

# Table des matières

## Chapitre Premier : Construction mixte ..... 15

<b>1</b>	<b>Hypothèses et généralités .....</b>	<b>15</b>
1.1	Avantages et inconvénients .....	15
1.2	Applications courantes.....	20
1.2.1	Exemples de ponts .....	20
1.2.2	Exemple en bâtiment.....	21
1.3	Hypothèses générales.....	22
1.3.1	Hypothèse d'adhérence parfaite entre le béton et l'acier .....	22
1.3.2	Hypothèses sur les matériaux .....	22
1.3.2.1	Caractéristiques du béton de structure .....	23
1.3.2.2	Caractéristiques des aciers .....	24
1.3.3	Hypothèse structurale.....	26
<b>2</b>	<b>Calcul de section critique .....</b>	<b>27</b>
2.1	Largeur participante de dalle .....	27
2.2	Calcul plastique de section critique .....	31
2.2.1	Rappel : équilibre de section .....	31
2.2.2	Calcul plastique de la section critique sous moment positif .....	32
2.2.2.1	Recherche de la position approximative de l'axe neutre .....	32
2.2.2.2	Axe neutre dans la dalle .....	33
2.2.2.3	Axe neutre dans le profilé .....	35
2.2.3	Calcul plastique de la section critique sous moment négatif .....	38
2.2.3.1	Position de l'axe neutre .....	39
2.2.3.1	Moment résistant.....	39
2.3	Calcul élastique de section critique.....	40
2.3.1	Calcul élastique de la section critique sous moment positif .....	40
2.3.1.1	Axe neutre se trouvant dans la dalle.....	41
2.3.1.2	Axe neutre se trouvant dans le profilé .....	44

## 6 Conception de structures mixtes et précontraintes

2.3.1.3	Position préliminaire de l'axe neutre.....	46
2.3.1.4	Calcul du moment élastique .....	47
2.3.2	Calcul élastique de la section critique sous moment négatif.....	48
2.3.2.1	Calcul de la position de l'axe neutre .....	48
2.3.2.2	Calcul de l'inertie homogénéisée .....	49
2.3.2.3	Calcul du moment résistant .....	49
2.4	Calcul de la connexion.....	50
2.4.1	Calcul de la sollicitation plastique transmise par la connexion .....	50
2.4.1.1	Sollicitation à transmettre dans les section critiques .....	50
2.4.1.2	Effort à transmettre sur un tronçon.....	51
2.4.2	Calcul de la sollicitation élastique transmise par la connexion.....	53
2.4.2.1	Flux de cisaillement à l'interface .....	53
2.4.2.2	Sollicitation à l'interface par tronçon .....	53
2.4.3	Résistance de la connexion .....	54
2.4.3.1	Calcul de la résistance et du nombre de goujons .....	54
2.3.4.2	Calcul de la résistance de la connexion lorsque la dalle est coulée sur une plaque nervurée .....	56
2.4.4	Dispositions constructives.....	57
<b>3</b>	<b>Vérification d'une section mixte .....</b>	<b>58</b>
3.1	Combinaisons d'actions.....	58
3.1.1	Etats limites ultimes (ELU).....	59
3.1.2	Etats limites de service (ELS) .....	59
3.2	Vérification de la poutre aux ELU .....	60
3.2.1	Classification des sections.....	60
3.2.1.1	Définition de la classe .....	60
3.2.1.2	Classification de l'âme .....	61
3.2.1.3	Classification de la semelle .....	62
3.2.2	Vérification de la résistance .....	63
3.2.2.1	Sections critiques .....	63
3.2.2.2	Vérification de l'effort tranchant.....	63
3.2.2.3	Vérification de la concomitance effort tranchant et moment .....	63
3.2.2.4	Vérification du moment .....	64
3.2.2.5	Vérification de la connexion. ....	64
3.2.3	Vérification du déversement .....	65
3.2.3.1	Procédure 1 : calculatoire.....	65
3.2.3.2	Procédure 2 : simplifiée pour les bâtiments.....	65

3.2.4	Vérification de la phase provisoire.....	66
3.2.5	Organigramme de vérification .....	66
3.3	Vérification aux ELS .....	68
3.3.1	Vérification des contraintes élastiques .....	68
3.3.2	Calcul simplifié de la flèche.....	68
3.3.2.1	Limitations de la flèche .....	68
3.3.2.2	Calcul de la flèche.....	69
3.3.2.3	Retrait et flèche .....	70
3.3.3	Contrôle de la fissuration du béton.....	70
<b>4</b>	<b>Applications.....</b>	<b>71</b>
	Application 1 : calcul d'une section mixte.....	71
	Application 2 : Vérification d'une poutre mixte .....	81
	Application 3 : Connexion d'une poutre mixte .....	96
<b>5</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>100</b>
5.1	Caractéristiques des profilés .....	100
5.2	Chargements et réactions d'appuis sur une poutre hyperstatique .....	100
	<b>Second Chapitre : Béton précontraint .....</b>	<b>101</b>
<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>101</b>
1.1	Intérêt de la précontrainte .....	101
1.1.1	Rappels .....	101
1.1.2	Exemple d'application : .....	103
1.1.3	Comparaisons Béton précontraint et béton armé.....	105
1.2	Principales méthodes de précontrainte.....	106
1.2.1	La méthode par pré-tension.....	106
1.2.2	Précontrainte par post-tension.....	107
1.2.3	Armatures de précontrainte .....	109

<b>2</b>	<b>Base des dispositions réglementaires .....</b>	<b>109</b>
2.1	Etats limites de service (ELS).....	109
2.1.1	Combinaisons rares .....	109
2.1.2	Combinaisons fréquentes .....	110
2.1.3	Combinaisons quasi-permanentes .....	111
2.2	Etats limites Ultimes (ELU) .....	111
2.2.1	Equilibre d'ensemble .....	111
2.2.2	Equilibre du câble .....	112
2.2.3	Equilibre du béton.....	113
2.2.3.1	Méthode interne .....	113
2.2.3.2	Méthode directe .....	113
<b>3</b>	<b>Dimensionnement des structures isostatiques .....</b>	<b>116</b>
3.1	Notations .....	116
3.1.1	Caractéristiques géométriques.....	116
3.1.2	Les sollicitations .....	117
3.1.3	Les contraintes .....	117
3.2	Respect des contraintes limites .....	118
3.2.1	Rappel : centre de pression .....	118
3.2.2	Calcul de la contrainte.....	119
3.2.3	Noyau central .....	119
3.2.4	Noyaux limites .....	121
3.2.5	Noyau de passage du câble .....	122
3.3	Relations de dimensionnement .....	123
3.3.1	Condition sur le béton .....	123
3.3.2	Condition sur la précontrainte .....	124
3.3.3	Condition d'enrobage.....	125
3.3.4	Notion de section critique .....	125
3.3.4.1	Section sous-critique .....	125
3.3.4.2	Section sur-critique .....	126
3.3.4.3	Problème sans solution.....	127
3.3.4.4	Détermination du type de section .....	127
3.3.4	Précontrainte à l'origine <b>PO</b> .....	128
3.3.5	Vérifications rapides .....	128

<b>4</b>	<b>Les pertes de précontraintes .....</b>	<b>129</b>
4.1	Pertes instantanées .....	129
4.1.1	Pertes par frottement .....	129
4.1.1.1	Frottement par courbure .....	129
4.1.1.2	Frottement rectiligne .....	131
4.1.1.3	Frottement cumulé .....	131
4.1.2	Pertes par recul d'ancrage .....	132
4.1.3	Pertes dues aux déformations instantanées du béton .....	133
4.1.4	Pertes instantanées globales .....	134
4.2	Pertes différées .....	135
4.2.1	Formule générale .....	135
4.2.2	Perte de précontrainte par relaxation .....	136
4.2.3	Estimation du retrait du béton .....	136
4.2.4	Calcul du coefficient de fluage.....	137
<b>5</b>	<b>Justification d'une structure précontrainte .....</b>	<b>139</b>
5.1	Sections à prendre en compte .....	139
5.1.1	Section brute .....	139
5.1.2	Section nette.....	139
5.1.3	Section homogénéisée.....	139
5.2	Calcul de l'enrobage .....	139
5.3	Justification des contraintes dans la section à l'ELS.....	140
5.3.1	Justification des contraintes normales .....	140
5.3.2	Ferraillage passif longitudinal .....	141
5.3.3	Justification des contraintes tangentes.....	141
<b>6</b>	<b>Prédimensionnement en béton précontraint.....</b>	<b>145</b>
6.1	Détermination du chargement.....	145
6.2	Détermination de la force de précontrainte .....	145
6.3	Choix des câbles .....	146
6.4	Tracé du câble.....	146
6.5	Effort tranchant.....	147
6.6	Organigramme des vérifications de prédimensionnement .....	148
6.7	Tableau de vérification de l'ouvrage au cours de sa vie.....	150

10 Conception de structures mixtes et précontraintes

<b>7</b>	<b>Applications.....</b>	<b>152</b>
7.1	Application 1 : Dimensionnement d'une section mixte .....	152
7.2	Application 2 : calcul des pertes instantanées .....	158
7.3	Application 3 : calcul des pertes différées .....	164
<b>8</b>	<b>Projet : prédimensionnement d'un élément en béton précontraint .....</b>	<b>168</b>
<b>9</b>	<b>Annexes .....</b>	<b>188</b>
9.1	Dispositions des gaines de précontraintes .....	188
9.2	Dispositions d'ancrages .....	188