

# TABLE DES MATIÈRES

## 1

### DONNÉES DE BASE

<b>1.1 • Données météorologiques de base</b>	<b>3</b>
1.1.1 L'air	3
1.1.2 Température de l'air	11
1.1.3 Humidité de l'air	20
1.1.4 Rayonnement solaire	37
1.1.5 Vent	48
<b>1.2 • Notions de base d'hygiène</b>	<b>53</b>
1.2.1 Régulation thermique chez l'homme	53
1.2.2 Échanges thermiques chez l'homme	54
1.2.3 Confort thermique	54
1.2.4 Qualité de l'air intérieur	74
1.2.5 Normes sanitaires	84
<b>1.3 • Données thermodynamiques de base</b>	<b>93</b>
1.3.1 Grandeurs fondamentales	93
1.3.2 Gaz	105
1.3.3 Vapeurs	114
1.3.4 Air humide	126
1.3.5 Transmission de chaleur	137
1.3.6 Combustibles	189
1.3.7 Combustion	205
1.3.8 Moteurs thermiques	225
1.3.9 Piles à combustible	229
<b>1.4 • Lois d'écoulement des fluides</b>	<b>233</b>
1.4.1 Écoulement laminaire	233
1.4.2 Écoulement par un orifice	236
1.4.3 Diaphragmes et tuyères	237
1.4.4 Pression critique	239

<b>Table des matières</b>	
---------------------------	--

1.4.5 Enthalpie et vitesse	239
1.4.6 Détente adiabatique	239
1.4.7 Calcul des pertes de charge	240
1.4.8 Perte de charge singulière	246
1.4.9 Perte de charge totale	249
1.4.10 Courbes caractéristiques des installations	251
<b>1.5 • Acoustique élémentaire</b>	<b>253</b>
1.5.1 Généralités	253
1.5.2 Caractéristiques physiques du son	253
1.5.3 Timbre et spectre acoustique	255
1.5.4 Évaluation du bruit	255
1.5.5 Propagation du son	260
1.5.6 Isolation acoustique aux bruits aériens	261
1.5.7 Insonorisation des constructions	265
1.5.8 Absorption acoustique	265
1.5.9 Acoustique des grands espaces	267
<b>1.6 • Principales techniques de mesure</b>	<b>269</b>
1.6.1 Généralités	269
1.6.2 Mesure de la pression	269
1.6.3 Mesure de la température	271
1.6.4 Mesure de la vitesse d'air	277
1.6.5 Mesure du volume et du débit	280
1.6.6 Calorimétrie	286
1.6.7 Mesure du niveau	291
1.6.8 Contrôle des produits de combustion	294
1.6.9 Hygrométrie	297
1.6.10 Appareils de mesures divers	300
<b>1.7 • Bases techniques de régulation</b>	<b>309</b>
1.7.1 Notions de base	309
1.7.2 Systèmes régulés	311
1.7.3 Équipements de régulation	317
<b>1.8 • Règles de base pour les économies d'énergie</b>	<b>337</b>
1.8.1 Définitions	337
1.8.2 Source d'énergie	337
1.8.3 Transformation de l'énergie	340
1.8.4 Consommation d'énergie	342
1.8.5 Externalisation/Sous-traitance	343

<b>Table des matières</b>
---------------------------

<b>1.9 • Données fondamentales de la protection de l'environnement et de l'épuration de l'air</b>	<b>345</b>
1.9.1 Émissions	345
1.9.2 Action des émissions	346
1.9.3 Mesures destinées à limiter les émissions de polluants dans le secteur de l'énergie	348
1.9.4 Bases juridiques	352
<b>1.10 • Bases concernant la protection contre la corrosion et le tartre</b>	<b>361</b>
1.10.1 Bases sur la corrosion	361
1.10.2 Corrosion dans les installations de chauffage à eau chaude	364
1.10.3 Corrosion dans les installations à vapeur à basse pression	377
1.10.4 Corrosion dans les chauffe-eau	380
1.10.5 Corrosion provenant de gaz de combustion	384
1.10.6 Formation de tartre	387
<b>1.11 • Bases de Facility Management – Planification, élaboration et utilisation</b>	<b>393</b>
1.11.1 Bases	393
1.11.2 Bases de calcul des coûts et de la rentabilité	394
1.11.3 Maître d'ouvrage, architecte, bureau d'études techniques – Du projet à la réalisation	403
1.11.4 Management technique des bâtiments	417
1.11.5 Simulation	439
<b>1.12 • Bases de physique de la construction pour l'isolation thermique des bâtiments</b>	<b>449</b>
1.12.1 Isolation thermique des bâtiments	449
1.12.2 Protection thermique d'été	460
1.12.3 Condensation sur les surfaces intérieures des pièces de construction extérieures	463

## 2

### Chauffage

<b>2.1 • Généralités</b>	<b>469</b>
2.1.1 Exigences concernant les installations de chauffage	469
2.1.2 Codes couleurs et symboles graphiques utilisés dans la technique de chauffage	470
<b>2.2 • Systèmes de chauffage</b>	<b>475</b>
2.2.1 Chauffages divisés	475

<b>Table des matières</b>	
---------------------------	--

2.2.2 Installations de chauffage central	516
2.2.3 Chauffage urbain et cogénération	583
<b>2.3 • Composants des installations de chauffage</b>	<b>619</b>
2.3.1 Générateurs de chaleur	619
2.3.2 Brûleurs et stockage du combustible	682
2.3.3 Systèmes d'évacuation des produits de combustion	729
2.3.4 Tuyauteries	751
2.3.5 Accessoires de tuyauterie	776
2.3.6 Machines et appareils	800
2.3.7 Appareils de mesure, de commande et de régulation	823
2.3.8 Surfaces de chauffe	875
2.3.9 Installations de prévention de la corrosion et de l'entartrage	898
2.3.10 Déperditions thermiques (ou émissions thermiques) des tuyauteries	901
2.3.11 Insonorisation	904
<b>2.4 • Calcul et dimensionnement des installations de chauffage</b>	<b>907</b>
2.4.1 Calcul des déperditions thermiques	907
2.4.2 Dimensionnement des générateurs de chaleur	924
2.4.3 Dimensionnement et calcul des réseaux de canalisations	926
2.4.4 Dimensionnement des équipements de chauffage individuels	949
<b>2.5 • Installation du chauffage dans différents types de bâtiments</b>	<b>969</b>
2.5.1 Décisions techniques et relatives au bâtiment	969
2.5.2 Bâtiments d'habitation	978
2.5.3 Immeubles de bureaux et bâtiments administratifs	984
2.5.4 Écoles et autres	991
2.5.5 Hôpitaux et cliniques	992
2.5.6 Bâtiments destinés aux manifestations sportives et autres	996
2.5.7 Chauffage en extérieur	1008
<b>2.6 • Coûts de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire liés à la consommation</b>	<b>1011</b>
2.6.1 Généralités	1011
2.6.2 Équations fondamentales des besoins énergétiques annuels de chauffage	1013
2.6.3 Besoins thermiques de chauffage et besoins en chaleur utile pour la production d'eau chaude sanitaire	1013
2.6.4 Besoins énergétiques annuels pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire	1017
2.6.5 Modulation du chauffage et influence de la régulation terminale	1027

Table des matières	
--------------------	--

2.6.6 Dépenses énergétiques annuelles, consommation annuelle de combustible et besoins annuels en énergie	1028
2.6.7 Vue d'ensemble des résultats	1030

## 3

### Production d'eau chaude sanitaire

<b>3.1 • Généralités</b>	<b>1035</b>
3.1.1 Objectifs pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS)	1035
3.1.2 Exigences	1035
3.1.3 Classification des installations	1035
3.1.4 Symboles graphiques	1036
3.1.5 Réglementation relative à la sécurité et aux économies d'énergie	1038
<b>3.2 • Systèmes de chauffage de l'eau chaude sanitaire</b>	<b>1039</b>
3.2.1 Installations individuelles ou de groupes	1039
3.2.2 Installations collectives de production d'eau chaude sanitaire	1048
3.2.3 Production d'eau chaude sanitaire par pompe à chaleur	1060
<b>3.3 • Composants des installations de production d'eau chaude sanitaire</b>	<b>1063</b>
3.3.1 Générateurs de chaleur	1063
3.3.2 Chauffe-eau à accumulation	1066
3.3.3 Préparateurs d'eau chaude sanitaire à accumulation avec pompe de charge	1068
3.3.4 Chauffe-eau instantanés	1070
3.3.5 Systèmes de mélange eau froide/eau chaude	1071
3.3.6 Dispositifs de protection anticorrosion et antitartre	1073
3.3.7 Exigences sanitaires	1074
<b>3.4 • Calcul des installations de production d'eau chaude sanitaire</b>	<b>1077</b>
3.4.1 Débits et températures	1077
3.4.2 Besoins thermiques	1080
3.4.3 Puissance de la chaudière	1086
3.4.4 Volume du réservoir de stockage	1088
3.4.5 Aire des surfaces de chauffe du réservoir de stockage	1089
3.4.6 Vase d'expansion	1091
3.4.7 Réseau de tuyauteries	1091
3.4.8 Exemples	1099

# 4

## Techniques de ventilation et de climatisation

<b>4.1 • Principes de la ventilation et de la climatisation d'air</b>	<b>1105</b>
4.1.1 Objectifs de la ventilation et de la climatisation d'air	1105
4.1.2 Classification des techniques de ventilation et climatisation d'air	1105
4.1.3 Terminologie des installations de ventilation et climatisation d'air	1106
<b>4.2 • Systèmes de ventilation et de climatisation</b>	<b>1109</b>
4.2.1 Ventilation naturelle	1109
4.2.2 Installations de traitement de l'air	1114
4.2.3 Traitement thermique à partir des surfaces d'un local	1129
<b>4.3 • Composants</b>	<b>1153</b>
4.3.1 Ventilateurs	1153
4.3.2 Batterie de chauffage et de refroidissement d'air	1179
4.3.3 Filtres à air	1193
4.3.4 Humidificateurs et déshumidificateurs d'air	1207
4.3.5 Distribution de l'air	1225
4.3.6 Dispositifs de réduction de la puissance acoustique	1288
4.3.7 Appareils de mesure, de contrôle et de régulation	1325
4.3.8 Récupération de la chaleur	1371
4.3.9 Sécurité incendie	1388
<b>4.4 • Matériels de traitement de l'air</b>	<b>1443</b>
4.4.1 Centrales	1445
4.4.2 Appareils décentralisés	1457
4.4.3 Appareils spéciaux	1464
<b>4.5 • Calculs des installations de ventilation et de climatisation (installations de traitement de l'air)</b>	<b>1481</b>
4.5.1 Détermination du débit volume d'air	1481
4.5.2 Dimensionnement du système de conduits aérauliques	1488
4.5.3 Installations frigorifiques	1489
4.5.4 Installations d'humidification de l'air avec laveur	1527
4.5.5 Déshumidification	1530
4.5.6 Installations de climatisation	1532
<b>4.6 • Mise en place des installations de traitement de l'air dans différents bâtiments et locaux</b>	<b>1539</b>
4.6.1 Décisions techniques relatives à la construction	1539

<b>Table des matières</b>	
---------------------------	--

4.6.2 Immeubles d'habitation	1549
4.6.3 Immeubles de bureaux et immeubles administratifs	1555
4.6.4 Écoles, musées et locaux similaires	1604
4.6.5 Hôpitaux	1612
4.6.6 Bâtiments hôteliers et locaux similaires	1626
4.6.7 Magasins	1628
4.6.8 Bâtiments et installations d'exploitation	1634
4.6.9 Bâtiments destinés au sport et aux rassemblements	1671
4.6.10 Autres bâtiments et annexes de bâtiments	1678
4.6.11 Autres espaces	1691
<b>4.7 • Aspiration d'air industriel</b>	<b>1703</b>
4.7.1 Généralités	1703
4.7.2 Dispositifs de captage	1704
4.7.3 Champs des vitesses pour les orifices d'admission	1706
4.7.4 Bases de calcul	1710
4.7.5 Mise en place des dispositifs de captage	1713

## 5

### Technique du froid

<b>5.1 Généralités</b>	<b>1729</b>
<b>5.2 • Principes théoriques</b>	<b>1731</b>
5.2.1 Système de production du froid par compression	1731
5.2.2 Système de production du froid par compression d'air	1741
5.2.3 Système de production du froid par absorption	1741
5.2.4 Système de production du froid par adsorption	1744
5.2.5 Système frigorifique à jet de vapeur	1748
5.2.6 Système de production du froid thermoélectrique	1749
5.2.7 Énergie – Coefficient d'utilisation	1750
<b>5.3 • Composants et fluides utilisés dans une installation frigorifique</b>	<b>1751</b>
5.3.1 Fluide frigorigène	1751
5.3.2 Couples de substances actives dans les installations à absorption	1759
5.3.3 Huile pour machines frigorifiques	1761
5.3.4 Saumure	1761
<b>5.4 • Composants d'une machine frigorifique</b>	<b>1765</b>
5.4.1 Compresseurs à pistons	1765

<b>Table des matières</b>	
---------------------------	--

5.4.2 Compresseurs centrifuges	1772
5.4.3 Condenseurs	1774
5.4.4 Évaporateurs (refroidisseurs)	1780
5.4.5 Éléments auxiliaires du circuit de fluide frigorigène	1785
5.4.6 Moteurs d'entraînement du compresseur	1786
5.4.7 Appareils de mesure, de commande et de régulation	1787
5.4.8 Installation de tours aéroréfrigérantes	1795
<b>5.5 • Conception des installations frigorifiques</b>	<b>1803</b>
5.5.1 Généralités	1803
5.5.2 Condenseurs à air	1804
5.5.3 Refroidissement par frigoporteur	1806
5.5.4 Entraînement par moteur thermique	1819
5.5.5 Équipements collectifs de production de froid	1821
5.5.6 Circuit de tuyauteries de fluide réfrigérant	1824
5.5.7 Réseaux de distribution d'eau glacée	1827
<b>5.6 • Calcul des installations frigorifiques destinées au rafraîchissement de l'air</b>	<b>1829</b>
5.6.1 Dimensionnement de l'installation frigorifique	1829
5.6.2 Comportement des machines frigorifiquesb à charge partielle	1830
5.6.3 Conception de l'installation frigorifique	1840
5.6.4 Accumulateurs de froid	1843
5.6.5 Récupération de chaleur/pompe à chaleur	1849
<b>5.7 • Régulation des installations à détente directe</b>	<b>1855</b>
5.7.1 Régulation des installations à détente directe	1855
5.7.2 Régulation dans le cas du refroidissement par frigoporteur	1862
5.7.3 Régulation du circuit d'eau glacée	1863
5.7.4 Régulation des groupes de production d'eau glacée	1864
<b>5.8 • Conception des installations frigorifiques, salles des machines, bruits</b>	<b>1867</b>
5.8.1 Sites d'installation	1867
5.8.2 Émetteurs de froid	1868
5.8.3 Groupes de fluides frigorigènes	1868
5.8.4 Prescriptions relatives au site d'installation	1869
5.8.5 Salles des machines	1870
5.8.6 Transmission de bruit	1872



# 6

## Réglementation et normalisation françaises

<b>6.1 • Généralités</b>	<b>1877</b>
Réglementation	1877
Normes et autres textes techniques	1877
Les normes DIN	1877
ICS : classement international des normes	1878
<b>6.2 • Données de base</b>	<b>1879</b>
<b>6.3 • Chauffage</b>	<b>1883</b>
Généralités	1883
Systèmes de chauffage	1883
Composants des installations de chauffage	1884
Calcul et dimensionnement des installations de chauffage	1886
Installations de chauffage dans différents types de bâtiments	1886
Coûts de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire liés à la consommation	1886
<b>6.4 • Production d'eau chaude sanitaire</b>	<b>1889</b>
Généralités	1889
Systèmes de chauffage de l'eau	1889
<b>6.5 • Techniques de ventilation et de climatisation</b>	<b>1891</b>
Réglementation	1891
Installations classées pour la protection de l'environnement	1892
Normalisation	1892
Recommandations	1892
<b>6.6 • Technique du froid</b>	<b>1893</b>
Réglementation	1893
Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	1894
Normalisation	1894
Recommandation	1895
<b>Annexe A.1 • Unités et symboles</b>	<b>1899</b>
<b>Annexe A.2 • Tables de conversion</b>	<b>1902</b>
<b>Index</b>	<b>1907</b>