

# Table des matières

<b>CHAPITRE 1 : GENERALITÉS SUR LES CONTREVENTEMENTS</b> .....	10
<b>CHAPITRE 2 : GENERALITÉS SUR LE CALCUL SISMIQUE</b> .....	14
I NOTIONS SUR LA PHYSIQUE DU SÉISME .....	15
II ANALYSE STATIQUE ÉQUIVALENTE .....	16
III ANALYSE MODALE .....	17
a) Composantes sismiques horizontales .....	17
b) Composante sismique verticale .....	18
<b>CHAPITRE 3 : MODÈLES DE CALCUL ADOPTÉS</b> .....	21
I MODÈLE BROCHETTE SIMPLE OU CENTRÉE .....	23
a) Schématisation du système .....	24
b) Modélisation .....	24
II MODELE BROCHETTE EXCENTRÉE .....	25
III MODELE BROCHETTE A "MANIVELLES" .....	26
IV MODELE VLASSOV .....	27
Modélisation de la structure .....	27
V. MODELE DETAILLÉ .....	29
1) Définition des éléments finis .....	29
a) L'élément de barre tridimensionnel .....	29
b) L'élément de poutre tridimensionnel .....	30
c) L'élément tridimensionnel de contraintes planes (3 ou 4 noeuds) .....	30
d) L'élément fini bi-dimensionnel (3 ou 4 noeuds) .....	30
e) L'élément solide tridimensionnel (8 noeuds) .....	31
f) L'élément de plaque et coque (3 ou 4 noeuds) .....	31
g) L'élément de frontière .....	31
h) Autres éléments .....	31
i) Eléments de cable .....	31

2) Particularites des éléments finis .....	31
3) Modélisation .....	31
a) Modélisation des masses .....	32
b) Modélisation des planchers .....	32
4) Librairie des éléments finis utilisés par le logiciel SAP 90 .....	33
a) Élément de poutre (Frame) .....	33
b) Élément de coque (Shell) .....	33
c) Élément de solide (Asolid) .....	34
d) Élément de solide (Solid) .....	34
<b>VI. COMBINAISON BROCHETTE - MODELE DETAILLE .....</b>	<b>34</b>
1) Introduction .....	35
2) Illustration de la méthode .....	35
a) Choix du modèle et des degrés de liberté .....	35
b) Dispositifs de contreventement .....	35
	37
<b>CHAPITRE 4 : ANALYSE MODALE .....</b>	<b>40</b>
<b>I. PRINCIPE DE L'ANALYSE MODALE .....</b>	<b>41</b>
Quelques définitions .....	41
<b>II. DEVELOPPEMENT DE L'ANALYSE MODALE DES SYSTEMES TRIDIMENSIONNELS .....</b>	<b>41</b>
Notations utilisées .....	41
Formation matrice - masse M .....	42
Matrice d'amortissement C .....	43
Matrice de rigidité K .....	43
Détermination du vecteur $U \Phi$ (Dimensions 3 n) .....	45
Translation horizontale .....	46
Propriétés d'orthogonalité des vecteurs $\Phi_i$ .....	47
1) Méthode d'intégration directe .....	48
2) Méthode de superposition modale .....	48
Détermination des vecteurs propres et des modes propres .....	48
a) Propriété des facteurs de participation et des masses modales effectives .....	54
b) Facteurs de participation de torsion et moments d'inertie massiques modaux .....	57
<b>III. ILLUSTRATION .....</b>	<b>59</b>

<b>CHAPITRE 5 : ANALYSE SPECTRALE</b> .....	61
I. INTRODUCTION .....	62
II. DEFINITION D'UN SPECTRE .....	62
Utilisation des spectres de réponse .....	62
III. OBJECTIFS DE L'ANALYSE SPECTRALE .....	62
1) Oscillateur simple .....	65
2) Oscillateur multiple .....	68
IV. CALCUL DE LA REPONSE SPECTRALE .....	70
a) Cas général .....	70
b) Séisme dans le sens X : .....	70
c) Séisme dans le sens Y : .....	70
V. REPONSE AU SEISME - R.P.A. 88 .....	72
VI. CONDUITE DE L'ANALYSE. EDITION DES RESULTATS .....	73
1) Résultats d'analyse spectrale .....	73
2) Résultats statiques .....	73
3) Réaction des appuis .....	74
4) Déplacements (noeud par noeud) .....	74
5) Forces modales (barre par barre) ou élément par élément .....	74
 <b>CHAPITRE 6 : ANALYSE TEMPORELLE</b> .....	 75
I. INTRODUCTION .....	76
II. METHODES TEMPORELLES DANS LE DOMAINE LINEAIRE .....	76
a) Calcul des modes propres de vibration .....	76
b) Déplacements .....	77
c) Accélération .....	77
d) Forces élastiques .....	77
e) Efforts tranchants .....	77
f) Moments de renversement .....	78
III. METHODES APPLICABLES AUX STRUCTURES NON LINEAIRES .....	82
a) Méthode linéaire itérative .....	83
b) Méthode du spectre inélastique .....	83
c) Méthode temporelle non linéaire .....	83
IV. METHODES PROBABILISTES .....	85

CONCLUSION .....	86
VI. DEVELOPPEMENT DE LA METHODE PAS A PAS .....	87
a) Accélération linéaire .....	87
b) Déplacement .....	87
<b>CHAPITRE 7 : SOLLICITATIONS RESULTANTES .....</b>	<b>90</b>
I. INTRODUCTION .....	91
1) Combinaison quadratique simple ou SRSS .....	91
2) Combinaison quadratique complète, ou CQC .....	91
3) Méthode de la double somme combinaison, ou DSC .....	91
4) Somme des valeurs absolues ou ABS .....	91
5) Rappel mathématique .....	92
II. SOMMATION DES MODES .....	92
A - MOYENNE QUADRATIQUE (Combinaison Quadratique Simple, SRSS) .....	92
B - COMBINAISON DE LA DOUBLE SOMME CQC, DSC .....	93
<b>CHAPITRE 8 : CALCUL DES PERIODES PROPRES D'OSCILLATION .....</b>	<b>96</b>
1 <sup>er</sup> cas : Oscillations planes (translation) .....	97
2 <sup>ème</sup> cas : Oscillations spatiales (translations) .....	97
3 <sup>ème</sup> cas : Oscillations spatiales (translations + rotation) .....	98
<b>CHAPITRE 9 : CONCEPTION LOGICIEL SUPER-ETABS .....</b>	<b>101</b>
a) Pour l'ensemble de la structure .....	109
b) Pour chaque portique .....	109
c) Pour chaque élément .....	109
<b>CHAPITRE 10 : ANALYSE P- DELTA, effets du Second ordre .....</b>	<b>110</b>
1) OBJECTIF DE L'ANALYSE P-DELTA .....	111
2) PRINCIPE DE LA METHODE .....	111
<b>CHAPITRE 11 : CONVENTIONS D'UNITES ADOPTEES .....</b>	<b>113</b>
Tableau récapitulatif .....	115

<b>CHAPITRE 12 : SPECIFICATIONS DES AXES LOCAUX : FICHIER SAP 90</b> .....	116
DEFINITION DE L. P. ....	117
<b>A - ELEMENT FRAME</b> .....	117
1) Spécification de deux noeuds .....	117
2) Spécification d'un seul noeud .....	117
3) Spécification d'un vecteur global .....	117
<b>B . ELEMENT "SHELL"</b> .....	121
 <b>CHAPITRE 13 : CONCEPTION PARASISMIQUE</b> .....	126
a) Risque sismique.....	127
b) Choix des matériaux .....	127
c) Choix des structures .....	128
- Dangers de certains excès relatifs de résistance.....	131
- Structure portant sur plusieurs degrés de liberté .....	132
- Structure comportant un niveau déformable.....	133
- Hyperstatismes et robustesses .....	133
d) Comportement des sols et choix des fondations .....	134
- Liquéfaction des sols.....	134
- Influence du site sur le spectre d'un séisme .....	134
- Conception des fondations .....	135
e) Analyse de la réponse des structures .....	135
f) Réglementation et Règles de l'Art.....	136
g) Schéma d'une conception antisismique.....	137
 <b>CHAPITRE 14 : EVALUATION DE LA CHARGE SISMIQUE DE CALCUL,</b> <b>RECOMMANDATIONS ET COMMENTAIRES</b> .....	138
<b>I - MODELE "BROCHETTE CENTREE" : EXCITATION DANS UNE SEULE DIRECTION</b> .....	139
Modèle plan à un seul degré de liberté .....	140
<b>A - EDITION DES RESULTATS ANALYSE MODALE</b> .....	149
1) Extraction modale .....	149
2) Détermination du facteur de participation modale .....	151
Calcul de $P_j(\Phi)_x$ (mode n° 1).....	151
Translation suivant Y .....	151