

---

# PREFACE

---

## AUXILIAIRES DE CHAUFFAGE ET DE VENTILATION : OPTIMISEZ VOS CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE GRACE A LA MDE

Une part importante de la facture d'électricité provient des consommations d'électricité liées aux nombreux moteurs disséminés dans les bâtiments. A titre d'illustration, dans un bâtiment de bureaux équipé d'un chauffage à eau chaude et non climatisé, c'est jusqu'au tiers des consommations et des dépenses d'électricité qui peuvent être liées aux auxiliaires de chauffage et de ventilation, les deux tiers restant étant en général utilisés pour l'éclairage et les équipements bureautiques.

Les moteurs, serviteurs auxiliaires moins lumineux que l'éclairage, sont trop souvent oubliés. Ils présentent pourtant de larges possibilités de réduction de leur consommation, souvent insoupçonnées.

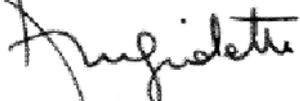
Néanmoins, les moteurs associés aux installations hydrauliques de chauffage, de climatisation, de ventilation ou aux services d'eau chaude sanitaire et, d'une manière générale, à tous les équipements de génie climatique du bâtiment ne peuvent pas être traités exclusivement par un spécialiste de l'électrotechnique. L'expertise et les compétences d'un thermicien ou d'un chauffagiste sont nécessaires pour assurer la cohérence, la qualité globale de l'installation et la fourniture du service attendu.

Cet ouvrage de terrain a été préparé dans l'objectif de donner des éléments concrets d'analyse et d'aide à la décision à tous ceux qui se préoccupent de l'amélioration énergétique des équipements de génie climatique dans un souci de maîtrise de la demande d'énergie et, plus particulièrement, de Maîtrise de la Demande d'Electricité (MDE) dans le cas des auxiliaires.

Sur la base des informations fournies ici et de leurs compétences techniques, il permettra aux techniciens de terrain d'identifier et d'apporter des solutions pertinentes sur les équipements où des gains peuvent raisonnablement être obtenus.

Les actions de Maîtrise de la Demande d'Electricité conduites par l'ADEME et, dans le cas des auxiliaires de génie climatique, en partenariat étroit avec le COSTIC, sont faites pour vous aider à faire les bons choix et à agir en faveur du Développement Durable.

Robert ANGIOLETTI



Chef du Département Maîtrise de la Demande  
d'Electricité de l'ADEME

# COMMENT UTILISER LE GUIDE MOTEURS ELECTRIQUES

L'information recherchée est accessible directement grâce :

- ⇒ au sommaire détaillé,
- ⇒ à l'index situé en fin de l'ouvrage, page 205.

De la théorie à la pratique, chacun trouvera dans ce guide l'information technique qui l'intéresse :

- L'électrotechnicien le consultera en aide-mémoire
- Le thermicien y trouvera des connaissances utiles.
- Le prescripteur y verra l'intérêt de la variation de vitesse,
- Le concepteur trouvera les informations utiles pour le choix du moteur et de ses accessoires,
- L'installateur s'intéressera, entre autres, aux chapitres consacrés aux schémas, aux protections électriques ou aux variateurs,
- Le metteur au point y trouvera des indications concrètes pour ses opérations : mise en service, réglages des vitesses, mesures électriques,
- Le technicien ou l'exploitant de maintenance aura recours aux parties sur l'entretien de moteurs, l'estimation des consommations.

---

# SOMMAIRE

---

<b>1.</b>	<b>LE MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE.....</b>	<b>7</b>
1.1.	ANATOMIE D'UN MOTEUR A ROTOR A CAGE .....	8
	• <i>Le stator</i> .....	9
	• <i>Le rotor</i> .....	10
	• <i>L'entrefer</i> .....	12
1.2.	DIFFERENCE ENTRE UN MOTEUR A CAGE ET UN MOTEUR A ROTOR BOBINE .....	13
1.3.	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES .....	14
	• <i>Notion de champ tournant</i> .....	15
	• <i>Création d'un champ tournant</i> .....	16
	• <i>Action du champ tournant sur le rotor</i> .....	18
<b>2.</b>	<b>LE MOTEUR ASYNCHRONE MONOPHASE .....</b>	<b>19</b>
2.1.	ANATOMIE DU MOTEUR.....	19
2.2.	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	19
	• <i>Création d'un champ tournant</i> .....	20
	• <i>Action du champ tournant sur le rotor</i> .....	21
<b>3.</b>	<b>VITESSE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE.....</b>	<b>22</b>
3.1.	LES POLES DU STATOR.....	22
3.2.	CALCUL DE LA VITESSE DE SYNCHRONISME .....	24
3.3.	REMARQUES IMPORTANTES.....	24
3.4.	LE GLISSEMENT .....	25
3.5.	VITESSE DU MOTEUR MONOPHASE .....	26
<b>4.</b>	<b>LES PERTES.....</b>	<b>28</b>
4.1.	PERTES FER .....	28
4.2.	PERTES JOULE .....	29
4.3.	PERTES MECANQUES .....	30
4.4.	CONCLUSION .....	31
<b>5.</b>	<b>ECHAUFFEMENT D'UN MOTEUR.....</b>	<b>32</b>
5.1.	VALEURS NORMALISEES DE LA TEMPERATURE AMBIANTE ....	33
5.2.	VALEURS NORMALISEES DE L'ECHAUFFEMENT .....	33
5.3.	INFLUENCE DE L'ALTITUDE SUR L'ECHAUFFEMENT .....	34

<b>6.</b>	<b>LES COUPLES.....</b>	<b>37</b>
6.1.	COUPLE MOTEUR D'UN MOTEUR ASYNCHRONE .....	38
6.2.	COUPLE RESISTANT D'UNE MACHINE ENTRAINEE .....	40
6.3.	COUPLE ACCELERATEUR RESULTANT .....	41
6.4.	COUPLE DE DEGROCHAGE .....	43
6.5.	COUPLE DU MOTEUR MONOPHASE .....	44
<b>7.</b>	<b>PUISSANCE D'UN MOTEUR .....</b>	<b>46</b>
7.1.	RELATIONS ENTRE LE COUPLE, LA VITESSE ET LA PUISSANCE UTILE.....	46
7.2.	PUISSANCE APPARENTE .....	47
7.3.	PUISSANCE ACTIVE, PUISSANCE REACTIVE ET FACTEUR DE PUISSANCE .....	48
7.4.	PUISSANCE UTILE ET RENDEMENT .....	51
7.5.	CLASSES DE RENDEMENT .....	52
7.6.	CALCUL DE L'INTENSITE ABSORBEE .....	53
<b>8.</b>	<b>BRANCHEMENT AU RESEAU .....</b>	<b>55</b>
8.1.	INVERSION DU SENS DE ROTATION DES MOTEURS TRIPHASES .....	59
8.2.	CAS DES MOTEURS MONOPHASES.....	61
	• <i>Branchement</i> .....	61
	• <i>Sens de rotation</i> .....	61
<b>9.</b>	<b>DEMARRAGE DES MOTEURS.....</b>	<b>63</b>
9.1.	APPEL DE COURANT .....	64
9.2.	DONNEES DU PROBLEME .....	66
	• <i>Le moteur d'entraînement</i> .....	67
	• <i>La machine entraînée</i> .....	68
	• <i>Raccordement au réseau</i> .....	69
<b>10.</b>	<b>DEMARRAGE DU MOTEUR MONOPHASE.....</b>	<b>71</b>
10.1.	ASSISTANTS DE DEMARRAGE .....	72
	• <i>Résistance de démarrage</i> .....	72
	• <i>Condensateur de démarrage</i> .....	73
	• <i>Condensateur de marche</i> .....	74
	• <i>Relais de démarrage</i> .....	75
10.2.	LES DEMARREURS .....	76
	• <i>Démarrateurs manuels</i> .....	76
	• <i>Démarrateurs automatiques</i> .....	77

<b>11.</b>	<b>DEMARRAGE DU MOTEUR TRIPHASE .....</b>	<b>79</b>
11.1.	DEMARRAGE DIRECT .....	79
	• <i>Les démarreurs</i> .....	79
	• <i>Démarreurs à deux sens de marche</i> .....	83
11.2.	DEMARRAGE ETOILE-TRIANGLE .....	84
	• <i>Modification du couple</i> .....	86
	• <i>Modification de l'intensité absorbée</i> .....	87
	• <i>Les démarreurs étoile-triangle</i> .....	89
11.3.	DEMARRAGE DES MOTEURS A COUPLAGE DAHLANDER.....	91
11.4.	DEMARRAGE PAR COMMUTATION DE POLES .....	93
11.5.	LE DEMARRAGE ELECTRONIQUE.....	95
<b>12.</b>	<b>SPECIFICATIONS ET PLAQUES DES MOTEURS .....</b>	<b>99</b>
12.1.	HAUTEURS D'AXE.....	99
12.2.	SERVICES TYPES .....	100
12.3.	DEGRES DE PROTECTION .....	101
	• <i>Codes IP</i> .....	101
	• <i>Codes IK</i> .....	102
12.4.	DISPOSITIONS DE MONTAGE .....	102
12.5.	REFROIDISSEMENT DU MOTEUR.....	103
12.6.	LECTURE DES DONNEES CATALOGUE .....	104
12.7.	PARAMETRES DE SELECTION DU MOTEUR.....	107
12.8.	LECTURE DE LA PLAQUE SIGNALETIQUE.....	107
<b>13.</b>	<b>LES VARIATEURS ELECTRONIQUES DE VITESSE (VEV) .....</b>	<b>109</b>
13.1.	AVANTAGES DE LA VARIATION ELECTRONIQUE DE VITESSE	109
	• <i>Pilotage</i> .....	110
	• <i>Economies</i> .....	110
	• <i>Protection</i> .....	110
	• <i>Communication</i> .....	111
13.2.	PRINCIPES ET TYPES DE VEV .....	112
	• <i>Redressement de la tension du réseau</i> .....	113
	• <i>Convertisseur à source de courant</i> .....	114
	• <i>Convertisseur à source de tension</i> .....	115
	• <i>Convertisseur à contrôle vectoriel de flux</i> .....	118

13.3.	SELECTION D'UN VARIATEUR ELECTRONIQUE.....	120
	• <i>Caractéristiques du réseau d'alimentation</i> .....	120
	• <i>Adéquation des couples Variateur/Charge</i> .....	120
	• <i>Adéquation des puissances Variateur/Moteur</i> .....	122
	• <i>Fonctions du variateur</i> .....	122
13.4.	FONCTIONS CLASSIQUES.....	122
	• <i>Les réglages et paramètres liés à l'application</i> .....	123
	• <i>Les fonctions de sécurité</i> .....	123
	• <i>Connexion et communication</i> .....	123
13.5.	INFLUENCE SUR LE CHOIX DU MOTEUR .....	124
13.6.	VEV DES MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASES .....	125
	• <i>Variation de tension</i> .....	125
	• <i>Variation de fréquence</i> .....	126
13.7.	LES MOTOVARIATEURS.....	127
<b>14.</b>	<b>LES ACCESSOIRES ET LES SCHEMAS.....</b>	<b>130</b>
14.1.	PROTECTION DES PERSONNES ET DES APPAREILS .....	130
14.2.	DEFINITIONS.....	132
14.3.	FUSIBLES .....	133
	• <i>Fonction, conception et caractéristiques</i> .....	133
	• <i>Sélection</i> .....	135
	• <i>Mise en œuvre</i> .....	135
14.4.	DISJONCTEURS.....	135
	• <i>Fonctions, conception et caractéristiques</i> .....	135
	• <i>Sélection</i> .....	138
	• <i>Mise en œuvre</i> .....	138
14.5.	PROTECTION CONTRE LES ECHAUFFEMENTS .....	139
	• <i>Relais thermique</i> .....	139
	• <i>Protection thermique à bilame</i> .....	140
	• <i>Protection thermique à thermistance</i> .....	141
14.6.	QUELQUES SCHEMAS ELECTRIQUES.....	143
	• <i>Ventilateur de soufflage d'une armoire</i> <i>de climatisation</i> .....	143
	• <i>Compresseur d'une armoire de climatisation</i> .....	144
	• <i>Pompe de circulation de forte puissance</i> .....	144
	• <i>Pilotage d'un moteur par variateur</i> .....	145
<b>15.</b>	<b>CONSOMMATION ELECTRIQUE DES MOTEURS.....</b>	<b>147</b>
15.1.	ENERGIE CONSOMMEE PAR LES MOTEURS.....	147
15.2.	LES RENDEMENTS ET LA CONSOMMATION.....	148

15.3.	ESTIMATION DE LA CONSOMMATION PAR UN CALCUL .....	151
•	<i>Cas des moteurs à charge et à vitesse constantes au point nominal de fonctionnement</i> .....	151
•	<i>Cas des moteurs à charge variable et vitesse constante</i> .....	153
•	<i>Cas des moteurs à charge et à vitesse variables</i> ...	154
15.4.	MESURES DE LA CONSOMMATION .....	157
•	<i>A partir du comptage électrique</i> .....	157
•	<i>A partir de mesures électriques</i> .....	158
•	<i>A partir de mesures hydrauliques pour les pompes</i>	160
<b>16.</b>	<b>APPLICATIONS .....</b>	<b>165</b>
16.1.	MOTEURS POUR POMPES ET CIRCULATEURS .....	165
•	<i>Entraînement à vitesse fixe</i> .....	165
•	<i>Entraînement à vitesse variable</i> .....	167
•	<i>Entraînement par motovariateur</i> .....	168
•	<i>Autres entraînements</i> .....	169
16.2.	MOTEURS POUR VENTILATEURS .....	169
16.3.	MOTEURS POUR ACTIONNEURS .....	171
16.4.	MOTEURS POUR GROUPES DE FROID .....	171
	<b>DEVELOPPEMENTS .....</b>	<b>173</b>
	<b>DEV 1 - AUTRES TYPES DE MOTEURS .....</b>	<b>173</b>
•	<i>Le moteur synchrone</i> .....	173
•	<i>Le moteur universel</i> .....	174
•	<i>Le moteur à courant continu</i> .....	175
	<b>DEV 2 - REGIMES DE NEUTRE .....</b>	<b>177</b>
•	<i>Définitions</i> .....	177
•	<i>Les différents régimes</i> .....	177
•	<i>Conséquences</i> .....	179
	<b>DEV 3 - SECTION ET LONGUEUR DES CABLES .....</b>	<b>180</b>
•	<i>Sections des câbles</i> .....	180
•	<i>Longueurs des câbles</i> .....	180

<b>DEV 4 - HABILITATIONS ELECTRIQUES.....</b>	<b>182</b>
• <i>Définition.....</i>	<i>182</i>
• <i>Tableau des habilitations BT.....</i>	<i>182</i>
<b>DEV 5 - LA COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE - CEM.....</b>	<b>183</b>
• <i>Définitions.....</i>	<i>183</i>
• <i>Perturbations.....</i>	<i>184</i>
• <i>Principes.....</i>	<i>184</i>
• <i>Conséquences.....</i>	<i>185</i>
<b>DEV 6 - HARMONIQUES ET PERTURBATIONS.....</b>	<b>186</b>
• <i>Définitions.....</i>	<i>186</i>
• <i>Principes.....</i>	<i>186</i>
<b>DEV 7 - CORRECTION DU FACTEUR DE PUISSANCE ET DES HARMONIQUES.....</b>	<b>189</b>
• <i>Compensation du facteur de puissance.....</i>	<i>190</i>
<b>DEV 8 - MISE EN SERVICE.....</b>	<b>193</b>
• <i>Mise en service des moteurs.....</i>	<i>193</i>
• <i>Recommandations de câblage pour les variateurs.....</i>	<i>194</i>
<b>DEV 9 - MAINTENANCE DES MOTEURS.....</b>	<b>196</b>
<b>DEV 10 - FONCTIONNEMENT DU MOTEUR TRIPHASE EN MONOPHASE.....</b>	<b>197</b>
• <i>Conditions.....</i>	<i>197</i>
• <i>Fonctionnement.....</i>	<i>197</i>
<b>DEV 11 - CALCUL DES RAPPORTS DE POULIES.....</b>	<b>199</b>
<b>DEV 12 - BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>201</b>
• <i>Ouvrages.....</i>	<i>201</i>
• <i>Articles.....</i>	<i>202</i>
• <i>Documents constructeurs.....</i>	<i>203</i>
• <i>Normes.....</i>	<i>204</i>
<b>INDEX.....</b>	<b>205</b>