

La dimension d'un embrayage ou d'un frein Warner Electric dépend de divers facteurs. Les plus communs sont indiqués ci-dessous par ordre chronologique:

- Couple à transmettre: en Nm
- Source d'énergie: électrique, pneumatique, hydraulique, mécanique
- Enclenchement: en marche ou à l'arrêt
- Milieu opérationnel: lubrifié, sec ou douteux
- Dissipation calorifique: cycle de marche, inertie, vitesse etc.
- Orientation du montage: horizontale, verticale, inclinée

La majorité des applications peut être calculée selon les formules et les méthodes de calcul mentionnées ci-dessous. Pour les cas particuliers, nous vous recommandons de prendre contact avec nos services techniques.

## Couple De Transmission

Le calcul du couple permet d'obtenir une première approximation de la taille du dispositif Warner nécessaire. Les divers couples de transmission sont :

### Couple Statique

Couple développé par un embrayage ou un frein lorsque les éléments menant et mené sont au synchronisme (vitesse relative zéro).

### Couple Dynamique

C'est le couple développé par un embrayage ou un frein durant l'accélération ou la décélération, jusqu'à ce que la vitesse relative entre l'élément menant et mené soit nulle. Ce couple est variable en fonction de la vitesse de rotation, du coefficient de friction, du type de matériau de friction utilisé, du milieu opérationnel et du temps d'accélération ou de décélération nécessaire pour obtenir la vitesse de rotation désirée.

### Couple Résiduel

C'est le couple qui résulte de la friction entre les faces de friction d'un embrayage ou d'un frein non enclenché. En principe, celui-ci ne s'applique qu'à des dispositifs multidisques.

### Couple Nominal De La Motorisation

C'est le couple d'une machine menante résultant de l'application de la formule suivante:

$$M_n = 9550 \cdot P / n$$

où:

$M_n$  = couple nominal en Nm

$P$  = puissance en kW

$n$  = vitesse en  $\text{min}^{-1}$

### Calcul Rapide Du Couple D'embrayage

A ce couple nominal, il est recommandé d'ajouter un facteur  $K$  dépendant de la Motorisation et du mode d'entraînement: monodisque, multidisques ou les deux. La formule devient alors la suivante:

$$M_n = (9550 \cdot P / n) \cdot K$$

Pour une sélection rapide basée sur le mode d'entraînement, prendre un coefficient :  $K =$

2,5 - 3 pour les moteurs électriques

4 - 5 pour les moteurs diesel

5 - 6 pour les compresseurs

**Méthode pour déterminer le couple de transmission d'un embrayage ou d'un frein Warner Electric.** Cette méthode permet de déterminer précisément le type de produit le plus

adapté à l'application, en se basant sur les caractéristiques de la machine.

### 1) Calculer le couple résistant

C'est le couple dû à la charge et aux frottements de la machine menée que l'embrayage doit vaincre avant d'obtenir la rotation de l'élément à entraîner. La valeur est fondamentalement égale à la force tangentielle exercée sur un bras de levier.

$$M_1 = F \cdot R \cdot n_2 / n_1$$

où:

$M_1$  = couple résistant en Nm

$F$  = force en N

$R$  = rayon en m

$n_1$  = vitesse de rotation arbre embrayage ou du frein en  $\text{min}^{-1}$

$n_2$  = vitesse de rotation arbre de la machine en  $\text{min}^{-1}$

### 2) Calculer le moment d'inertie

Le moment d'inertie représente la masse des éléments menés qu'il est nécessaire de mettre en rotation ou de freiner jusqu'à l'obtention d'un synchronisme entre les éléments menés et menant (vitesse nulle pour un frein). L'inertie en rotation et l'inertie en déplacement linéaire sont calculées au moyen des formules suivantes:

## Inertie En Rotation

### Cylindre plein

$$J = 1/2 \cdot m \cdot R^2$$

### Cylindre creux

$$J = 1/2 \cdot m \cdot (R^2 + r^2)$$

où:

$J$  = en  $\text{kgm}^2$

$m$  = masse en kg

$R$  = rayon extérieur en m

$r$  = rayon intérieur en m

Ensuite, le total des inerties doit être ramené à l'arbre de l'embrayage ou du frein en fonction du carré des rapports de vitesse.

$$J_{\text{totale}} = J_1 + J_2 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 + J_3 \left( \frac{n_3}{n_1} \right)^2$$

où:

$J_{\text{totale}}$  = inertie totale en  $\text{kgm}^2$

$n_1$  = vitesse de l'arbre de l'embrayage ou du frein en  $\text{min}^{-1}$

$n_2$  = vitesse de l'arbre intermédiaire en  $\text{min}^{-1}$

$n_3$  = vitesse de l'arbre machine en  $\text{min}^{-1}$

$J_1$  = inertie de l'arbre de l'embrayage ou du frein en  $\text{kgm}^2$

$J_2$  = inertie de l'arbre intermédiaire en  $\text{kgm}^2$

$J_3$  = inertie de l'arbre machine en  $\text{kgm}^2$

## Inertie Linéaire

$$J = 91 \cdot m \cdot v^2 / n^2$$

où:

$J$  = en  $\text{kgm}^2$

$m$  = masse en kg

$v$  = vitesse linéaire de la masse en m/s

$n$  = vitesse de l'arbre emb./ frein en  $\text{min}^{-1}$

## Inertie Totale

Il s'agit de la somme de toutes les inerties en rotation et linéaire ramenée sur l'arbre d'embrayage ou du frein (y compris l'inertie propre de l'embrayage ou du frein).

# Embrayages et Freins Dimensions et Sélection

## 3) Calculer le couple d'accélération ou de décélération

$$M_d = (J_{\text{totale}} \cdot n) / (9,55 \cdot t)$$

où:

$M_d$  = couple d'accélération/décélération en Nm

$J_{\text{totale}}$  = inertie totale en kgm<sup>2</sup>

$n$  = vitesse de l'arbre de l'embrayage ou du frein en min<sup>-1</sup>

$t$  = temps d'accélération ou de décélération souhaité en seconde.

## 4) Calcul du couple total de l'embrayage ou du frein

$$M_{\text{totale}} = M_d \pm M_l$$

(sauf levage consulter nos services techniques)

où:

$M_{\text{totale}}$  = en Nm

$M_l$  = couple résistant en N.m

$M_d$  = couple d'accélération ou de décélération en Nm

Le couple nominal de l'embrayage ou du frein doit toujours être supérieur au couple total calculé par la méthode ci-dessus.

## 5) Temps d'accélération ou de décélération réel

$$t = (J_{\text{totale}} \cdot n) / (9,55 \cdot (M_n \pm M_l))$$

où:

$t$  = en s

$J_{\text{totale}}$  = inertie totale en kgm<sup>2</sup>

$n$  = vitesse de l'arbre de l'embrayage ou du frein en min<sup>-1</sup>

$M_n$  = couple nominal de l'embrayage ou du frein choisi en Nm

$M_l$  = couple résistant de l'élément mené en Nm (- pour un embrayage, + pour un frein).

Les embrayages et freins de Warner Electric peuvent être à commande:

- Electromagnétique Hydraulique
- Pneumatique Mécanique

## Modes De Commande

Ils peuvent être enclenchés par:

- Mise sous tension ou mise sous pression. Les surfaces de friction sont comprimées lorsque la force est appliquée.
- Manque de tension ou manque de pression. Les surfaces de friction sont alors comprimées par des ressorts ce qui permet d'utiliser ces produits comme éléments de sécurité.

Le choix peut être aussi déterminé par le temps d'utilisation en position activée ou en position de repos..

## Enclenchement

Lorsqu'il existe une différence de vitesses entre les parties menante et menée, seule l'utilisation d'embrayages ou de freins à friction est autorisée. Lorsque le différentiel de vitesse est nul ou que les deux parties sont à l'arrêt, il est possible d'utiliser un embrayage ou un frein à denture. En général, à couple nominal correspondant, les appareils à denture sont d'un diamètre plus faible que les appareils à disques de même couple. Pour déterminer le couple d'un appareil à denture, il faut tenir compte du fait qu'il ne peut en aucun cas supporter un couple plus important, même momentané que celui indiqué sur nos fiches techniques. (un embrayage à disques peut patiner au démarrage mais en aucun cas un embrayage à denture) Il faut donc connaître impérativement:

- le couple maximum produit par l'élément moteur (y compris les couples transitoires) et veillez aux accélérations/décélérations, fonction de l'inertie de la machine.

- l'existence de chocs et de vibrations dans le système d'entraînement

Etant donné qu'il est généralement difficile de connaître ces éléments, nous conseillons dans tous les cas de sélection d'appareils à denture frontale d'appliquer un facteur mini de sécurité  $K = 3$ . Pour assurer un mouvement de levage, l'utilisation d'un embrayage à denture est totalement à proscrire. Pour les appareils à friction, les couples indiqués dans nos fiches techniques s'appliquent à des appareils rodés. En sortie d'usine, le couple réel peut être inférieur de 50% à sa valeur nominale. La valeur nominale sera atteinte après quelques manœuvres avec une vitesse relative supérieure à 1m/s. Si l'on souhaite obtenir immédiatement un positionnement de haute précision et une accélération rapide, il est recommandé de procéder au préalable à un rodage. Pour ce type d'application, l'utilisation d'une alimentation Warner Electric avec suralimentation contribuera à réduire les temps d'enclenchement et de déclenchement.

## Conditions De Fonctionnement

Milieu lubrifié - Pour les applications dégageant une énergie importante par cycle, nous recommandons l'utilisation d'un dispositif multidisques en milieu lubrifié permettant ainsi une meilleure dissipation, une usure moindre et donc en conséquence une plus grande durée de vie. Le lubrifiant utilisé devra présenter en règle générale une viscosité inférieure à 40 centistokes à 50°C sans additif extrême pression. Ne pas immerger les appareils.

Milieu sec - La température de fonctionnement recommandée se situe entre -25°C et +40°C. Les matériaux de friction fonctionnels utilisés pour milieux secs sont généralement une association acier/matières organiques qui ont un coefficient de friction plus élevé que ceux utilisés en milieu lubrifié. Il en résulte une usure plus importante en fonction de l'énergie développée par l'embrayage ou le frein. De fait, il est important de sélectionner correctement le produit en fonction des paramètres de fonctionnement et de capacité de dissipation calorifique. Un sous dimensionnement du matériel Warner aura pour conséquence une usure accrue ainsi qu'une déformation à terme des pièces de friction.

Milieu douteux - En cas d'utilisation en milieu douteux, il est nécessaire de prévoir une protection contre les projections de graisse, d'huile, de poussières ou de salissures de toute nature.

## Dissipation Calorifique

Pendant la période de démarrage et/ou de freinage, l'énergie mécanique due au frottement se transforme en chaleur.

L'énergie dégagee doit être absorbée par l'embrayage ou le frein sans causer de dommage. En outre, elle conditionne sa durée de vie. Pour calculer la dissipation calorifique, utilisez la formule suivante:

### Embrayage ou frein

$$W = (J_{\text{totale}} \cdot n^2 / 182,5) \cdot (M_n / (M_n \pm M_l))$$

où:

$W$  = travail en Joules

$J_{\text{totale}}$  = inertie totale en kgm<sup>2</sup>

$M_n$  = couple nominal en Nm

-  $M_l$  = couple résistant pour l'embrayage en Nm

+  $M_l$  = couple résistant pour le frein en Nm

$n$  = vitesse de l'arbre de l'embrayage ou du frein en min<sup>-1</sup>

Pour le levage en descente, + et - sont inversés

## Limiteur de couple

$$W = M_d \cdot n \cdot t / 9,55$$

où:

W = travail en Joules

$M_d$  = couple de déclenchement en Nm

n = vitesse en  $\text{min}^{-1}$

t = temps de patinage en secondes

**Vérifiez sur les diagrammes de dissipation calorifique que chaque produit sélectionné satisfait bien aux exigences de travail en Joules et au nombre de manoeuvres par heure.**

## Position De Montage

Dans le présent catalogue, chaque produit a été clairement identifié pour une utilisation horizontale ou verticale. Dans certains cas, des dispositifs spécifiés pour une utilisation horizontale peuvent être utilisés en position verticale. Pour de plus amples renseignements, veuillez prendre contact avec nos services techniques.

## Alimentation

**Electrique** - Nos embrayages et freins électriques fonctionnent avec un courant continu ou alternatif redressé. Les tensions standard sont 24, 103,5 et 207 Volts. Warner propose des alimentations permettant de transformer le courant alternatif et d'assurer une alimentation par courant continu garantissant un temps de réponse court. Toutes les alimentations sont conformes aux normes CE applicables. La commutation est possible du côté AC comme du côté DC, mais la commutation sur courant AC s'avère 5 ou 6 fois plus lente que sur courant DC. Certains dispositifs à manque de courant demandent une tension à double niveau, la tension la plus élevée pour l'enclenchement, alors que la tension la plus faible sert au maintien en position. Les combinaisons de tensions les plus fréquentes sont 103,5/48 ou 207/103.5 VDC.

**Force contre-électromotrice** - Lors de la coupure de l'alimentation de la bobine, il se produit une importante force contre électromotrice, en particulier dans les modèles de forts couples. Cette tension peut être dommageable pour les éléments composant le circuit de contrôle et pour la bobine elle-même. C'est pourquoi nous recommandons de supprimer ces pics de surtensions en prévoyant un condensateur aux bornes de la bobine. (Cette protection est incluse dans toutes nos alimentations) Encore une fois, pour de plus amples renseignements, n'hésitez pas à appeler nos services techniques.

**Pneumatique** - La pression de fonctionnement normale des embrayages et des freins Warner Electric varie entre 5 et 6 bars.

Pour les appareils enclenchés par mise sous pression, le couple transmis est directement proportionnel à la pression appliquée. Nous recommandons l'utilisation d'un groupe filtre/régulateur et d'un lubrifiant d'air pour parer à tout risque de corrosion de la chambre de compression. Pour éviter toute perte de pression dans une alimentation axiale, il est recommandé de prévoir une étanchéité entre le moyeu et l'arbre. Lorsqu'il s'agit d'une alimentation radiale, un Connection flexible souple est conseillé.

**Hydraulique** - La pression nominale de commande des embrayages et des freins Warner Electric est indiquée dans nos fiches techniques. Nous pouvons réaliser des appareils avec dif-

férentes pressions de fonctionnement adaptées à vos besoins. Afin de protéger les surfaces de glissement du piston/cylindre, il est conseillé d'utiliser une huile hydraulique filtrée à 10 microns et d'une viscosité adéquate en fonction des conditions d'utilisation.

Pour ce qui est des surfaces de friction des disques, il est recommandé d'utiliser une huile d'une viscosité maximale " ISO VG46 " compatible avec du bronze fritté.

## Unités

### Electricité

Capacité	F	Résistance	$\Omega$
Courant	A	Tension	V
Inductance	H	Pression	bar

### Mécanique

Accélération	$\text{m/s}^2$	Puissance	W
Angle	$^\circ$	Température	$^\circ\text{C}$
Couple	Nm	Temps	s
Force	N	Travail	J
Gravité	$\text{m/s}^2$	Vitesse angulaire	rd/s
Longueur	m	Vitesse linéaire	m/s
Masse	kg	Vitesse de rotation	$\text{min}^{-1}$
Masse volumique	$\text{kg/m}^3$		
Inertie	$\text{kgm}^2$		

## Densité matériau

acryl	1.2	fer	7.9
aluminium	2.7	fonte grise	7.3
bakélite	1.3	magnésium	1.7
laiton	8.5	nickel	8.8
bronze	8.9	caoutchouc	1.2
cuivre	8.9	acier	7.8
verre	2.6	téflon	2.2

## Conversions

### Longueur

Inch	Pieds	yard	mm	m	km
1	0.08333	0.02778	25.4	0.0254	-
12	1	0.3333	304.8	0.3048	-
36	3	1	914.4	0.9144	-
0.03937	$3281 \times 10^{-6}$	$1094 \times 10^{-6}$	1	0.001	$10^{-6}$
39.37	3.281	1.094	1000	1	0.001
39370	3281	1094	106	1000	1

### Couple

oz.in	lb.in	lb.ft	Ncm	Nm
1	0.0625	0.005208	0.706	0.00706
16	1	0.0833	11.3	0.113
192	12	1	135.6	1.356
1.4162	0.0885	0.0074	1	0.01
141.619	2 8.8512	0.7376	100	1

### Inertie

oz.in <sup>2</sup>	lb.in <sup>2</sup>	lb.ft <sup>2</sup>	kgcm <sup>2</sup>	kgm <sup>2</sup>
1	0.0625	0.000434	0.183	$18.3 \times 10^{-6}$
16	1	0.006944	2.926	$2.926 \times 10^{-3}$
2304	144	1	421.344	0.421344
5.465	0.34156	$2.3718 \times 10^{-3}$	1	0.0001
54650	3415.6	23.718	10000	1

### Puissance

HP	kp m/s	Nm/s=J/s=W	kW	kcal/s	BTU/s
1	76.04	745.7	0.7457	0.1782	0.7073
$13.15 \times 10^{-3}$	1	9.807	$9.807 \times 10^{-3}$	$2.344 \times 10^{-3}$	$9.301 \times 10^{-3}$
$1.341 \times 10^{-3}$	0.102	1	10-3	$239 \times 10^{-6}$	$948.4 \times 10^{-6}$
1.341	102	1000	1	0.239	0-Jan
5.614	426.9	4187	4.187	1	3.968
1.415	107.6	105	1.055	0.252	1