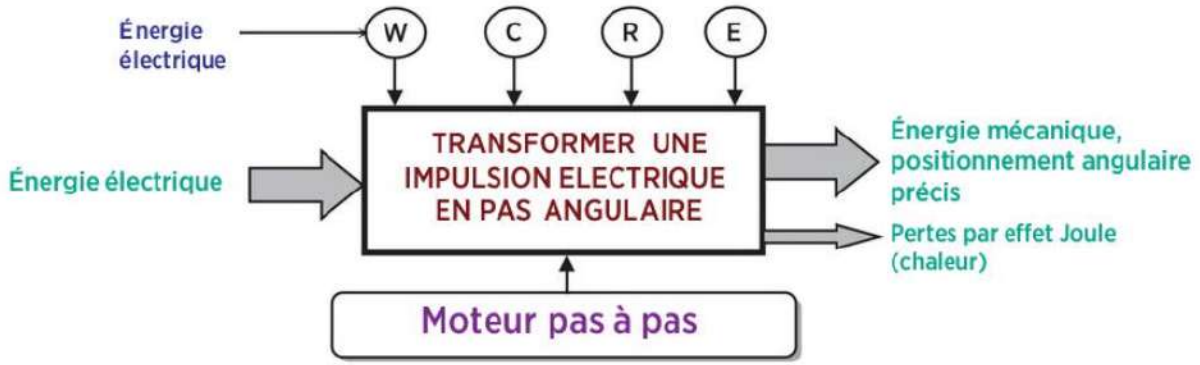
CE

14. Le moteur pas à pas



Fonction globale



Ce type de moteur permet de réaliser du **contrôle de vitesse** ou **de position** en boucle ouverte, principalement dans les systèmes de positionnement et d'indexation (exemples : imprimantes, scanners, photocopieurs, robotique, instrumentation, système de positionnement sur machine industrielle et machine-outil...).

Principaux types

➡ **Moteur pas à pas à aimant permanent**

Moteur pas à pas le plus courant. Couple moteur important, mais précision faible (de 24 à 48 pas par tour soit 15 à 7,5° par pas) et une fréquence de rotation maximale faible (600 pas par seconde). La commande de ces moteurs nécessite de contrôler le sens du courant dans chaque bobine. Faible coût de revient.

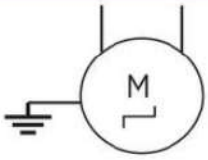
➡ **Moteur pas à pas à réluctance variable**

À caractéristiques électriques identiques, un tel moteur est moins puissant mais plus rapide que les moteurs à aimants permanents. Ces moteurs n'ont pas de couple de maintien si aucune bobine n'est alimentée.

➡ **Moteur pas à pas hybride**

Grande précision, de 100 à 200 pas par tour (soit 3,6 à 1,8° par pas) et une fréquence de rotation maximale élevée : 10 000 pas par seconde. Nécessite un rotor polarisé pour imposer le sens de rotation à chaque commutation.

Symbole



Exemples



Moteur pas à pas ***MDP***



Moteur pas à pas ***Norelem NEMA17***



Servomoteur ***Omron***

Constitution

Tout comme les autres moteurs (*voir moteur asynchrone triphasé Fiche CE-12 et moteur asynchrone monophasé Fiche CE-13*), le **moteur pas à pas** est constitué d'un **rotor** (partie mobile en rotation) et d'un **stator** (partie fixe).

Suivant le type de moteur, le rotor, monté sur un axe, est constitué :

- d'un aimant permanent pour le moteur du même nom ;
- de fer doux pour celui à réluctance variable ;
- des 2 pour le moteur PAP hybride.



Le stator, élément fixe du moteur, contient un nombre variable de bobines suivant son type. Le nombre de pas par tour dépendra, entre autres, du nombre de bobines.



Principe de fonctionnement

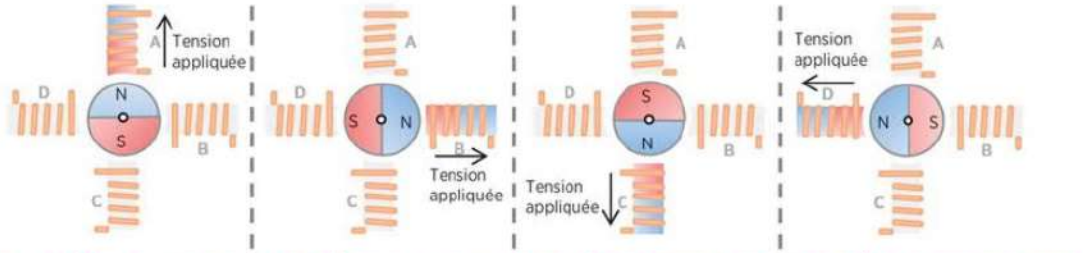
Quel que soit le type de moteur pas à pas, on positionne le rotor en modifiant la direction d'un champ magnétique créé par les bobinages du stator.

Les bobinages nécessitent un circuit de commande qui comporte une partie logique et une commande de puissance. La partie logique détermine pour chaque pas quelles sont les bobines alimentées et le sens de rotation. La fréquence de l'horloge du circuit logique détermine la vitesse de rotation.

Explication « simplifiée » d'un moteur pas à pas à aimant permanent

Considérons un moteur avec seulement un aimant et une résolution d'1/4 de tour par pas.

➡ En mode « pas entier » : 4 pas par tour



Pas 1 /4: le champ magnétique de la bobine **A** sous tension attire l'aimant du rotor.

Pas 2 /4: c'est au tour de la bobine **B** d'être sous tension. Le rotor attiré effectue ¼ de tour.

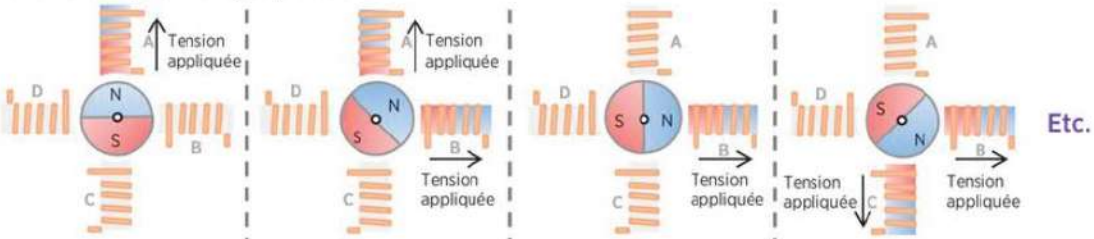
Pas 3 /4: la bobine **C** est ensuite mise sous tension. Le rotor attiré effectue ¼ de tour.

Pas 4 /4: dernier pas durant lequel la bobine **D** est alimentée. Le rotor effectue le dernier ¼ de tour.

Pour obtenir la rotation du moteur, les instructions d'activation des électro-aimants doivent être exécutées par le programme de commande dans l'ordre suivant :

- « **A** », « **B** », « **C** » et « **D** » pour une rotation dans le **sens horaire** ;
- « **A** », « **D** », « **C** » et « **B** » pour une rotation en **sens anti-horaire**.

➡ En mode « demi-pas » : 8 pas par tour



Pas 1/ 8 : le champ magnétique de la bobine **A** sous tension attire l'aimant du rotor.

Pas 2/8 : les bobines **A** et **B** sont sous tension. Le rotor effectue 1/8e de tour et se positionne entre les deux.

Pas 3/8 : seule la bobine **B** reste sous tension. Le rotor effectue 1/8e de tour supplémentaire.

Pas 4/8 : les bobines **B** et **C** sont alimentées. Le rotor effectue une nouvelle fois 1/8e de tour.

Les instructions d'activation des électro-aimants pour obtenir la rotation sont alors les suivantes :

- « **A** », « **A+B** », « **B** », « **B+C** », « **C** », « **C+D** », « **D** » et « **D+A** » pour une rotation dans le **sens horaire** ;
- « **A** », « **A+D** », « **D** », « **D+C** », « **C** », « **C+B** », « **B** » et « **B+A** » pour une rotation en **sens anti-horaire**.

Principales caractéristiques

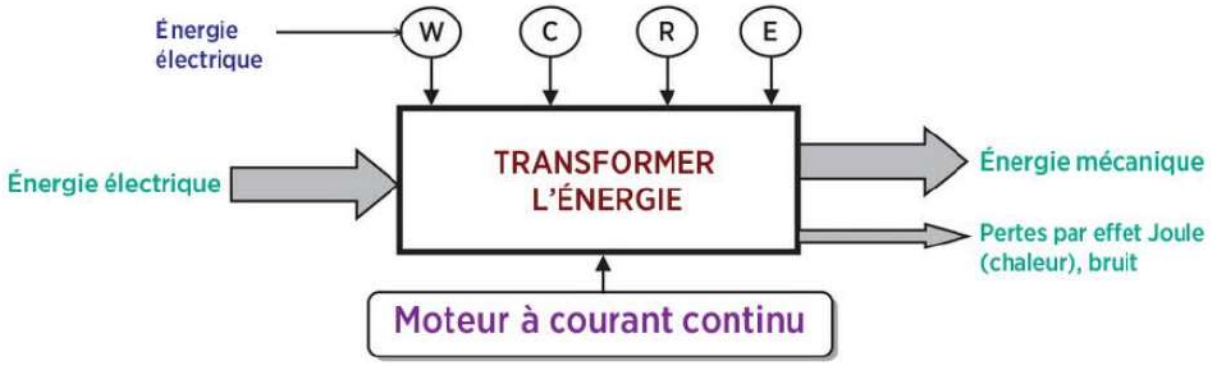
- **Tension** de commande en Volt (V).
- **Fréquence de rotation** maximale en tours par minutes (tr/min).
- **Nombre de pas par tour** / angle de pas.
- **Intensité nominale** en Ampère (A).
- **Puissance** en Watt (W).

CE

15. Le moteur à cour ant continu



Fonction globale



Principaux types

➡ **Moteur à courant continu à aimants permanents**

Moteur de faible puissance (de 60 W à 3 kW) pour des applications à base de servomécanismes, généralement associé à des variateurs électroniques.

➡ **Moteur à courant continu, à inducteur bobiné, à excitation indépendante**

Machine à vitesse réglable par tension, indépendamment de la charge. Grande étendue de vitesse si associée à un hacheur (convertisseur statique). Couple important à faible vitesse (exemples d'utilisation : machines-outils, levage).

➡ **Moteur à courant continu, à inducteur bobiné, à excitation parallèle (machine shunt)**

Bonne stabilité de la vitesse malgré la charge, couple de démarrage moyen (exemples d'utilisation : machines-outils ou systèmes à vitesse contrôlée).

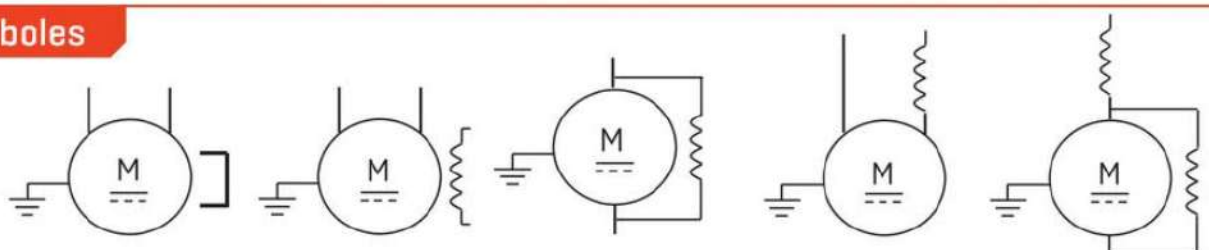
➡ **Moteur à courant continu, à inducteur bobiné, à excitation série**

Moteur à fort couple de démarrage et accélération rapide, qui supporte facilement des surcharges temporaires. Inconvénient : la vitesse du moteur série varie avec la charge. De plus, il ne doit jamais fonctionner sans charge. (exemples d'utilisation : engins de levage, ponts roulants...).

➡ **Moteur à courant continu, à inducteur bobiné, à excitation composée (machine compound)**

On distingue les moteurs *composés cumulatifs* et les moteurs *composés différentiels*, aux caractéristiques différentes (exemples d'utilisation : compresseurs, pompes centrifuges à tête variable, ascenseurs, scies circulaires, presses rotatives...).

Symboles



Moteur à aimants permanents — *Moteur à excitation indépendante* — *Moteur à excitation parallèle* — *Moteur à excitation série* — *Moteur à excitation composée*

Exemples



Moteur à aimants permanents
Engel Série GNM



Moteur à courant continu
ABB type DMI

Moteur à courant continu
Leroy Somer LSK



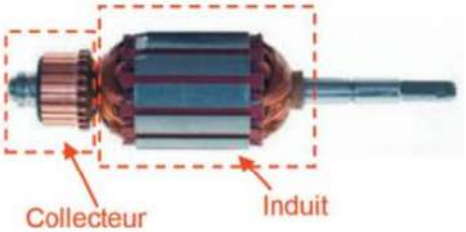
Constitution



La machine à courant continu est constituée de trois éléments principaux :

- L'**inducteur** ou circuit d'excitation, composé d'un aimant ou électroaimant (bobine parcourue par un courant). Il se trouve dans la partie fixe du moteur appelée **stator**.

  Son rôle est de créer le **champ magnétique « inducteur »** ou **« statorique »**.



- L'**induit** ou circuit de puissance, constituant la partie mobile du moteur appelée **rotor**, composé de tôles isolées entre elles, et sur lesquelles sont répartis les conducteurs.

  Parcourus par le **courant d'induit**, ils créent le champ magnétique **« rotorique »**.

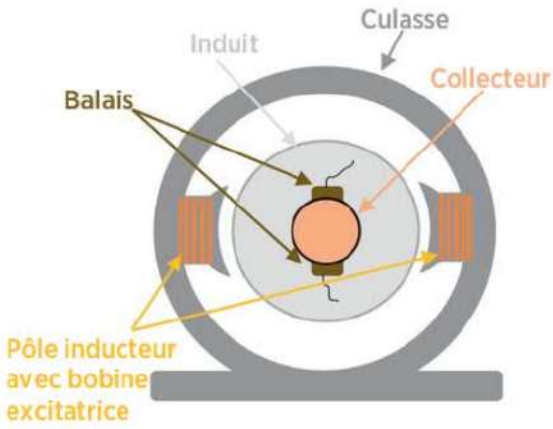
- Le dispositif **collecteur / balais** qui permet de faire circuler le courant dans l'induit.



Le **collecteur** est fixé à l'induit et est composé de lames de cuivre où sont reliées les extrémités du bobinage du rotor.

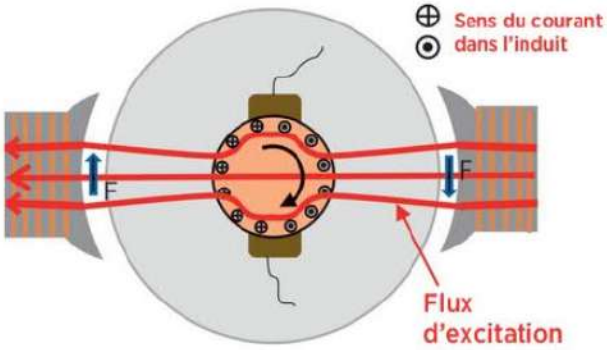
Les **balais** en graphite (encore appelés **charbons**) sont fixés au stator et frottent sur le collecteur en rotation pour alimenter l'induit.

Principe de f onctionnement



L'alimentation en courant continu du bobinage de l'**inducteur** du moteur (ou l'aimant permanent dans le cas du moteur du même nom), crée un champ magnétique statorique (**flux d'excitation**) de direction Nord-Sud.

Capable de tourner sur un axe, l'**induit** (rotor) sur lequel sont montés des enroulements raccordés à un **collecteur** placé en bout d'arbre, est placé dans le champ magnétique. Les conducteurs raccordés au collecteur sont alimentés en courant continu grâce aux **balais** frotteurs.



D'après la loi de Laplace : « tout conducteur parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force ».

Les conducteurs de l'induit, placés de part et d'autre de l'axe des balais (ligne neutre), sont soumis à des forces F égales mais de sens opposés créant ainsi un couple moteur : **le rotor se met à tourner**.

Principales car actéristique

- **Tension** d'alimentation en Volt (V).
- **Fréquence de rotation** en tours par minutes (tr/min).
- **Puissance** en kilowatt (kW).
- **Intensité nominale** en Ampère (A).
- **Couple** maximal en newton.mètre (N.m).

Maintenance

Les balais étant des **pièces d'usure**, ils nécessitent un contrôle fréquent ainsi que leur remplacement avant d'atteindre le repère d'usure. Les balais neufs imposent souvent un rodage.

Le graphite des balais, en s'usant, libère une poussière qui implique, pour le bon fonctionnement et la durabilité du moteur à courant continu, un entretien régulier, soigneux et souvent coûteux.

Le collecteur peut être rectifié si besoin, souvent suite à la détérioration engendrée par des balais usés.

Les roulements doivent bénéficier d'un apport de graisse régulier (sauf roulements graissés à vie).