

# SOMMAIRE

<b>Lois générales en génie énergétique</b> .....	1
Unités de mesure du système international d'Unités .....	1
Lois générales en mécanique des fluides .....	3
Lois générales en acoustique .....	5
Lois générales en électrotechnique .....	7
Courant continu .....	7
Magnétisme .....	8
Courant alternatif monophasé .....	9
Courant alternatif triphasé .....	10
Machines électriques .....	10
Erreurs et incertitudes .....	11
Problème de la mesure d'une grandeur .....	11
Incertitude d'un résultat dépendant de différentes mesures .....	11
<b>Propriétés des solides, des liquides et des gaz</b> .....	13
Caractéristiques et comportements .....	13
Tableaux récapitulatifs .....	15
<b>Schémas et représentations graphiques</b> .....	33
Chauffage, froid et climatisation .....	33
Régulation .....	36
Électrotechnique .....	37
Symboles élémentaires .....	37
Appareillage et dispositifs de commande et de protection .....	41
Appareils de mesure, lampes et dispositifs de signalisation .....	43
Schémas et plans d'installation architecturaux et topographiques .....	44
Opérateurs logiques .....	44
Schémas des installations électriques .....	45
<b>Thermique</b> .....	49
Transferts thermiques .....	49
Rayonnement .....	49
Convection .....	51
Conduction .....	53
Échange thermique mixte .....	54
Échangeurs de chaleur .....	57
Combustion .....	61
Grandeurs caractéristiques de la combustion .....	61
Combustibles. Tableaux des caractéristiques .....	66
<b>5. Mécanique des fluides</b> .....	71
5.1. Statique des fluides .....	71
5.2. Dynamique des fluides .....	73
5.3. Circuits hydrauliques .....	83
5.3.1. Énergie fournie par la pompe au fluide .....	83
5.3.2. Énergie nécessaire pour la circulation du fluide .....	84
5.3.3. Point de fonctionnement d'une installation hydraulique .....	87
5.3.4. Cavitation .....	92
5.4. Circuits aérauliques .....	92
5.4.1. Énergie fournie par le ventilateur au fluide .....	92
5.4.2. Énergie nécessaire pour la circulation de l'air .....	95
5.4.3. Point de fonctionnement d'une installation aéraulique .....	96
<b>6. Thermodynamique, cycle frigorifique, fluide frigorigène</b> .....	101
6.1. Principales lois de thermodynamique .....	101
6.1.1. Définitions, généralités .....	101
6.1.2. Échanges entre système et milieu extérieur .....	101
6.1.3. Équilibres thermodynamiques .....	101
6.1.4. Travail relatif à la dilatation d'un fluide (travail des forces de pression, travail volumétrique) .....	102
6.1.5. Travail total d'une machine .....	102
6.1.6. Chaleur .....	102
6.1.7. Énergie totale d'un système .....	102
6.1.8. Énergie interne d'un système .....	102
6.1.9. Enthalpie d'un système .....	103
6.1.10. Premier principe (principe de l'équivalence ou principe de Mayer) .....	103
6.1.11. Étude des gaz parfaits .....	103
6.1.12. Deuxième principe .....	108
6.2. Machine frigorifique à compression monétagée .....	109
6.2.1. Production de froid .....	109
6.2.2. Cycles frigorifiques .....	111
6.2.3. Caractéristiques d'une installation frigorifique .....	112
6.2.4. Point de fonctionnement d'une installation frigorifique .....	115
6.3. Fluides frigorigènes .....	117
6.3.1. Propriétés .....	117
6.3.2. Désignation .....	117
6.3.3. Protection de l'environnement .....	118
6.3.4. Réglementation .....	119
6.3.5. Remplacement des huiles. Remplacement du R22 .....	121
6.3.6. Le CO <sub>2</sub> : actualités et perspectives .....	123
6.3.7. Propriétés des fluides frigorigènes .....	123

6.3.8.	Récupération des fluides frigorigènes	124	9.6.1.	Moteurs asynchrones triphasés	227
6.3.9.	Tables des caractéristiques thermophysiques des fluides frigorigènes	126	9.6.2.	Moteurs monophasés	231
6.4.	Manipulations	147	9.6.3.	Fonctionnement à régime variable	232
<b>7.</b>	<b>Psychographie. Traitement de l'air</b>	<b>151</b>	<b>10.</b>	<b>Régulation en génie énergétique</b>	<b>235</b>
7.1.	Caractérisation de l'air	151	10.1.	Principe de la régulation	235
7.1.1.	Caractéristiques des gaz parfaits	151	10.1.1.	La boucle de régulation	235
7.1.2.	Caractéristiques de l'air sec	151	10.1.2.	Mesure et contrôle des grandeurs physiques	238
7.1.3.	Caractéristiques de la vapeur d'eau	151	10.2.	Les modes de régulation	239
7.1.4.	Caractéristiques de l'air humide	151	10.2.1.	La régulation « tout ou rien » (TOR)	239
7.1.5.	Grandeurs caractéristiques données par le diagramme de l'air humide	152	10.2.2.	La régulation proportionnelle (P)	240
7.2.	Évolutions élémentaires	155	10.2.3.	Régulation proportionnelle en chauffage et climatisation	241
7.3.	Angle d'évolution d'un traitement de l'air	159	10.2.4.	La régulation proportionnelle, intégrale et dérivée (PID)	242
7.3.1.	Détermination du point de soufflage	159	10.2.5.	Actions de sortie des régulateurs	243
7.3.2.	Cycles de base hiver	161	10.3.	Régulation du chauffage à eau chaude	245
7.3.3.	Cycles de base été	164	10.4.	Régulation des équipements de climatisation	247
<b>8.</b>	<b>Acoustique</b>	<b>169</b>	10.4.1.	Évolution des grandeurs à régler	247
8.1.	Notions générales sur les phénomènes sonores	169	10.4.2.	Régulation de température ambiante	248
8.2.	Transmission du son	173	10.4.3.	Régulation de température et d'humidité	250
<b>9.</b>	<b>Électrotechnique</b>	<b>187</b>	10.5.	Régulation des équipements de chauffage électrique	252
9.1.	Production de l'énergie électrique	187	10.6.	Régulation des équipements de froid	254
9.1.1.	Centrales électriques	187	<b>11.</b>	<b>Réglementation thermique et bilans énergétiques</b>	<b>255</b>
9.1.2.	Les énergies renouvelables	188	11.1.	Réglementation thermique 2012	255
9.1.3.	Autres moyens de production	189	11.1.1.	Historique simplifié de la réglementation thermique	255
9.2.	Transport de l'énergie électrique	190	11.1.2.	Indicateurs et exigences de la RT 2012	256
9.2.1.	Alimentation des installations électriques	191	11.1.3.	Calculs réglementaires de la RT 2012	257
9.2.2.	Types de schémas de distribution	192	11.1.4.	Application et contrôle de la RT 2012	257
9.3.	Protection des personnes contre le risque électrique	194	11.1.5.	Quelques valeurs représentatives de la RT 2012	258
9.3.1.	Analyse du risque électrique	194	11.1.6.	Extraits des 5 fascicules TH-U	259
9.3.2.	Choix des mesures de protection	197	11.1.7.	Exemples d'applications	279
9.3.3.	Mesures de protection contre les contacts indirects	201	11.2.	Bilan de chauffage	281
9.3.3.1.	Dispositions constructives	201	11.3.	Bilan de climatisation	284
9.3.3.2.	Mise à la terre des masses métalliques et coupure automatique par dispositif différentiel résiduel (DDR)	203	11.4.	Bilan frigorifique	291
9.3.4.	Habilitation électrique	205	<b>12.</b>	<b>Équipements de chauffage</b>	<b>303</b>
9.4.	Équipements électriques des bâtiments	211	12.1.	Production	303
9.4.1.	Les circuits électriques	211	12.1.1.	Chaudières fioul et gaz	303
9.4.2.	Installation électrique	212	12.1.2.	Pompes à chaleur	313
9.4.3.	Détermination de la section des conducteurs	215	12.2.	Émission	316
9.4.4.	Sélectivité des dispositifs de protection	221	12.3.	Eau chaude sanitaire	329
9.4.5.	Protection contre la foudre	223	<b>13.</b>	<b>Équipements de froid</b>	<b>333</b>
9.5.	La compatibilité électromagnétique	225	13.1.	Compresseurs frigorifiques	333
9.6.	Les moteurs électriques	227	13.2.	Évaporateurs	345

13.3.	Condenseurs .....	357	17.1.1.	Mesures de sécurité .....	555
13.4.	Détendeurs .....	367	17.1.2.	Les conducteurs et les câbles .....	557
13.5.	Réservoirs de liquide .....	371	17.1.3.	Les canalisations électriques .....	559
<b>14.</b>	<b>Équipements de ventilation .....</b>	<b>375</b>	<b>17.2.</b>	<b>Appareillages de protection</b>	
<b>15.</b>	<b>Équipements de climatisation .....</b>	<b>387</b>	des circuits .....	561	
15.1.	Systèmes détente directe .....	387	17.2.1.	Commande et protection des départs .....	561
15.1.1.	Climatiseurs individuels .....	387	17.2.2.	Protection contre la foudre .....	566
15.1.2.	Armoires de climatisation .....	392	<b>17.3.</b>	<b>Détermination des caractéristiques</b>	
15.2.	Système tout air .....	397	des circuits .....	567	
15.2.1.	Système à débit d'air constant .....	397	<b>17.4.</b>	<b>Équipements de chauffage</b>	
15.2.2.	Systèmes à débit d'air variable .....	406	électrique des bâtiments .....	569	
15.2.3.	Systèmes à deux conduits .....	406	17.4.1.	Chauffage direct .....	569
15.3.	Systèmes tout eau .....	407	17.4.2.	Chauffage rayonnant par le sol .....	572
15.4.	Modules de traitement d'air .....	410	17.4.2.1.	Chauffage direct par câble chauffant .....	572
15.5.	Pompes à chaleur réversibles		17.4.2.2.	Chauffage mixte base + appoint .....	574
sur boucle d'eau .....	413	17.4.3.	Appareils de chauffage à accumulation .....	577	
15.6.	Débit réfrigérant variable (DRV) .....	416	17.4.4.	Chauffage par plafonds rayonnants .....	578
<b>16.</b>	<b>Équipements de distribution</b>		17.4.5.	Chauffage par rayonnement infra-rouge .....	582
<b>des fluides .....</b>	<b>421</b>	17.4.6.	Préparation de l'eau chaude sanitaire .....	585	
16.1.	Distribution de l'eau .....	422	<b>17.5.</b>	<b>Équipements d'alimentation</b>	
16.1.1.	Diamètres .....	422	des moteurs électriques .....	589	
16.1.2.	Pompes .....	430	17.5.1.	Les départs-moteurs .....	590
16.1.3.	Vannes .....	439	17.5.2.	Démarrage direct .....	593
16.1.4.	Schémas et réglages hydrauliques .....	449	17.5.3.	Démarrage étoile-triangle .....	595
16.1.5.	Systèmes d'expansion .....	457	17.5.4.	Démarrage part-winding .....	597
16.1.6.	Équipements divers .....	461	17.5.5.	Moteurs à deux vitesses .....	598
16.2.	Distribution de l'air .....	468	17.5.6.	Contrôle des démarrages	
16.2.1.	Diamètres .....	468	par gradation .....	599	
16.2.2.	Ventilateurs .....	478	17.5.7.	Moteurs monophasés .....	600
16.2.3.	Filtres .....	485	<b>17.6</b>	<b>Fonctionnement des moteurs</b>	
16.2.4.	Diffuseurs .....	494	électriques à vitesse variable .....	602	
16.2.5.	Équipements divers .....	516	17.6.1.	La vitesse variable en chauffage, ventilation	
16.3.	Distribution de la vapeur .....	519	et climatisation .....	604	
16.3.1.	Diamètres .....	520	17.6.2.	Choix des convertisseurs de fréquence .....	605
16.3.2.	Équipements divers .....	524	17.6.3.	Pompes de circulation à débit variable .....	607
16.4.	Distribution des combustibles		<b>17.7.</b>	<b>Armoires d'équipements</b>	
liquides .....	526	de puissance et de commande .....	610		
16.4.1.	Diamètres .....	527	17.7.1.	Conception de l'équipement .....	610
16.4.2.	Équipements divers .....	531	17.7.2.	Choix de l'armoire électrique .....	611
16.5.	Distribution des combustibles		17.7.3.	Transformateur d'équipement .....	612
gazeux .....	533	17.7.4.	Appareillages .....	613	
16.5.1.	Diamètres .....	534	17.7.5.	Auxiliaires d'équipements .....	615
16.5.2.	Équipements divers .....	538	<b>18.</b>	<b>Équipements de régulation .....</b>	<b>617</b>
16.6.	Distribution des fluides		<b>18.1.</b>	<b>Équipements de régulation</b>	
frigorigènes .....	540	pour le chauffage à eau chaude .....	617		
16.6.1.	Diamètres .....	541	18.1.1.	Régulation de la température ambiante .....	617
16.6.2.	Équipements divers .....	551	18.1.2.	Régulation de la température de départ .....	619
<b>17.</b>	<b>Équipements</b>		18.1.3.	Fonctions de régulation en chauffage	
<b>d'électrotechnique .....</b>	<b>555</b>	à eau chaude .....	622		
17.1.	Mise en œuvre des installations		18.1.4.	Régulation de panneaux solaires .....	626
électriques .....	555	18.1.5.	Commande des chaudières en cascade .....	627	
		18.1.6.	Pompe à chaleur en relève de chaudière .....	630	
		<b>18.2.</b>	<b>Équipements de régulation pour</b>		
		la climatisation et la ventilation .....	632		
		18.2.1.	Centrales de traitement d'air .....	632	
		18.2.2.	Régulateurs communicants .....	634	
		18.2.3.	Régulation d'unités terminales .....	638	

18.3.	Équipements de régulation pour installation de froid . . . . .	640			
18.3.1.	Régulation de la pression d'évaporation . .	640			
18.3.2.	Régulation de la pression d'aspiration au démarrage . . . . .	646			
18.3.3.	Régulation de la pression de condensation	652			
18.3.4.	Régulation de la puissance frigorifique du compresseur (piston et scroll) . . . . .	660			
18.3.5.	Schéma d'une installation frigorifique . . . .	668			
<b>19.</b>	<b>Gestion technique du bâtiment</b>	<b>669</b>			
19.1.	La gestion technique en génie énergétique . . . . .	669			
19.2.	Conception d'une gestion technique pour équipement CVC (chauffage, ventilation et climatisation) . . . . .	671			
19.3.	La tarification électrique . . . . .	675			
19.3.1.	Fonctionnement du marché de l'électricité en France . . . . .	675	19.3.2.	Les contraintes de production . . . . .	676
			19.3.3.	Moyens de production . . . . .	676
			19.3.4.	Coûts de production . . . . .	677
			19.3.5.	Organisation générale de la tarification EDF . . . . .	677
			19.3.6.	Les tarifs réglementés de vente . . . . .	681
			19.4.	Gestion de l'énergie électrique . . . . .	684
			<b>20.</b>	<b>Équipements complémentaires</b>	<b>689</b>
			20.1.	Énergies renouvelables . . . . .	689
			20.2.	Récupération de chaleur sur une installation frigorifique . . . . .	693
			20.3.	Tableau électrique de répartition . . . . .	697
			20.4.	Gestion d'énergie électrique . . . . .	698
			<b>Index</b>		<b>699</b>