

TRAITE DU BATIMENT

CHAUFFAGE VENTILATION CLIMATISATION

"ECONOMIES D'ENERGIE
ENERGIE SOLAIRE
POMPES A CHALEUR"

par D. COUILLARD
et R. BOUIGE



EYROLLES



A.69-33 EX.1

9 - 33
EX.1

A69.33

Ex. 1

CHAUFFAGE - VENTILATION CLIMATISATION

**Économies d'énergie - Énergie solaire
Pompes à chaleur**

O. 13 d

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE — Introduction	17
I.1. Généralités	18
I.2. Isolation thermique des bâtiments	19
I.3. Base des calculs et ordre de grandeur des puissances	20
I.4. Choix du système	26
I.5. Mode d'exploitation	27
I.6. Choix du combustible	27
I.601. Différents combustibles	28
A. Combustibles solides	28
a) Combustibles solides naturels — b) Combustibles solides artificiels obtenus après carbonisation — c) Combustibles solides artificiels obtenus par agglomération.	
B. Combustibles liquides	31
C. Inconvénient du soufre dans les combustibles solides ou liquides	31
D. Combustibles gazeux	32
a) Généralités — b) Gaz naturel — c) Gaz provenant de la distillation des pétroles — d) Gaz manufacturé.	
E. Electricité	33
F. Chauffage urbain	33
I.602. Solutions à adopter	33
DEUXIÈME PARTIE — Différents modes de chauffage, ventilation et climatisation	35
II.1. Examen des éléments d'une installation	35
II.101. Aménagement des chaufferies	35
A. Espace pour l'implantation du matériel et accessoires	36
B. Conduits de fumée et ventilation	37
a) Tirage des cheminées — b) Nombre de conduits de fumée — c) Conduits de fumée pour combustibles liquides ou solides — d) Conduits pour combustibles gazeux — e) Ventilation des chaufferies.	
C. Aménagements divers	43
a) Dispositions communes — b) Dispositions particulières aux chaufferies mazout — c) Dispositions particulières aux chaufferies gaz.	

II.102. <i>Aménagement des soutes à combustible</i>	47
A. Combustibles solides	47
a) Soute à charbon — b) Soute à mâchefers — c) Soute à bois.	
B. Alimentation en charbon des chaudières	48
a) Chaudières en fonte à chargement manuel — b) Chaudières ou foyers automatiques.	
C. Combustibles liquides	51
a) Cuve enfouie — b) Soute — c) Signalisation obligatoire pour soutes mazout — d) Capacité de stockage.	
D. Combustibles gazeux	55
II.103. <i>Locaux techniques</i>	58
II.104. <i>Générateurs de chauffage central</i>	59
A. Générateurs à eau chaude	60
a) Générateurs à foyer en dépression — b) Chaudières à foyer surpressé — c) Chaudières mixtes — d) Chaudières murales et batteries de chaudières murales gaz — e) Avantages et in- convénients respectifs de la fonte et de l'acier — f) Equipement propre aux différents com- bustibles.	
B. Générateurs à vapeur basse pression	75
C. Générateurs à air chaud	75
a) Calorifères — b) Générateurs modernes.	
II.105. <i>Surfaces de chauffe</i>	76
A. Radiateurs	76
a) Radiateurs en fonte — b) Radiateurs en acier ou en aluminium — c) Cache-radiateurs.	
B. Tuyaux lisses	79
C. Tuyaux à ailettes	79
D. Convecteurs	79
E. Plinthes chauffantes	80
F. Batteries	80
G. Aérothermes	81
H. Dalles pleines chauffantes	82
I. Sol chauffant	83
J. Plafond chauffant	83
K. Panneaux rayonnants d'ateliers	84
L. Ventilo-convecteurs	84
M. Ejecto-convecteurs	84
II.106. <i>Accélérateurs et pompes</i>	84
A. Accélérateurs et pompes sans presse-étoupe	87
B. Pompe avec presse-étoupe	88
II.107. <i>Ventilateurs</i>	90
II.108. <i>Robinetterie</i>	91
A. Robinets à boisseau	91
B. Robinets à « valves » ou « clapets »	92

C. Robinets à soupapes	93
D. Robinets à vannes	93
E. Vannes papillons	94
F. Vannes à 3 voies	94
G. Robinets de réglage des surfaces chauffantes ...	95
II.109. <i>Tuyauteries</i>	97
II.110. <i>Gaines</i>	101
II.111. <i>Filtres</i>	103
A. Pour les poussières	103
B. Pour les graisses et huiles	106
II.112. <i>Calorifuge</i>	107
II.2. <i>Systèmes classiques — Description et mise en œuvre</i>	109
II.201. <i>Appareils individuels</i>	109
A. Poêles à combustibles solides	109
B. Poêles à combustibles liquides	111
a) Poêles à mazout — b) Poêles à catalyse —	
c) Poêles à pétrole.	
C. Poêles à combustibles gazeux	114
D. Appareils électriques	114
II.202. <i>Chauffage à eau chaude à basse température (thermo-</i> <i>siphon, pompe)</i>	118
A. Schémas de principe	119
a) Distribution supérieure — b) Distribution	
inférieure — c) Distribution supérieure « mo-	
notube » — d) Installation de plain-pied — e)	
Raccordement des éléments chauffants sur	
les colonnes — f) Montage spécifiquement	
« pompe ».	
B. Dispositifs et organes de sécurité	130
C. Purge d'air, dégazage	136
D. Détails divers	139
II.203. <i>Chauffage à eau chaude à haute température</i>	144
A. Installation utilisant uniquement l'eau	145
B. Installation produisant de la vapeur et utilisant	
l'eau	146
C. Description des préparateurs	147
D. Poste d'échange et « sous-station »	148
II.204. <i>Chauffage à vapeur basse pression</i>	149
A. Schémas de principe	150
a) Distribution supérieure — b) Distribution	
inférieure.	
B. Détails divers	154
a) Siphon de sécurité — b) Event — c) Siphon	
de purge — d) Bâche de récupération d'eau	
condensée.	
C. Chauffage à vapeur sous vide	157

II.102. <i>Aménagement des soutes à combustible</i>	47
A. Combustibles solides	47
a) Soute à charbon — b) Soute à mâchefers — c) Soute à bois.	
B. Alimentation en charbon des chaudières	48
a) Chaudières en fonte à chargement manuel — b) Chaudières ou foyers automatiques.	
C. Combustibles liquides	51
a) Cuve enfouie — b) Soute — c) Signalisation obligatoire pour soutes mazout — d) Capacité de stockage.	
D. Combustibles gazeux	55
II.103. <i>Locaux techniques</i>	58
II.104. <i>Générateurs de chauffage central</i>	59
A. Générateurs à eau chaude	60
a) Générateurs à foyer en dépression — b) Chaudières à foyer surpressé — c) Chaudières mixtes — d) Chaudières murales et batteries de chaudières murales gaz — e) Avantages et in- convénients respectifs de la fonte et de l'acier — f) Equipement propre aux différents com- bustibles.	
B. Générateurs à vapeur basse pression	75
C. Générateurs à air chaud	75
a) Calorifères — b) Générateurs modernes.	
II.105. <i>Surfaces de chauffe</i>	76
A. Radiateurs	76
a) Radiateurs en fonte — b) Radiateurs en acier ou en aluminium — c) Cache-radiateurs.	
B. Tuyaux lisses	79
C. Tuyaux à ailettes	79
D. Convecteurs	79
E. Plinthes chauffantes	80
F. Batteries	80
G. Aérothermes	81
H. Dalles pleines chauffantes	82
I. Sol chauffant	83
J. Plafond chauffant	83
K. Panneaux rayonnants d'ateliers	84
L. Ventilo-convecteurs	84
M. Ejecto-convecteurs	84
II.106. <i>Accélérateurs et pompes</i>	84
A. Accélérateurs et pompes sans presse-étoupe	87
B. Pompe avec presse-étoupe	88
II.107. <i>Ventilateurs</i>	90
II.108. <i>Robinetterie</i>	91
A. Robinets à boisseau	91
B. Robinets à « valves » ou « clapets »	92

C. Robinets à soupapes	93
D. Robinets à vannes	93
E. Vannes papillons	94
F. Vannes à 3 voies	94
G. Robinets de réglage des surfaces chauffantes ...	95
II.109. <i>Tuyauteries</i>	97
II.110. <i>Gaines</i>	101
II.111. <i>Filtres</i>	103
A. Pour les poussières	103
B. Pour les graisses et huiles	106
II.112. <i>Calorifuge</i>	107
II.2. <i>Systèmes classiques — Description et mise en œuvre</i>	109
II.201. <i>Appareils individuels</i>	109
A. Poêles à combustibles solides	109
B. Poêles à combustibles liquides	111
a) Poêles à mazout — b) Poêles à catalyse —	
c) Poêles à pétrole.	
C. Poêles à combustibles gazeux	114
D. Appareils électriques	114
II.202. <i>Chauffage à eau chaude à basse température (thermo-</i> <i>siphon, pompe)</i>	118
A. Schémas de principe	119
a) Distribution supérieure — b) Distribution	
inférieure — c) Distribution supérieure « mo-	
notube » — d) Installation de plain-pied — e)	
Raccordement des éléments chauffants sur	
les colonnes — f) Montage spécifiquement	
« pompe ».	
B. Dispositifs et organes de sécurité	130
C. Purge d'air, dégazage	136
D. Détails divers	139
II.203. <i>Chauffage à eau chaude à haute température</i>	144
A. Installation utilisant uniquement l'eau	145
B. Installation produisant de la vapeur et utilisant	
l'eau	146
C. Description des préparateurs	147
D. Poste d'échange et « sous-station »	148
II.204. <i>Chauffage à vapeur basse pression</i>	149
A. Schémas de principe	150
a) Distribution supérieure — b) Distribution	
inférieure.	
B. Détails divers	154
a) Siphon de sécurité — b) Event — c) Siphon	
de purge — d) Bâche de récupération d'eau	
condensée.	
C. Chauffage à vapeur sous vide	157

II.205. <i>Chauffage à vapeur haute pression</i>	158
A. Schéma de principe,	158
a) Récupération des eaux condensées — b) Retour des eaux condensées vers les collecteurs.	
B. Postes de détente	160
II.206. <i>Chauffage à air chaud</i>	163
A. Générateurs d'air chaud	164
a) Générateurs individuels — b) Aérothermes — c) Installation centrale.	
B. Systèmes de distribution d'air chaud	171
II.207. <i>Ventilation</i>	172
A. Ventilation naturelle	173
B. Ventilation mécanique	177
a) Locaux en pression — b) Locaux en dépression — c) Locaux à la pression atmosphérique.	
C. Ventilation mécanique contrôlée	181
II.208. <i>Climatisation, conditionnement d'air</i>	184
A. Conditionnement intégral	185
B. Installation avec éjecto-convecteurs	187
C. Installation avec ventilo-convecteurs	188
D. Installation à doubles gaines	189
II.3. <i>Systèmes particuliers — Description et mise en œuvre</i>	191
II.301. <i>Chauffage thermodynamique</i>	191
II.302. <i>Panneaux rayonnants à haute température</i> ,	192
II.303. <i>Production centrale d'eau chaude sanitaire</i>	195
II.304. <i>Chauffage en dalle pleine</i>	202
II.305. <i>Panneaux rayonnants d'atelier</i>	205
II.306. <i>Chauffage électrique</i>	206
II.307. <i>Chauffage solaire</i>	214
II.4. <i>Régulation des installations</i>	216
II.401. <i>Définition</i>	216
II.402. <i>But</i>	216
II.403. <i>Description générale</i>	216
II.404. <i>Eléments sensibles</i> ,	217
A. Principe de mesure des variations de pression ..	217
a) Diaphragme flexible — b) Tube plissé — c) Cloche flottante — d) Tore pendulaire.	
B. Principe de mesure des variations de température.	218
a) A dilatation de solides — b) A dilatation de fluides — c) Tension de vapeur saturante — d) Thermo-électricité.	
C. Principe de mesure des variations de degré hygrométrique	221
a) Eléments à cheveux — b) Eléments à bois — c) Résistance électrique.	
D. Différentes désignations commerciales	223
II.405. <i>Eléments régulateurs</i>	223
A. Vannes à deux voies	223
a) Vannes papillon — b) Robinets à soupape — c) Robinets à pointeau.	

B. Vannes à 3 voies	224
C. Vannes à 4 voies	224
D. Registres	224
a) Type papillon — b) Type à jalousies.	
II.406. <i>Eléments de liaison</i>	225
A. Type à action directe	225
a) Thermostat — b) Thermostat à une influence — c) Thermostat à double influence — d) Avantages et inconvénients du thermostat.	
B. Type pneumatique	228
a) Thermostat à fluide auxiliaire — b) Thermostat à fluide auxiliaire à double influence — c) Avantages et inconvénients du thermostat à fluide auxiliaire.	
C. Type électronique	229
II.407. <i>Considérations générales et différents exemples de régulation automatique en chauffage des locaux</i> ..	231
A. Différents modes de régulation	232
B. Régulation centrale	232
C. Régulation par pièce	235
D. Régulation par circuit	235
a) Régulation par mélange avec une seule pompe sur le retour général — b) Régulation par mélange avec une pompe sur le départ de chaque circuit — c) Régulation avec une seule pompe placée indifféremment sur le départ ou le retour général — d) Cas d'un réseau primaire alimentant des circuits secondaires.	
E. Cas des installations vapeur	237
II.408. <i>Exemples de sécurité et de contrôle</i>	238
A. Chaudière équipée d'un brûleur à mazout.....	238
B. Chaudière équipée d'un brûleur à gaz	239
TROISIÈME PARTIE — Choix du système et mode de chauffage en fonction du bâtiment	
III.1. <i>Constructions thermiquement lourdes</i>	241
III.2. <i>Constructions thermiquement légères</i>	242
III.3. <i>Exemples de cas pratiques</i>	243
A. Immeubles à usage d'habitation	244
a) Installation de chauffage par radiateurs avec chaufferie centrale — b) Installation de chauffage par rayonnement de la dalle pleine — c) Installation de chauffage par plafonds chauffants — d) Installation par radiateurs avec chaufferie d'appartement — e) Installation par air chaud grâce à une batterie d'appartement — f) Installation par air chaud avec un générateur d'air — g) Ventilation.	

B. Immeubles à usage de bureaux.....	257
C. Locaux industriels	258
a) Installation avec aérothermes — b) Installation avec gaines d'air chaud — c) Installation avec générateurs à soufflage direct — d) Installation avec panneaux rayonnants.	
D. Gymnase	263
E. Salle de spectacle	265
F. Piscines, douches	266
G. Grande cuisine	268
H. Groupe scolaire	269
I. Hôpital.....	270
J. Construction avec murs-rideaux	271
K. Maisons de fin de semaine	272
L. Remarques générales	273
 QUATRIÈME PARTIE — Economie d'énergie	 275
IV.1. Economie par diminution de la puissance calorifique à fournir au bâtiment	275
IV.101. Expression de la puissance d'une installation	275
IV.102. Isolation des parois	276
IV.103. Limitation de la ventilation	287
IV.104. Limitation de la température intérieure ti.	289
IV.2. Economies grâce à une bonne conception, un bon calcul et une bonne exploitation de l'installation chauffage.....	290
IV.201. Rappels et généralités : rendement global d'une installation de chauffage central	290
A. Rendement de production	290
B. Rendement de transport	291
C. Rendement de répartition	291
D. Rendement d'émission	292
E. Rendement de régulation	292
F. Rendement global	293
IV.202. Choix du système de chauffage	293
A. Comparaison entre le chauffage direct et le chauffage centralisé	293
B. Choix du fluide caloporteur	294
a) La vapeur — b) L'eau — c) L'air — d) Les fluides organiques.	
C. Nombre de chaufferies	296
D. Nombre de chaudières	296
E. Facteurs d'influence du rendement global.....	297
a) Sur le rendement de production — b) Sur le rendement de transport — c) Sur le rendement de répartition — d) Sur le rendement d'émission — e) Sur le rendement de régulation.	
F. Points particuliers	302
a) Dépenses d'électricité dues aux pompes — b) Extraction d'air — c) Entretien.	
IV.3. Economies par récupération de chaleur	303
IV.301. Pompe à chaleur (P.A.C.)	304
A. Pompe à chaleur air repris - air soufflé	304

T A B L E D E S M A T I E R E S

B. Pompe à chaleur air extérieur - air soufflé	306
C. Pompe à chaleur air repris - eau de chauffage	306
D. Pompe à chaleur air extérieur - eau de chauffage .	307
E. Pompe à chaleur eau extérieure - eau de chauffage.	308
F. Pompe à chaleur eau extérieure - air soufflé	309
IV.302. <i>Echangeur</i>	309
A. Echangeur avec fluide intermédiaire	309
a) Caloduc — b) Batterie à eau glycolée.	
B. Echangeur sans fluide intermédiaire	312
a) Echangeur à plaque — b) Echangeur rotatif.	
IV.303. <i>Energie solaire</i>	313
A. La conversion biologique	313
B. La conversion directe en électricité	314
C. La conversion thermo-électrique	314
D. La conversion thermique	315
a) Capteur solaire à air chaud — b) Capteur solaire à eau chaude.	
IV.304. <i>Géothermie</i>	322
CINQUIÈME PARTIE — Réglementation	325
V.1. <i>Chaufferies, conduits, carneaux</i>	325
A. Chaufferies	325
B. Conduits de fumée	327
C. Conduits de ventilation basse A et de ventilation haute V	331
V.2. <i>Soutes</i>	331
A. Combustibles solides	331
B. Combustibles liquides	333
V.3. <i>Installation à eau</i>	334
V.4. <i>Installation à vapeur</i>	335
V.5. <i>Utilisation de l'énergie</i>	336
SIXIÈME PARTIE — Etablissement d'un programme d'appel d'offres	339
VI.1. <i>Programme des prescriptions techniques</i>	339
A. Descriptions générales — Généralités	340
B. Bases du projet	343
C. Chaudières, chaufferies, sous-stations	344
a) Chaudières — b) Chaufferie — c) Sous-stations.	
D. Equipement chaufferie	347
a) Charbon — b) Mazout — c) Gaz.	
E. Soutes, cuves de stockage, poste de détente gaz .	350
a) Soutes à charbon — b) Soutes à combustible liquide, cuve de stockage — c) Poste de détente gaz.	
F. Pompes de circulation	352
a) Pompes sur socle — b) Pompes ou accélérateurs sur tuyauterie — c) Pompes spéciales pour eau surchauffée.	

G. Réseau de distribution.....	354
a) Parcours et position des tuyauteries —	
b) Supports, pentes et dilatations — c) Choix	
et mise en œuvre des tubes.	
H. Éléments chauffants	356
I. Service d'eau chaude sanitaire	357
J. Conditionnement d'air	358
K. Chauffage à air chaud.....	359
a) Batteries — b) Ventilateurs — c) Filtres	
— d) Gaines — e) Bouches de soufflage.	
L. Ventilation de cuisine	363
M. Dispositif d'expansion et de sécurité	365
N. Régulation	368
O. Câblages électriques	369
P. Calorifugeage	369
Q. Dispositions complémentaires	370
R. Essais des installations	370
VI.2. Exemple d'un programme dans un cas concret	372
VI.3. Examen des propositions remises	381
A. Tableau de dépouillement	382
B. Rapport de l'architecte d'opération	383
SEPTIÈME PARTIE — Contrôle des travaux d'exécution, exploitation,	
entretien	385
VII.1. Respect des engagements	385
A. Quantités	386
B. Marques.....	386
C. Spécifications techniques.....	387
VII.2. Conformité aux règles de l'art	389
A. Pentes	390
B. Pose des tubes	391
C. Démontage	391
D. Vidange	391
E. Divers	392
VII.3. Essais et réceptions	392
A. Réception provisoire	392
a) Essais de circulation et d'étanchéité —	
b) Prononcé de la réception provisoire —	
c) Mise en service avant complet achèvement	
de l'installation — d) Délai de garantie.	
B. Réception définitive	394
a) Essais de température — b) Prononcé de	
la réception définitive.	
VII.4. Exploitation, entretien	395
BIBLIOGRAPHIE	402