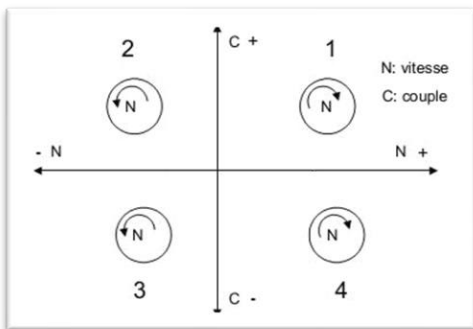
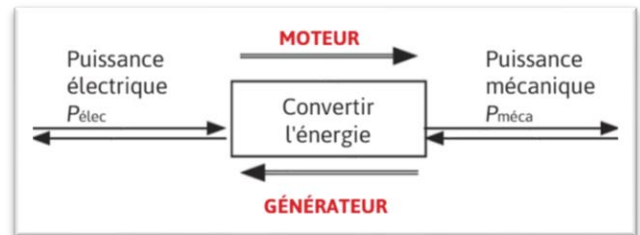


## Conversions énergétiques : électrique – mécanique

Le fonctionnement d'une machine est différent selon le sens de transformation de l'énergie :

- **Les moteurs** convertissent de l'énergie électrique en énergie mécanique. Ils sont utilisés dans les domaines de l'habitat, de l'industrie, de l'horlogerie, de l'informatique, etc.
- **Les générateurs** convertissent de l'énergie mécanique en énergie électrique. Ils sont utilisés pour la production d'énergie électrique de type nucléaire, éolien, hydraulique, etc.



Les machines électriques sont réversibles. Elles peuvent fonctionner en moteur ou en générateur. Pour connaître leur mode d'utilisation, on utilise le schéma des 4 quadrants de fonctionnement :

- **Fonctionnement moteur** : quadrants 1 et 3 (le moteur fournit un couple).
- **Fonctionnement générateur (frein)** : quadrants 2 et 4 (le générateur reçoit un couple).

### Fonctionnement moteur

Quand la machine fonctionne en moteur, la puissance utile est la puissance mécanique, et la puissance absorbée est la puissance électrique.

Afin de choisir un moteur, les principaux critères de choix sont :

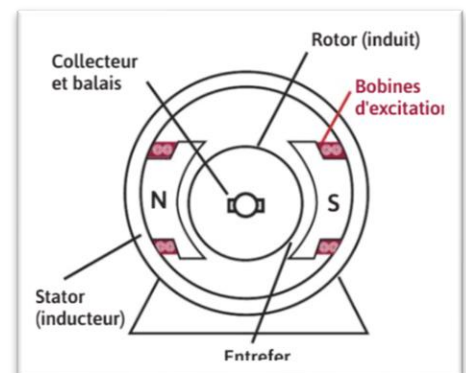
- Le couple ( $N \cdot m$ ) ;
- La vitesse angulaire ( $rad \cdot s^{-1}$ ) ;
- La puissance utile  $P_u$  (W).

Grâce à ces données caractéristiques, on peut anticiper la nature de la tension d'alimentation à fournir pour faire varier la vitesse du moteur.

### Le moteur à courant continu

La machine à courant continu (MCC) se compose d'un circuit magnétique comportant une partie fixe et une partie tournante, séparées par un espace appelé entrefer.

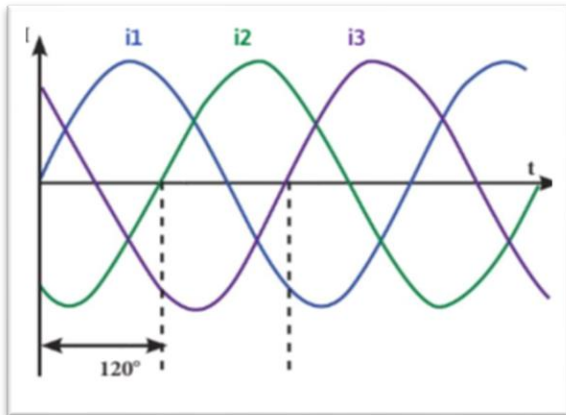
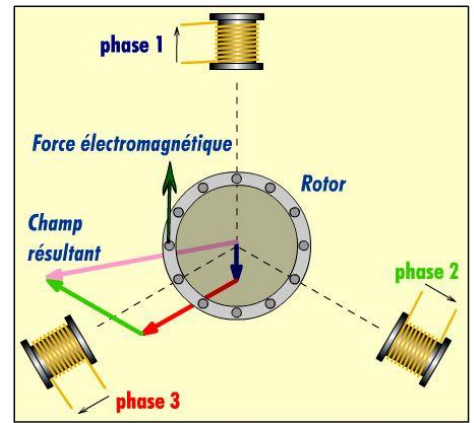
La partie fixe (stator ou inducteur) est constituée d'un bobinage ou d'aimants permanents. Elle fournit le champ magnétique en créant un pôle nord et un pôle sud. La partie tournante (rotor ou induit) subit les effets de ce champ magnétique. Le collecteur et les balais (dans le cas d'un rotor bobiné) assurent le contact entre le rotor tournant et son alimentation.



Dans une MCC, le couple est proportionnel à la vitesse. Pour faire varier la vitesse, il faut faire varier la tension d'alimentation.

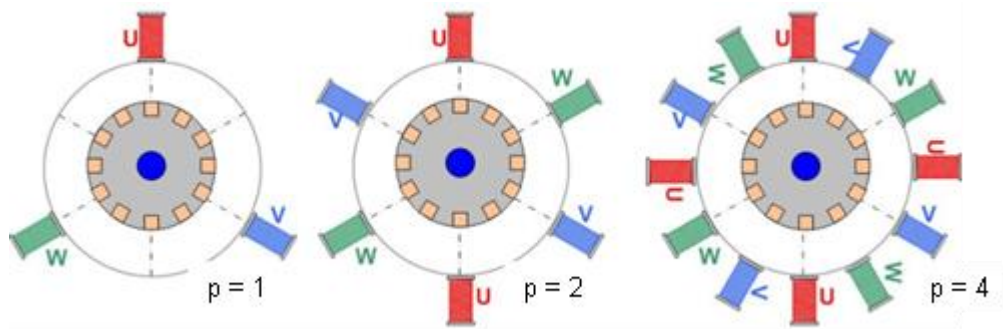
## Le moteur asynchrone

Comme la machine à courant continu, la machine asynchrone (MAS) est constituée d'un rotor et d'un stator. Le stator (l'inducteur) est constitué de trois courants alternatifs triphasés et possède  $p$  paires de pôles. Les trois enroulements (bobines) sont décalés dans l'espace de  $120^\circ$  d'angle et les courants correspondants sont décalés dans le temps d'un tiers de phase. Ce décalage entraîne l'apparition d'un champ magnétique tournant au stator.



Dans une MAS, le couple n'est pas proportionnel à la vitesse. Pour faire varier la vitesse, il faut faire varier la fréquence de la tension d'alimentation.

On peut rajouter des bobines par phase sur le stator. Pour une phase, une bobine crée un champ magnétique variable qui dispose d'un pôle nord et d'un pôle sud. S'il y a deux bobines il y a 4 pôles soit 2 paires de pôles par phases (noté  $p$ ).



Le champ magnétique tourne avec une vitesse de rotation :  $n_s = \frac{f}{p}$

$f$  la fréquence du signal triphasé en Hz ( $s^{-1}$ ).

$p$  le nombre de paire de pôle.

$n_s$  sera donc en tr/s.

## Le moteur synchrone

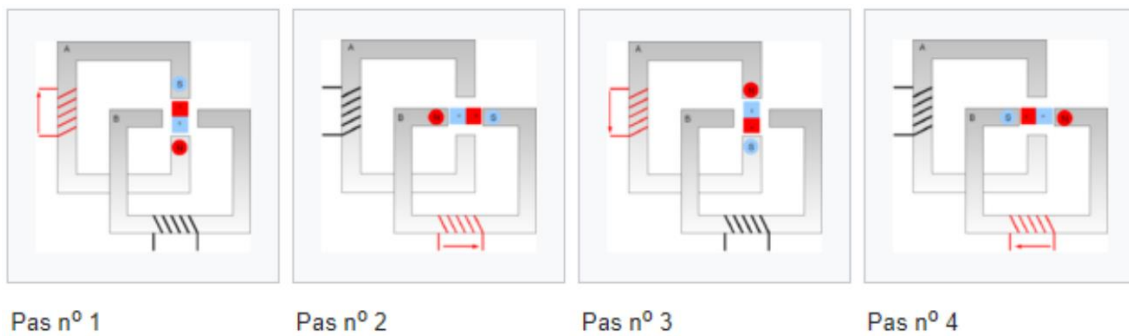
Comme la machine asynchrone, la machine synchrone (MS) possède un stator. La vitesse de synchronisme du champ tournant dépend du nombre de paires de pôles :  $\omega_s = \frac{\omega_e}{p}$ .

A la différence d'une machine asynchrone, le rotor d'une MS tourne à la même vitesse que le champ magnétique (d'où le terme « synchrone »). Aujourd'hui peu utilisés seuls, les moteurs synchrones sont souvent associés à un système électronique pour palier le problème de variation de vitesse.

## Le moteur pas à pas

Le moteur pas à pas est un moteur qui tourne en fonction des impulsions électriques reçues dans ses bobinages. 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.

L'intérêt de ce moteur est d'avoir un positionnement angulaire précis. On les retrouve dans les imprimantes 3D, les scanners, les disques durs, ...)



## Autres moteurs

Les moteurs présentés dans les paragraphes précédents constituent la base de la théorie de la transformation électrique/mécanique, mais ne sont pas les plus répandus. En pratique, on utilise des moteurs plus complexes, dérivés des moteurs de base présentés

	Type de machine	Exemples d'utilisation
Machines asynchrones monophasées	Machines à bague de déphasage	Ventilateurs, pompes, équipements électro-ménagers
	Machines à condensateur de déphasage	
Machines à collecteur mécanique	À aimants permanents	Jouets, appareils de photo, équipements électro-ménagers sans fil
	À excitation bobinée (moteurs universels)	
Machines synchrones	À excitation séparée	Groupes électrogènes, alternateurs automobiles
	À aimants permanents	Programmateurs et horloges électro-mécaniques, pompes de vidange, presse-fruits
	Pas-à-pas à aimants	Horlogerie
	À bobine mobile	Disques durs
	Autopilotées	Ventilateurs <i>brushless</i> , lecteurs de CD-ROM
Machines à réluctance variable		Rasoirs électriques

## Fonctionnement générateur

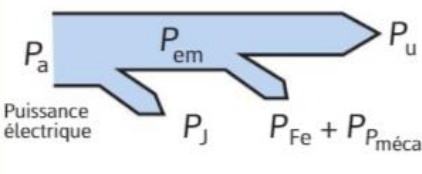
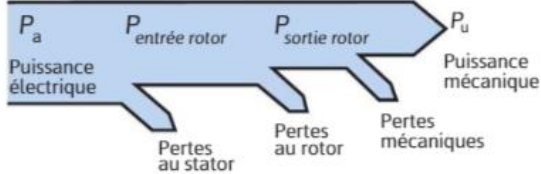
Quand la machine fonctionne en générateur, la puissance utile est la puissance électrique et la puissance absorbée est la puissance mécanique.

Quand une MCC est utilisée en générateur, on parle de dynamo. L'utilisation de la MCC en générateur est actuellement en plein développement dans le cas des micro-éoliennes.

Quand une machine à courant alternatif est utilisée en générateur, on parle de génératrice synchrone (pour les MS) ou d'alternateur (pour les MAS).

## Bilan de puissance

Le fonctionnement des machines électriques implique des pertes d'énergie. Elles peuvent être électriques (pertes Joule – dues à un échauffement du matériel – et pertes Fer – dues à un courant induit dans les parties métalliques) ou mécaniques (dues aux frottements).

	Moteur à courant continu à aimants permanents	Moteur à courant alternatif triphasé
Puissance absorbée ( $P_a$ )	$P_a = U \cdot I$	$P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$
Puissance utile ( $P_u$ )	$P_u = C_u \cdot \omega$	
Pertes Fer ( $P_{Fe}$ )	Elles sont dues aux courants induits dans le fer de la machine Elles dépendent du champ magnétique et de la vitesse	
Pertes Joule ( $P_J$ )	Elles sont dues à l'échauffement des câbles électriques Elles dépendent de l'intensité du courant électrique	
	$P_J = r \cdot I^2$	Les pertes Joule au stator dépendent du couplage de la machine
Pertes mécaniques ( $P_{P_{méca}}$ )	Elles sont dues aux frottements des pièces en mouvement	
Bilan de puissance		

$\phi$  : déphasage temporel entre  $U$  et  $I$  ;  $C_u$  : couple utile de la machine ;  $r$  : résistance de l'induit.

## Synthèse

Avantages	Inconvénients	Utilisation
<b>Machine à courant continu</b>		
Variation de vitesse simple	Maintenance importante à cause de l'usure des balais	Moteurs de petites puissances Démarreurs des moteurs à explosion
<b>Machine asynchrone</b>		
Appareillage simple Couple important Faible temps de démarrage	Fort courant de démarrage Démarrage brutal	Moteurs de petites puissances Systèmes à démarrage non progressif Systèmes ayant un besoin de grand couple au démarrage
<b>Machine synchrone</b>		
Puissances élevées possibles Vitesse constante Bon rendement	Risque de décrochage en cas de couple important Besoin d'une 2 <sup>e</sup> source pour l'excitation	Alternateurs : centrales hydroélectriques, éoliennes, centrales thermiques, etc. Moteurs sans balais ( <i>brushless</i> )