

Quelques notions sur les moteurs à courant continu

Pourquoi choisir un moteur à courant continu

Beaucoup d'applications nécessitent un couple de démarrage élevé. Or, le moteur à courant continu, par nature, possède une caractéristique couple/vitesse de pente importante, ce qui permet de vaincre un couple résistant élevé, et d'absorber facilement les à coups de charge ; la vitesse du moteur s'adapte à sa charge. D'autre part, la miniaturisation recherchée par les concepteurs trouve dans le moteur à courant continu une solution idéale, puisque présentant un rendement élevé, en comparaison aux autres technologies.

Conception des moteurs à courant continu Crouzet

→ Sécurité

Les moteurs à courant continu Crouzet sont conçus et réalisés pour être intégrés dans des appareils ou machines répondant, par exemple aux prescriptions de la norme machine :

EN 60335-1 (CEI 335-1, "Sécurité des appareils électrodomestiques").

L'intégration des moteurs à courant continu Crouzet dans des appareils ou machines, dans le cas général, devra tenir compte des caractéristiques moteurs suivantes :

- absence de prise de terre
- moteurs dits à «isolation principale» (simple isolation)

- indice de protection : IP00 à IP40
 - classes des systèmes d'isolation : A à F
- (voir caractéristiques détaillées en page catalogue pour chaque type de moteur)

DIRECTIVE EUROPÉENNE BASSE TENSION 73/23/CEE DU 19.02.73

Les moteurs et motoréducteurs à courant continu CROUZET sont situés en dehors du champ d'application de cette directive (DBT 73/23/CEE s'applique pour tensions supérieures à 75 volts courant continu).

→ Compatibilité électromagnétique (CEM)

Crouzet Automatismes tient à votre disposition les caractéristiques CEM des différents types de produits, sur simple demande.

DIRECTIVE EUROPEENNE 89/336/CEE DU 03/05/89, "COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE" :

Les moteurs et motoréducteurs à courant continu qui sont des composants, destinés à des professionnels pour incorporation dans des équipements plus complexes et non à des utilisateurs finaux, sont exclus du champ d'application de cette directive.

Comment faire le choix dans la gamme Crouzet

La partie moteur est choisie en fonction de la puissance utile dont on a besoin.

En fonction de la vitesse désirée, on opte pour un moteur direct ou un motoréducteur.

Vitesses de 1000 à 5000 tr/min → Moteur direct

Vitesses inférieures à 500 tr/min → Motoréducteur

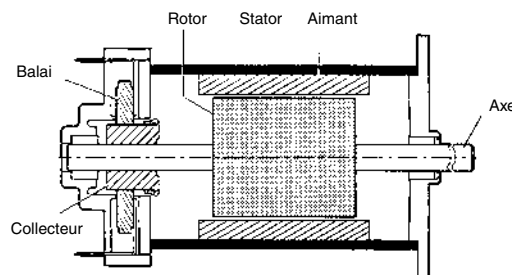
La partie réducteur est choisie en fonction du couple maximum conseillé en régime permanent.

Définition du moteur à courant continu

Ce moteur se caractérise par des lois de fonctionnement linéaires.

Elles rendent l'exploitation de ses caractéristiques plus faciles d'emploi que celles des moteurs synchrones ou asynchrones.

→ Constitution d'un moteur à courant continu



Le stator est formé d'une carcasse métallique et de un ou plusieurs aimants créant un champ magnétique à l'intérieur du stator. A l'arrière du stator, se trouve la partie porte balais et les balais assurant les contacts électriques avec le rotor.

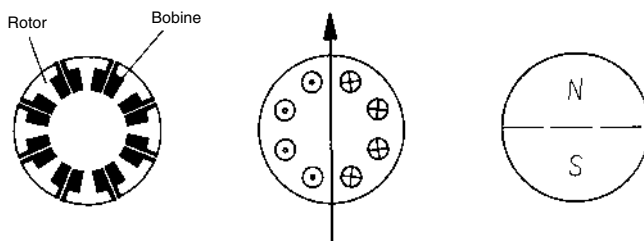
Le rotor est lui-même constitué d'une carcasse métallique portant des bobines reliées entre elles au niveau du collecteur.

L'ensemble collecteur-balais permet de sélectionner l'ensemble des bobines qui seront parcourues par un sens de courant et l'ensemble des bobines qui seront parcourues par un courant en sens contraire.

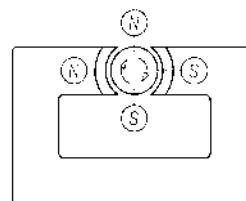
Principe de fonctionnement

Quel que soit la complexité du bobinage, une fois alimenté, on peut le représenter sous la forme d'un cylindre ferromagnétique comportant à sa périphérie un solénoïde.

Le fil de ce solénoïde est constitué du faisceau de fil se trouvant dans chaque encoche du rotor. Le rotor se comporte alors comme un électro-aimant dont l'induction magnétique a pour direction l'axe séparant les fils du solénoïde selon le sens du courant qui les parcourt.



Le moteur est donc constitué d'aimants fixes, d'un aimant mobile (le rotor) et d'une carcasse métallique pour concentrer le flux.



Par attraction des pôles contraires et répulsion des pôles de même nature, un couple s'applique sur le rotor et le fait tourner. Ce couple est maximum lorsque l'axe des pôles du rotor est perpendiculaire à l'axe des pôles du stator.

Dès que le rotor se met à tourner, les balais changent de lames de collecteur.

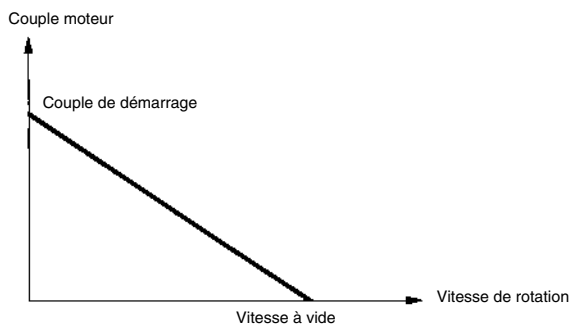
Les bobines sont alimentées différemment, de telle sorte que l'axe des nouveaux pôles du rotor soit toujours perpendiculaire à celui du stator. Par le jeu du collecteur, le rotor ne cesse de tourner quelle que soit sa position. L'ondulation du couple résultant diminue avec l'augmentation du nombre de lames du collecteur.

En permutant les fils d'alimentation du moteur, le courant dans les bobines du rotor et donc les pôles nord et sud sont inversés. Le couple qui s'applique est alors de sens contraire au précédent. Le moteur change de sens de rotation. Par nature, le moteur à courant continu est un moteur à deux sens de rotation.

→ Couple et vitesse de rotation

Le couple que fournit le moteur et sa vitesse de rotation sont dépendants l'un de l'autre.

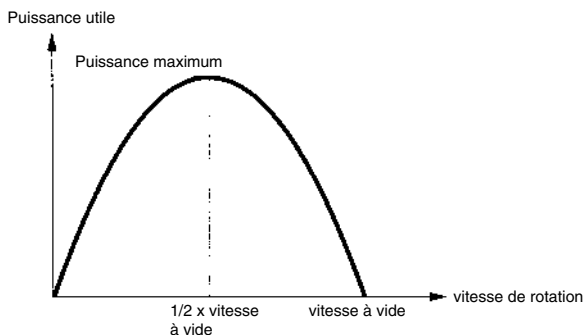
C'est une caractéristique essentielle du moteur. Elle est linéaire et permet de connaître la vitesse à vide et le couple de démarrage du moteur.



De la courbe couple vitesse se déduit la courbe puissance utile du moteur.

$$P_u (W) = \frac{2\pi}{60} \times C (N.m) \times n (tr/min)$$

Puissance utile	Couple moteur	Vitesse de rotation
-----------------	---------------	---------------------



Les courbes couple-vitesse et puissance utile dépendent de la tension d'alimentation du moteur.

La tension d'alimentation donnée pour le moteur correspond à une utilisation en continu du moteur pour une température ambiante de 20°C au point de fonctionnement nominal.

Il est tout à fait possible d'alimenter le moteur avec une tension différente (en général comprise entre -50% et + 100% de la tension prévue pour le moteur).

Sous alimenté le moteur sera moins puissant.

Suralimenté il sera plus puissant mais chauffera davantage (fonctionnement intermittent).

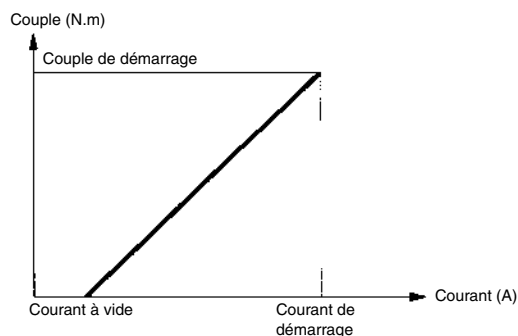
Pour les variations de la tension d'alimentation de l'ordre de - 25% à + 50 %, la nouvelle courbe couple vitesse reste parallèle à l'ancienne. Son couple de démarrage et sa vitesse à vide varient du même pourcentage n% que celui de la tension d'alimentation. La puissance utile maximum du moteur est quant à elle multipliée par $(1 + n\%)^2$.

Exemple : Pour une tension d'alimentation supérieure de 20%

- Couple de démarrage supérieur de 20% (x 1,2)
- Vitesse à vide supérieure de 20% (x 1,2)
- Puissance utile supérieure de 44% (x 1,44).

→ Couple et courant d'alimentation

C'est la deuxième caractéristique importante du moteur à courant continu. Elle est linéaire; elle permet de connaître le courant à vide et le courant à rotor bloqué (courant de démarrage).



Cette courbe ne dépend pas de la tension d'alimentation du moteur. Seule l'extrémité de la courbe peut s'allonger plus ou moins en fonction du couple et du courant de démarrage.

On appelle «constante de couple» du moteur, la pente de cette courbe.

$$K_c = \frac{C_d}{I_d - I_o}$$

Cette constante de couple est telle que :

$$C = K_c (I - I_o)$$

On appelle «couple de frottement en rotation» $K_c I_o$. L'expression du couple devient alors :

$$C = K_c I - C_f \text{ avec } C_f = K_c I_o$$

K_c = Constante de couple (Nm/A)

C = Couple (Nm)

C_d = Couple de démarrage (Nm)

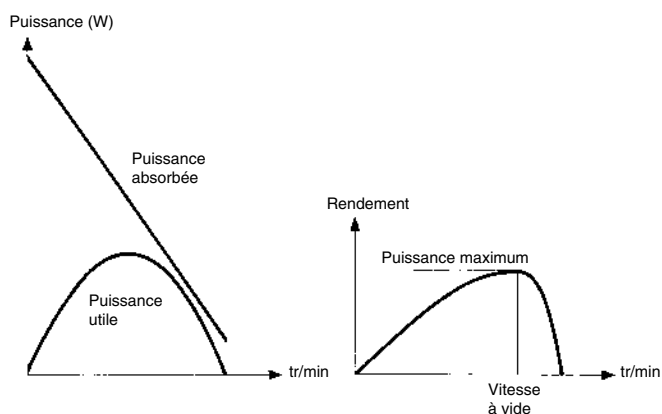
C_f = Couple de frottement en rotation (Nm)

I = Courant (A)

I_o = Courant à vide (A)

I_d = Courant de démarrage (A)

De la courbe couple-courant et couple-vitesse, se déduit la courbe de puissance absorbée en fonction de la vitesse de rotation du moteur.



→ Rendement

Le rendement d'un moteur est le rapport entre la puissance mécanique utile qu'il peut fournir et la puissance électrique qu'il absorbe. La puissance utile et la puissance absorbée variant différemment avec la vitesse de rotation, le rendement est lui aussi fonction de la vitesse du moteur. Le rendement est maximum pour une vitesse de rotation donnée supérieure à la moitié de la vitesse à vide.

→ Echauffement

L'échauffement d'un moteur provient de la différence entre la puissance absorbée et la puissance utile du moteur. Cette différence représente les pertes du moteur.

L'échauffement est aussi lié à la difficulté qu'éprouvent les pertes du moteur à se propager du rotor vers l'air ambiant (résistance thermique). On peut diminuer de façon significative la résistance thermique du moteur en favorisant le transfert des calories par montage sur support à meilleure conductivité thermique.

Important

Les caractéristiques nominales de fonctionnement correspondent aux caractéristiques tension-couple-vitesse permettant un fonctionnement continu, à température ambiante de 20° C. Au delà de ces conditions de fonctionnement, seul un régime intermittent sera possible : dans tous les cas, toutes vérifications, considérant les conditions extrêmes d'utilisation devront être réalisées dans le contexte réel de l'application client afin de garantir un fonctionnement sûr.

Association moteur + réducteur

Les moteurs à courant continu sont construits pour fonctionner en permanence dans une plage de vitesse proche de leur vitesse à vide. Cette plage de vitesse est généralement trop élevée pour la majorité des applications. Pour réduire cette vitesse, nous mettons à la disposition des utilisateurs une gamme complète de motoréducteurs dotés chacun, d'une série de rapports.

L'ensemble permet de traiter une multitude de fonctions.

→ Caractéristiques d'un réducteur

Chaque réducteur a été étudié pour assurer un certain travail. Nous avons défini ses possibilités et ses limites pour une durée de vie optimum.

Sa caractéristique principale définit sa capacité à supporter **un couple maximum en régime permanent.**

La gamme de réducteurs que nous proposons dans ce catalogue permet des couples maximum de **0,5 à 6 N.m** pour des durées de vie importantes. Les valeurs indiquées le sont pour les produits standards, dans des conditions d'utilisation normales qui sont précisées.

Dans certains cas, les valeurs peuvent être augmentées si les durées de vie requises sont moins grandes.

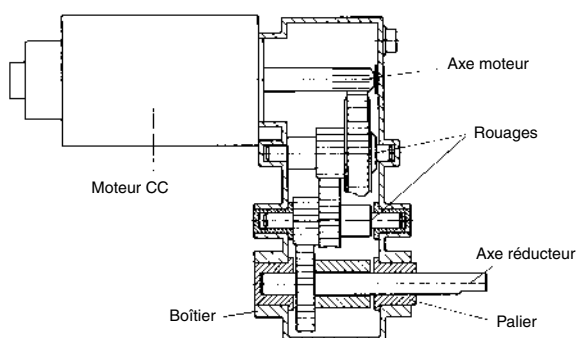
Tous ces cas particuliers sont traités par le bureau d'études.

Chaque réducteur a néanmoins une limite qui est le

couple de rupture

Ce couple, appliqué au réducteur peut entraîner sa destruction dès la première sollicitation.

→ Constitution d'un réducteur



→ Choix d'un motoréducteur

Ce choix s'effectue à partir de la puissance utile désirée en sortie du motoréducteur.

$$P_{\text{utile}} = \frac{2\pi}{60} \cdot C \cdot n$$

W Nm tr/min

Le motoréducteur doit posséder une puissance utile supérieure ou égale à la puissance utile désirée. Ce choix peut se faire aisément en vérifiant que le point de fonctionnement (couple et vitesse en sortie du motoréducteur) se situe en dessous de la courbe couple-vitesse nominale du motoréducteur. Le couple souhaité en sortie réducteur doit être compatible avec son couple maximum conseillé en régime permanent.

→ Choix du rapport de réduction

Deux critères de choix peuvent être appliqués.

- le premier critère de choix ne fait intervenir que la vitesse souhaitée en sortie du réducteur. Il satisfait à la majorité des applications rencontrées et sa simplicité en justifie l'emploi.

$$R = \frac{N_1}{N_b} \quad \begin{array}{l} N_1 = \text{vitesse souhaitée du motoréducteur} \\ N_b = \text{vitesse de base du moteur} \end{array}$$

- Le deuxième critère de choix fait intervenir la puissance utile souhaitée en sortie du moteur. La vitesse de rotation du moteur se détermine par :

$$N = 1/2 (N_o + \sqrt{N_o^2 - \frac{4P}{A}}) \text{ avec } A = \frac{\pi C_d}{30N_o}$$

N = vitesse du moteur (tr/min)

N_o = vitesse à vide du moteur (tr/min)

P = puissance utile souhaitée (W)

C_d = couple de démarrage du moteur (Nm)

On obtient alors :

$$R = \frac{N_1}{N}$$

Pour éviter d'avoir à manipuler des nombres inférieurs à 1, l'usage veut que, quand on parle du rapport de réduction d'un réducteur, on emploie le nombre 1/R. Le fait que ce soit un réducteur et non un « multiplicateur » lève toute ambiguïté sur la signification du nombre employé.

$$1/R = \frac{N_b}{N_1} \text{ ou } 1/R = \frac{N}{N_1}$$