$$8 \text{ minutes} = 8 \times 60 \text{ s} = 480 \text{ s}$$

$$E = P \cdot t = 1300 \cdot 480 = 624\,000 \text{ J}$$

$$E = 624\,000 / 3,6 \times 10^6 \approx 0,17 \text{ kWh}$$

- 2) Ce même élève révise son chapitre de sciences physiques pour le prochain contrôle pendant 1 heure et 30 minutes. Pour cela, il s'éclaire avec une lampe de bureau de 60 W. Calculer, en kWh, l'énergie transférée à cette lampe pendant cette révision. Exprimer ensuite ce résultat en joules.

$$1 \text{ h } 30 \text{ min} = 1,5 \text{ h}$$

$$60 \text{ W} = 0,06 \text{ kW}$$

$$E = P \cdot t = 0,06 \text{ kW} \times 1,5 \text{ h} = 0,09 \text{ kWh}$$

$$E = 0,09 \times 3,6 \times 10^6 = 324\,000 \text{ J}$$

Exercice 2

À quelle vitesse tourne un moteur synchrone alimenté en 50 Hz, équipé de 24 pôles ?

Corrigé

Ce moteur a 12 paires de pôles. Il tourne donc 12 fois plus lentement qu'un moteur à 1 paire de pôles, soit à $n = 3000 / 12 = 250 \text{ r/min}$.

Exercice 3

Soit un moteur asynchrone de 22 kW, dont la vitesse nominale est de 1420 min^{-1} . Son rendement est de 91%, et son facteur de puissance de 0,85. On l'alimente en triphasé 400 V – 50 Hz.

- a) Quel est son glissement à charge nominale ?
b) Quel est son courant nominal ?

Corrigé

- a) Ce moteur a certainement 2 paires de pôles. Sa vitesse synchrone est de 1500 min^{-1} . Le glissement à régime nominal

$$g = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} = \frac{1500 - 1420}{1500} = 5,33\%$$

Nous pouvons aussi exprimer ce glissement en tr/min :

$$g = \Omega_s - \Omega = 1500 - 1420 = 80 \text{ tr/min}$$

- b) La puissance nominale de 22 kW est la puissance disponible à l'arbre. La puissance électrique nominale

$$P_{elec-nom} = \frac{P_{nom}}{\eta} = \frac{22000}{0,91} = 24176 \text{ W}$$

Son courant de phase vaut donc :

$$I_{nom} = \frac{P_{ele-nom}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{24176}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 41.05A$$

II.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons possède des connaissances générales sur les convertisseurs électromécaniques et nous avons définit la conversion électromécaniques et présentes différents types et fonction électromécanique.