

# Vérifier son moteur asynchrone

RACHID YOUSFI<sup>[1]</sup>

*S'assurer que le moteur asynchrone choisi pourra vraiment s'acquitter de la tâche à laquelle on le destine constitue une réelle problématique. Nous vous en avons déjà proposé en « boîte à outils » (Technologie n° 116) une approche synthétique. Pour y répondre, voici une méthode de vérification de choix qui utilise des organigrammes recensant les différentes étapes de la démarche et les contraintes dont elle doit tenir compte.*

## Le choix préliminaire 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 côté encombrement.

Parfois, il est plus commode de ne pas passer par un réducteur pour transmettre la puissance désirée, si la vitesse d'entraînement exigée est proche de la vitesse de régime  $n_0$  du fonctionnement du moteur.

Les réducteurs sont normalement déterminés pour une charge uniforme et pour une cadence de démarrage faible. Dans le cas contraire, il est nécessaire de multiplier le couple de sortie par un facteur d'utilisation (ce facteur dépend du type de service du moteur : se reporter aux diagrammes constructeur correspondants), et d'augmenter ainsi la puissance du moteur.

Le constructeur Leroy-Somer propose des motoréducteurs de type Compabloc à engrenages qui permettent d'adapter la vitesse du moteur électrique à celle de la machine à entraîner. Le motoréducteur se détermine alors par la puissance du moteur  $P_n$  exprimée en kilowattheures, et la vitesse de rotation à la sortie du réducteur ( $n_s$ ) en tours par minute.

La grandeur caractéristique des réducteurs de vitesse est le couple nominal de sortie ( $C_{ns}$ ) :

$$C_{ns} = P_n \cdot 29550 / n_s \cdot \text{rendement}$$

La sélection d'un réducteur ou d'un motoréducteur doit tenir compte de l'application. Un certain nombre

### mots-clés

actionneur, composants, électrotechnique

d'applications — pompe centrifuge, pompe à piston, convoyeur à bande ou ascenseur, par exemple — sont répertoriées dans la classification indicative des charges de l'AGMA (American Gear Manufacturers Association)

1. Leur classe dépend de leur temps de fonctionnement journalier. À chaque classe AGMA correspond un facteur de service du réducteur nommé  $K_p$  2.

### 1 La classification AGMA de certaines applications

Application \ Heures/jour	3	10	24
Pompe centrifuge	I	I	II
Pompe à piston	I	II	II
Ascenseur	II	II	III
Convoyeur à bande	I	I	II

### 2 Les $K_p$ correspondant aux classes AGMA

Classe AGMA	$K_p$
I	1
II	1,4
III	2

Une fois que l'on a déterminé ce facteur  $K_p$  et la puissance du moteur, on peut se reporter aux abaques que Leroy-Somer propose pour ses motoréducteurs. Chaque abaque correspond à un  $K_p$  ; à une plage de puissance et de vitesse de sortie donnée correspondent des rapports de transmission.

*Remarque :* Pour les applications nécessitant une vitesse comprise entre le minimum et le maximum de deux moteurs de pôles différents et successifs, le choix séparé d'un moteur et d'un réducteur est obligatoire (montage universel). Aussi, on doit s'assurer que le moteur choisi peut fournir la puissance d'entraînement requise et supporter l'échauffement des régimes transitoires (accélérations, décélérations, changement de vitesse et variation de la charge).

### La vérification du moteur

Après le choix préliminaire du moteur, il faut s'assurer que ce dernier peut fournir la puissance d'entraînement requise sans pour autant être affecté par les régimes transitoires (accélération, décélération, changement de vitesse ou variation de charge). Une vérification des critères de démarrage et d'échauffement est donc obligatoire ; elle nécessite en premier lieu la connaissance du type de service de fonctionnement de la charge.

**La détermination du type de service de fonctionnement**

La norme CEI 60034-1 prévoit dix types de service de fonctionnement, qui peut être continu, temporaire ou périodique, comprenant une ou plusieurs charges qui restent constantes pendant la durée spécifiée, ou non périodique, pendant lequel, généralement, la charge et la vitesse varient dans la plage de fonctionnement admissible. C'est à l'utilisateur qu'incombe la responsabilité de spécifier le type de service :

- numériquement, si la charge ne varie pas ou varie de façon connue ;
- graphiquement, par une représentation des grandeurs variables en fonction du temps.

**La vérification du moteur au démarrage**

Le moteur doit fournir un couple au démarrage supérieur au couple résistant pour qu'il y ait entraînement, une condition qui est vérifiée si le couple accélérateur moteur est positif; mais il faut aussi que le moteur puisse entraîner le mécanisme dans un temps limite exigé par le cahier des charges.

Le couple accélérateur moteur est donné par la formule suivante :

$$C_{amot} = C_m - C_r$$

- $C_r$  : couple résistant de la charge
- $C_m$  : couple moteur durant le démarrage

Les constructeurs donnent une valeur moyenne du couple moteur durant la phase de démarrage avec la formule [3] :

$$C_m = \frac{C_d + 2 \cdot C_{max} + 2 \cdot C_{min} + C_n}{6}$$

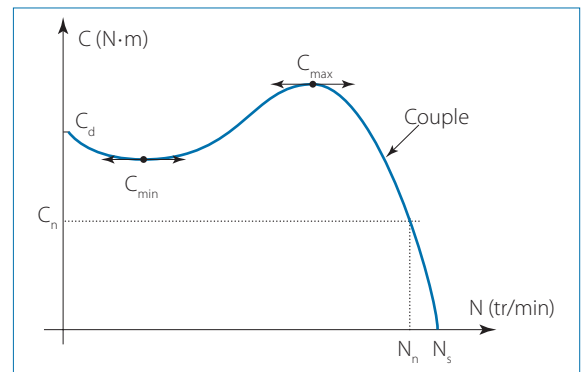
- $C_d$  : couple de démarrage du moteur
- $C_{min}$  : couple d'accrochage du moteur
- $C_{max}$  : couple de décrochage du moteur
- $C_n$  : couple nominal du moteur

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

$$t_{dmot} = \int_0^{\omega_1} \frac{J_{total}}{C_{amot}} d\omega$$

- $t_{dmot}$  : temps de démarrage du moteur
- $J_{total}$  : moment d'inertie total (moteur, mécanisme intermédiaire et charge)
- $\omega_1$  : vitesse au régime nominal

Si  $t_{dmot} \leq t_d$  (temps de démarrage exigé), le moteur remplit les conditions de démarrage ; sinon on doit en choisir un avec une puissance supérieure.



**3 Le couple moteur en fonction de la vitesse**

**La vérification du moteur d'après l'échauffement**

La vérification du moteur d'après l'échauffement se fait par l'estimation de la puissance équivalente pendant une heure en prenant en considération la puissance utile de la charge durant les différents cycles de travail ainsi que la puissance des régimes transitoires :

$$P_{eq} = \sqrt{\frac{P_{tr}^2 \cdot t_{tr} + P_u^2 \cdot t_u}{3600}}$$

- $P_{tr}$  : puissance des régimes transitoires (pour un calcul simplifié, on prend comme référence la puissance de démarrage)
- $t_{tr}$  : temps des régimes transitoires (on utilise le temps de démarrage)
- $P_u$  : puissance utile du moteur pendant le cycle d'utilisation hors démarrage
- $t_u$  : temps de fonctionnement utile

La formule devient :

$$P_{eq} = \sqrt{\frac{n \cdot t_{dmot} \cdot \left[ \frac{I_d}{I_n} \cdot P_n \right]^2 + (3600 - n \cdot t_{dmot}) \cdot P_u^2 \cdot F_{dm}}{3600}}$$

- $F_{dm}$  : facteur de marche du moteur
- $I_d/I_n$  : appel de courant avec un moteur de puissance nominale  $P_n$
- $n$  : nombre de démarrages équivalents dans l'heure
- $n = n_d + K' n_f + K' n_i$
- $n_d$  : nombre de démarrages complets par heure
- $n_f$  : nombre de freinages électriques dans l'heure
- $n_i$  : nombre d'impulsions (démarrage incomplet jusqu'au tiers de la vitesse finale) dans l'heure

[1] Ingénieur en électrotechnique, professeur à l'université de Béjaïa (Algérie).

Les coefficients K et K' ont les valeurs suivantes :  
 → Pour les moteurs à cage : K = 3 et K' = 0,50  
 → Pour les moteurs à bagues : K = 0,80 et K' = 0,25  
 Dans le cas où la charge est constante, la puissance utile se calcule comme suit :

$$P_u = C_r \cdot 2\omega_1$$

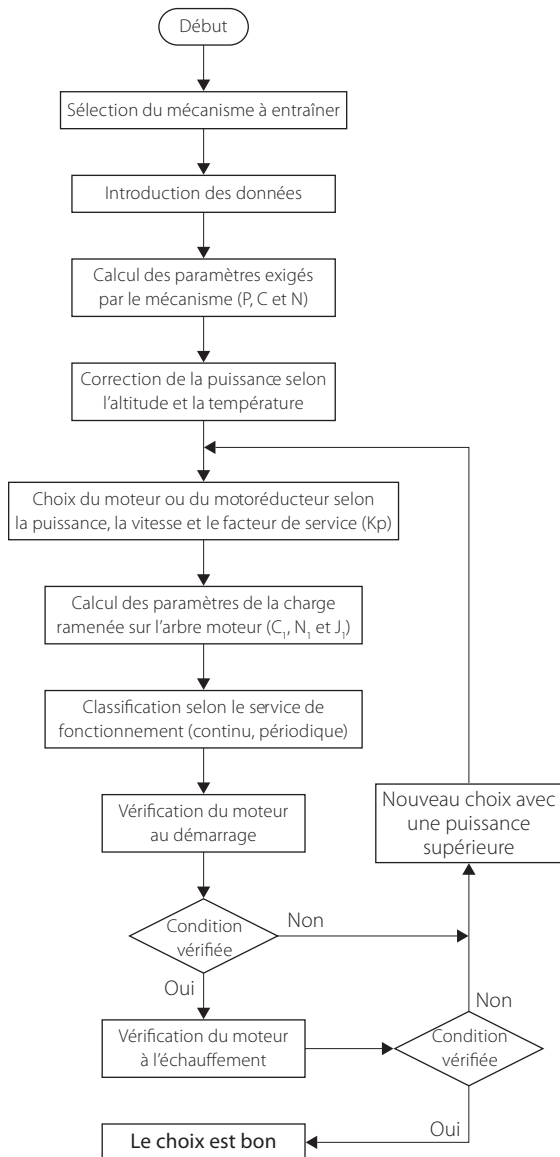
Mais si le mécanisme est caractérisé par des variations cycliques de la charge (services intermittents **4**), elle se calcule avec la formule suivante :

$$P_u = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + P_3^2 \cdot t_3 + \dots + P_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}}$$

$P_i$  : puissance développée par le moteur pendant un temps  $t_i$

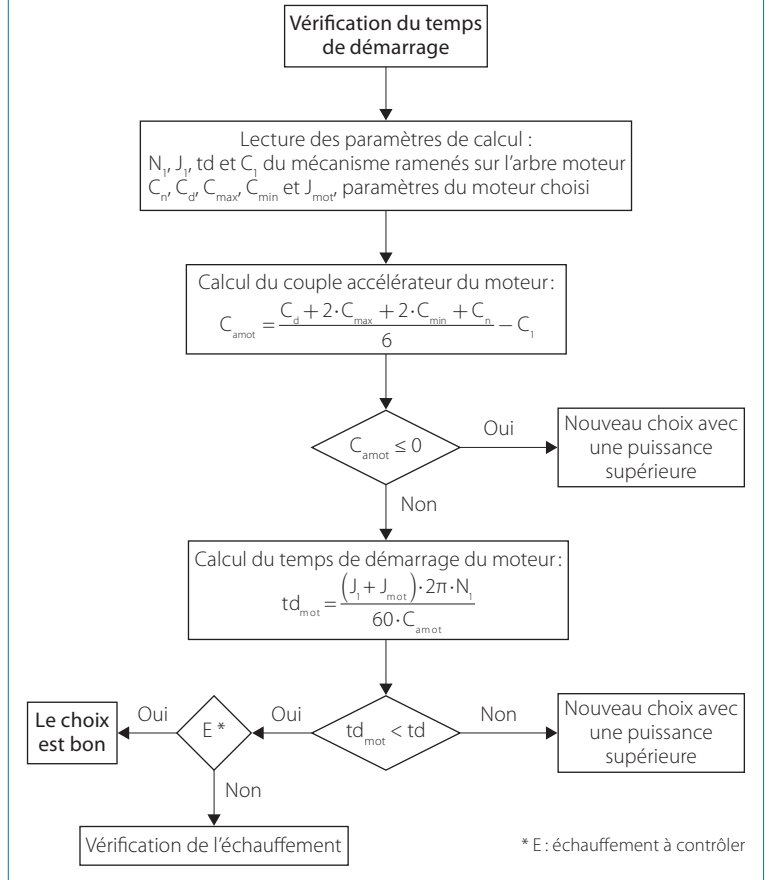
**ORGANIGRAMME 1**

*L'organigramme principal*

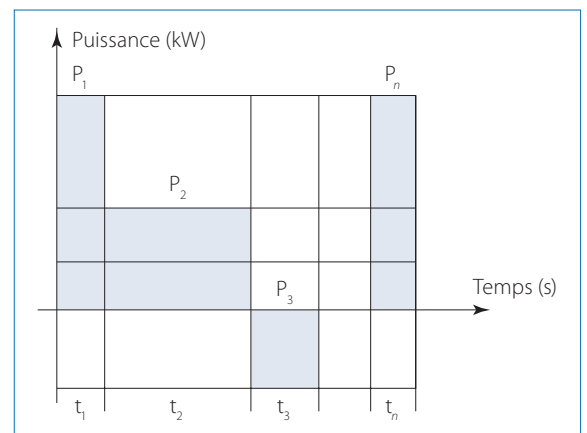


**ORGANIGRAMME 2**

*La vérification du temps de démarrage du moteur*



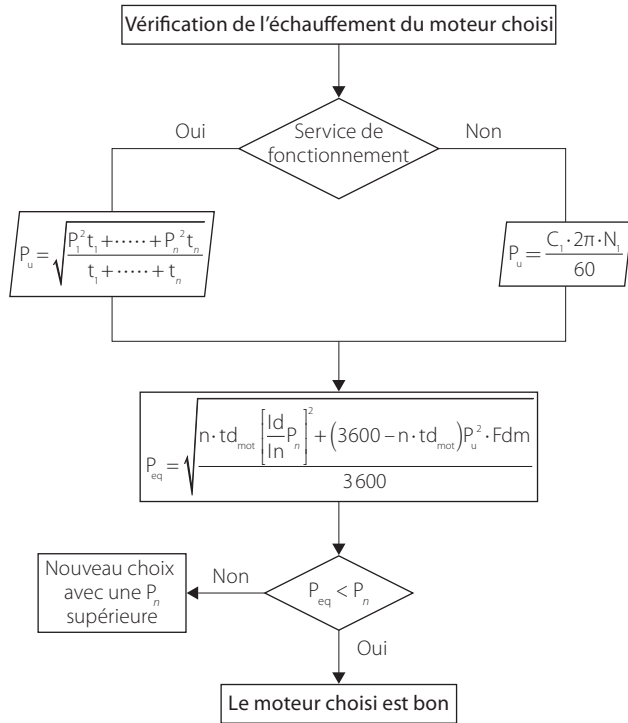
- $P_2$  : puissance développée par le moteur pendant un temps  $t_2$
- $P_3$  : puissance développée par le moteur pendant un temps  $t_3$
- $P_n$  : puissance développée par le moteur pendant un temps  $t_n$



**4** Le diagramme de charge pour service intermittent

## ORGANIGRAMME 3

## La vérification de l'échauffement du moteur choisi



La détermination du service de fonctionnement adapté à l'application donnée (service continu, aléatoire ou périodique) est proposée par les constructeurs de moteurs électriques

### ► Pour en savoir plus...

... Notamment quant au choix proprement dit du moteur asynchrone, nous vous suggérons de consulter la ressource de Philippe Lebrun, professeur au lycée Louis-Armand de Nogent-sur-Marne (94), téléchargeable à cette adresse :

<http://www.ac-creteil.fr/Lycees/94/larmandnogent/enseigne/ressources/techno/bourse%20cours/cours1.html>

Très complète, elle traite en 42 pages « la technologie, le choix et l'alimentation des machines asynchrones ».

Dans ce cas :

- Il faut remplacer les  $P_i < P_n/2$  par  $P_n/2$  pour tenir compte de l'échauffement dû au courant magnétisant.
- La vérification de la capacité de surcharge du moteur est assurée par la condition suivante :

$$C_{\max}(\text{charge}) < 1,1 C_{\max}(\text{moteur})$$

Le coefficient de sécurité 1,1 permet d'éviter le décrochage du moteur en cas d'à-coups mécaniques.

L'échauffement du moteur est dû aux pertes magnétiques et électriques qui se produisent dans le stator et le rotor ainsi que dans l'entrefer ; si ces pertes sont inférieures aux pertes nominales du moteur, l'échauffement de ce dernier ne dépassera pas ses valeurs limites. Il faut donc s'assurer que :

$$P_{\text{eq}} < P_n$$

Si cette condition est respectée, la vérification du moteur d'après l'échauffement est terminée. Dans le cas contraire, il faut chercher un moteur avec une puissance supérieure jusqu'à satisfaction de cette condition.

### Les organigrammes

Effectuer un choix rationnel des moteurs électriques dans le cadre de la réalisation d'une application donnée nécessite l'élaboration d'organigrammes représentant les étapes que nous venons de voir (en encadrés).

Il est néanmoins impératif de se rapprocher des constructeurs afin d'affiner ses choix et d'obtenir des valeurs de correction précises. →