

TABLE DES MATIÈRES

1	Conditions aux limites (Climat)	
1.1	Climat extérieur et paramètres météorologiques	1
1.1.1	Soleil/Atmosphère	1
1.1.2	Troposphère (couches de l'atmosphère proches du sol)	3
1.1.3	Pédosphère (Terrain)	10
1.1.4	Conditions atmosphériques déterminantes pour la physique du bâtiment	11
1.1.5	Bruit extérieur	11
1.2	Climat intérieur et confort	13
1.2.1	Bilan énergétique du corps humain	13
1.2.2	Confort hygro-thermique	17
1.2.3	Qualité de l'air intérieur («air malsain»)	23
1.2.4	Critères de confort acoustique	27
1.2.5	Climat lumineux	28
1.3	Références: Conditions aux limites (Climat)	29
2	Chaleur	
2.1	Transfert de chaleur unidimensionnel et stationnaire	33
2.1.1	Les modes de transfert de chaleur et leurs propriétés caractéristiques	33
2.1.2	Données sur les matériaux de construction et facteurs d'influence	38
2.1.3	Transfert de chaleur entre surface de matériau et air	39
2.1.4	Résistance thermique des lames d'air	40
2.1.5	Transmission thermique et répartition de la température	43
2.1.6	Echanges de rayonnement avec l'environnement	50
2.2	Stockage de chaleur	57
2.2.1	Matériaux homogènes	57
2.2.2	Elements multicouches	59
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

2.3.4	Majorations pour ponts thermiques linéaires et ponctuels	68
2.3.5	Valeur U moyenne	68
2.3.6	Déperditions thermiques dans le terrain	69
2.4	Références: Chaleur	71
3	Humidité	
3.1	Les formes d'apparition de l'eau et leurs effets sur le bâtiment	75
3.1.1	L'eau comme élément	75
3.1.2	Eau et bâtiment	75
3.2	Pluie battante	76
3.3	Humidité de l'air et pression de vapeur, condensation	78
3.4	Condensation superficielle et formation de moisissure	81
3.5	Transport d'humidité et accumulation d'eau dans les matériaux de construction	82
3.6	Absorption d'eau capillaire	87
3.7	Diffusion de vapeur à travers les éléments de construction	88
3.7.1	Diffusion de vapeur dans l'air	88
3.7.2	Diffusion de vapeur à travers les matériaux	89
3.7.3	Analogie entre transfert de chaleur et transport d'humidité → Diffusion de vapeur d'eau à travers les éléments de construction	90
3.7.4	Procédures de vérification	91
3.7.5	Pare-vapeur/Barrière-vapeur	100
3.8	Protection contre l'humidité et isolation thermique d'une sélection de murs	102
3.9	La façade ventilée comme solution optimale du point de vue de la physique du bâtiment	104
	Références: Humidité	105
4	Ecoulements d'air	
4.1	Renouvellement d'air naturel et forcé, taux de renouvellement d'air	107
4.2	Ecoulements d'air à travers les joints et les ouvertures	108

4.2.1	Effet combiné de plusieurs fenêtres/ portes	111	6	Énergie/Puissance	
4.3	Les causes du renouvellement d'air naturel	111	6.1	Puissance thermique à installer et consommation d'énergie finale	153
4.3.1	Ecoulement et pression du vent	111	6.1.1	Puissance thermique à installer	153
4.3.2	Renouvellement d'air induit thermiquement	115	6.1.2	Consommation d'énergie finale	153
4.3.3	Estimation de la répartition de la pression (modèle à une zone)	118	6.2	Evaluation de la puissance de chauffe et des besoins en énergie	154
4.3.4	Effet combiné du tirage thermique et du vent	119	6.2.1	Calcul détaillé des besoins en énergie pour une période Δt	155
4.4	Renouvellement d'air et transport de polluants	120	6.2.2	Jours de chauffage et degrés-jours	160
4.4.1	Echanges d'humidité par renouvellement d'air et accumulation d'humidité	120	6.2.3	Apports solaires	161
4.4.2	Renouvellement de l'air/Qualité de l'air/Efficacité de la ventilation	126	6.3	Zones tampon	163
4.5	Consommation d'énergie, besoin d'air frais et renouvellement de l'air ...	129	6.4	Effet d'accumulation	165
4.6	Étanchéité à l'air et au vent de l'enveloppe du bâtiment	133	6.4.1	Effet d'accumulation du bâtiment	165
4.7	Références: Ecoulements d'air	134	6.4.2	Effet d'accumulation du terrain et déperditions thermiques contre le terrain	165
5	Lumière naturelle		6.5	Puissance de refroidissement à installer	168
5.1	Notions de base en éclairage	137	6.5.1	Preuve du besoin de refroidissement .	170
5.1.1	Evaluation du rayonnement	137	6.5.2	Principes pour la planification	172
5.1.2	Flux lumineux et intensité lumineuse	138	6.6	Programmes de simulation dynamique	173
5.1.3	Luminance	139	6.7	Références: Énergie/Puissance	175
5.1.4	Eclairement lumineux	140			
5.1.5	Comparaison entre grandeurs physiques et photométriques caractérisant le rayonnement	141	7	Insonorisation	
5.2	Sources lumineuses	141	7.1	Caractéristiques du champ sonore	177
5.2.1	Lumière naturelle: ciel et soleil	141	7.2	Le son aux interfaces entre milieux: interactions	185
5.2.2	Eclairage artificiel: lampes	143	7.2.1	Absorption, réflexion, dissipation	185
5.3	Calcul de l'éclairage naturel	145	7.2.2	Effets de résonance	186
5.3.1	Facteur de lumière du jour	145	7.2.3	Diffraction	188
5.3.2	Directives sur le facteur de lumière du jour	148	7.3	Propagation du son à l'extérieur	189
5.3.3	Disposition des fenêtres et utilisation optimale de la lumière naturelle	148	7.3.1	Vue d'ensemble	189
5.4	Références: Lumière naturelle	151	7.3.2	Atténuation géométrique pour différents types de source	189
			7.3.3	Directivité d'une source	191
			7.3.4	Amortissement par l'air	191
			7.3.5	Effet de sol	191
			7.3.6	Végétation	192
			7.3.7	Ecrans acoustiques, obstacles	192
			7.3.8	Conditions météorologiques	193
			7.3.9	Prédiction de la propagation du son selon ISO 9613-2	194

TABLE DES MATIÈRES

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

XII

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