

E U R O C O D E

8
Calcul

des réservoirs
en zone sismique

Guide d'application



Xavier Lauzin

afnor
ÉDITIONS

EYROLLES

Table des matières

CHAPITRE 1. Généralités	5
1.1 Données de base	5
1.1.1 Présentation	5
1.1.2 Évaluation d'un séisme	6
1.1.3 Les mouvements du sol	9
1.1.4 Caractérisation dynamique des structures	10
1.1.4.1 <i>Les oscillations libres non amorties</i>	11
1.1.4.2 <i>Les oscillations libres, amorties ou dissipatives</i>	11
1.1.4.3 <i>Les oscillations forcées et amorties</i>	11
1.1.4.4 <i>Les oscillations forcées et dissipatives</i>	12
1.1.5 Les spectres de réponse	12
1.1.6 La géotechnique en zone sismique	14
1.1.6.1 <i>Voisinage des failles</i>	14
1.1.6.2 <i>Influence de la topographie</i>	14
1.1.6.3 <i>Classification des sols</i>	15
1.1.6.4 <i>Classification des sites géotechniques</i>	15
1.1.6.5 <i>Les risques de liquéfaction des sols</i>	17
1.1.6.6 <i>Influence de la topographie</i>	18
1.1.6.7 <i>Classification des sols</i>	18
1.1.6.8 <i>La liquéfaction des sols</i>	19
1.2 La conception parasismique	19
1.2.1 Généralités	19
1.2.1.1 <i>Les règles PS 69</i>	20
1.2.1.2 <i>Les recommandations AFPS 90</i>	21
1.2.1.3 <i>Les règles PS 92</i>	23
1.2.1.4 <i>L'EN 1998-1</i>	24
1.2.2 Adaptation au sol	27
1.2.2.1 <i>Problèmes de stabilité des pentes (art. 9.2)</i>	27
1.2.2.2 <i>Modélisation du mouvement sismique</i>	28
1.2.2.3 <i>Modélisation de l'interaction sol-structure</i>	28
1.2.3 Les ouvrages à risque « normal » et à risque « spécial »	29
1.2.3.1 <i>Ouvrages à risque normal</i>	29
1.2.3.2 <i>Ouvrages à risque spécial</i>	29
1.2.3.3 <i>Les stations d'épuration</i>	30
1.3 La méthode du coefficient de comportement	32

CHAPITRE 2. L'action sismique	33
2.1 Domaine d'application	33
2.2 L'action sismique de l'EN 1998-1	34
2.2.1 Les spectres de réponse élastiques	34
2.2.1.1 Composante horizontale du spectre élastique en accélération	34
2.2.1.2 Composante verticale du spectre élastique en accélération	35
2.2.1.3 Composante horizontale du spectre élastique en déplacement	35
2.2.2 Les spectres de calcul pour l'analyse élastique	35
2.2.2.1 Composante horizontale du spectre de calcul en accélération	35
2.2.2.2 Composante verticale du spectre de calcul en accélération	36
2.2.2.3 Déplacement vertical absolu du sol	36
CHAPITRE 3. Les méthodes de calcul	37
3.1 La méthode de l'effort latéral	38
3.1.1 Domaine d'utilisation	38
3.1.2 Principe de la méthode	38
3.2 L'analyse modale spectrale	38
3.2.1 Domaine d'utilisation	38
3.2.2 Principe de la méthode	39
3.3 L'analyse statique non linéaire (en poussée progressive)	39
3.3.1 Domaine d'utilisation	39
3.3.2 Principe de la méthode	39
3.4 L'analyse temporelle non linéaire	40
3.4.1 Domaine d'utilisation	40
3.4.2 Principe de la méthode	40
CHAPITRE 4. Application au calcul des réservoirs	41
4.1 Généralités	41
4.1.1 Les états limites ultimes	41
4.1.2 L'état de limitation des dommages	42
4.1.3 Les combinaisons d'action	42
4.1.4 Les classes d'importance des structures	43
4.1.5 La définition de l'action sismique	43
4.1.6 La définition des coefficients de comportement	44

4.2 Méthode de calcul des réservoirs circulaires	44
4.2.1 Domaine de validité/hypothèses de calcul	44
4.2.2 La méthode de Jacobsen et Ayre	44
4.2.2.1 <i>Hypothèses de calcul de la méthode</i>	45
4.2.2.2 <i>Résolution des équations</i>	45
4.2.3 La méthode de Hunt et Priestley	48
4.2.4 La méthode approchée d'Houznner	52
4.2.4.1 <i>Une action passive</i>	52
4.2.4.2 <i>Une action active</i>	54
4.2.5 La méthode de la NF EN 1998-4	57
4.2.5.1 <i>La pression impulsive rigide</i>	57
4.2.5.2 <i>La pression convective</i>	62
4.2.5.3 <i>La pression inertielle des parois</i>	64
4.3 Application pratique	64
4.3.1 Calcul selon la méthode de Jacobsen et Ayre	64
4.3.2 Calcul selon la méthode de Hunt et Priestley	65
4.3.2.1 <i>Pression d'impulsion</i>	65
4.3.2.2 <i>Pression d'oscillation</i>	66
4.3.3 Calcul selon la méthode de Houznner	66
4.3.3.1 <i>Actions d'impulsion</i>	66
4.3.3.2 <i>Actions d'oscillation</i>	67
4.3.4 Calcul selon la méthode de l'EN1998-4	68
4.3.4.1 <i>Actions d'impulsion</i>	68
4.3.4.2 <i>Actions convectives</i>	68
4.4 Méthode de calcul des réservoirs à parois planes	69
4.4.1 Domaine de validité/hypothèses de calcul	69
4.4.2 Méthode de Hunt et Priestley	70
4.4.3 Méthode approchée d'Houznner	72
4.4.4 Méthode de l'EN 1998-4	74
4.4.5 Comparaison avec les méthodes d'Houznner et de Hunt et Priestley sur un exemple	76
4.4.5.1 <i>Application de la méthode d'Houznner</i>	77
4.4.5.2 <i>Application de la méthode de Hunt et Priestley</i>	78
4.4.5.3 <i>Application de la méthode de l'EN 1998-4</i>	78
4.5 Fondations	80
4.5.1 Rappel sur le renforcement de sol	80
4.5.2 Comportement des inclusions rigides sous sollicitations sismiques	80
4.5.3 Comportement des inclusions souples sous sollicitations sismiques	82
4.6 Action du séisme sur les murs de soutènement	82
4.6.1 Principe de la méthode de Mononobé-Okabé	83
4.6.1.1 <i>Détermination de la poussée dynamique active due aux terres</i>	84

4.6.1.2	<i>Incrément de la poussée dynamique active due aux terres pour un mur à parement vertical</i>	85
4.6.2	Principe de la méthode de l'EN 1998-5	85
4.6.3	Application numérique	88
4.7	Les canalisations	89
4.7.1	Les canalisations aériennes	89
4.7.1.1	<i>Exigences de sécurité</i>	89
4.7.1.2	<i>Action sismique</i>	89
4.7.1.3	<i>Coefficient de comportement</i>	89
4.7.2	Les canalisations enterrées	90
4.7.2.1	<i>Exigences de sécurité</i>	90
4.7.2.2	<i>Action sismique</i>	90
CHAPITRE 5.	Les dispositions constructives	93
5.1	Généralités	93
5.1.1	Classe DCL	93
5.1.1.1	<i>Domaine d'application</i>	93
5.1.1.2	<i>Matériaux</i>	93
5.1.1.3	<i>Coefficient de comportement</i>	94
5.1.2	Classe DCM	94
5.1.2.1	<i>Domaine d'application</i>	94
5.1.2.2	<i>Matériaux</i>	94
5.1.2.3	<i>Coefficients de comportement</i>	94
5.1.2.4	<i>Contraintes géométriques</i>	94
5.1.2.5	<i>Dispositions constructives pour la ductilité locale</i>	95
5.1.3	Classe DCH	96
5.1.3.1	<i>Domaine d'application</i>	96
5.1.3.2	<i>Matériaux</i>	96
5.1.3.3	<i>Coefficients de comportement</i>	96
5.1.3.4	<i>Contraintes géométriques</i>	96
5.1.3.5	<i>Dispositions constructives pour la ductilité locale</i>	97
5.2	Fondations	98
5.2.1	Fondations profondes (§ 5.8.3 de l'EN 1998-1)	98
5.2.2	Fondations superficielles (§ 5.8.3 de l'EN 1998-1)	100

Ce livre professionnel correspond aux besoins résultant du nouveau zonage sismique de la France entré en vigueur en mai 2012. Les zones sismiques étant désormais étendues à des communes qui n'y étaient pas classées précédemment, on constate un doublement des zones de sismicité faible, avec leur règlement de construction adapté.

Ce volume spécialisé porte précisément de la partie de l'Eurocode 8 (*Conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes*) traitant des silos, des réservoirs et des canalisations d'alimentation.

On sait que l'on distingue **cinq zones sismiques** dont, en France métropolitaine, la plus élevée est classée quatrième ; elle comprend notamment les Alpes et les Pyrénées tandis que la cinquième concerne principalement les Antilles.

En matière d'**eau potable**, on verra que les calculs sont obligatoires pour les ouvrages de catégorie 4 (hôpitaux, casernes de pompiers, etc.) soit tout ce qui doit rester en état pendant et après un séisme, comme la distribution de l'eau.

Quant aux **eaux usées**, on s'intéressera aux stations d'épuration où l'obligation s'applique aux installations classées Seveso 2 (centres urbains notamment).

Sommaire

- Chapitre 1 — *Données de base. La conception parasismique. La méthode du coefficient de comportement*
- Chapitre 2 — *L'action sismique. Domaine d'application. L'action sismique de l'EN 1998-1 : spectre de réponse élastique ; spectres de calcul pour l'analyse élastique*
- Chapitre 3 — *Les méthodes de calcul : Méthode de l'effort latéral. L'analyse modale spectrale. L'analyse statique non linéaire. L'analyse temporelle non linéaire*
- Chapitre 4 — *Application au calcul des réservoirs. Généralités. Méthodes pratiques de calcul des réservoirs circulaires. Méthode de calcul des réservoirs à parois planes. Fondations. Soutènements. Canalisations*
- Chapitre 5 — *Les dispositions constructives. Généralités. Fondations*

Ingénieur ESTP, docteur en physique du solide (CNRS Bordeaux-1) et diplômé de l'IAE de Bordeaux, **Xavier Lauzin** est spécialiste en génie civil à la Socotec. Il a déjà publié chez Eyrolles un *Guide pratique des stations de traitement des eaux*

Déjà parus dans la même collection co-éditée par Eyrolles et Afnor éditions

Victor DAVIDOVICI (dir.), Dominique CORVEZ, Alain CAPRA, Shahrokh GHAVAMIAN, Véronique LE CORVEC et Claude SAINTJEAN, *Pratique du calcul sismique, guide d'application de l'Eurocode 8*, 2013, 256 p.

Jean ROUX, *Maîtriser l'Eurocode 2. Guide d'application*, 2009, 338 p.

— *Pratique de l'Eurocode 2. Guide d'application*, 2009, 626 p.

Jean-Marie PAILLÉ, *Calcul des structures en béton. Guide d'application de l'Eurocode 2*, 2e éd. 2013, 640 p.

Jean-Louis GRANJU, *Introduction au béton armé. Théorie et applications courantes selon l'Eurocode 2*, 2012, 272 p.

APK, sous la direction de Jean-Pierre MUZEAU, *Manuel de construction métallique. Guide d'application de l'Eurocode 3*, 256 p.

Yves BENOIT, Bernard LEGRAND & Vincent TASTET, *Calcul des structures en bois. Guide d'application de l'Eurocode 5*, 2e éd. 2011, 512 p.

— *Dimensionner les barres et les assemblages en bois. Guide d'application de l'Eurocode 5 à l'usage des artisans*, 2012, 256 p.

Marcel HUREZ, Nicolas JURASZEK & Marc PELCÉ, *Dimensionner les ouvrages en maçonnerie. Guide d'application de l'Eurocode 6*, 2009, 328 p.

Alain CAPRA & Aurélien GODREAU, *Ouvrages d'art en zone sismique. Guide d'application de l'Eurocode 8*, 2012, 128 p.

Nombreux titres sous presse ou en préparation

afnor
ÉDITIONS

www.boutique-livres.afnor.org
www.editions-eyrolles.com
Groupe Eyrolles | Diffusion Geodif

Calcul des réservoirs en zone sismique
Guide d'application

X. Lauzin

Code éditeur Eyrolles : G13740
ISBN EYROLLES : 978-2-212-13740-8
Code éditeur Afnor : 3465425
ISBN AFNOR : 978-2-12-465425-3



39 €