

## INTRODUCTION

Le rôle d'un moteur électrique est de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique utilisée par les appareils des édifices et industries tels que ventilateurs, pompes, refroidisseurs, compresseurs, etc., pour des utilisations diverses (réfrigération, traitement de l'air, ascenseurs, procédés industriels, etc.). Chaque moteur offre des caractéristiques d'opération et de rendement différentes, spécifiées par le constructeur. Plusieurs types de moteurs électriques sont disponibles

Dans le choix d'un moteur pour une application particulière, on devra tenir compte des facteurs suivants :

- 1) Exigences mécaniques de la charge à entraîner.
- 2) Choix de la classe de moteur.
- 3) Réseau de distribution électrique.
- 4) Aspects physiques et environnementaux.

Le choix final se portera sur un moteur qui est disponible chez un fabricant et qui répond aux spécifications prescrites ou les dépasse.

### IV.1. PUISSANCE DU MOTEUR

Les puissances moteurs sont données généralement pour une utilisation à température ambiante de + 40 °C et 1000 m d'altitude (au niveau de la mère). Dans le cas d'une utilisation d'un moteur à une température ambiante ou une altitude différente, il faut multiplier la puissance moteur par des coefficients de déclassement (ou sur classement) donnés dans des tableaux ou par des abaques.

### IV.2. DONNEES CATALOGUE ET PARAMETRES D'APPLICATION

Le catalogue des moteurs électriques est réalisé à l'attention des utilisateurs des moteurs électriques. La fiabilité des moteurs électriques dépend en grande partie du choix correct du type des moteurs et des conditions d'utilisations. Les données et paramètres d'application des moteurs sont indiqués dans des catalogues réalisés par les constructeurs.

### IV.3. DETERMINATION DE LA PUISSANCE HOMOLOGUEE

La puissance d'entraînement requise se détermine en partant du récepteur situé au bout de la chaîne cinématique, puis en remontant vers le moteur en ajoutant toutes les pertes dans la transmission. La puissance nominale d'un moteur est la puissance qu'il peut fournir en régime continu, dans les conditions normales d'emploi, sans subir aucun dommage. Elle dépend étroitement du refroidissement; la puissance nominale des moteurs électriques est définie pour une température ambiante de °C et une altitude de 1000 m. Elle diminue au-delà de ces limites.

La puissance nominale d'un moteur doit en principe être égale ou supérieure à la puissance d'entraînement. Mais un moteur électrique est surchargeable en cas de marche à régime variable (service temporaire, service intermettant) tant que ses éléments critiques ne dépassent pas leur température admissible. Dans ces cas, il est avantageux de choisir un moteur dont la puissance nominale est plus petite.

#### IV.4. DONNEES CATALOGUE

La table suivante présente quelques données d'un moteur électrique que peut contenir un catalogue.

Données à définir	Remarques
Désignation de type	Spécifications du fabricant
Régime	Pour moteurs multi-vitesse, indiquer la vitesse pour chaque puissance
Vitesse	Pour moteurs multipolaires, indiquer la vitesse par puissance.
Courant nominal	Spécification du fabricant
Courant initial de démarrage/nominal	Spécification du fabricant
Couple	Pour applications spéciales
Couple initial de démarrage/nominal	Spécification du fabricant
Couple maximale de démarrage/nominal	
Couple initial de décollement/nominal	
Contre couple ou couple résistant Nm	Spécification du fabricant Constant. Augmentation en raison du carré vitesse Couple spéciale
Type de protection	
Type de refroidissement	
Classe d'isolation	
Temps de blocage maxi	Spécification du fabricant
Temps de démarrage maxi	Spécification du fabricant
Moment d'inertie de la charge kgm <sup>2</sup>	Spécification du fabricant
Rendement	Spécification du fabricant
Type de démarrage Etoile-triangle...etc.	Spécification du fabricant
Mode de fonctionnement S1, S2,...S9.	Service continu, service temporaire,...etc.
Température ambiante °C Altitude	Mètres au-dessus du niveau de la mer
Sens de rotation	Horaire, anti-horaire ou les deux
Charge de roulement et d'arbre Force axiale N	Direction de la force par rapport à la position de l'arbre.

Table IV.1 : Quelques données d'un moteur électrique que peut contenir un catalogue

## IV.5 CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT

Dans certains modes de fonctionnement (S2, S3 et S6), le couple nominal peut être dépassé dans une certaine mesure à condition que la température limite ne soit pas dépassée au sein de la plage de fonctionnement. D'autres conditions de fonctionnement comme la capacité de surcharge, la fréquence de démarrage, le mode de fonctionnement, les couples de crête, la température ambiante ...etc., influent aussi la sélection des moteurs.

## IV.6 PROCEDURE DE SELECTION DES MOTEURS

### IV.6.1. Aspects de l'alimentation électrique

Il est important de choisir un moteur qui possède une tension d'utilisation le plus près possible de la tension du réseau sur lequel il sera branché. Pour qu'un moteur fonctionne adéquatement, le déséquilibre des tensions de phase doit être inférieur à 1 %. Un déséquilibre de tension de 3,5 % occasionne une augmentation de température de 25 % et un accroissement de courant de l'ordre de 6 à 10 fois la valeur du déséquilibre de tension. Ces effets sont attribuables à la circulation des courants inverses dans le moteur.

### IV.6.2. Facteur de puissance

Le facteur de puissance d'un moteur baisse considérablement pour les charges inférieures à 75 % de sa charge nominale. Un moteur sous faible charge va généralement avoir un facteur de puissance médiocre, se traduisant par une consommation plus élevée en kVA, que celle d'un moteur mieux adapté à la charge.

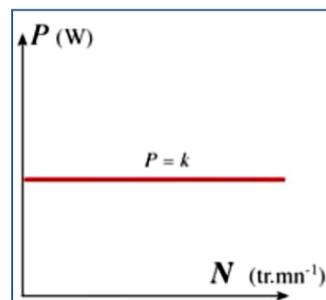
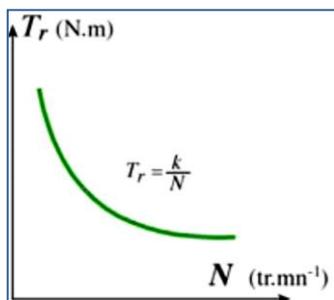
### IV.6.3. Charges entraînées

Pour qu'un moteur puisse entraîner une charge de façon appropriée, il faut qu'il produise un couple suffisant pour accélérer cette charge depuis l'arrêt jusqu'à la vitesse de fonctionnement, et qu'il fournisse une puissance répondant à toutes les demandes éventuelles sans dépasser ses limites théoriques.

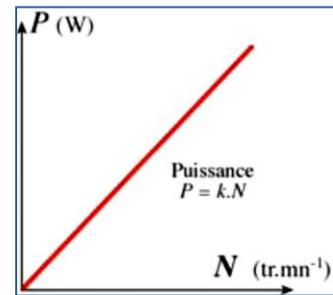
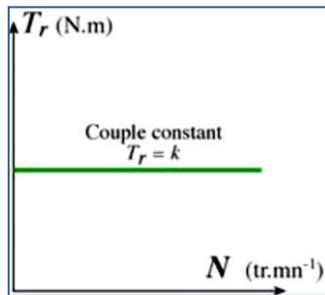
## IV.7. DIMENSIONNEMENT A L'AIDE DU COUPLE DE CHARGE

Les couples résistants des machines à entraîner par les moteurs asynchrones comme un exemple, sont classés en 4 catégories.

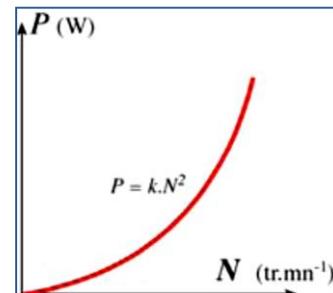
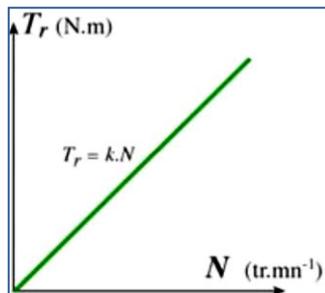
Machine à puissance constante (enrouleuse, compresseur, essoreuse)



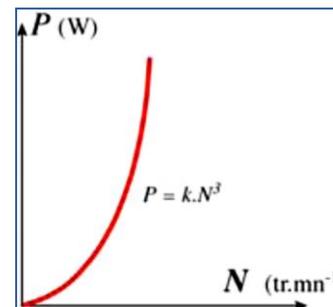
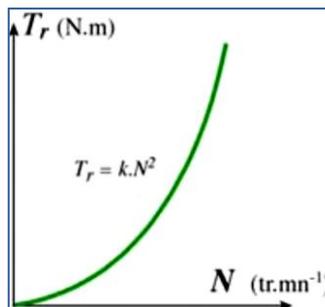
Machine à couple constant  
(levage, Broyeur, pompe...)



Machine à couple proportionnel à la vitesse,  
(mélangeur)



Machine à couple proportionnel au carré de la vitesse  
(ventilateur, pompe centrifuge)



#### IV.8. CALCUL A L'AIDE DU COUPLE OU DU TEMPS D'ACCELERATION

Pour que le moteur entraîne une charge, il lui faut un couple de démarrage. Celui-ci doit d'une part décoller la masse (de moment d'inertie  $J$ ) de la charge et d'autre part vaincre le couple résistant relatif à la charge. On désigne par  $T_a$  le couple d'accélération (qui n'existe que pendant la mise en vitesse de la masse d'inertie  $J$ ), et  $T_r$  le couple résistant de la machine (qui se maintient durant tout le fonctionnement du moteur). Ainsi le couple de démarrage  $T_d$  peut se calculer par :

$$T_d = T_a + T_r$$

Par exemple pour un moteur asynchrone : Au moment du démarrage, le couple moteur est en moyenne de 1,5 à 2 fois le couple nominal.

#### IV.9. TEMPS ET COUPLE D'ACCELERATION.

Le moteur doit fournir un couple au démarrage supérieur au couple résistant pour qu'il y ait entraînement (figure IV.1).

### IV.9.1. Couple d'accélération

Le couple accélérateur moteur  $C_a$  est donné par la formule suivante :

$$C_a = C_m - C_r = J_{Total} \cdot \frac{\omega}{t_A}$$

$$= J_{Total} \cdot \frac{2\pi n}{60 \cdot t_A} = J_{Total} \cdot \frac{n}{9,55 \cdot t_A}$$

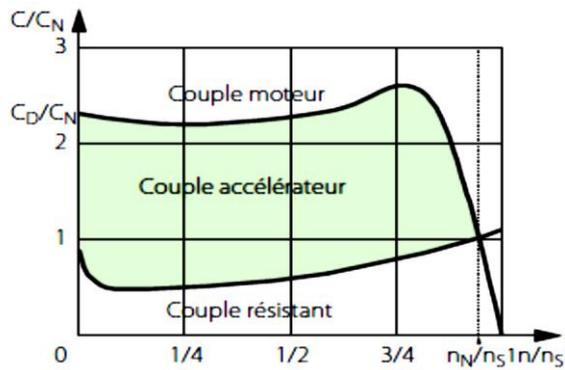


Figure IV.1 Couple d'accélération

### IV.9.2. Temps d'accélération

On peut estimer le temps de démarrage du moteur avec la formule :

$$t_A = \int_0^{\omega_2} \frac{J_{total}}{C_{amot}} d\omega$$

$C_a$  : est le couple d'accélération moyen

$$t_A = J_{Total} \cdot \frac{n}{9,55 \cdot C_a}$$

## IV.10 LE CHOIX PRELIMINAIRE DU MOTEUR

Une fois que la puissance exigée du mécanisme à entraîner est déterminée et que les corrections nécessaires lui ont été apportées, on effectue un choix préliminaire du moteur. Ce dernier doit développer une puissance supérieure ou égale à celle de la charge et une vitesse proche de celle du mécanisme. Néanmoins, le choix définitif de la vitesse de rotation du moteur électrique s'opère en considérant simultanément le moteur et la transmission, notamment au niveau du coût. Les moteurs rapides, plus petits, sont en principe, meilleur marché que les lents, mais ils exigent des rapports de transmission plus élevés, présentent des rendements très faibles et des facteurs de puissance défavorables. Et la recherche du réducteur adéquat doit prendre en compte le cote encombrement.

## IV.11 LA VERIFICATION DU MOTEUR

Pour assurer le bon fonctionnement d'un moteur électrique, vous devez régulièrement effectuer des opérations de contrôle. Voici quelques tests à réaliser sur un moteur électrique, si des signes suspects apparaissent en cours d'utilisation.

### Tour d'horizon du moteur

Une première étape consiste à faire un contrôle externe du moteur pour détecter d'éventuelles anomalies. Est-ce que le ventilateur tourne bien ? Votre moteur fait-il un bruit suspect ? Notez-vous une surchauffe anormale ? Une odeur particulière ? Tous ces signes peuvent vous alerter sur la présence d'un éventuel problème.



Vous pouvez ensuite, en respectant scrupuleusement les normes de sécurité prévues, réaliser les tests suivants :

### **Contrôle mécanique**

Un problème de lubrification, des vibrations ou encore un mauvais montage peuvent à terme endommager les roulements de moteur électrique. Pour tester les roulements, vous pouvez notamment faire tourner l'arbre à la main pour déceler un bruit, ou un frottement. Profitez-en pour vérifier qu'il n'y a pas de déformation de l'arbre. En cas de défaillance au niveau des roulements, il vous faut envisager un remplacement rapide des roulements pour éviter la détérioration du moteur.



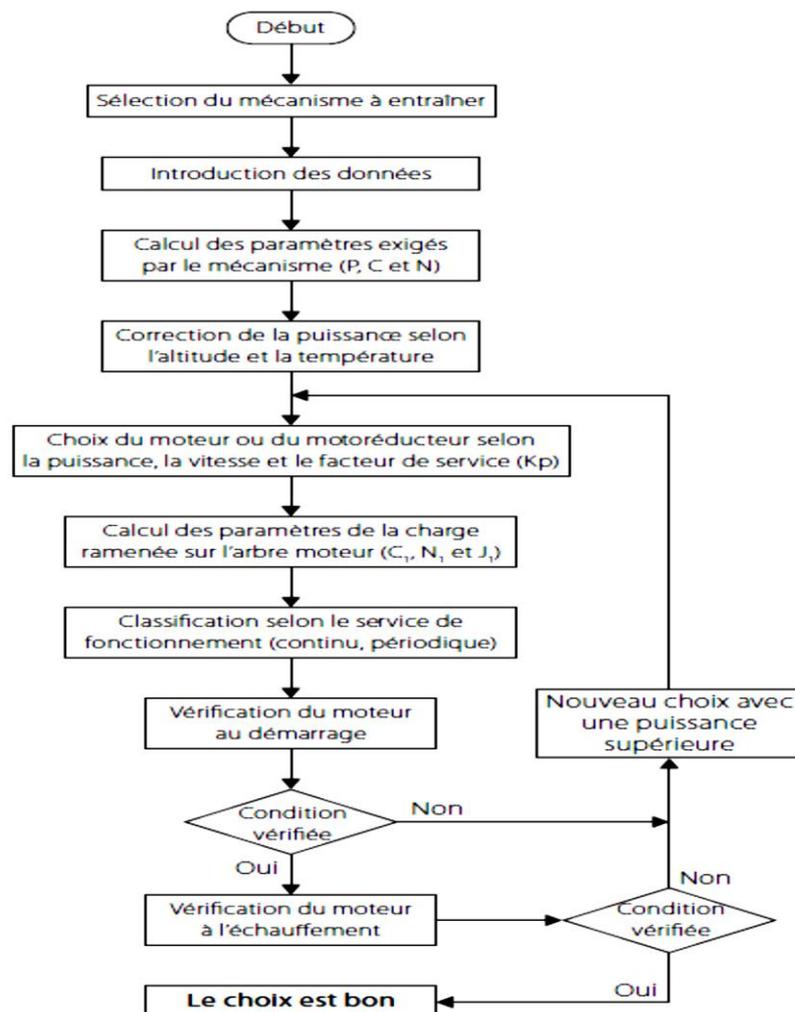
### **Contrôle du ventilateur**

La surchauffe d'un moteur peut être due à une défaillance de la ventilation. De la poussière peut s'accumuler et venir encrasser le ventilateur, empêchant la bonne évacuation de l'air chaud du moteur.

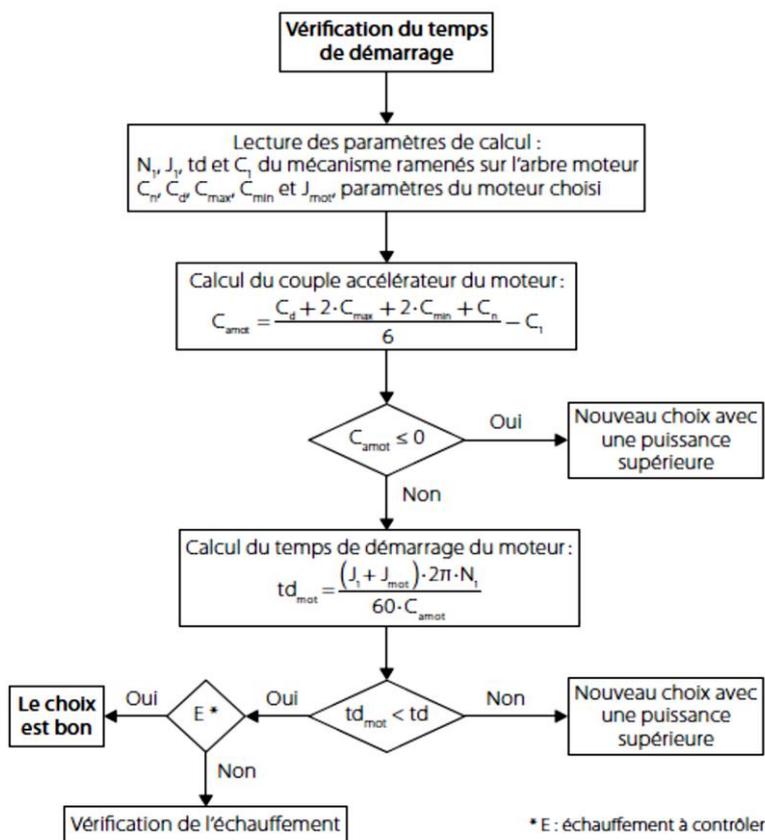


En cas d'encrassement, il faut nettoyer la ventilateur en aspirant les poussières. Si le ventilateur est trop usé, n'hésitez pas à le changer rapidement

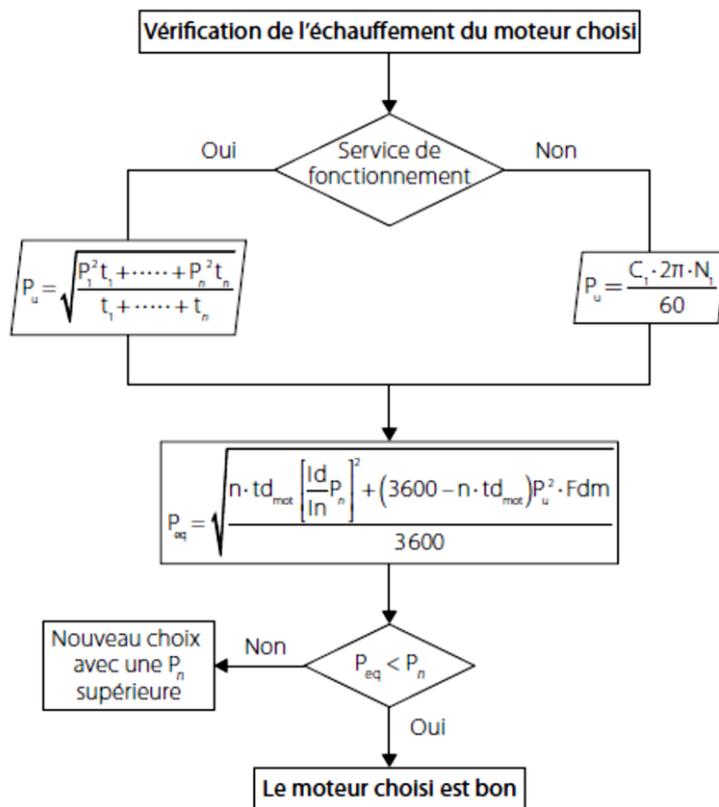
### **Voici un organigramme de vérification du moteur :**



### IV.12. La vérification du moteur au démarrage



### IV.13. La vérification du moteur d'après l'échauffement



#### IV.14. Calcul à l'aide de la fréquence de commutation

##### Commutations admissibles avec masse supplémentaire

$$z_z = \frac{z_0 \cdot J_M}{J_M + J_z}$$

$z_z$  = commutations admissibles horaires avec masse supplémentaire  
 $z_0$  = commutations admissibles horaires à vide  
 $J_M$  = moment d'inertie de la masse du moteur en kgm<sup>2</sup>  
 $J_z$  = moment d'inertie masse supplémentaire réduit en kgm<sup>2</sup>

Dans le cas d'un service de commutation avec un moment de charge existant  $M_L$ , le nombre de commutations admissibles  $z_L$  par heure est déterminé comme suit :

##### Commutations admissibles avec couple de charge

$$z_L = \frac{z_0 \cdot (M_M - M_L)}{M_M}$$

$z_L$  = commutations admissibles par heure avec couple de charge

$z_0$  = commutations à vide admissibles par heure

$M_M$  = couple du moteur moyen pendant l'accélération en Nm

$M_L$  = couple résistant moyen pendant l'accélération en Nm

#### IV.15. Sélection en consultant le catalogue

En utilisant les valeurs moyennes relatives à la puissance  $P_{mi}$ , au couple  $M_{mi}$  et à l'intensité  $I_{mi}$  calculées au préalable pour des conditions moins sévères, on peut choisir un moteur sur la base des données de catalogue.

#### IV.16. Coût du cycle de vie

Un moteur électrique peut consommer annuellement jusqu'à dix fois son coût d'achat durant tout son cycle de vie. Les progrès en matière de rendement peuvent entraîner des économies importantes sur le coût du cycle de vie qui comprend le coût d'investissement et les coûts d'exploitation.

$$\text{Coût du cycle de vie} = C + E_T + M$$

où :

$C$  = coût d'investissement initial plus coûts d'installation ;

$E_T$  = Coût total de l'énergie =  $h/\text{an} \cdot \$/\text{kWh} \cdot \text{kW} \text{ moyens} \cdot \text{années}$  ;

$M$  = Coût total d'entretien =  $\$ \text{ annuels} \cdot \text{années}$ .

Des calculs plus complexes engloberaient facteurs d'escompte, inflation, augmentations des prix de l'énergie, etc., qui devraient tous être ramenés à leur valeur actuelle. Toutefois, l'énergie étant l'élément le plus important, la formule ci-dessus permet d'effectuer rapidement des comparaisons simples.

Par exemple, un moteur de 10 HP fonctionne pendant 50 % du temps à une puissance moyenne de 7,5 HP. Son rendement est de 88 %. Son prix d'achat est de 700 \$ et son installation a coûté 100 \$. Le moteur est censé durer 10 ans et son entretien va coûter 30 \$ annuellement. Le prix de l'électricité est de 0,05 \$/kWh.