

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>Conditions aux limites (Climat)</b>	<b>2.3.4</b>	Majorations pour ponts thermiques linéaires et ponctuels .....	68	<b>IX</b>
1.1	Climat extérieur et paramètres météorologiques .....	1	<b>2.3.5</b>	Valeur U moyenne .....	68
1.1.1	Soleil/Atmosphère .....	1	<b>2.3.6</b>	Déperditions thermiques dans le terrain .....	69
1.1.2	Troposphère (couches de l'atmosphère proches du sol) .....	3	<b>2.4</b>	Références: Chaleur .....	71
1.1.3	Pédosphère (Terrain) .....	10	<b>3</b>	<b>Humidité</b>	
1.1.4	Conditions atmosphériques déterminantes pour la physique du bâtiment .....	11	<b>3.1</b>	Les formes d'apparition de l'eau et leurs effets sur le bâtiment .....	75
1.1.5	Bruit extérieur .....	11	<b>3.1.1</b>	L'eau comme élément .....	75
1.2	Climat intérieur et confort .....	13	<b>3.1.2</b>	Eau et bâtiment .....	75
1.2.1	Bilan énergétique du corps humain .....	13	<b>3.2</b>	Pluie battante .....	76
1.2.2	Confort hygro-thermique .....	17	<b>3.3</b>	Humidité de l'air et pression de vapeur, condensation .....	78
1.2.3	Qualité de l'air intérieur («air malsain») .....	23	<b>3.4</b>	Condensation superficielle et formation de moisissure .....	81
1.2.4	Critères de confort acoustique .....	27	<b>3.5</b>	Transport d'humidité et accumulation d'eau dans les matériaux de construction .....	82
1.2.5	Climat lumineux .....	28	<b>3.6</b>	Absorption d'eau capillaire .....	87
1.3	Références: Conditions aux limites (Climat) .....	29	<b>3.7</b>	Diffusion de vapeur à travers les éléments de construction .....	88
<b>2</b>	<b>Chaleur</b>	<b>3.7.1</b>	Diffusion de vapeur dans l'air .....	88	
2.1	Transfert de chaleur unidimensionnel et stationnaire .....	33	<b>3.7.2</b>	Diffusion de vapeur à travers les matériaux .....	89
2.1.1	Les modes de transfert de chaleur et leurs propriétés caractéristiques .....	33	<b>3.7.3</b>	Analogie entre transfert de chaleur et transport d'humidité → Diffusion de vapeur d'eau à travers les éléments de construction .....	90
2.1.2	Données sur les matériaux de construction et facteurs d'influence .....	38	<b>3.7.4</b>	Procédures de vérification .....	91
2.1.3	Transfert de chaleur entre surface de matériau et air .....	39	<b>3.7.5</b>	Pare-vapeur/Barrière-vapeur .....	100
2.1.4	Résistance thermique des lames d'air ...	40	<b>3.8</b>	Protection contre l'humidité et isolation thermique d'une sélection de murs .....	102
2.1.5	Transmission thermique et répartition de la température .....	43	<b>3.9</b>	La façade ventilée comme solution optimale du point de vue de la physique du bâtiment .....	104
2.1.6	Echanges de rayonnement avec l'environnement .....	50		Références: Humidité .....	105
2.2	Stockage de chaleur .....	57	<b>4</b>	<b>Ecoulements d'air</b>	
2.2.1	Matériaux homogènes .....	57	<b>4.1</b>	Renouvellement d'air naturel et forcé, taux de renouvellement d'air ...	107
2.2.2	Éléments multicouches .....	59	<b>4.2</b>	Ecoulements d'air à travers les joints et les ouvertures .....	108
2.3	Ponts thermiques .....	63			
2.3.1	Méthode d'approximation pour les éléments de construction plans .....	64			
2.3.2	Méthodes numériques .....	65			
2.3.3	Isothermes, facteurs de température superficielle .....	66			

<b>4.2.1</b>	Effet combiné de plusieurs fenêtres/ portes .....	<b>111</b>	<b>6</b>	<b>Énergie/Puissance</b>
<b>4.3</b>	Les causes du renouvellement d'air naturel .....	<b>111</b>	<b>6.1</b>	Puissance thermique à installer et consommation d'énergie finale .....
<b>4.3.1</b>	Ecoulement et pression du vent .....	<b>111</b>	<b>6.1.1</b>	Puissance thermique à installer .....
<b>4.3.2</b>	Renouvellement d'air induit thermiquement .....	<b>115</b>	<b>6.1.2</b>	Consommation d'énergie finale .....
<b>4.3.3</b>	Estimation de la répartition de la pression (modèle à une zone) .....	<b>118</b>	<b>6.2</b>	Evaluation de la puissance de chauf- fage et des besoins en énergie .....
<b>4.3.4</b>	Effet combiné du tirage thermique et du vent .....	<b>119</b>	<b>6.2.1</b>	Calcul détaillé des besoins en énergie pour une période $\Delta t$ .....
<b>4.4</b>	Renouvellement d'air et transport de polluants .....	<b>120</b>	<b>6.2.2</b>	Jours de chauffage et degrés-jours .....
<b>4.4.1</b>	Echanges d'humidité par renouvellement d'air et accumulation d'humidité .....	<b>120</b>	<b>6.2.3</b>	Apports solaires .....
<b>4.4.2</b>	Renouvellement de l'air/Qualité de l'air/Efficacité de la ventilation .....	<b>126</b>	<b>6.3</b>	Zones tampon .....
<b>4.5</b>	Consommation d'énergie, besoin d'air frais et renouvellement de l'air ...	<b>129</b>	<b>6.4</b>	Effet d'accumulation .....
<b>4.6</b>	Etanchéité à l'air et au vent de l'enveloppe du bâtiment .....	<b>133</b>	<b>6.4.1</b>	Effet d'accumulation du bâtiment .....
<b>4.7</b>	Références: Ecoulements d'air .....	<b>134</b>	<b>6.4.2</b>	Effet d'accumulation du terrain et déperditions thermiques contre le terrain .....
<b>5</b>	<b>Lumière naturelle</b>		<b>6.5</b>	Puissance de refroidissement à installer .....
<b>5.1</b>	Notions de base en éclairage .....	<b>137</b>	<b>6.5.1</b>	Preuve du besoin de refroidissement .....
<b>5.1.1</b>	Evaluation du rayonnement .....	<b>137</b>	<b>6.5.2</b>	Principes pour la planification .....
<b>5.1.2</b>	Flux lumineux et intensité lumineuse	<b>138</b>	<b>6.6</b>	Programmes de simulation dynamique .....
<b>5.1.3</b>	Luminance .....	<b>139</b>	<b>6.7</b>	Références: Energie/Puissance .....
<b>5.1.4</b>	ECLAIREMENT LUMINEUX .....	<b>140</b>	<b>7</b>	<b>Insonorisation</b>
<b>5.1.5</b>	Comparaison entre grandeurs physiques et photométriques caractérisant le rayonnement .....	<b>141</b>	<b>7.1</b>	Caractéristiques du champ sonore .....
<b>5.2</b>	Sources lumineuses .....	<b>141</b>	<b>7.2</b>	Le son aux interfaces entre milieux: interactions .....
<b>5.2.1</b>	Lumière naturelle: ciel et soleil .....	<b>141</b>	<b>7.2.1</b>	Absorption, réflexion, dissipation .....
<b>5.2.2</b>	Eclairage artificiel: lampes .....	<b>143</b>	<b>7.2.2</b>	Effets de résonance .....
<b>5.3</b>	Calcul de l'éclairage naturel .....	<b>145</b>	<b>7.2.3</b>	Diffraction .....
<b>5.3.1</b>	Facteur de lumière du jour .....	<b>145</b>	<b>7.3</b>	Propagation du son à l'extérieur .....
<b>5.3.2</b>	Directives sur le facteur de lumière du jour .....	<b>148</b>	<b>7.3.1</b>	Vue d'ensemble .....
<b>5.3.3</b>	Disposition des fenêtres et utilisation optimale de la lumière naturelle .....	<b>148</b>	<b>7.3.2</b>	Atténuation géométrique pour différents types de source .....
<b>5.4</b>	Références: Lumière naturelle .....	<b>151</b>	<b>7.3.3</b>	Directivité d'une source .....
			<b>7.3.4</b>	Amortissement par l'air .....
			<b>7.3.5</b>	Effet de sol .....
			<b>7.3.6</b>	Végétation .....
			<b>7.3.7</b>	Ecrans acoustiques, obstacles .....
			<b>7.3.8</b>	Conditions météorologiques .....
			<b>7.3.9</b>	Prédiction de la propagation du son selon ISO 9613-2 .....

# TABLE DES MATIÈRES

<b>7.4</b>	Propagation du son dans le bâtiment . . . . .	195	<b>9.1.7</b>	Physique – Physique du bâtiment – Pratique de la construction? . . . . .	249	<b>XI</b>
<b>7.4.1</b>	Acoustique des salles . . . . .	197	<b>9.2</b>	Sélection de formules mathématiques . . . . .	251	
<b>7.4.2</b>	Acoustique du bâtiment . . . . .	201	<b>9.2.1</b>	Cercle, sphère et cylindre . . . . .	251	
<b>7.4.3</b>	Protection contre le bruit dans l'habitat . . . . .	217	<b>9.2.2</b>	Equation quadratique . . . . .	251	
<b>7.5</b>	Références: Insonorisation . . . . .	221	<b>9.2.3</b>	Identités remarquables . . . . .	251	
<b>8</b>	<b>Incendie</b>		<b>9.2.4</b>	Fonction linéaire . . . . .	251	
<b>8.1</b>	Danger d'incendie . . . . .	223	<b>9.2.5</b>	Loi de puissance et fonctions puissances . . . . .	252	
<b>8.2</b>	Charge thermique . . . . .	224	<b>9.2.6</b>	Loi du logarithme, fonctions logarithmiques et exponentielles . . . . .	253	
<b>8.3</b>	Déroulement d'un incendie et quantité d'énergie . . . . .	225	<b>9.2.7</b>	Triangles et fonctions trigonométriques . . . . .	253	
<b>8.3.1</b>	Les phases du déroulement typique d'un incendie . . . . .	225	<b>9.2.8</b>	Dérivées et intégrales . . . . .	255	
<b>8.3.2</b>	Modèles d'incendie . . . . .	226	<b>9.2.9</b>	Développements en séries . . . . .	256	
<b>8.3.3</b>	Bilans thermiques d'incendies (voir [8.7]) . . . . .	229	<b>9.2.10</b>	Produit vectoriel . . . . .	257	
<b>8.4</b>	Evaluation normative en protection incendie . . . . .	231	<b>9.2.11</b>	Nombres complexes . . . . .	257	
<b>8.4.1</b>	Matériaux . . . . .	231	<b>9.2.12</b>	Les mesures et leur exploitation . . . . .	258	
<b>8.4.2</b>	Parties de construction et systèmes porteurs . . . . .	233	<b>9.3</b>	Caractères dans les formules, indices, symboles . . . . .	260	
<b>8.4.3</b>	Fermetures coupe-feu . . . . .	236	<b>9.3.1</b>	Caractères dans les formules . . . . .	260	
<b>8.5</b>	Comportement au feu d'une sélection de parties de construction et de systèmes porteurs . . . . .	236	<b>9.3.2</b>	Indices . . . . .	262	
<b>8.5.1</b>	Constructions en acier . . . . .	236	<b>9.3.3</b>	Symboles . . . . .	263	
<b>8.5.2</b>	Constructions en béton . . . . .	239	<b>9.3.4</b>	Sélection d'abréviations importantes . . . . .	264	
<b>8.5.3</b>	Constructions en bois . . . . .	241	<b>9.3.5</b>	Organisations . . . . .	264	
<b>8.6</b>	Compartiments coupe-feu . . . . .	241	<b>9.4</b>	Grandeur importante en physique du bâtiment, système international d'unités SI et conversions . . . . .	265	
<b>8.7</b>	Evaluation du risque d'incendie . . . . .	242	<b>9.5</b>	Pouvoir calorifique des agents énergétiques et des matériaux de construction . . . . .	269	
<b>8.8</b>	Références: Incendie . . . . .	243	<b>9.6</b>	Rayonnement thermique et intégrale fractionnaire . . . . .	270	
<b>9</b>	<b>Annexes</b>		<b>9.7</b>	Confort thermique . . . . .	271	
<b>9.1</b>	L'instrumentarium de la physique . . . . .	246	<b>9.7.1</b>	PMV et PPD . . . . .	271	
<b>9.1.1</b>	Physique, physique du bâtiment et vision intégrale . . . . .	246	<b>9.7.2</b>	Pourcentage d'insatisfaits du confort thermique local PD . . . . .	272	
<b>9.1.2</b>	Principes généraux . . . . .	246	<b>9.7.3</b>	Température opérative et température radiante . . . . .	272	
<b>9.1.3</b>	Grandeurs physiques, unités de mesure . . . . .	247	<b>9.7.4</b>	Facteurs de forme (view factors) . . . . .	273	
<b>9.1.4</b>	Équations phénoménologiques et équations d'état . . . . .	247	<b>9.7.5</b>	Indice de chaleur . . . . .	276	
<b>9.1.5</b>	Les règles des circuits . . . . .	247	<b>9.7.6</b>	Indice de refroidissement éolien . . . . .	277	
<b>9.1.6</b>	Processus stationnaires et instationnaires . . . . .	248	<b>9.7.7</b>	Chute d'air froid contre une surface verticale . . . . .	277	

**XII**

<b>9.8</b>	Exigences de confort thermique et du climat ambiant intérieur .....	278	<b>9.19</b>	Coefficient d'absorption du son .....	306
<b>9.9</b>	Humidité absolue à saturation et pression de vapeur saturante .....	279	<b>9.20</b>	Temps de réverbération optimal pour différentes affectations [7.39] ....	307
<b>9.10</b>	Diagramme h,x de l'air humide ( $p_{\text{atm}} \approx 950$ mbar, altitude 540 m) .....	281	<b>9.21</b>	Valeurs caractéristiques des matériaux relatives à l'acoustique .....	308
<b>9.11</b>	Caractéristiques hygrothermiques des matériaux .....	282	<b>9.22</b>	Amélioration de l'isolation du bruit de choc .....	309
<b>9.12</b>	Coefficient de transmission thermique $U_g$ du vitrage .....	287	<b>9.23</b>	Exigences pour la protection contre le «bruit aérien» selon SIA 181 [7.29]	310
<b>9.13</b>	Coefficient de transmission thermique $U_w$ de fenêtres avec une fraction de cadre de 25 % .....	288	<b>9.24</b>	Exigence pour la protection contre le «bruit solidaire» selon SIA 181 [7.29] .....	311
<b>9.14</b>	Protection solaire: exigences et méthode simplifiée de calcul .....	289	<b>9.25</b>	Feuille de calcul valeur $U$ et répartition de la température .....	312
<b>9.15</b>	Températures journalières moyennes (fréquences cumulées) .....	294	<b>9.26</b>	Feuille de calcul valeur $U$ et diffusion de vapeur .....	313
<b>9.16</b>	Sélection de données climatiques [1.38]	295	<b>9.27</b>	Feuille de calcul diagramme de la lumière du ciel .....	314
<b>9.17</b>	Circulation du vent autour du bâtiment: coefficients de pression ..	302	<b>9.28</b>	Feuille de calcul courses solaires et diagramme d'ombrage .....	315
<b>9.18</b>	Fréquences centrales des tiers d'octaves et des octaves. Courbes de pondération et courbes de référence .....	305	<b>9.29</b>	Normes SIA, EN et ISO .....	316
			<b>9.30</b>	Glossaire français – allemand – italien – anglais .....	321
			<b>9.31</b>	Répertoire de mots-clefs .....	342