

BARAKA Abdelhak

COURS EN CHARPENTE MÉTALLIQUE I

Selon le règlement Algérien C.C.M.97 et l'Eurocode 3



OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES



2-691-80-1/1

BARAKA Abdelhak



Cours en charpente métallique I Selon le règlement Algérien C.C.M.97 et l'Eurocode 3

2^{ème} Édition



OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES

Sommaire

Présentation.....	5
-------------------	---

1^{ère} Partie

Notions Fondamentales du C.C.M.97 et de L'EC 3

Chapitre 1 : Généralités sur les constructions métalliques

I – Domaines d'utilisations	9
II – Les avantages des constructions métalliques	11
III – Les inconvénients des constructions métalliques.....	11
IV – La conception des constructions métalliques	12

Chapitre 2 : Matériau utilisé dans les constructions métalliques

I – Aperçue.....	13
II – Classification des aciers.....	14
III – Qualités essentielles de l'acier	14
III.1- La résistance.....	14
III.2- L'élasticité	14
III.3- La soudabilité.....	14
III.4- La ductilité.....	14
III.5- Energie de rupture.....	14
IV – Essais aux laboratoires	15
IV.1- Essai de la traction.....	15
IV.2- Essais de dureté.....	15
IV.3- Essai de résilience.....	16
V – Nuance et aspect normatif	17
VI – Valeurs de calcul des propriétés de l'acier	18
VII – Exigences de ductilité	18
VIII – Le choix d'un acier.....	18



Chapitre 3 : Les produits sidérurgiques en aciers

I – Généralités	19
II – Classification des produits laminés	19
II.1 – Les tôles	19
II.2 – Les fers carrés ou ronds.....	20
II.3 – Les tubes	21
II.4 – Les laminés marchands en profils angulaires	21
III. Les profilés reconstitués soudés [P.R.S]	26
IV. Les profilés formés à froid	27
V. Conventions de notations au CCM97 (ECIII).....	28

Chapitre 4 : Sécurité- Réglementation et bases de calculs

I- Généralités.....	29
II- Règlements classiques - coefficient de sécurité.....	29
III- Théorie semi - probabiliste de la sécurité.....	29
IV- Notions d'états limites.....	30
I. 1-Etat limite ultime (E.L.U).....	30
II.2- Etat limite service (E.L.S).....	30
V- Règlements Algériens (C.C.M.97) - (R.P.A.2003).....	30
VI- Actions et sollicitations.....	31
VI.1- Les actions (F).....	31
VI.2- Les sollicitations (S).....	31
VI.3- Les combinaisons d'actions.....	32
VII- Principes de vérifications.....	33
VII.1 - Vérification à l'état limite ultime.....	33
VII.2 - Vérification à l'état limite de service.....	34
Application : Vérification à l'E.L.S d'une poutre simplement appuyée.....	41

Chapitre 5 : Exploitation élastique et plastique des sections.

I- Exploitation des sections et phénomènes d'instabilités.....	43
II- Exploitation élastique de la section.....	43
II.1- Cas d'effort normal.....	43
II.2- Cas d'une flexion	44

II.3- Cas d'une flexion composée	44
III- Exploitation plastique de la section.....	45
I.1- Cas d'effort normal	45
II.2- Cas d'une flexion.....	46
III.3- Cas d'une flexion composée	48
IV- Exploitation plastique d'une section asymétrique en flexion.....	49
V- Rotule plastique.....	50
VI- Mécanisme de ruine.....	50
Application : Analyse d'une section homogène mono symétrique en I	51

Chapitre 6 : Classification des sections transversales.

I- Définition du voilement local.....	53
II- Classification des sections transversales.....	54
III- Etapes de la classification des sections transversales.....	55
III.1- Ame comprimée (ou une partie de l'âme comprimée).....	55
III.2- Semelle comprimée (ou une partie de la semelle comprimée).....	57
III.3- Classe de la section totale.....	60
IV- Traitement des sections de classe 4.....	62
IV.1- Caractéristique de la section efficace de classe 4.....	64
IV.2- Parois internes comprimées	65
IV.3- Parois en console comprimées	67
Application 01 : Classification de la section d'un IPE 400.....	69
Application 02 : Analyse d'une section se classe 4 fléchie	71
Application 03 : Traitement d'une section de classe 4 comprimée	74

2^{ème} Partie

Vérification des sections transversales

Chapitre 7 : Effort axial de traction

I - Domaines d'utilisation.....	77
II – Vérification des pièces tendues.....	78
III – Section brute et section nette.....	79
IV – Dispositions des trous en traction.....	81

V – Cornières tendues attachées par une seule aile.....	81
Application 01 : Vérification d'un plat tendu comportant des trous de boulons	83
Application 02 : Vérification d'une cornière tendue comportant 2 trous de boulons ...	84

Chapitre 8 : Effort axial de compression

I - Domaines d'utilisation.....	85
II – Vérification des pièces comprimées.....	86
III – Dispositions des trous en compression.....	86
IV – Classification de section en compression	87
IV.1– Classe de section des cornières en U	87
IV.2 – Classe de section de quelques profils laminés en I.....	88
Application 01 : Vérification de la section d'un IPE 400 comprimé	89
Application 02: Vérification de la section d'un IPE A 400 comprimé	89
Application 03 : Vérification de la section d'un PRS en I comprimé	90

Chapitre 9 : Effort tranchant

I – Généralité.....	91
II – Vérification au cisaillement (effort tranchant).....	91
III – Aire de cisaillement A_v pour un effort tranchant.....	92
III .1- Détermination de A_v pour un effort tranchant parallèle à l'âme... ..	92
III. 2- Détermination de A_v pour un effort tranchant parallèle aux Semelles.....	92
IV – Vérifications complémentaires au cisaillement.....	94
V – Vérification au cisaillement d'une section réduite en présence des trous... ..	94
V.1 –Section réduite en présence des trous en travée d'un élément.....	94
V.2 –Section réduite en présence des trous à l'extrémité d'une poutre....	95
VI– Incidence de l'effort tranchant sur le moment résistant.....	96
Application 01 : Vérification au cisaillement d'une poutre simplement appuyée	97
Application 02 : Vérification au cisaillement d'une poutre console	99

Chapitre 10 : Moment fléchissant

I – Généralité.....	101
II – Dimensionnement de la section transversale en flexion.....	102
- Cas d'une section avec trous de fixation	102
III – Moment fléchissant et effort tranchant	102
IV – Classe de section de quelques profils laminés sous une flexion seule	104
Application : Dimensionnement en flexion d'une poutre simplement appuyée .	105

Chapitre 11 : Moment de flexion bi axiale

I – Généralité.....	107
II – Ossatures de couvertures.....	108
II .1– Pannes.....	108
II .2–Lisses.....	109
III – Calcul des éléments soumis à la flexion déviée.....	110
IV – Vérification de la section transversale en flexion bi axiale.....	111
Application 01 : Vérification d'une panne en IPE	113
Application 02 : Vérification d'une lisse de bardage en UAP.....	114

Chapitre 12: Moment de flexion composée

I – Généralité.....	115
II – Vérification des sections transversales en flexion composée.....	116
II.1– Section de classe 1 , 2.....	116
II.2– Section de classe 3	118
II.3– Section de classe 4	118
III – Classification d'une section en I soumise à une flexion composée.....	119
Application : Vérification de la section d'un IPE 400 à la flexion composée	121

Chapitre 13: La torsion

I – Généralité.....	123
II – Effet de la torsion	124
II.1– La torsion uniforme (de Saint Venant) « $T_{v,Sd}$ »	125
II.2– La torsion non uniforme « $T_{w,Sd}$ »	131

III - Vérification de la torsion combinée avec d'autres sollicitations	153
IV- Vérification de la résistance de la section au cisaillement	154
Application : Vérification à la torsion d'une poutre simplement appuyée	155

3^{ème} Partie

Vérification des éléments

Chapitre 14 : Le flambement

I – Introduction.....	161
II- Longueurs de flambement.....	162
II. 1– Longueurs de flambement sous conditions aux limites parfaites...	162
II. 2–Longueurs de flambement des poteaux de bâtiments étagés.....	162
II.3– Longueurs de flambement pour les poteaux de portiques simples...	165
III - Vérification du flambement simple.....	167
- Calcul pratique du flambement	168
IV - Vérification d'un poteau composé.....	171
IV.1– Poteau composé à treillis.....	173
IV.2– Poteau composé à traverses de liaisons (barrettes).....	176
- Moments et efforts tranchants dus à la liaison par traverses	177
IV.3– Poteau composé à membrures faiblement espacées	178
Application : Vérification au flambement d'un poteau en profil HEA	179

Chapitre 15 : Le déversement

I – Introduction.....	181
II - Vérification du déversement	182
II.1– Calcul du moment critique élastique du déversement.....	182
II.2– Cas particuliers du moment critique élastique du déversement...	186
II.3 – Calcul pratique du déversement.....	187
III - Vérification du déversement en flexion déviée.....	187
III.1–Pour les sections de classe 1 et 2	187
III.2– Pour les sections de classe 3	187
III.3– Pour les sections de classe 4	187

IV – Dispositions constructives pour contrecarrer le déversement	188
Application 01 : Vérification au déversement d'une poutre bi appuyée.....	189
Application 02 : Vérification au déversement d'une console	190

Chapitre 16 : Vérification des éléments fléchis et comprimés

I – Introduction.....	191
II - Vérification du flambement et flexion.....	191
II.1– Pour les sections de classe 1 et 2.....	191
II.2– Pour les sections de classe 3.....	193
II.3– Pour les sections de classe 4.....	194
Application : Vérification d'un élément fléchi et comprimé.....	195

Chapitre 17 : Le voilement

I – Introduction.....	197
II - Vérification du voilement.....	197
III- Méthodes de calcul du voilement.....	198
III.1– La méthode post- critique simple.....	198
III.2– La méthode du champ diagonal de traction.....	200
IV- Calcul des raidisseurs d'âme.....	204
V- Voilement de l'âme en flexion sous la poussée verticale des semelles.....	206
Application : Vérification au voilement de l'âme d'une poutre soudée en I	207

Chapitre 18 : Résistance des âmes aux charges transversales

I – Introduction.....	211
II – Modes de ruine et application de la charge.....	212
II.1– Mode de ruine 1 : Ecrasement de l'âme.....	212
II.2– Mode de ruine 2 : Enfoncement local.....	213
II.3– Mode de ruine 3 : Voilement de l'âme.....	213
III – Vérification des âmes aux charges transversales ponctuelles.....	214
III.1– Mode de ruine 1 : Résistance à l'écrasement $R_{y,Rd}$	215
III.2– Mode de ruine 2 : Résistance à l'enfoncement local $R_{a,Rd}$	215
III.3– Mode de ruine 3 : Résistance au voilement $R_{b,Rd}$	216

IV – Vérification des âmes sous les contraintes transversales	217
IV.1– $M_{Sd} \neq 0$; $N_{Sd} \neq 0$; $V_{Sd} = 0$	218
IV.2– $M_{Sd} \neq 0$; $N_{Sd} \neq 0$; $V_{Sd} \neq 0$	220
Application : Vérification de l'âme d'une poutre en I sous charges concentrées	221

4^{ème} Partie

Calcul des éléments d'assemblages

Chapitre 19 : Le boulonnage ordinaire B.O

I – Introduction.....	227
II – Le boulonnage.....	228
II.1– Les boulons	228
II.2– Les rivets.....	230
- Caractéristiques géométriques et mécaniques des rivets.....	230
II.3– Les boulons sertis.....	231
III – Mécanismes de fonctionnements d'un boulonnage ordinaire.....	232
III.1– Le cisaillement.....	233
III.2– La traction.....	235
III.3- Efforts combinés entre la traction et le cisaillement.....	236
IV– Jeu dans les trous pour boulons ou rivets.....	237
V– Assemblages longs de catégorie A	238
Application 01 : Assemblage catégorie A de 2 pièces	238
Application 02 : Assemblage catégorie A de 3 pièces	240
Application 03: Assemblage catégorie D de 2 pièces	241
Application 04: Assemblage incliné entre 2 pièces	242

Chapitre 20 : Le boulonnage haute résistance H.R

I – Définition	243
II– Exécution d'un boulonnage H.R.....	244
II.1– Serrage par clé dynamométrique.....	244
II.2– Serrage contrôlé par le nombre de tour de l'écrou	244
II.3– Serrage contrôlé par rondelle de mesure	244
II.4– Serrage contrôlé avec la gorge de rupture	245

III–Détermination du couple de serrage.....	246
IV–Calcul des boulons H.R dans les assemblages résistant au glissement	247
Assemblages catégorie B.....	247
Assemblages catégorie C.....	247
V– Traction et cisaillement combinés	249
VI– Traction dans les boulons précontraints « Assemblages catégorie E »	250
Application 01 : Assemblage catégorie C de 2 pièces	251
Application 02: Assemblage catégorie C de 3 pièces	252
Chapitre 21 : Les assemblages soudés	
I – Définition	253
II – Procédés de soudage en construction métallique	253
II.1– Le soudage au chalumeau oxyacétylénique.....	254
II.2– Le soudage à l’arc avec électrode enrobée	254
II.3– Le soudage à l’arc sous flux de gaz protecteur.....	255
II.4– Le soudage à l’arc sous flux en poudre	256
II.5– Choix du diamètre de l’électrode et de l’intensité de soudage.....	256
III – Défauts de soudures	256
IV – Le contrôle de la qualité de soudure.....	259
V – Type de soudure et dispositions constructives.....	260
V.1– Soudures d’angle.....	262
V.2– Soudures en bout.....	263
a - Soudures en bout à pleine pénétration	263
b - Soudures en bout à pénétration partielle	263
c- Préparation des bords	264
d- Symboles des chanfreins	265
V.3– Soudures en entaille	265
V.4– Soudures en bouchon	266
V.5– Soudures sur bords tombés.....	266
	267

VI – Résistance de calcul des soudures d’angle	
VI.1– Dimension de la gorge et de la longueur utile d’un cordon de soudure	268
VI.2– Longueur utile d’un cordon d’assemblage sur des semelles non raidies	269
VI.3– Normes des cordons de soudures d’angle discontinues.....	270
VI.4– Résistance de calcul du cordon de soudure.....	271
VI.5– Exemples de calcul des contraintes dans un cordon de soudure....	272
- Cordons latéraux et frontaux à sollicitations mixtes.....	273
VII – Résistance de calcul des soudures en bout.....	277
- Dimension de la gorge d’une soudure en bout.....	277
VIII – Résistance de calcul des soudures en bouchon.....	278
IX – Résistance de calcul des soudures en entaille.....	279
X – Assemblage en cordon de soudure long.....	279
XI – Assemblages hybrides.....	280
Application 01 : Assemblage soudé – cordons latéraux	281
Application 02 : Assemblage soudé – cordons frontaux	281
Application 03 : Assemblage avec bouchons de soudure	282
Référence bibliographiques	283
Liste des figures.....	285
Liste des tableau.....	295
Sommaire.....	299

