

Conversion électromécanique



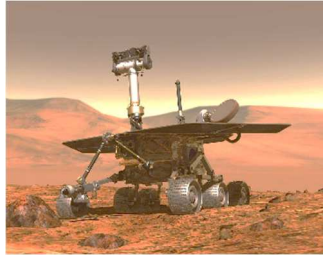
1	CONVERSION ELECTRO-MECANIQUE	2
2	DIMENSIONNEMENT EN PUISSANCE	3
2.1	RAPPELS	3
2.2	NOTIONS DE DYNAMIQUE	3
2.3	QUADRANTS DE FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR	4
3	TECHNOLOGIES DES MOTEURS	6
3.1	DEFINITIONS :	6
3.2	MOTEUR A COURANT CONTINU	6
3.3	MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE	6
3.4	MOTEUR ASYNCHRONE MONOPHASE	7
3.5	MOTEUR SYNCHRONE / BRUSHLESS	7
3.6	MOTEUR PAS A PAS	8
3.7	MOTEURS UNIVERSELS	8
3.8	SERVOMOTEURS	8
3.9	AUTRES TYPES DE MOTEURS	9
4	CHOIX DU CONVERTISSEUR D'ENERGIE :	9

1 CONVERSION ELECTRO-MECANIQUE

La conversion électromécanique peut avoir lieu dans les 2 sens et comme dans toute conversion il y a des pertes.

Électrique → Mécanique :

Rendement :



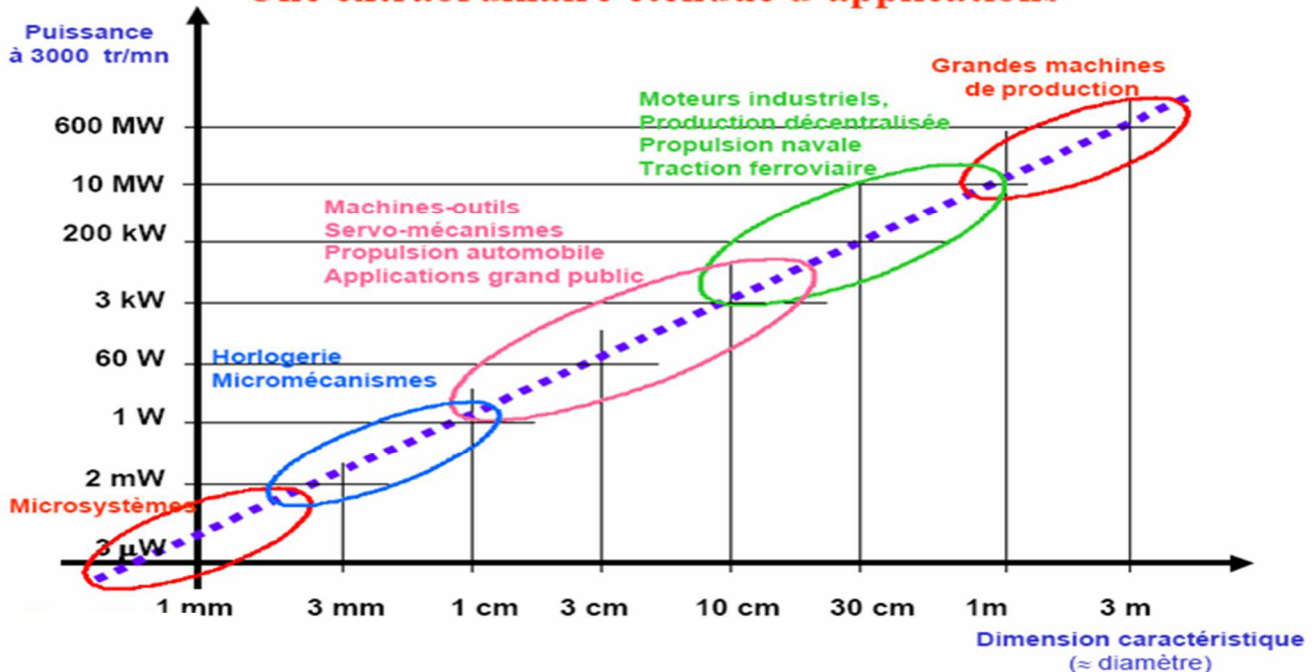
Mécanique → Électrique

Rendement :



Les moteurs électriques sont de nos jours, à l'exception des dispositifs d'éclairage, les récepteurs les plus nombreux dans les industries et les installations tertiaires. Leur fonction, de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique, leur donne une importance économique toute particulière qui fait qu'aucun concepteur d'installation ou de machine, aucun installateur et aucun exploitant ne peut les ignorer.

Une extraordinaire étendue d'applications



2 DIMENSIONNEMENT EN PUISSANCE

2.1 Rappels

Puissance en translation :

Puissance en rotation :

Le **couple moteur** est un effort de rotation appliqué à un axe, qui doit son appellation à la façon dont l'action s'obtient : un bras qui tire, un bras qui pousse, selon deux forces égales et opposées. Un **couple** élevé permet une grande puissance au démarrage d'une machine ou d'un outil électrique. C'est donc une résultante de forces qui tend à faire tourner un système physique. Sur un moteur ces forces résultent de l'interaction de champs magnétiques créés par les bobinages ou les aimants.



exemples :

- lorsqu'un cycliste pédale, s'il appuie davantage sur les pédales pour accélérer ou monter une côte, il développe davantage de couple.
- Pour visser une grosse vis, il est parfois nécessaire d'utiliser un tourne vis électrique si la force de la main ne suffit pas. Le tourne vis électrique fournit alors un couple supérieur à celui de la main. Il peut exister un couple à vitesse nulle (le tourne vis électrique ne parvient pas à faire tourner la vis qui reste bloquée).

Souvent le moteur (fonction convertir) est accouplé à un **réducteur** (fonction adapter). Le réducteur permet de réduire les vitesses et d'augmenter le couple d'un rapport K. Ceci permet d'obtenir un couple important en basse vitesse en sortie du réducteur et d'avoir un moteur qui tourne vite et si possible à une vitesse proche de sa vitesse nominale, ce qui permet d'être dans une plage d'utilisation où son rendement sera correct.

On peut dimensionner un moto-réducteur

- soit pour fournir de l'énergie mécanique (par exemple projet de robots),
- soit pour fournir de l'énergie électrique (par exemple projet de récupération d'énergie pour recharger une batterie)

2.2 Notions de dynamique

Le principe fondamental de la dynamique nous donne :
$$\sum C = (C_m - C_r) = C_{acc} = J \frac{d\Omega}{dt}$$

Le couple moteur C_m doit donc d'abord vaincre le couple résistant C_r (du par exemple aux frottements...) mais aussi lui être supérieur afin de pouvoir démarrer et donc accélérer ! Le terme $d\Omega/dt$ est l'accélération angulaire en rad.s^{-2}

Il faut donc dans le cadre du dimensionnement tenir compte de l'accélération nécessaire... qui va entraîner un dimensionnement en puissance plus important.

Si plusieurs moteurs interviennent (comme sur un petit robot) il faudra bien sûr diviser par le nombre de moteurs pour trouver la puissance d'un seul moteur pour le choix.

Exemple du cycliste sur une pente constante : s'il pédale plus fort, $C_m > C_r$ et donc $C_{acc} > 0$ et on accélère !

Le couple résistant peut être de différentes formes en fonction de la charge :

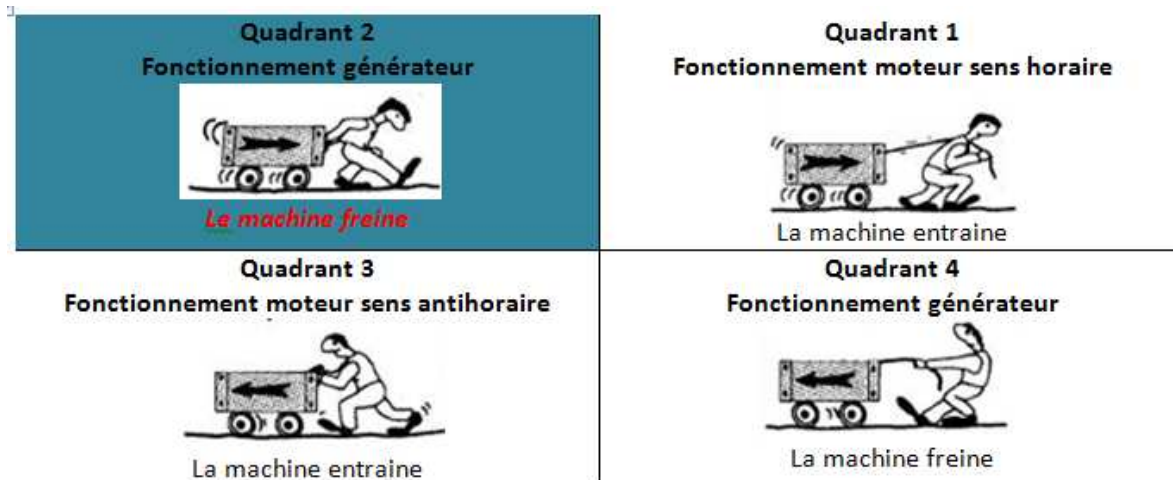
- Constant (levage, laminoir, convoyeur...) $C_r = C_{r_0}$
- Quadratique (ventilateurs, pompes centrifuges...) $C_r = a \cdot N^2$
- Hyperbolique (systèmes à puissance constante : enrouleur dérouleur...)
- Linéaire (vis d'Archimède, certaines pompes volumétriques...)
- Ou autre...



2.3 Quadrants de fonctionnement d'un moteur

Un moteur peut fonctionner soit en moteur, soit en générateur pour récupérer de l'énergie (cinétique par exemple). De plus un moteur peut fonctionner dans les 2 sens de rotation.

On définit ainsi 4 quadrants de fonctionnement pour un moteur, quelle que soit la technologie employée.

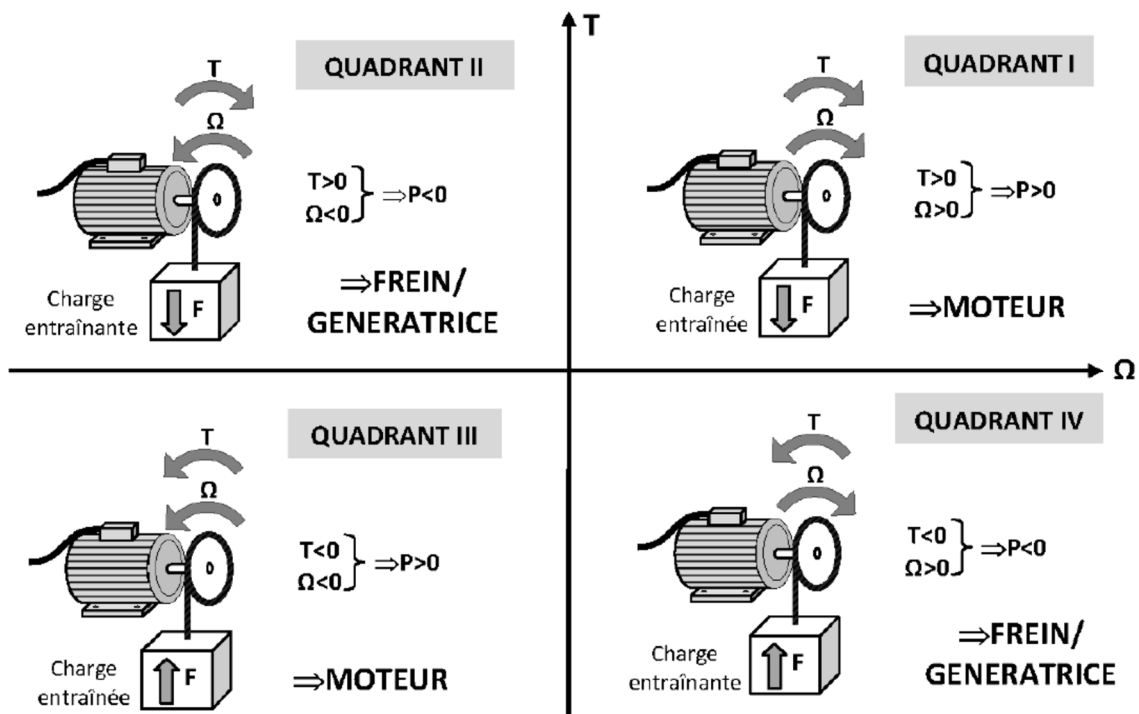


Couple

On a donc :

- 2 quadrants moteurs pour le fonctionnement de la machine : 1 et 3
- 2 quadrants freins (ou génératrice) : 2 et 4

Pour être en fonctionnement génératrice, c'est la charge qui entraîne la machine.



Exemple d'une cabine d'ascenseur :



Exemple d'un convoyeur dans une carrière :



Quand on parle de réversibilité et de récupération d'énergie, il faut donc que ce soit la charge qui entraîne le moteur afin que celui-ci génère de l'énergie électrique. **Il faudra aussi que le modulateur d'énergie soit réversible électriquement** pour pouvoir par exemple renvoyer de l'énergie vers le réseau ou bien vers une batterie.

3 TECHNOLOGIES DES MOTEURS

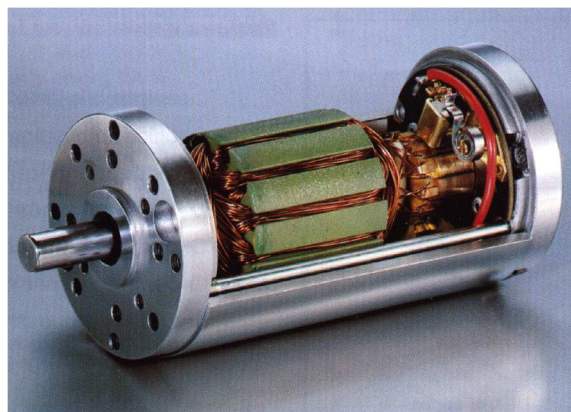
3.1 Définitions :

Les différents moteurs fonctionnent tous sur le même principe : l'interaction de deux champs magnétiques qui peuvent être créés par des aimants ou des électro-aimants (bobines) à l'origine de forces créant un couple et permettant la rotation. Les deux champs magnétiques sont dus à l'**inducteur** et à l'**induit**.

Le moteur est séparé en deux parties : **stator** et **rotor**. Habituellement, le rotor est sur l'axe de rotation et le stator relié au bâti, mais parfois le rotor peut être extérieur.



3.2 Moteur à courant continu



Les moteurs à courant continu à excitation séparée sont encore quelquefois utilisés pour l'entraînement à vitesse variable des machines. Très faciles à miniaturiser, ils s'imposent dans les très faibles puissances et les faibles tensions. Ils se prêtent également fort bien, jusqu'à des puissances importantes (plusieurs mégawatts), à la variation de vitesse avec des technologies électroniques simples et peu onéreuses pour des performances élevées.

Leur vitesse de rotation nominale, indépendante de la fréquence du réseau, est aisément adaptable par construction à toutes les applications. Ils sont en revanche moins robustes que les moteurs asynchrones et plus chers, tant en coût matériel qu'en maintenance, car ils nécessitent un entretien régulier du collecteur et des balais.

Sur ce type de moteur, la vitesse est liée à la tension d'alimentation au niveau de l'induit (bobinage au rotor). L'inducteur (au stator) est constitué d'aimants permanents ou de bobinages.

Le couple est proportionnel au courant absorbé par l'induit. On peut donc régler indépendamment vitesse et couple.

3.3 Moteur asynchrone triphasé

Les moteurs asynchrones triphasés sont les plus utilisés pour l'entraînement des machines. Ces moteurs s'imposent en effet dans un grand nombre d'applications en raison des avantages qu'ils présentent : normalisés, ils sont robustes, simples d'entretien, faciles à mettre en œuvre et de faible coût.





Les bobinages inducteurs alimentés en triphasé sont placés au stator et génèrent un champ magnétique tournant.



Le rotor (souvent à cage) est l'induit et tourne à une vitesse légèrement inférieure à celle du champ tournant statorique (on parle de glissement) d'où le nom de moteur asynchrone.

La vitesse dépend de la fréquence d'alimentation des grandeurs triphasées.

Le couple dépend de la fréquence et de la valeur des tensions. Pour maîtriser la variation de vitesse de ce type de moteur, il faudra utiliser un dispositif électronique appelé variateur de vitesse.

3.4 Moteur asynchrone monophasé

Le moteur asynchrone monophasé, bien que moins utilisé dans l'industrie que son homologue triphasé, représente néanmoins une part d'applications non négligeable dans les petites puissances (par exemple en électroménager) et dans les applications du bâtiment qui utilisent le réseau monophasé 230 V . A puissance égale, il est plus volumineux qu'un moteur triphasé. Par ailleurs, son rendement et son facteur de puissance sont beaucoup plus faibles que dans le cas du triphasé et ils varient considérablement en fonction d'une part de la puissance, d'autre part du constructeur.

Pour le démarrage, on utilise la plupart du temps soit une bague de déphasage, soit un condensateur de démarrage (circulateur, pompe piscine, hotte aspirante...)

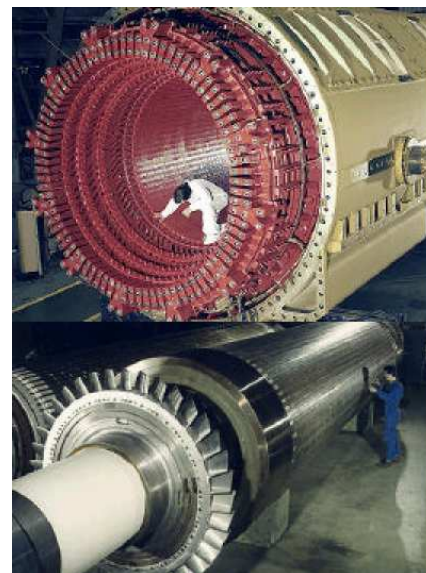


3.5 Moteur synchrone / brushless

Le moteur synchrone utilisé en production d'énergie est appelé alternateur.

Le moteur synchrone se compose, comme le moteur asynchrone, d'un stator et d'un rotor séparés par l'entrefer.

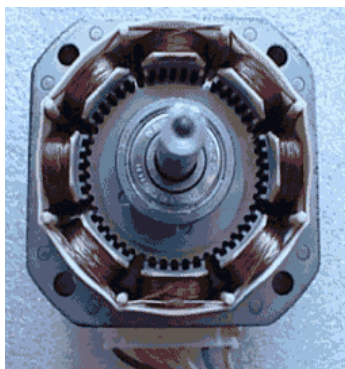
Au stator on trouve les bobinages inducteurs (comme dans la machine asynchrone) mais au rotor, on retrouve des aimants en moyenne puissance ou un enroulement placé dans le rotor pour les fortes puissances.



La vitesse dépend de la fréquence des grandeurs triphasées et le couple dépend d'un angle entre les champs magnétiques et de la valeur du courant absorbé.

Ce type de moteur nécessite souvent une électronique de contrôle afin de pouvoir faire varier la vitesse en fonction des besoins de l'application.

3.6 Moteur pas à pas



Le moteur pas à pas est un moteur qui tourne en fonction des impulsions électriques alimentant ses bobinages et font un pas par impulsion.

Les moteurs pas à pas peuvent être à réluctance variable, à aimants ou une combinaison des deux. L'angle de rotation minimal entre deux modifications des impulsions électriques s'appelle un pas. On caractérise un moteur par le nombre de pas par tour (c'est-à-dire pour 360°). Les valeurs courantes sont 48, 100 ou 200 pas par tour.



Ils sont utilisés dans les pendules, les montres, les imprimantes, les rasoirs électriques...

3.7 Moteurs universels

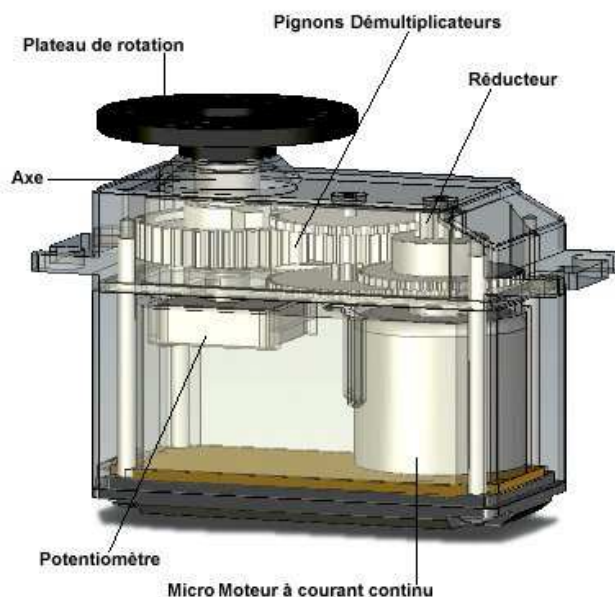
Un moteur universel est un moteur à courant continu dont l'induit et l'inducteur séparés sont branchés en série. Ainsi même en alternatif, le sens de rotation reste le même mais le rendement de ce type de moteur est mauvais. Il est dit universel puisqu'il fonctionne quelle que soit la fréquence d'entrée étant donné que c'est en fait un MCC. Son intérêt est d'avoir un couple très important à basse vitesse et qui diminue ensuite.



On observe dans ce type de moteur des étincelles au niveau du collecteur (perceuse, aspirateur, moteur d'essorage de machine à laver...)



3.8 Servomoteurs



Eric G

Un servomoteur est composé :

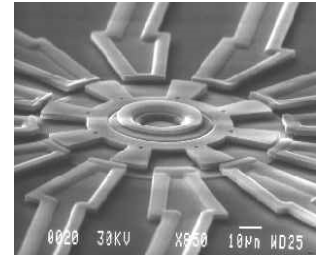
- d'un moteur alimenté en continu
- d'un axe de rotation
- un capteur de position de l'angle d'orientation de l'axe (très souvent un potentiomètre)
- une carte électronique interne pour le contrôle de la position de l'axe et le pilotage du moteur

Il y a donc 3 fils : 2 pour l'alimentation et 1 pour la commande.

Les servomoteurs sont répandus pour les vannes industrielles et le modélisme.

3.9 Autres types de moteurs

Il existe aussi d'autres types de moteurs utilisant des phénomènes électrostatiques ou piézoélectriques à la place des phénomènes électromagnétiques.



4 CHOIX DU CONVERTISSEUR D'ENERGIE :

Le choix dépend de différents critères :

- Type d'application envisagée
- Prix
- Type de source de tension (AC ou DC)
- Puissance massique (notamment si système embarqué)
- Simplicité de la commande
- Puissance nécessaire
- Couple et vitesse nécessaires