

— Traité de Génie Civil —
de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

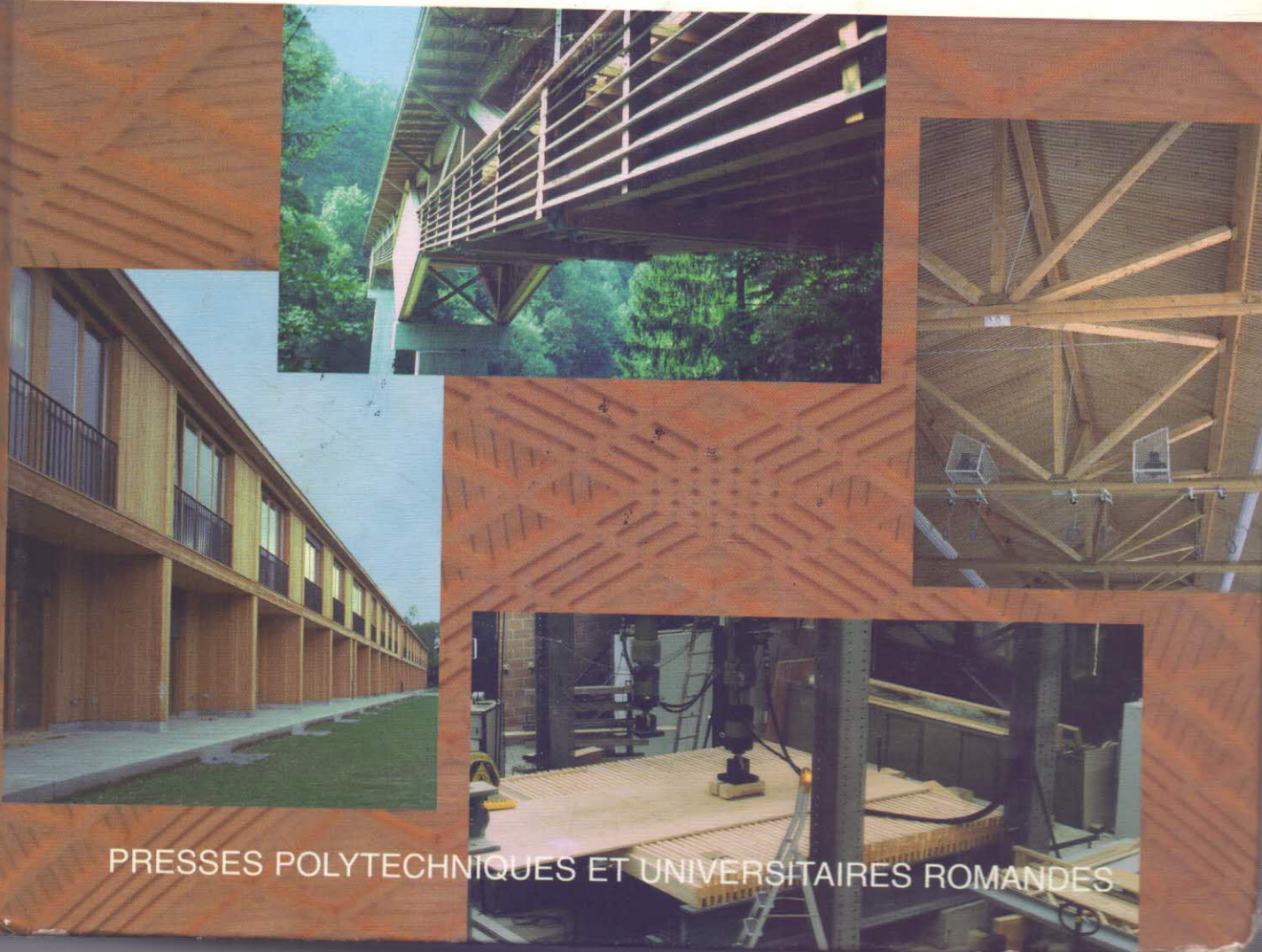
Volume 13

CONSTRUCTION EN BOIS

Matériau, technologie et dimensionnement

Julius Natterer

Jean Luc Sandoz
Martial Rey



PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

Table des matières

Avant-propos	v
1 Bois et forêts	1
1.1 Aspects écologiques	3
1.1.1 Généralités	3
1.1.2 Cycle du carbone et fonction de l'écosystème forêt	3
1.2 Les forêts dans le monde	5
1.3 Economie forestière dans l'Europe du XX ^e siècle	8
1.4 Economie forestière suisse	9
1.4.1 Généralités	9
1.4.2 Caractéristiques des forêts suisses	10
1.4.3 Exploitation forestière	14
1.4.4 Répartition par secteur d'activité de la consommation du bois en Suisse	19
1.5 Conclusions	19
Références.....	20
2 Matériau bois	21
2.1 Introduction	23
2.2 Anatomie et biophysique.....	23
2.2.1 Synthèse	23
2.2.2 Le plan ligneux	25
2.2.3 Le bois et l'arbre	28
2.2.4 Composition chimique	30
2.2.5 Classification botanique.....	32
2.3 Propriétés physiques.....	36
2.3.1 Masse volumique et densité	36
2.3.2 Hygroscopie	41
2.3.3 Variations dimensionnelles et déformations.....	43
2.3.4 Propriétés thermiques.....	48
2.3.5 Propriétés acoustiques.....	50
2.4 Dégradation	52
2.4.1 Principes de dégradation	52
2.4.2 Agents de dégradation.....	54
2.5 Classes de service et durabilité.....	57

2.5.1	Principes.....	57
2.5.2	Durabilité naturelle.....	58
2.5.3	Protection constructive.....	60
2.5.4	Protection chimique.....	67
2.6	Conclusions.....	70
	Références.....	71
3	Fiabilité du matériau bois.....	73
3.1	Introduction.....	75
3.2	Anisotropie.....	76
3.2.1	Anisotropie à symétrie cylindrique.....	76
3.2.2	Comportement en dehors des axes orthotropes.....	79
3.3	Variabilité.....	80
3.3.1	Origine de la variabilité du bois.....	80
3.3.2	Variabilité biologique.....	81
3.3.3	Variabilité physique.....	81
3.3.4	Variabilité technologique.....	82
3.4	Triage et classement des bois.....	83
3.4.1	Présentation.....	83
3.4.2	Efficacité du triage visuel.....	83
3.5	Triage par contrôles non destructifs.....	87
3.5.1	Concept.....	87
3.5.2	Méthode mécanique (<i>stress grading</i>).....	88
3.5.3	Méthode basée sur les ondes radioactives (X, β, γ).....	88
3.5.4	Méthode basée sur les ondes basses fréquences (ultrasons).....	88
3.6	Classement et performances des matériaux bois.....	90
3.6.1	Principe de vérification aux états limites ultimes.....	90
3.6.2	Bois scié.....	91
3.6.3	Bois rond.....	93
3.6.4	Bois lamellé-collé.....	94
3.6.5	Bois lamellé-multicollé.....	98
3.7	Coefficients de modification de performances.....	99
3.7.1	Effet de l'hygroscopie.....	100
3.7.2	Effet de la durée de charge.....	102
3.7.3	Effets mécano-sorptifs.....	104
3.7.4	Effet de température.....	105
3.7.5	Autres coefficients physico-mécaniques.....	106
3.8	Conclusions.....	111
	Références.....	112

4	Dimensionnement des éléments de construction	115
4.1	Introduction	117
4.2	Fiabilité et concepts de dimensionnement.....	117
4.2.1	Définition de la fiabilité	117
4.2.2	Concepts de fiabilité multivariée	118
4.3	Actions agissant sur les structures.....	121
4.3.1	Introduction.....	121
4.3.2	Classification des actions	121
4.3.3	Valeurs caractéristiques des actions.....	122
4.3.4	Valeurs représentatives des actions.....	126
4.4	Vérifications aux états limites	127
4.4.1	Introduction.....	127
4.4.2	Sécurité structurale : vérification aux états limites ultimes	128
4.4.3	Aptitude au service : vérification aux états limites de service	132
4.5	Barres tendues	134
4.5.1	Introduction.....	134
4.5.2	Résistance en section	134
4.5.3	Dimensionnement selon la norme SIA 164	136
4.6	Barres comprimées	137
4.6.1	Introduction.....	137
4.6.2	Résistance en section	137
4.6.3	Instabilité des barres comprimées.....	139
4.6.4	Dimensionnement selon la norme SIA 164	146
4.7	Poutre fléchie.....	148
4.7.1	Introduction.....	148
4.7.2	Résistance en section	148
4.7.3	Instabilité des barres fléchies	149
4.7.4	Vérification des déformations.....	156
4.7.5	Flexion oblique	157
4.7.6	Dimensionnement selon la norme SIA 164	159
4.8	Flexion et effort normal combinés	162
4.8.1	Flexion et traction axiale combinées.....	162
4.8.2	Flexion et compression axiale combinées.....	162
4.8.3	Dimensionnement selon la norme SIA 164	164
4.9	Comportement au feu des éléments de construction en bois.....	168
4.9.1	Généralités	168
4.9.2	Résistance au feu.....	168
4.9.3	Règlements sur la protection contre l'incendie : exemple de la Suisse	170
4.9.4	Résistance au feu des éléments bois	172
4.10	Conclusions	174

4.11 Exercices	175
4.11.1 Vérification d'une colonne	175
4.11.2 Vérification d'une poutre treillis.....	179
4.11.3 Vérification d'une poutre en bois lamellé-collé.....	184
4.11.4 Système de contreventement d'une passerelle.....	188
Références.....	197
5 Moyens d'assemblage.....	199
5.1 Introduction	201
5.1.1 Présentation et historique	201
5.1.2 Généralités	202
5.2 Moyens d'assemblage traditionnels	205
5.2.1 Introduction.....	205
5.2.2 Assemblages par contact.....	206
5.2.3 Assemblages par emboîtements	208
5.3 Moyens d'assemblage mécaniques	215
5.3.1 Généralités	215
5.3.2 Moyens d'assemblage à tiges cylindriques.....	221
5.3.3 Connecteurs de surface	249
5.3.4 «Systèmes» de connexion.....	260
5.4 Assemblages collés	266
5.4.1 Généralités	266
5.4.2 Types de colles.....	267
5.4.3 Théorie du collage.....	270
5.4.4 Vérification de la sécurité structurale d'assemblages collés.....	272
5.5 Comportement au feu des assemblages.....	276
5.5.1 Généralités	276
5.5.2 Principe de dimensionnement.....	277
5.6 Conclusions	278
5.7 Exercices	280
5.7.1 Assemblage par contact	280
5.7.2 Assemblage par emboîtement	283
5.7.3 Nœud de treillis cloué.....	286
5.7.4 Joint de montage d'une poutre triangulée.....	289
Références.....	295
6 Systèmes porteurs : caractéristiques mécaniques et détails.....	297
6.1 Introduction	299

6.1.1	Systèmes étudiés	299
6.1.2	Conception des systèmes porteurs	300
6.1.3	Convention de signe	301
6.2	Poutres simples sur deux appuis en bois massif et bois collé	302
6.2.1	Applications	302
6.2.2	Poutres massives à inertie constante	303
6.2.3	Poutres massives à inertie variable	305
6.2.4	Poutres massives à inertie variable et intrados courbe.....	311
6.3	Systèmes triangulés	311
6.3.1	Applications	311
6.3.2	Conception et vérification.....	312
6.3.3	Détails d'assemblage.....	317
6.4	Poutres sous-tendues	318
6.4.1	Applications	318
6.4.2	Conception et vérification.....	319
6.4.3	Détails d'assemblage.....	324
6.5	Poutres sur plusieurs appuis	324
6.5.1	Applications	324
6.5.2	Vérifications.....	325
6.6	Fermes et arcs articulés	331
6.6.1	Applications	331
6.6.2	Fermes.....	331
6.6.3	Arcs.....	334
6.6.4	Particularité des éléments courbes en bois lamellé-collé.....	340
6.6.5	Détails des articulations	345
6.6.6	Système radial.....	347
6.7	Portiques	347
6.7.1	Applications	347
6.7.2	Portiques à trois articulations	348
6.7.3	Détails d'assemblage.....	351
6.7.4	Système radial.....	355
6.8	Grilles de poutres.....	356
6.8.1	Applications	356
6.8.2	Conception et vérification.....	356
6.8.3	Détails d'assemblage.....	361
6.9	Conclusions	362
6.10	Exercices	363
6.10.1	Poutre simple et poutre cantilever.....	363
6.10.2	Poutre à intrados courbe et inertie variable.....	370
	Références.....	378

7	Stabilisation	381
7.1	Introduction	383
7.2	Stabilisation des éléments comprimés et/ou fléchis	383
	7.2.1 Stabilisations ponctuelles	384
	7.2.2 Stabilisation répartie	385
7.3	Transmission des charges horizontales	386
	7.3.1 Application à quelques systèmes porteurs usuels	387
7.4	Systèmes de contreventement	390
	7.4.1 Contreventements triangulés.....	391
	7.4.2 Diaphragmes horizontaux et parois rigides.....	393
	7.4.3 Structures auto-stables	398
7.5	Comportement des structures en bois lors de séismes.....	399
	7.5.1 Exemple historique	399
	7.5.2 Spécificités propres aux séismes.....	401
	7.5.3 Modélisation des charges sismiques	403
	7.5.4 Comportement du matériau bois sous charges sismiques.....	406
	7.5.5 Comportement des structures en bois sous charges sismiques	407
7.6	Conclusions	410
	Références.....	411
8	Exemples construits	413
8.1	Introduction	415
8.2	La <i>Halle de rencontres</i> de Martigues	415
	8.2.1 Introduction.....	415
	8.2.2 Système porteur.....	417
	8.2.3 Détails	419
	8.2.4 Conclusions.....	421
8.3	Atelier de production et bâtiment administratif.....	421
	8.3.1 Introduction.....	421
	8.3.2 Atelier de production	421
	8.3.3 Bâtiment administratif.....	426
	8.3.4 Conclusions.....	428
8.4	Salle polyvalente	429
	8.4.1 Introduction.....	429
	8.4.2 Système porteur.....	430
	8.4.3 Détails	432
	8.4.4 Conclusions.....	433
8.5	Halle industrielle démontable.....	434

8.5.1	Introduction.....	434
8.5.2	Détails de construction.....	437
8.5.3	Système porteur.....	437
8.5.4	Conclusions.....	440
	Références.....	441
9	Annexes	443
9.1	Caractéristiques des bois selon SIA 164.....	445
9.2	Démarche de vérification des assemblages.....	448
x 9.3	Calcul statique des poutres continues et cantilever.....	460
	Notations	463
	Index	467
	Biographie des auteurs	473