

Commande électrique des mécanismes industriels

Polycopié



Dr GHLAM Karima

Table des matières



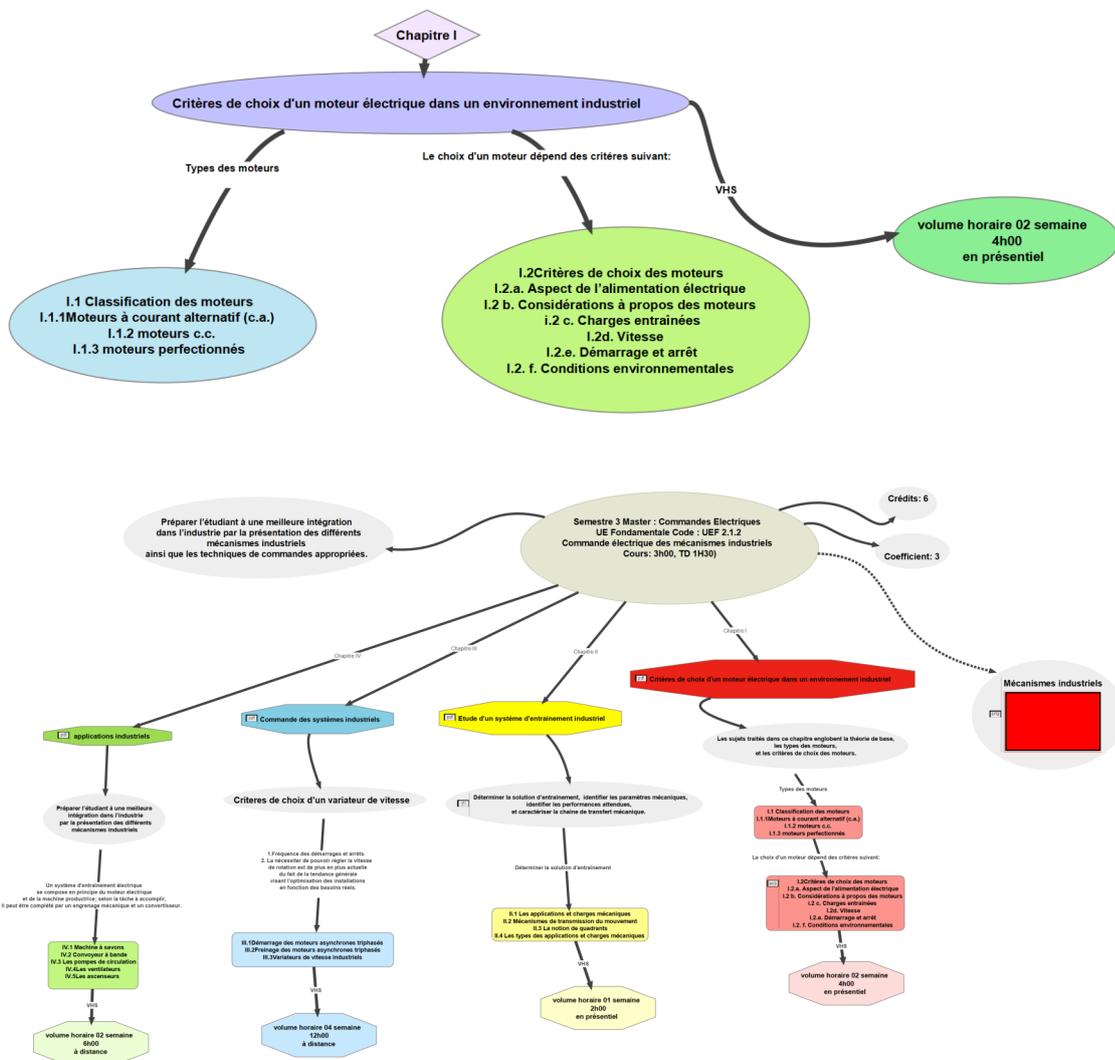
Objectifs	3
Introduction	4
I - pré-requis	5
II - Exercice	6
1. Exercice : Exercice N°1 : petit schéma simples	7
2. Exercice : Exercice N°2 :expliquer le fonctionnement du schéma	8
III -	
CHAPITRE 1 : critères de choix d'un moteur électrique dans un environnement industriel	9
1. Classification des moteurs	9
1.1. Moteurs à courant alternatif (c.a)	9
1.2. Moteurs a courant continu (c.c)	10
2. critères de choix d'un moteur	10
2.1. Aspects de l'alimentation électrique	10
2.2. Considérations à propos des moteurs	15
2.3. Charges entraînées	17
2.4. Vitesse	22
2.5. Démarrage et arrêt	23
2.6. Choix en fonction de l'environnement :	23
3. Exercice	28
4. Exercice	29
5. Exercice	29
IV - Fiche de contact	30

Objectifs

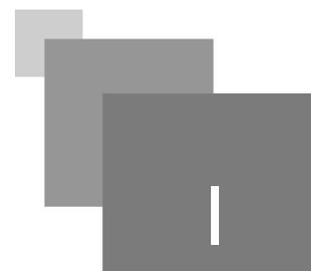
Préparer l'étudiant à une meilleure intégration dans l'industrie par la présentation des différents moteurs et leurs domaines d'applications ainsi que les critères de choix d'un moteur électrique dans un environnement industriel.

Introduction

Au cours des dernières années, les méthodes de conversion de l'énergie électrique ont progressé de façon importante. Ainsi, il est étonnant de réaliser à quel point l'électronique de puissance et les systèmes de commande a envahi tous les domaines de l'électrotechnique. Ce constat nous indique qu'on ne peut plus étudier isolément les machines en générale et les moteurs à courant alternatif en particulier sans, par la même occasion, s'intéresser aux systèmes d'entraînement électronique de ces machines.



pré-requis



Connaissances préalables recommandées : Principes de base de la commande,, ils doivent savoir 1 :

- Reconnaître les symboles (norme « industrielle ») d'un schéma électrique ;
- décrire le fonctionnement d'un schéma électrique ;

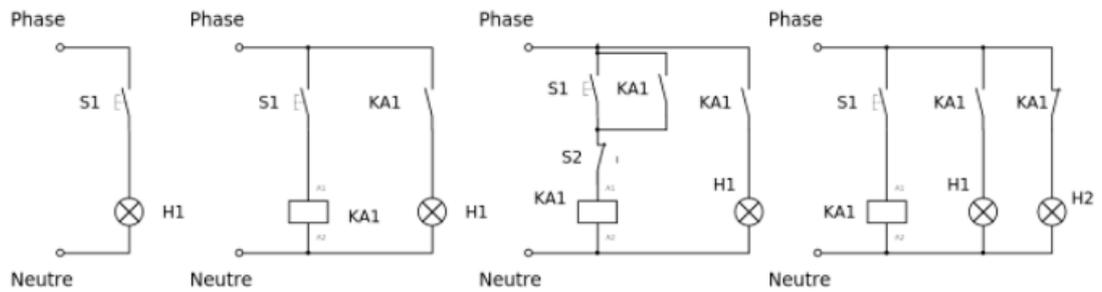
Exercise



0. Exercice : Exercice N°1 : petit schéma simples

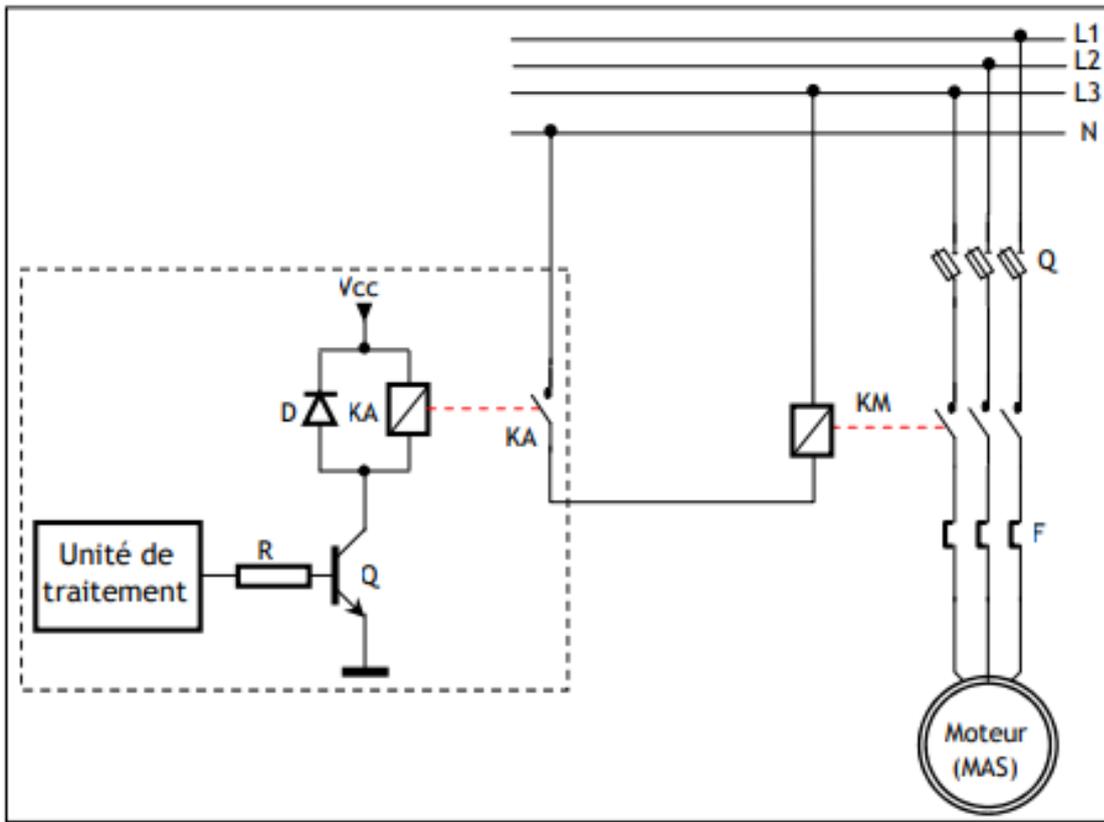
Pour chaque schéma ci-dessous, donner le nom des éléments représentés.

Pour chaque schéma décrire le fonctionnement quand on appuie sur les éléments de commande.



0. Exercice : Exercice N°2 :expliquer le fonctionnement du schéma

expliquer le fonctionnement du schéma



CHAPITRE 1 : critères de choix d'un moteur électrique dans un environnement industriel



Classification des moteurs	9
critères de choix d'un moteur	10
Exercice	28
Exercice	29
Exercice	29

1. Classification des moteurs

1.1. Moteurs à courant alternatif (c.a)

comprennent les types triphasés et monophasés.

Les moteurs à induction triphasés c.a. sont de loin les plus utilisés à des fins industrielles et commerciales. Ils se divisent en deux catégories :

- moteurs à cage d'écureuil
- moteurs à rotor bobiné

Les moteurs synchrones triphasés sont très couramment employés dans un large éventail d'applications industrielles ou encore lorsqu'une vitesse exacte est nécessaire.

Les moteurs à induction monophasés sont utilisés lorsque le courant triphasé n'est pas disponible : on les trouve en général dans les domaines résidentiel, commercial et agricole. Ils sont courants également dans les cas où la puissance nécessaire est inférieure à 1 KW. Les principales sous-catégories de ces moteurs comprennent :

- moteurs à enroulement auxiliaire de démarrage
- moteurs à condensateur de marche
- moteurs à démarrage par condensateur

- moteurs à condensateurs de démarrage et de marche
- moteurs à bague de déphasage
- moteurs universels

Même si les moteurs universels fonctionnent la plupart du temps en courant c.a., ils peuvent être alimentés aussi bien en c.a. qu'en c.c. On les trouve le plus souvent dans les outils ou les appareils électroménagers.

1.2. Moteurs a courant continu (c.c)

Les moteurs c.c. sont souvent utilisés dans les cas nécessitant une régulation précise de la vitesse. Ils se divisent en trois sous catégories :

- moteurs série
- moteurs shunt
- moteurs compound

Quant aux moteurs perfectionnés, leur développement est récent et certains d'entre eux ne peuvent être classés dans les catégories de moteurs traditionnelles. Ils sont généralement utilisés dans les applications de fabricants. Citons entre autres, par exemple les moteurs suivants :

- moteurs à commutation électronique (ECM)
- moteurs à réluctance commutés (SRM)

2. critères de choix d'un moteur

Le choix d'une machine électrique dépend des critères suivant2 :

- Aspect de l'alimentation électrique
- Considérations à propos des moteurs
- Charges entraînées
- Vitesse
- Démarrage et arrêt
- Conditions environnementales

2.1. Aspects de l'alimentation électrique

Le réseau de distribution électrique alimentant le moteur doit fournir la tension appropriée et avoir une puissance suffisante pour démarrer et faire fonctionner la charge du moteur.

Le Tableau 1-1 présente une comparaison des tensions nominales de réseau que l'on pourra retrouver sur une plaque signalétique classique de moteur.

Les moteurs à induction triphasés sont prévus pour fonctionner de façon satisfaisante sous des variations de tension de $\pm 10\%$. Le Tableau 1-2 montre les effets d'une variation de tension de 10% sur un moteur à induction type de classe B à pleine charge.

Exemple

Un moteur indiquant une tension de 440 V sur sa plaque signalétique est parfois raccordé à un réseau 480 V, est ce que c'est un bon choix ? Sachant il n'existe aucune marge pour une hausse éventuelle de la tension d'alimentation (par exemple, l'entreprise de distribution d'électricité peut très bien fournir une tension de 500 volts et rester dans les tolérances acceptables) étant donné que le moteur fonctionne déjà à sa limite de tension maximale admissible.

Quelle est la tension permise pour ce moteur ?

La tension maximale permise pour ce moteur est de 484 V ($110\% \times 440$),

Quelle est la solution proposer ?

On devra utiliser un moteur de tension appropriée ou bien installer un transformateur délivrant la tension voulue.

Remarque

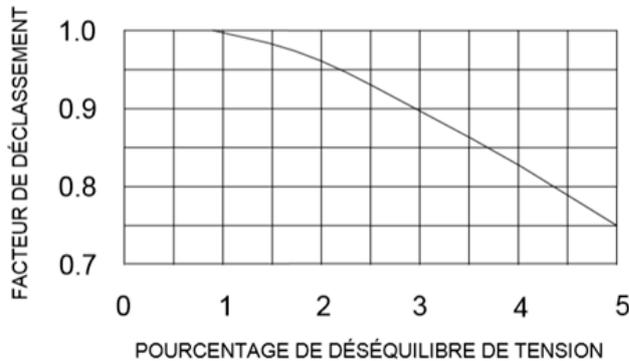
Pour qu'un moteur fonctionne adéquatement le déséquilibre des tensions de phase doit être inférieur à 1% . Un déséquilibre de tension de 3.5% occasionne une augmentation de température de 25% et un accroissement de courant de l'ordre de 6 à 10 fois la valeur du déséquilibre de tension.

$$\text{Déséquilibre de } V = \frac{\text{Equart maximal par rapport à la moyenne}}{\text{Tension moyenne } V} * 100$$

Exemple

Si des tensions de ligne ont été mesurées à 600, 585, et 609 volts, la moyenne est de 598 volts. L'écart maximal par rapport à la moyenne est de 13 volts (598-585) et le déséquilibre de tension est donc de $(13/598) \times 100 = 2.2\%$.

Si un moteur doit fonctionner avec un déséquilibre de phases supérieur à 1 %, il devra être déclassé conformément au graphique suivant (Figure I-1).



2.1.1. Facteur de puissance

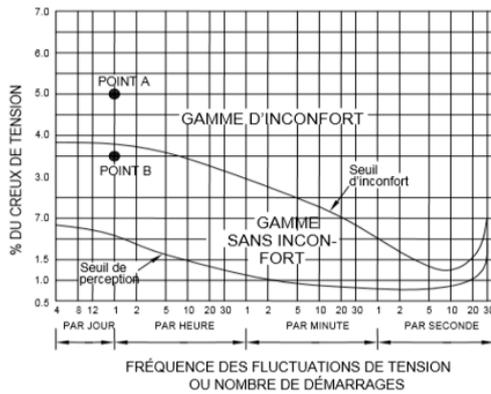
Le facteur de puissance d'un moteur baisse considérablement pour les charges inférieures à 75 % de sa charge nominale (figure suivante). Un moteur sous faible charge va généralement avoir un facteur de puissance médiocre, se traduisant par une consommation plus élevée en kVAR que celle d'un moteur mieux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

Afin d'améliorer le facteur de puissance, les clients industriels installent des condensateurs destinés à annuler la composante inductive des charges des moteurs.

Une capacitance supérieure à l'inductance va se traduire par un facteur de puissance en avance (capacitif) qui risque d'entraîner des problèmes de surtension et d'harmoniques. Pour éviter cette situation, les condensateurs installés à l'entrée du branchement doivent être commutés en fonction des besoins, ou mieux encore, les installer aux charges de moteurs.

2.1.2. Papillotement de la tension

Le démarrage de moteurs ou d'autres fortes charges entraînent une chute de tension sur le réseau d'alimentation résultant de l'effet entraîné sur l'impédance du circuit par leurs courants d'appel élevés; cette chute de tension se manifeste sous la forme d'un papillotement dans les circuits d'éclairage.



À titre d'exemple, considérons un moteur de 3728.5 W alimenté par une artère 208 V qui alimente également des circuits d'éclairage à 120 V (Figure I-3).

Hypothèses : moteur de 3728.5 W , Intensité de courant à pleine charge = 16 A, courant de démarrage = 96 A ,et impédance de l'artère = 0,06 Ω

Calculons la chute de tension le long de l'artère :

Chute de tension le long de l'artère = courant de démarrage (A) x impédance de l'artère (Ω) = 96 A x 0,06 Ω = 6 V

La chute de tension de 6 V sur la ligne d'alimentation est égale à 5 % de la tension du circuit d'éclairage à 120 V et crée un papillotement perceptible.

Si le moteur est mis en marche une fois par heure, le point sur la courbe de papillotement se situe alors dans la gamme d'inconfort (point A).

Pour corriger ce problème, on peut alimenter les circuits d'éclairage par une ligne séparée, ou encore on peut réduire la baisse de tension sur la ligne. Dans ce cas, une chute de tension de 3,6 % ou inférieure n'est plus inconfortable.

L'alimentation des circuits d'éclairage par une ligne distincte ou encore l'amélioration de la ligne existante constituent une approche fréquemment employée.

Une autre approche est celle d'un démarreur de moteur à tension réduite qui constitue souvent une solution très économique.

Si le courant de démarrage est limité à 70 % de sa valeur normale grâce à l'usage d'un démarreur à tension réduite, le creux de tension est alors de 3,5 % (70 % x 5 %) et un démarrage de moteur toutes les heures n'est plus inconfortable (point B).

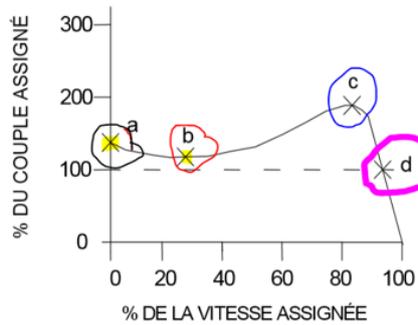
2.1.3. Caractéristiques couple-vitesse des moteurs

Les caractéristiques d'un moteur sont généralement représentées par les diagrammes vitesse - couple ou vitesse - puissance.

Le couple produit par un moteur varie en fonction de sa vitesse. Chaque moteur possède sa propre

relation couple-vitesse qui, lorsqu'on la représente sous forme de graphique du couple en fonction de la vitesse, facilite le processus de choix d'un moteur (Figure I-5).

Les éléments importants que l'on trouve sur un graphique couple-vitesse comprennent :



a) Couple de démarrage - couple développé à la vitesse nulle. Si le moteur doit entraîner une charge difficile à faire démarrer (une charge à inertie élevée), on choisira alors un moteur procurant un couple de démarrage élevé.

b) Couple minimal pendant le démarrage - couple le plus petit développé par le moteur entre une vitesse nulle et la vitesse de fonctionnement. Il peut s'avérer critique pour une application où la puissance doit dépasser certaines limites temporaires avant de revenir au niveau de fonctionnement normal)

c) Couple de décrochage - couple le plus élevé que le moteur peut développer avant de caler.

d) Couple à pleine charge (également nommé couple moteur) - couple produit à la vitesse de pleine charge et qui développe la puissance assignée du moteur. En ce point, le produit du couple par la vitesse est égal à la puissance assignée indiquée sur la plaque signalétique.

2.2. Considérations à propos des moteurs



2.2.1. Moteur triphasé

a) Choix d'un moteur à induction :

Les moteurs à induction à rotor bobiné sont beaucoup utilisés dans l'industrie en raison de leur coût relativement peu élevé, leur haute fiabilité, et leur entretien minimal. Ils sont très pratiques dans certaines applications du fait que l'on peut modifier les circuits de leur rotor de façon à obtenir les caractéristiques de démarrage et de fonctionnement voulues. Leurs balais nécessitent toutefois un entretien de service.

Les moteurs à induction triphasés à cage d'écureuil d'une puissance de 1 à 200 HP

(1 hp=745,7 W) sont identifiés selon leur type de construction : A, B, C ou D.

Les moteurs du type B sont de loin les plus courants et ils conviennent à presque toutes les applications, sauf celles où peuvent intervenir un couple de démarrage ou des charges de pointe élevés.

Les moteurs du type A servent rarement dans des applications nouvelles car leur courant de démarrage est plus élevé que celui des moteurs du type B pour un couple de démarrage quasiment identique.

b) Choix d'un moteur synchrone

C'est en raison de ses caractéristiques de fonctionnement qu'un moteur synchrone est parfois choisi au lieu d'un moteur à induction. Les moteurs synchrones sont d'un coût nettement plus élevé et ne sont donc utilisés que si leur choix se justifie sur la base des facteurs ci-après :

Vitesse : Les moteurs synchrones fonctionnent à la vitesse synchrone sans baisse de vitesse sur toute leur gamme de charges. On devra opter pour ces moteurs lorsqu'une vitesse précise et constante est nécessaire.

Correction du facteur de puissance : Les moteurs synchrones peuvent produire de la puissance réactive pour corriger le faible facteur de puissance du réseau d'alimentation, tout en produisant une puissance mécanique. Lorsqu'ils fournissent de la puissance réactive, on dit que les moteurs synchrones fonctionnent avec un facteur de puissance capacitif.

Coûts d'exploitation moins élevés : Les moteurs synchrones ont souvent un rendement énergétique supérieur à celui des moteurs à induction, et plus particulièrement dans les gammes de puissances élevées.

Une règle empirique généralisée est qu'un moteur synchrone doit être choisi lorsque la puissance nécessaire dépasse la vitesse (en tr/min.) du moteur.

c) Choix d'un moteur à courant continu

On choisit souvent un moteur c.c. lorsque qu'une régulation précise de la vitesse est nécessaire, car le contrôle de la vitesse d'un moteur c.c. est plus simple, moins coûteux et couvre une gamme de

vitesse plus étendue que les systèmes de commande de vitesse des moteurs c.a.

On recherche souvent les moteurs c.c. lorsque l'on souhaite un couple de démarrage élevé et/ou un surcouple élevé. Ces moteurs conviennent par ailleurs aux équipements alimentés par piles ou accumulateurs.

d) Choix d'un moteur monophasé

Les moteurs monophasés sont choisis en fonction du type de charge ou des applications auxquelles ils sont destinés : appareils électroménagers.

2.3. Charges entraînées

Pour qu'un moteur puisse entraîner une charge de façon appropriée, il faut qu'il produise un couple suffisant. Les moteurs devront être dimensionnés pour correspondre aux exigences en matière de vitesse de fonctionnement et de couple de la charge. Les types de charges sont classés selon différents régimes d'utilisation caractérisant le temps de fonctionnement et les variations de la charge.

Si l'on envisage de remplacer un moteur existant, l'analyse de la puissance absorbée par le moteur sur une certaine période de temps va déterminer son dimensionnement optimal. Des enregistreurs de données peu coûteux fonctionnant sur piles permettent de relever facilement les tendances de la charge.

Trois classes de régimes d'utilisation caractérisent la plupart des charges de moteurs : service continu, service périodique et service intermittent.

2.3.1. Service continu – constante de couple

La plupart des applications de moteurs sont du type à service continu. Ce régime d'utilisation consiste essentiellement en une charge constante appliquée durant une période de temps de longueur indéfinie. Les moteurs doivent être dimensionnés pour la puissance nécessaire à la charge permanente.

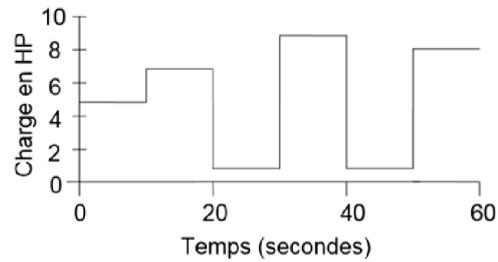
2.3.2. Service périodique – couple variable

Ce régime d'utilisation convient à des moteurs entraînant des charges variables bien définies et qui se répètent. Exemple : une machine à mouler les plastiques par injection. Pour ce type de charge, la puissance du moteur est déterminée à partir de la moyenne quadratique ou valeur efficace (RMS) de la puissance. La puissance efficace (HPRMS) est calculée par la formule suivante (1 HP=745,7 w) :

$$HP = \sqrt{\frac{\sum H P^2}{\sum t}}$$

Exemple

Exemple de régime d'utilisation périodique, qui est présenté par une courbe de régime d'utilisation périodique.



Dans ce cas, l'intervalle de temps et la charge sont déterminés par le tableau suivant:

Temps (s)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Charge (HP)	5	7	1	9	1	8
HP ² t	250	490	10	810	10	640

La puissance efficace se calcule comme suit

$$HP_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum 250 + 490 + 10 + 810 + 10 + 640}{\sum 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10}} = 6.07$$

Des moteurs de 6,07 HP, par exemple, n'existant pas sur le marché, le choix approprié sera celui d'un moteur de la puissance assignée supérieure la plus proche, soit de 7,5 HP.

2.3.3. Service intermittent

Ce régime d'utilisation présente successivement des intervalles indéfinis de périodes de charge ou hors charge, charge et pause, ou charge, hors charge et pause. Exemple : les ouvre-porte de garage). Choisir un moteur dont la puissance en HP correspond à la puissance nécessaire à la charge.

2.3.4. Type de service

Dix services ont été spécifiés dans la norme CEI 34-1. Chaque service est indiqué par la lettre S suivi d'un numéro allant de 1 à 10.

a) S1 : Service continu

Fonctionnement à charge constante d'une durée suffisante pour que l'équilibre thermique soit atteint

(voir figure 1).

b) S2 : Service temporaire

Fonctionnement à charge constante pendant un temps déterminé, moindre que celui requis pour atteindre l'équilibre thermique, suivi d'un repos d'une durée suffisante pour rétablir à 2 K près l'égalité de température entre la machine et le fluide de refroidissement (voir figure 2).

c) S3 : Service intermittent périodique

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante et une période de repos. Dans ce service, le cycle est tel que le courant de démarrage n'affecte pas l'échauffement de façon significative (voir figure 3).

d) S4 : Service intermittent périodique à démarrage

Suite de cycles de service identiques comprenant une période appréciable de démarrage, une période de fonctionnement à charge constante et une période de repos (voir figure 4).

e) S5 : Service intermittent périodique à freinage électrique

Suite de cycles de service périodiques comprenant chacun une période de démarrage, une période de fonctionnement à charge constante, une période de freinage électrique rapide et une période de repos (voir figure 5).

f) S6 : Service ininterrompu périodique à charge intermittente

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante et une période de fonctionnement à vide. Il n'existe pas de période de repos (voir figure 6).

g) S7 : Service ininterrompu périodique à freinage électrique

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de démarrage, une période de fonctionnement à charge constante et une période de freinage électrique. Il n'existe pas de période de repos (voir figure 7).

h) S8 : Service ininterrompu périodique à changements liés de charge et de vitesse

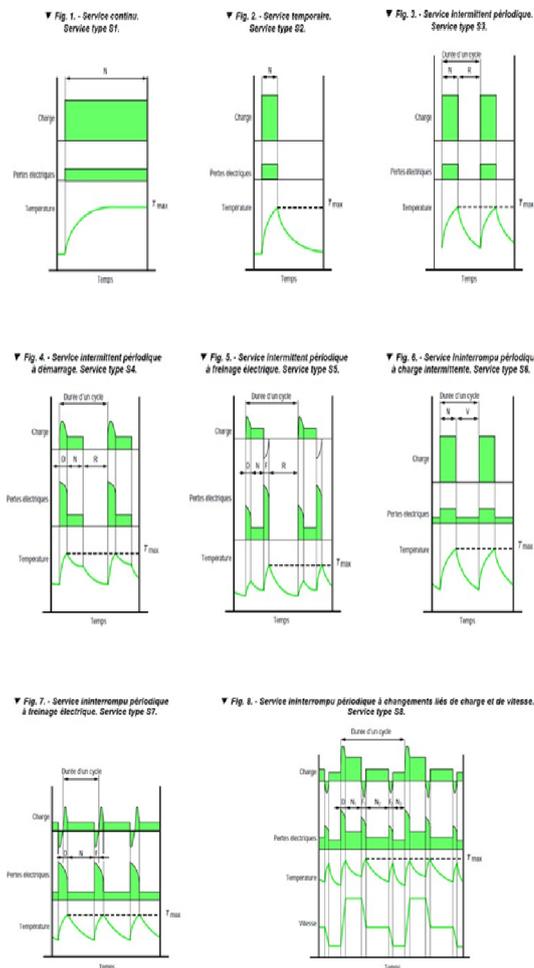
Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante correspondant à une vitesse de rotation prédéterminée, suivie d'une ou plusieurs périodes de fonctionnement à d'autres charges constantes correspondant à différentes vitesses de rotation (réalisées par exemple par changement du nombre de pôles dans le cas des moteurs à induction). Il n'existe pas de période de repos (voir figure 8).

i) S9 : Service à variations non périodiques de charge et de vitesse

Service dans lequel généralement la charge et la vitesse ont une variation non périodique dans la plage de fonctionnement admissible. Ce service inclut fréquemment des surcharges appliquées qui peuvent être largement supérieures à la pleine charge (ou aux pleines charges) (voir figure 9). Note. - Pour ce service type, des valeurs appropriées à pleine charge devront être considérées comme bases du concept de surcharge.

j) S10 : Service à régimes constants distincts

Service comprenant au plus quatre valeurs distinctes de charges (ou charges équivalentes), chaque valeur étant appliquée pendant une durée suffisante pour que la machine atteigne l'équilibre thermique. La charge minimale pendant un cycle de charge peut avoir la valeur zéro (fonctionnement à vide ou temps de repos) (voir figure 10).



- D = démarrage.
- N = fonctionnement à charge constante. R = repos.
- F = freinage électrique.

- V = fonctionnement à vide.
- Tmax = température maximale atteinte au cours du cycle. S = fonctionnement sous surcharge.
- Cp = pleine charge.
- La puissance apparente du moteur doit être déterminée en fonction du service correspondant par la relation suivante :

$$P_a = \sqrt{\frac{n \cdot t_d \left(\frac{I_d}{I_n} \cdot P_n \right)^2 + (3600 - n \cdot t_d) p_u^2 \cdot f_{dm}}{3600}}$$

td : temps de démarrage avec un moteur de puissance Pn

n : nombre de démarrages équivalent par heure $n = nD + 3 \cdot nF + 0,5 \cdot n_i$ (nD : nombre de démarrages dans l'heure)

nF : nombre de freinages électriques dans l'heure

ni : nombre d'impulsion (démarrage incomplet jusqu'à 1/3 de la vitesse finale) dans l'heure

Fdm : facteur de marche (%) = durée de fonctionnement à Pu / durée totale du cycle n

Id/In : appel de courant avec un moteur de puissance Pn

Pu : puissance utile du moteur pendant le cycle d'utilisation hors démarrage Pn : puissance nominale du moteur prévu

Pour les régimes à charges intermittentes .

S1	fdm = 1 ; n ≤ 6
S2	; n = 1 durée de fonctionnement déterminée par CdC
S3	fdm selon CdC ; n ~ 0 (pas d'effet du démarrage sur l'échauffement)
S4	fdm selon CdC ; n selon CdC ; t _d , P _u , P _n selon CdC (remplacer n par 4n dans la formule ci-dessus)
S5	fdm selon CdC ; n = n démarrages + 3 n freinages = 4 n ; t _d , P _u , P selon CdC (remplacer n par 4 n dans la formule ci-dessus)
S6	$P = \sqrt{\frac{\sum (P_i^2 \cdot t_i)}{\sum t_i}}$
S7	même formule qu'en S5 mais fdm = 1
S8	en grande vitesse, même formule qu'en S1 en petite vitesse, même formule qu'en S5
S9	formule du service S8 après description complète du cycle avec fdm sur chaque vitesse
S10	même formule qu'en S6

2.4. Vitesse

Vitesse constante (Exemple : ventilateur).

À plusieurs vitesses (Exemple : ventilateur de chaudière).

À vitesse réglable (Exemple : machine à laver sans transmission).

2.5. Démarrage et arrêt

Fréquence des démarrages et arrêts. Il faut ne pas dépasser la valeur assignée du moteur. Il faut que le couple de démarrage soit approprié au moteur. Limites d'accélération. S'assurer que le moteur entraînant la charge atteigne sa pleine vitesse assez rapidement pour ne pas faire déclencher la protection de surcharge. À l'inverse, certaines charges vont demander un certain temps avant d'atteindre leur pleine vitesse : par exemple un convoyeur à bande. Dans ce cas, un entraînement à vitesse variable serait justifié car il permettrait en outre de limiter le courant lors de la mise en marche.

2.6. Choix en fonction de l'environnement :

Indice de protection :

Il définit la protection procurée par les enveloppes (carcasses) des matériels électriques (y compris les moteurs) contre la pénétration de corps solides étrangers et la pénétration de l'eau (code IP) ainsi que leur protection aux chocs mécaniques (code IK).

2.6.1. Indice de protection IP

L'indice IP est donné pour tous les équipements électriques et est indiqué par deux chiffres :

- le premier correspond à la protection contre la pénétration des corps solides ;
- le deuxième correspond à la protection contre la pénétration des liquides Il faut s'assurer que la machine choisie sera protégée contre l'insertion de corps étrangers ainsi que contre les projections d'eau. Il faut que l'IP de la machine soit supérieur au chiffre de l'IP du local ou de l'armoire.

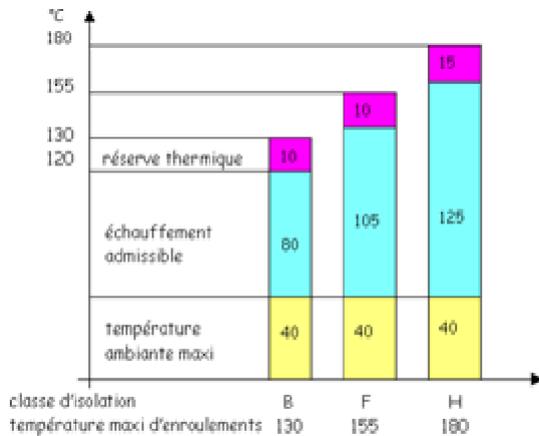
2.6.2. Indice de protection IK

L'indice IK détermine le degré de protection du matériel contre les chocs d'origine mécanique. Pour chaque degré IK, la mesure de résistance est faite en joule (c'est une unité de mesure d'énergie).

- IK 00 : Pas de protection
- IK 01 : Protection contre une énergie de choc de 0,15 joule
- IK 02 : Protection contre une énergie de choc de 0,20 joule
- IK 03 : Protection contre une énergie de choc de 0,35 joule
- IK 04 : Protection contre une énergie de choc de 0,50 joule
- IK 05 : Protection contre une énergie de choc de 0,70 joule
- IK 06 : Protection contre une énergie de choc de 1 joule
- IK 07 : Protection contre une énergie de choc de 2 joules

- IK 08 : Protection contre une énergie de choc de 5 joules
- IK 09 : Protection contre une énergie de choc de 10 joules

2.6.3. Classe de T° (Classe d'isolation)



Les bobinages d'une machine sont enduits d'un vernis qui se dégrade avec des températures élevées.

Le type d'isolation utilisé dans un moteur dépend donc de la température à laquelle le moteur va fonctionner. Les enroulements d'un moteur fonctionnant dans une température ambiante doivent supporter un certain échauffement. Pour cela la norme a défini des classes d'isolation en température qui assurent un fonctionnement correct du moteur pour une température ambiante de 40°C.

La classe B est la norme courante ; Les classes F et H sont utilisées dans les applications où règne une température élevée. Le graphe ci-contre et le tableau ci-dessous résument ces classes d'isolation.

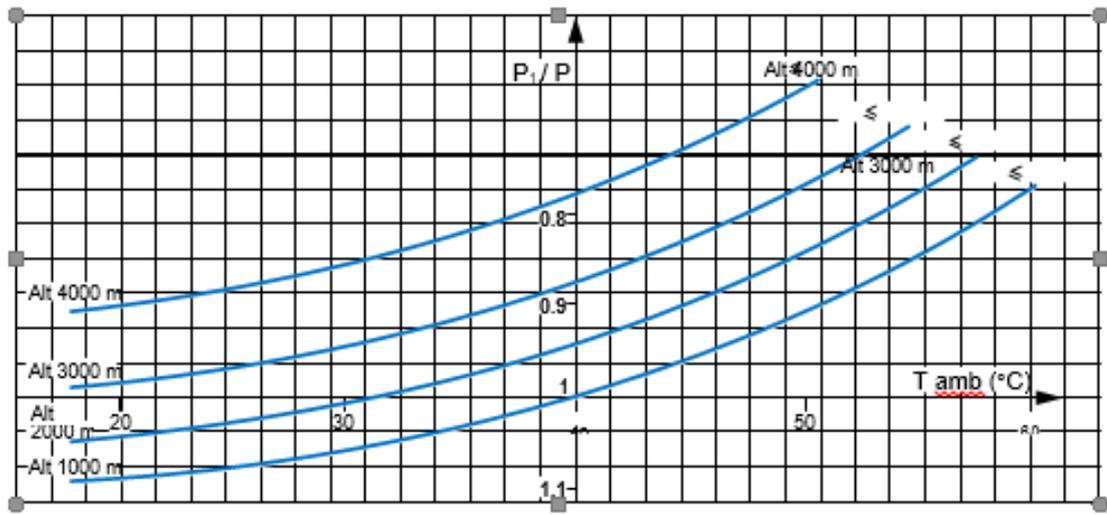
Classes d'isolation	E	B	F	H
Température ambiante (°C)		40	40	40
Echauffement maxi admissible (°C)		75	80	105
Reserve thermique (°C)		5	10	10

a) Déclassement :

Les moteurs standards doivent, selon la norme CEI 34-1, fonctionner à une température ambiante comprise entre -16 et + 40 °C et une altitude inférieure à 1000 m. Pour des conditions d'emploi différentes, des corrections de la puissance doivent être faites avant de prédéterminer le moteur.

On appliquera le coefficient de correction de la puissance indiquée sur l'abaque ci-dessous en conservant la réserve thermique, en fonction de l'altitude et de la température ambiante du lieu de fonctionnement.

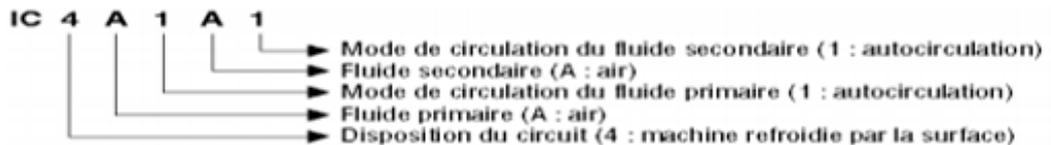
La correction dans le sens de l'augmentation de la puissance utile ne pourra se faire qu'après contrôle de l'aptitude du moteur à démarrer sa charge.



▼ *Abaque des coefficients de correction.*

2.6.4. Les modes de refroidissement - IC (International Cooling)

La désignation du mode de refroidissement comporte les lettres «IC» suivies des chiffres et des lettres représentant la disposition du circuit, le fluide de refroidissement et les modes de circulation de ce fluide.



2.6.5. 1. Mode de Pose et fixation (forme de montage)

L'encombrement de la machine peut dans certains cas poser des problèmes. On doit donc vérifier la position (horizontale ou verticale) et les cotes de la machine. La mécanique intérieure d'un moteur détermine son mode de pose, car elle est conçue soit pour un axe vertical ou un axe horizontal. Si par exemple, pour un moteur conçu pour être posé horizontalement, en cas de pose verticale les roulements cassent à cause du poids.

En plus, un moteur mal fixé est le siège d'importantes vibrations pouvant occasionner des dégâts mécaniques (par exemple : désaccouplement avec la machine à entraîner), le moteur doit donc être fixé correctement ;

- Soit par socle (par pattes) ;
- Soit par bride (le moteur est tenu par le flasque, donc pas de problème d'alignement).



Moteur à bride de Fixation



Moteur à pattes de Fixation

Les modes de pose et fixation normalisés les plus fréquents sont définies par la norme CEI 34-7, et sont représentés par deux codes pouvant être utilisés indifféremment. (Voir la page suivante).

Le code1 est défini comme suit :

IM
International Monting

1 chiffre
Type à pattes à bride

2ème et 3ème chiffre
position de fonctionnement

4ème chiffre
Type de bout d

	<u>1^{er} chiffre</u>	<u>2^{ème} chiffre</u>	<u>3^{ème} chiffre</u>	<u>4^{ème} chiffre</u>
1	montage à <u>pattes</u>	0 <u>moteur à pattes/bride, bride FF</u>	0 <u>arbre horizontal et, éventuellement, pieds vers le bas</u>	1 <u>Un seul bout d'arbre</u>
2	Montage à <u>pattes/bride</u>	1 <u>moteur à pattes/bride, bride FT</u>	1 <u>arbre vertical vers le bas</u>	2 <u>Deux bouts d'arbre</u>
3	montage à <u>bride</u>	2 <u>(patte) moteur bride FF coté ventilateur</u>	2 <u>combinaison des possibilités 0 et 1</u>	9 <u>Arbres spéciaux</u>
9	montage sans <u>palier avant</u>	3 <u>(patte) moteur bride FT coté ventilateur</u>	3 <u>arbre vertical vers le haut</u>	
			4 <u>combinaison des possibilités 0, 1 et 3</u>	
			5 <u>arbre horizontal, Arbre à gauche et, éventuellement, pieds dans le plan vertical</u>	
			6 <u>arbre horizontal, Arbre à droite et, éventuellement, pieds dans le plan vertical</u>	
			7 <u>arbre horizontal et, éventuellement, pieds en haut</u>	
			8 <u>moteur à pattes, moteur à pattes /bride, combinaison des possibilités 1 à 7 inclus</u>	

Le code2 est défini comme suit :

IM
International Monting

Lettre 1 ou 2 chiffres
Position de fonctionnement

La lettre (V) signifie axe ou arbre vertical, alors que La lettre (B) signifie axe ou arbre horizontal.
Chaque référence du code1 correspond à une référence du code2.

Moteurs à pattes de fixation

<p>IM 1001 (IM B3) - Arbre horizontal - Pattes au sol</p> 	<p>IM 1071 (IM B8) - Arbre horizontal - Pattes en haut</p> 
<p>IM 1051 (IM B6) - Arbre horizontal - Pattes au mur à gauche vue du bout d'arbre</p> 	<p>IM 1011 (IM V5) - Arbre vertical vers le bas - Pattes au mur</p> 
<p>IM 1061 (IM B7) - Arbre horizontal - Pattes au mur à droite vue du bout d'arbre</p> 	<p>IM 1031 (IM V6) - Arbre vertical vers le haut - Pattes au mur</p> 

Moteurs à bride (FF) de fixation à trous lisses

<p>IM 3001 (IM B5) - Arbre horizontal</p> 	<p>IM 3001 (IM B35) - Arbre horizontal - Pattes au sol</p> 
<p>IM 3011 (IM V1) - Arbre vertical en bas</p> 	<p>IM 3011 (IM V15) - Arbre vertical en bas - Pattes au mur</p> 
<p>IM 3031 (IM V3) - Arbre vertical en haut</p> 	<p>IM 3031 (IM V36) - Arbre vertical en haut - Pattes au mur</p> 

Moteurs à bride (FT) de fixation à trous taraudés

<p>IM 3601 (IM B14) - Arbre horizontal</p> 	<p>IM 2101 (IM B34) - Arbre horizontal - Pattes au sol</p> 
<p>IM 3611 (IM V18) - Arbre vertical en bas</p> 	<p>IM 2111 (IM V38) - Arbre vertical en bas - Pattes au mur</p> 
<p>IM 3631 (IM V19) - Arbre vertical en haut</p> 	<p>IM 2131 (IM V39) - Arbre vertical en haut - Pattes au mur</p> 

Moteurs sans palier avant

Attention : la protection (IP) plaquée des moteurs IM B9 et IM B15 est assurée lors du montage du moteur par le client.

<p>IM 9101 (IM B9) - A tiges filetées de fixation - Arbre horizontal</p> 	<p>IM 1201 (IM B15) - A pattes de fixation et tiges filetées - Arbre horizontal</p> 
---	--

3. Exercice

Les moteurs à induction triphasés c.a. sont

- moteurs à cage d'écurieil
- moteurs à rotor bobiné
- moteurs universels

4. Exercice

Les moteurs synchrones triphasés sont très couramment employés

- lorsqu'une vitesse exacte est nécessaire
- dans les cas où la puissance nécessaire est inférieure à 1 KW
- le plus souvent dans les outils ou les appareils électroménagers

5. Exercice

quelles sont les critères de choix d'un moteur ?

- aspect de l'alimentation électrique
- Considérations à propos des moteurs
- Charges entraînées
- Conditions environnementales
- la couleur et les dimensions du moteur.

