



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS NATIONAL DE L'ENV 1994-1-1	20
AP.1 INTRODUCTION	20
AP.2 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'EC4-DAN 1.1	20
AP.2.1 Les différents objets de l'EC4-DAN 1.1	20
AP.2.2 Les différentes lectures de l'EC4-DAN 1.1	21
AP.3 LE CARACTÈRE CONTRACTUALISABLE DE L'EC4-DAN 1.1	21
AP.3.1 Le statut prescriptif des spécifications	21
AP.3.2 Le traitement des normes de référence	23
AP.4 MODALITÉS D'APPLICATION	25
AP.4.1 Domaine d'application	25
AP.4.2 Modalités contractuelles	25
AP.4.3 Modalités d'expérimentation	26
AP.5 LISTE DES NORMES DE RÉFÉRENCE	26
PRÉFACE À L'EUROCODE 4 : PARTIE 1.1	39
0.1 Objectifs des Eurocodes	39
0.2 Historique du programme Eurocodes	39
0.3 Programme Eurocodes	39
0.4 Documents d'application nationale (DAN)	40
0.5 Points spécifiques à cette norme expérimentale	41
0.5.1 Renvois à d'autres Eurocodes	41

0.5.2	Traitement de γ_M pour l'acier de construction	42
0.5.3	Notes utilisées dans la présente norme expérimentale	42
1.	INTRODUCTION	43
1.1	Objet	43
1.1.1	Objet de l'Eurocode 4	43
1.1.2	Objet de la partie 1.1 de l'Eurocode 4	44
1.1.3	Parties de l'Eurocode 4 à venir	46
1.2	Distinction entre principes et règles d'application	46
1.3	Hypothèses	47
1.4	Définitions	47
1.4.1	Termes communs à tous les Eurocodes structuraux	47
1.4.2	Termes utilisés dans cette partie 1.1 de l'Eurocode 4	48
1.5	Unités S.I.	51
1.6.	Symboles utilisés dans l'Eurocode 4 – Partie 1.1	51
1.6.1	Caractères romains majuscules	51
1.6.2	Caractères grecs majuscules	52
1.6.3	Caractères romains minuscules	52
1.6.4	Caractères grecs minuscules	53
1.6.5	Indices	54
1.6.6	Utilisation des indices dans la partie 1.1 de l'Eurocode 4	55
1.6.7	Conventions concernant les axes des éléments	55
2.	BASES DE CALCUL	57
2.1	Exigences fondamentales	57
2.2	Définition et classification	58
2.2.1	États limites et situations de projet	58
2.2.1.1	États limites	58
2.2.1.2	Situation de projet	59
2.2.2	Actions	59
2.2.2.1	Définitions et principale classification	59
2.2.2.2	Valeurs caractéristiques des actions	60
2.2.2.3	Valeurs représentatives des actions variables	61
2.2.2.4	Valeurs de calcul des actions	63
2.2.2.5	Valeurs de calcul des effets des actions	63

2.2.3	Propriétés des matériaux	64
2.2.3.1	<i>Valeurs caractéristiques</i>	64
2.2.3.2	<i>Valeurs de calcul</i>	64
2.2.4	Données géométriques	65
2.2.5	Dispositions de charges et cas de charge	65
2.3	Exigences de calcul	66
2.3.1	Généralités	66
2.3.2	États limites ultimes	66
2.3.2.1	<i>Conditions de vérification</i>	66
2.3.2.2	<i>Combinaisons d'actions</i>	67
2.3.2.3	<i>Valeurs de calcul des actions permanentes</i>	68
2.3.2.4	<i>Vérification de l'équilibre statique</i>	69
2.3.3	Coefficients partiels de sécurité pour les états limites ultimes	69
2.3.3.1	<i>Coefficients partiels de sécurité pour les actions exercées sur des structures de bâtiment</i>	69
2.3.3.2	<i>Coefficients partiels de sécurité pour les résistances et propriétés des matériaux</i>	71
2.3.4	États limites de service	72
2.4	Durabilité	73
Appendice : Tableaux synoptiques des valeurs des coefficients partiels de sécurité intervenant dans ce document		74
1.	Coefficients relatifs aux actions	74
2.	Coefficients relatifs aux résistances	75
3.	MATÉRIAUX	77
3.1	Béton	77
3.1.1	Généralités	77
3.1.2	Classes de résistance du béton	77
3.1.3	Retrait du béton	78
3.1.4	Déformabilité du béton – théorie élastique	79
3.1.4.1	<i>Module sécant d'élasticité pour un chargement à court terme</i>	79
3.1.4.2	<i>Coefficients d'équivalence</i>	79
3.1.4.3	<i>Coefficient de Poisson</i>	80
3.1.5	Déformabilité du béton – autres théories	80
3.1.6	Dilatation thermique	80
3.2	Acier d'armature	81
3.2.1	Généralités	81
3.2.2	Types d'aciers	81

3.2.3	Nuances d'aciers	81
3.2.4	Module d'élasticité longitudinale	81
3.2.5	Diagramme contrainte-déformation	82
3.2.6	Dilatation thermique	82
3.3	Acier de construction	83
3.3.1	Généralités et objet	83
3.3.2	Limite d'élasticité	83
3.3.3	Valeurs de calcul de certaines propriétés de matériau	83
3.3.4	Relation contrainte-déformation	85
3.3.5	Dimensions, masse et tolérances	85
3.4	Tôles profilées en acier pour dalles mixtes	86
3.4.1	Généralités et objet	86
3.4.2	Limite d'élasticité	86
3.4.3	Valeurs nominales de certaines propriétés de matériau	87
3.4.4	Relation contrainte-déformation	88
3.4.5	Revêtement	88
3.5	Moyens d'assemblage	88
3.5.1	Généralités	89
3.5.2	Connecteurs	89
4.	ÉTATS LIMITES ULTIMES	91
4.1	Bases	91
4.1.1	Généralités	91
4.1.2	Poutres	92
4.1.3	Poteaux, ossatures et assemblages mixtes	94
4.2	Caractéristiques des sections transversales des poutres	94
4.2.1	Section efficace	94
4.2.2	Largeur participante de dalle pour les poutres de bâtiment	95
4.2.2.1	<i>Largeur participante pour l'analyse globale</i>	96
4.2.2.2	<i>Largeur participante pour la vérification des sections transversales</i>	96
4.2.3	Rigidité de flexion	96
4.3	Classification des sections transversales des poutres	97
4.3.1	Généralités	97
4.3.2	Classement des semelles comprimées en acier	98
4.3.3	Classement des âmes en acier	99
4.3.3.1	<i>Sections dont la semelle comprimée est de classe 1 ou 2</i>	99

4.3.3.2	<i>Sections où la semelle comprimée est de classe 3 ou 4</i>	100
4.4	Résistances des sections transversales des poutres	102
4.4.1	Moment fléchissant.....	102
4.4.1.1	<i>Bases</i>	102
4.4.1.2	<i>Moment de résistance plastique d'une section dans le cas d'une connexion</i>	102
4.4.1.3	<i>Moment de résistance plastique d'une section dans le cas d'une connexion partielle</i>	103
4.4.1.4	<i>Résistance élastique en flexion</i>	104
4.4.2	Effort tranchant.....	105
4.4.2.1	<i>Objet</i>	105
4.4.2.2	<i>Méthodes de calcul</i>	105
4.4.3	Flexion et effort tranchant.....	106
4.4.4	Résistance au voilement par cisaillement.....	107
4.4.5	Interaction entre flexion et voilement par cisaillement.....	109
4.5	Sollicitations dans les poutres continues	109
4.5.1	Généralités.....	109
4.5.2	Analyse plastique.....	110
4.5.2.1	<i>Généralités</i>	110
4.5.2.2	<i>Exigences pour l'analyse rigide-plastique</i>	110
4.5.3	Analyse élastique.....	111
4.5.3.1	<i>Généralités</i>	111
4.5.3.2	<i>Phasage de construction</i>	111
4.5.3.3	<i>Effet du retrait du béton dans les poutres de bâtiment</i>	111
4.5.3.4	<i>Redistribution des moments dans les poutres de bâtiment</i>	112
4.6	Déversement des poutres mixtes de bâtiment	113
4.6.1	Généralités.....	113
4.6.2	Vérification sans calcul direct.....	113
4.6.3	Moment de résistance au déversement.....	116
4.7	Enfoncement local de l'âme	117
4.7.1	Généralités.....	117
4.7.2	Âme efficace de classe 2.....	117
4.8	Poteaux mixtes	118
4.8.1	Objet.....	118
4.8.2	Méthode générale de calcul.....	119
4.8.2.1	<i>Généralités</i>	119
4.8.2.2	<i>Méthode de calcul</i>	119
4.8.2.3	<i>Imperfections</i>	121
4.8.2.4	<i>Voilement des éléments structuraux en acier</i>	121

4.8.2.5	Épaisseur d'enrobage et armature	121
4.8.2.6	Cisaillement entre les composants acier et béton	122
4.8.2.7	Résistance au cisaillement	124
4.8.2.8	Goujons fixés sur l'âme d'un poteau mixte	125
4.8.3	Méthode simplifiée de calcul	126
4.8.3.1	Objet	126
4.8.3.2	Coefficients partiels de sécurité γ_{Ma} , γ_a et γ_{Rd}	127
4.8.3.3	Résistance des sections transversales aux charges axiales	127
4.8.3.4	Rapport de contribution de l'acier	129
4.8.3.5	Rigidité élastique réelle de flexion des sections transversales	129
4.8.3.6	Longueurs de flambement d'un poteau	130
4.8.3.7	Élancement réduit	130
4.8.3.8	Résistance des éléments structuraux en compression axiale	131
4.8.3.9	Compression et flexion combinées	131
4.8.3.10	Analyse des moments fléchissants	131
4.8.3.11	Résistance des sections transversales à la compression et à la flexion uniaxiale combinées	133
4.8.3.12	Influence de l'effort tranchant	134
4.8.3.13	Résistance des éléments structuraux à la compression et à la flexion uniaxiale combinées	134
4.8.3.14	Compression et flexion biaxiale combinées	136
4.9	Sollicitations dans les ossatures de bâtiment	137
4.9.1	Généralités	137
4.9.2	Hypothèses de calcul	139
4.9.2.1	Bases	139
4.9.2.2	Modélisation en structure réticulée	140
4.9.2.3	Modélisation en structure continue	140
4.9.2.4	Modélisation en structure semi-continue	140
4.9.2.5	Effets des déformations	140
4.9.3	Prise en compte des imperfections	140
4.9.4	Stabilité latérale	140
4.9.4.1	Généralités	140
4.9.4.2	Classification en ossatures souples ou rigides	141
4.9.4.3	Classification en ossatures contreventées ou non contreventées	141
4.9.5	Méthodes d'analyse globale	141
4.9.6	Analyse globale élastique	142
4.9.6.1	Généralités	142
4.9.6.2	Rigidité de flexion	142
4.9.6.3	Redistribution des moments	142

4.9.7	Analyse globale rigide plastique	143
4.9.7.1	<i>Généralités</i>	143
4.9.7.2	<i>Rotules plastiques</i>	144
4.10	Assemblages mixtes dans les ossatures contreventées du bâtiment	144
4.10.1	Généralités	144
4.10.2	Classification des assemblages	145
4.10.3	Assemblages réalisés par boulons, rivets ou axes d'articulation	145
4.10.3.1	<i>Généralités</i>	145
4.10.3.2	<i>Répartition des efforts entre les éléments d'attache</i>	145
4.10.3.3	<i>Assemblages par axe d'articulation</i>	145
4.10.4	Couvre-joints dans les éléments structuraux mixtes	146
4.10.5	Assemblages poutre-poteau	146
4.10.5.1	<i>Généralités</i>	146
4.10.5.2	<i>Classification par rigidité en rotation</i>	146
4.10.5.3	<i>Classification par moment résistant</i>	146
4.10.5.4	<i>Classification des courbes moment-rotation</i>	146
4.10.5.5	<i>Caractéristiques calculées</i>	146
4.10.5.6	<i>Règles d'application</i>	147
5.	ÉTATS LIMITES DE SERVICE	149
5.1	Généralités	149
5.2	Déformations	150
5.2.1	Généralités	150
5.2.2	Calcul des flèches maximales des poutres	151
5.3	Fissuration du béton des poutres	153
5.3.1	Généralités	153
5.3.2	Section minimale d'armature	155
5.3.3	Analyse de la structure pour vérifier la fissuration	157
5.3.4	Vérification de la fissuration due aux actions directes, sans calcul de la largeur des fissures	157
5.3.5	Vérification de la fissuration par le calcul de la largeur de fissures	159
6.	CONNEXION DANS LES POUTRES DE BÂTIMENT	161
6.1	Généralités	161
6.1.1	Bases de calcul	161
6.1.2	Capacité de déformation des connecteurs	162
6.1.3	Espacement des connecteurs	163

6.2	Effort de cisaillement longitudinal	
6.2.1	Poutres pour lesquelles on utilise le calcul plastique pour la résistance des sections transversales	
6.2.1.1	<i>Connexion complète</i>	164
6.2.1.2	<i>Connexion partielle avec connecteurs ductiles</i>	164
6.2.1.3	<i>Connexion partielle avec connecteurs non ductiles</i>	164
6.2.2	Poutres pour lesquelles on utilise le calcul élastique pour la résistance d'une ou de plusieurs sections transversales	166
6.3	Résistance de calcul des connecteurs	
6.3.1	Généralités	168
6.3.2	Goujons dans les dalles pleines	168
6.3.2.1	<i>Goujons à tête – Résistance au cisaillement</i>	168
6.3.2.2	<i>Influence de la traction sur la résistance au cisaillement</i>	168
6.3.2.3	<i>Goujons sans tête – Résistance au cisaillement</i>	169
6.3.3	Goujons à tête utilisés avec des tôles profilées en acier	169
6.3.3.1	<i>Tôles dont les nervures sont parallèles aux poutres porteuses</i>	170
6.3.3.2	<i>Tôles dont les nervures sont perpendiculaires aux poutres porteuses</i>	170
6.3.3.3	<i>Sollicitation biaxiale des connecteurs</i>	170
6.3.4	Connecteurs en butée dans les dalles pleines	171
6.3.5	Crochets et arceaux dans les dalles pleines	171
6.3.6	Connecteurs en butée équipés de crochets ou d'arceaux dans les dalles pleines	172
6.3.7	Connecteurs en cornières dans les dalles pleines	174
6.4	Dispositions constructives concernant la connexion	175
6.4.1	Recommandations générales	175
6.4.1.1	<i>Résistance à la séparation</i>	175
6.4.1.2	<i>Mise en place du béton et épaisseur d'enrobage</i>	175
6.4.1.3	<i>Ferrailage local de la dalle</i>	175
6.4.1.4	<i>Renformis autres que ceux formés par des tôles profilées en acier</i>	175
6.4.1.5	<i>Espacement des connecteurs</i>	176
6.4.1.6	<i>Dimensions de la semelle en acier</i>	177
6.4.2	Goujons	177
6.4.3	Goujons à tête utilisés avec des tôles profilées en acier	177
6.4.3.1	<i>Généralités</i>	177
6.4.3.2	<i>Tôles dont les nervures sont perpendiculaires à la poutre porteuse</i>	178
6.4.4	Connecteurs en butée	178

6.4.5	Crochets et arceaux	178
6.4.6	Connecteur en cornière	179
6.5	Boulons à serrage contrôlé	179
6.5.1	Généralités	179
6.5.2	État limite ultime	180
6.5.2.1	<i>Résistance de calcul au glissement</i>	180
6.5.2.2	<i>Résistance de calcul au cisaillement et à la pression diamétrale d'un boulon</i>	181
6.5.2.3	<i>Résistance combinée</i>	181
6.5.2.4	<i>Effets du glissement</i>	181
6.5.3	État limite de service	181
6.5.4	Dispositions constructives des boulons à serrage contrôlé	181
6.6	Armatures transversales	182
6.6.1	Cisaillement longitudinal dans la dalle	182
6.6.2	Résistance de calcul au cisaillement longitudinal	183
6.6.3	Contribution des tôles profilées en acier	184
6.6.4	Armatures transversales minimales	185
6.6.4.1	<i>Dalles pleines</i>	185
6.6.4.2	<i>Dalles nervurées</i>	185
6.6.5	Fendage longitudinal	186
7.	DALLES MIXTES AVEC TÔLES PROFILÉES EN ACIER POUR BÂTIMENT	187
7.1	Généralités	187
7.1.1	Objet	187
7.1.2	Définitions	188
7.1.2.1	<i>Dalle mixte</i>	188
7.1.2.2	<i>Comportement mixte</i>	188
7.2	Dispositions constructives	189
7.2.1	Armature et épaisseur de dalle	189
7.2.2	Granulats	189
7.2.3	Exigences concernant les appuis	190
7.3	Actions et effets des actions	192
7.3.1	Situations de calcul	192
7.3.2	Actions	192
7.3.2.1	<i>Tôles profilées en acier utilisées comme coffrage</i>	192
7.3.2.2	<i>Dalle mixte</i>	194
7.3.3	Combinaisons de charges et cas de charge	194

7.4	Analyse des sollicitations	
7.4.1	Tôles profilées en acier utilisées comme coffrage	194
7.4.2	Dalle mixte	194
7.4.2.1	Analyse	195
7.4.2.2	Largeur utile pour les charges concentrées ponctuelles et linéaires	195
7.5	Vérification des tôles profilées en acier utilisées comme coffrage	196
7.5.1	État limite ultime	197
7.5.2	État limite de service	197
7.6	Vérification des dalles mixtes	198
7.6.1	État limite ultime	198
7.6.1.1	Critères de calcul	198
7.6.1.2	Flexion	198
7.6.1.3	Cisaillement longitudinal pour les dalles dépourvues d'ancrage d'extrémité	199
7.6.1.4	Cisaillement longitudinal pour les dalles comportant un ancrage d'extrémité	201
7.6.1.5	Effort tranchant	204
7.6.1.6	Poinçonnement	205
7.6.2	État limite de service	205
7.6.2.1	Fissuration du béton	206
7.6.2.2	Flèche	206

8. PLANCHERS AVEC DALLES DE BÉTON PRÉFABRIQUÉES POUR BÂTIMENT

8.1	Généralités	209
8.2	Actions	209
8.3	Coefficients partiels de sécurité pour les matériaux	209
8.4	Calcul, analyse et dispositions constructives du système de plancher	210
8.4.1	Disposition des appuis	210
8.4.2	Joints entre éléments préfabriqués	210
8.4.3	Surfaces de contact	210
8.5	Joint entre poutres en acier et dalle	211
8.5.1	Scellement et tolérances	211
8.5.2	Corrosion	211
8.5.3	Connexion et armature transversale	211
8.6	Plancher en béton calculé pour un chargement horizontal	212

9. EXÉCUTION	213
9.1 Généralités	213
9.2 Déroulement des phases de construction	213
9.3 Stabilité	214
9.4 Tolérance en cours de construction et contrôle de la qualité	214
9.4.1 Flèche sous charge statique pendant et après le bétonnage	214
9.4.2 Compacité du béton	214
9.4.3 Connexion dans les poutres et poteaux	215
9.4.3.1 Goujons à tête dans les structures de bâtiment	215
9.4.3.2 Crochets, arceaux, connecteurs en butée	215
9.4.3.3 Boulons à serrage contrôlé	215
9.4.3.4 Protection contre la corrosion à l'interface	216
9.4.3.5 Condition de surface	216
9.4.4 Dalles mixtes avec tôles profilées en acier	216
9.4.4.1 Tôle profilée en acier utilisée comme coffrage – Fixation des tôles	216
9.4.4.2 Nettoyage de la tôle avant le bétonnage	217
9.4.4.3 Charges	217
9.4.4.4 Goujons de cisaillement soudés à travers les tôles profilées	217
9.4.4.5 Ancrages d'extrémité	218
9.4.4.6 Appuis provisoires	218
10. CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT ASSISTÉS PAR L'EXPÉRIMENTATION	219
10.1 Généralités	219
10.2 Essais sur connecteurs	219
10.2.1 Généralités	219
10.2.2 Dispositions d'essai	221
10.2.3 Préparation des éprouvettes	223
10.2.4 Procédure d'essai	223
10.2.5 Interprétation des résultats	224
10.3 Essai des dalles de plancher mixtes	225
10.3.1 Essais paramétriques	225
10.3.1.1 Généralités	225
10.3.1.2 Conditions d'essai	226
10.3.1.3 Préparation des corps d'épreuve	228
10.3.1.4 Procédure de mise en charge pour les essais	229
10.3.1.5 Détermination de valeurs de calcul pour m et k	230

10.3.2	Essais spécifiques	231
10.3.2.1	Généralités	231
10.3.2.2	Conditions d'essai	231
10.3.2.3	Préparation des corps d'épreuve	232
10.3.2.4	Méthode de mise en charge pour les essais	232
10.3.2.5	Détermination de la résistance	233

ANNEXES

Annexe A (normative)

Documents de référence

A.1	Objet	235
A.2	Normes concernant les matériaux et produits associés à la partie 1.1 de l'Eurocode 4	235
A.2.1	Normes mentionnées dans l'EC2	235
A.2.2	Normes mentionnées dans l'EC3	235
A.2.3	Autres normes mentionnées dans l'EC4	236
A.3	Documents de référence pour l'exécution	236
A.4	Normes générales	236

Annexe B (normative)

Déversement

B.1	Méthodes basées sur un modèle d'ossature continue en U inversé	237
B.1.1	Méthode simplifiée pour le calcul de l'élanement	237
B.1.2	Moment critique élastique	237
B.1.3	Sections en acier doublement symétriques	238
B.1.4	Sections en acier monosymétriques	243

Annexe C (normative)

Méthode simplifiée de calcul de résistance de sections transversales mixtes doublement symétriques soumises à une interaction de flexion et compression

C.1	Objet et hypothèses	245
C.2	Résistances à la compression	245
C.3	Position de l'axe neutre	246
C.4	Résistances à la flexion	247
C.5	Interaction avec l'effort tranchant	248
C.6	Axes neutres et module de résistance plastique de quelques sections transversales	248
C.6.1	Généralités	248
C.6.2	Flexion selon l'axe fort des profilés en I enrobés de béton	249

C.6.3	<i>Flexion selon l'axe faible des profilés en I enrobés de béton</i>	250
C.6.4	<i>Profils creux circulaires et rectangulaires remplis de béton</i>	252
Annexe D (normative)		
Calcul des poteaux mixtes avec sections transversales mono-symétriques – méthode simplifiée		255
D.1	Généralités.....	255
D.2	Objet.....	255
D.3	Calcul en compression axiale.....	255
D.4	Calcul de compression et de flexion uniaxiale.....	256
D.5	Comportement à longue durée du béton.....	257
Annexe E (normative)		
Méthode de la connexion partielle pour les dalles mixtes		259
E.1	Objet.....	259
E.2	Détermination de $\tau_{u,Rd}$	259
E.3	Vérification de la résistance au cisaillement longitudinal.....	260
E.4	Vérification des dalles mixtes avec ancrage d'extrémité.....	262
E.5	Vérification des dalles mixtes avec armature supplémentaire.....	263
Annexe F (informative)		
Listes de contrôle des informations devant figurer dans les procès-verbaux d'essais		265
F.1	Essais de poussée.....	265
F.1.1	<i>Objet</i>	265
F.1.2	<i>Corps d'épreuve</i>	265
F.1.3	<i>Réalisation d'essai</i>	266
F.1.4	<i>Résultats</i>	266
F.2	Essais des dalles mixtes.....	267
F.2.1	<i>Objet</i>	267
F.2.2	<i>Corps d'épreuve</i>	267
F.2.3	<i>Exécution de l'essai</i>	268
F.2.4	<i>Résultats</i>	268