

# ILNAS

Institut luxembourgeois de la normalisation  
de l'accréditation, de la sécurité et qualité  
des produits et services

**ILNAS-EN 1998-4:2006**

## **Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 4: Silos, réservoirs et canalisations**

Eurocode 8 - Design of structures for  
earthquake resistance - Part 4: Silos,  
tanks and pipelines

Eurocode 8 - Auslegung von Bauwerken  
gegen Erdbeben - Teil 4: Silos,  
Tankbauwerke und Rohrleitungen

**07/2006**



## Avant-propos national

Cette Norme Européenne EN 1998-4:2006 a été adoptée comme Norme Luxembourgeoise ILNAS-EN 1998-4:2006.

Toute personne intéressée, membre d'une organisation basée au Luxembourg, peut participer gratuitement à l'élaboration de normes luxembourgeoises (ILNAS), européennes (CEN, CENELEC) et internationales (ISO, IEC) :

- Influencer et participer à la conception de normes
- Anticiper les développements futurs
- Participer aux réunions des comités techniques

<https://portail-qualite.public.lu/fr/normes-normalisation/participer-normalisation.html>

### **CETTE PUBLICATION EST PROTÉGÉE PAR LE DROIT D'AUTEUR**

Aucun contenu de la présente publication ne peut être reproduit ou utilisé sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit - électronique, mécanique, photocopie ou par d'autres moyens sans autorisation préalable !

Version Française

## Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 4: Silos, réservoirs et canalisations

Eurocode 8 - Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben -  
Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake  
resistance - Part 4: Silos, tanks and pipelines

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 15 mai 2006.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.



COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

Centre de Gestion: rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

## Sommaire

<b>AVANT-PROPOS</b> .....	<b>4</b>
<b>1 GENERALITES</b> .....	<b>9</b>
1.1 DOMAINE D'APPLICATION .....	9
1.2 REFERENCES NORMATIVES .....	10
1.2.1 Références normatives générales .....	10
1.3 HYPOTHESES.....	11
1.4 DISTINCTION ENTRE PRINCIPES ET REGLES D'APPLICATION .....	11
1.5 TERMES ET DEFINITIONS .....	11
1.5.1 Généralités .....	11
1.5.2 Termes communs à tous les Eurocodes .....	11
1.5.3 Autres termes utilisés dans l'EN 1998 .....	11
1.5.4 Autres termes utilisés dans l'EN 1998-4.....	11
1.6 SYMBOLES .....	12
1.7 UNITES S.I. ....	13
<b>2 PRINCIPES GENERAUX ET REGLES D'APPLICATION</b> .....	<b>14</b>
2.1 EXIGENCES DE SURETE .....	14
2.1.1 Généralités .....	14
2.1.2 Etat limite ultime .....	14
2.1.3 Etat de limitation des dommages.....	15
2.1.4 Différenciation de la fiabilité .....	16
2.1.5 Fiabilité des systèmes par rapport à celle des éléments.....	17
2.1.6 Conception et dimensionnement.....	17
2.2 ACTION SISMIQUE .....	18
2.3 ANALYSE .....	18
2.3.1 Méthodes d'analyse .....	18
2.3.2 Interaction avec le sol .....	20
2.3.3 Amortissement .....	20
2.3.3.1 Amortissement de la structure .....	20
2.3.3.2 Amortissement du contenu .....	20
2.3.3.3 Amortissement des fondations.....	21
2.3.3.4 Amortissement pondéré.....	21
2.4 COEFFICIENTS DE COMPORTEMENT .....	21
2.5 VERIFICATIONS DE SECURITE.....	22
2.5.1 Généralités .....	22
2.5.2 Combinaisons des actions sismiques avec d'autres actions.....	22
<b>3 PRINCIPES SPECIFIQUES ET REGLES D'APPLICATION POUR LES SILOS</b> .....	<b>22</b>
3.1 INTRODUCTION .....	22
3.2 COMBINAISON DES COMPOSANTES DU MOUVEMENT DU SOL.....	23
3.3 CALCUL DES SILOS.....	23
3.4 COEFFICIENTS DE COMPORTEMENT.....	26
3.5 VERIFICATIONS.....	27
3.5.1 Etat de limitation des dommages.....	27
3.5.2 Etat limite ultime .....	27
3.5.2.1 Stabilité d'ensemble .....	27
3.5.2.2 Coque .....	28
3.5.2.3 Ancrages.....	28
3.5.2.4 Fondations .....	28
<b>4 PRINCIPES SPECIFIQUES ET REGLES D'APPLICATION POUR LES RESERVOIRS</b> .....	<b>29</b>
4.1 CRITERES DE CONFORMITE .....	29
4.1.1 Généralités .....	29
4.1.2 Etat de limitation des dommages.....	29
4.1.3 Etat limite ultime .....	29
4.2 COMBINAISON DES COMPOSANTES DU MOUVEMENT DU SOL.....	30

4.3	METHODES D'ANALYSE.....	30
4.3.1	<i>Généralités</i> .....	30
4.3.2	<i>Effets hydrodynamiques</i> .....	30
4.4	COEFFICIENTS DE COMPORTEMENT.....	31
4.5	VERIFICATIONS.....	32
4.5.1	<i>Etat de limitation des dommages</i> .....	32
4.5.1.1	<i>Généralités</i> .....	32
4.5.1.2	<i>Coque</i> .....	32
4.5.1.3	<i>Canalisations</i> .....	32
4.5.2	<i>Etat limite ultime</i> .....	33
4.5.2.1	<i>Stabilité</i> .....	33
4.5.2.2	<i>Coque</i> .....	33
4.5.2.3	<i>Canalisations</i> .....	33
4.5.2.4	<i>Ancrages</i> .....	34
4.5.2.5	<i>Fondations</i> .....	34
4.6	MESURES COMPLEMENTAIRES.....	34
4.6.1	<i>Endiguement</i> .....	34
4.6.2	<i>Ballotement</i> .....	34
4.6.3	<i>Interaction des canalisations</i> .....	34
<b>5</b>	<b>PRINCIPES SPECIFIQUES ET REGLES D'APPLICATION POUR LES CANALISATIONS AERIENNES.....</b>	<b>35</b>
5.1	GENERALITES.....	35
5.2	EXIGENCES DE SECURITE.....	35
5.2.1	<i>Etat de limitation des dommages</i> .....	35
5.2.2	<i>Etat limite ultime</i> .....	36
5.3	ACTION SISMIQUE.....	36
5.3.1	<i>Généralités</i> .....	36
5.3.2	<i>Action sismique pour les mouvements d'inertie</i> .....	36
5.3.3	<i>Mouvement différentiel</i> .....	37
5.4	METHODES D'ANALYSE.....	37
5.4.1	<i>Modélisation</i> .....	37
5.4.2	<i>Calcul</i> .....	37
5.5	COEFFICIENTS DE COMPORTEMENT.....	38
5.6	VERIFICATIONS.....	38
<b>6</b>	<b>PRINCIPES SPECIFIQUES ET REGLES D'APPLICATION POUR LES CANALISATIONS ENTERREES.....</b>	<b>39</b>
6.1	GENERALITES.....	39
6.2	EXIGENCES DE SECURITE.....	39
6.2.1	<i>Etat de limitation des dommages</i> .....	39
6.2.2	<i>Etat limite ultime</i> .....	39
6.3	ACTION SISMIQUE.....	40
6.3.1	<i>Généralités</i> .....	40
6.3.2	<i>Action sismique pour les mouvements inertiels</i> .....	40
6.3.3	<i>Modélisation des ondes sismiques</i> .....	40
6.3.4	<i>Mouvements permanents du sol</i> .....	41
6.4	METHODE DE CALCUL (PASSAGE DES ONDES).....	41
6.5	VERIFICATIONS.....	41
6.5.1	<i>Généralités</i> .....	41
6.5.2	<i>Canalisations enterrées dans des sols stables</i> .....	41
6.5.3	<i>Canalisations enterrées soumises à des mouvements différentiels du sol (canalisations soudées en acier)</i> 42	41
6.6	MESURES DE CALCUL POUR LA TRAVERSEE DES FAILLES.....	42
	<b>METHODES DE CALCUL SISMIQUE POUR LES RESERVOIRS.....</b>	<b>44</b>
	<b>ANNEXE B (INFORMATIVE).....</b>	<b>87</b>
	<b>CANALISATIONS ENTERREES.....</b>	<b>87</b>

## AVANT-PROPOS

Cette Norme européenne EN 1998-4, Eurocode 8: Calcul des structures pour leur résistance aux séismes : Silos, réservoirs et canalisations, a été élaborée par le Comité technique CEN/TC 250 « Eurocodes structuraux », dont le secrétariat est tenu par BSI. Le CEN/TC 250 est en charge de tous les Eurocodes structuraux.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en Janvier 2007, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en Mars 2010.

Le présent document annule et remplace l'ENV 1998-4:1997.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application: Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Lettonie, Lituanie, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

### Fondement du programme des Eurocodes

En 1975, la Commission des Communautés européennes arrêta un programme d'action dans le domaine de la construction, sur la base de l'Article 95 du Traité. L'objectif de ce programme était la levée des obstacles aux échanges commerciaux et l'harmonisation des spécifications techniques.

Dans le cadre de ce programme d'action, la Commission prit l'initiative d'établir un ensemble de règles techniques harmonisées pour le calcul des ouvrages de construction. Ces règles, dans un premier stade, serviraient d'alternative aux règles nationales en vigueur dans les Etats Membres et, à terme, les remplaceraient.

Pendant quinze ans, la Commission, avec l'aide d'un Comité directeur comportant des représentants des Etats Membres, pilota le développement du programme Eurocodes, ce qui conduisit au cours des années 1980 à la première génération de codes européens.

En 1989, la Commission et les Etats membres de l'Union européenne (EU) et de l'Association Européenne de Libre Echange (AELE) décidèrent, sur la base d'un accord<sup>1</sup> entre la Commission et le CEN, de transférer au CEN par une série de Mandats l'élaboration et la publication des Eurocodes, afin de leur conférer par la suite un statut de Normes européennes (EN). Ceci établit *de facto* un lien entre les Eurocodes et les dispositions de toutes les Directives du Conseil et/ou Décisions de la Commission concernant les normes européennes (*par exemple*, la Directive du Conseil 89/106/CEE sur les Produits de Construction - DPC - et les Directives du Conseil 93/37/CEE, 92/50/CEE et 89/440/CEE sur les marchés publics de travaux et services, ainsi que les Directives équivalentes de l'AELE destinées à la mise en place du marché intérieur).

---

<sup>1</sup>Accord entre la Commission des Communautés Européennes et le Comité Européen de Normalisation (CEN) concernant le travail sur les EUROCODES pour le calcul des ouvrages de bâtiment et de génie civil (BC/CEN/03/89).

Le programme des Eurocodes Structuraux comprend les normes suivantes, chacune étant en général constituée d'un certain nombre de Parties :

- EN 1990 Eurocode: Base de calcul des structures
- EN 1991 Eurocode 1: Actions sur les structures
- EN 1992 Eurocode 2: Calcul des structures en béton
- EN 1993 Eurocode 3: Calcul des structures en acier
- EN 1994 Eurocode 4: Calcul des structures mixtes acier-béton
- EN 1995 Eurocode 5: Calcul des structures en bois
- EN 1996 Eurocode 6: Calcul des structures en maçonnerie
- EN 1997 Eurocode 7: Calcul géotechnique
- EN 1998 Eurocode 8: Calcul des structures pour leur résistance aux séismes
- EN 1999 Eurocode 9: Calcul des structures en alliages d'aluminium

Les normes Eurocodes reconnaissent la responsabilité des autorités de réglementation dans chaque Etat Membre et ont préservé le droit de celles-ci de déterminer, au niveau national, des valeurs relatives aux questions réglementaires de sécurité, là où ces valeurs continuent à différer d'un Etat à un autre.

### **Statut et domaine d'application des Eurocodes**

Les Etats Membres de l'UE et de l'AELE reconnaissent que les Eurocodes servent de documents de référence pour les usages suivants :

- comme moyen de prouver la conformité des bâtiments et des ouvrages de génie civil aux exigences essentielles de la Directive du Conseil 89/106/CEE, en particulier à l'Exigence Essentielle N°1 – Stabilité et résistance mécanique – et à l'Exigence Essentielle N°2 – Sécurité en cas d'incendie ;
- comme base de spécification des contrats pour les travaux de construction et les services techniques associés ;
- comme cadre d'établissement de spécifications techniques harmonisées pour les produits de construction (EN et ATE).

Les Eurocodes, dans la mesure où ils concernent les ouvrages eux-mêmes, ont une relation directe avec les Documents Interprétatifs<sup>2</sup> visés à l'Article 12 de la DPC, bien qu'ils soient d'une nature différente de celle des normes harmonisées de produits<sup>3</sup>. En conséquence, les aspects techniques résultant des travaux effectués pour les Eurocodes nécessitent d'être pris en considération de façon adéquate par les Comités techniques du CEN et/ou les groupes de travail de l'EOTA travaillant sur les normes de produits en vue de parvenir à une complète compatibilité de ces spécifications techniques avec les Eurocodes.

Les normes Eurocodes donnent des règles de calcul structural communes en vue d'une utilisation quotidienne pour le calcul de structures entières et de composants, de nature tant traditionnelle qu'innovante. Les formes de construction ou les conceptions inhabituelles ne sont pas spécifiquement couvertes, et il appartiendra en ces cas au concepteur de se procurer des bases spécialisées supplémentaires.

### **Normes nationales transposant les Eurocodes**

Les normes nationales transposant les Eurocodes comprendront la totalité du texte des Eurocodes (toutes annexes incluses), tel que publié par le CEN ; ce texte peut être précédé d'une page nationale de titres et par un Avant-propos National, et peut être suivi d'une Annexe Nationale (informative).

L'Annexe Nationale peut uniquement contenir seulement des informations sur les paramètres laissés en attente dans l'Eurocode pour choix national, sous la désignation de Paramètres déterminés au niveau national, à utiliser pour les projets de bâtiments et ouvrages de génie civil à construire dans le pays concerné ; il s'agit :

- de valeurs de coefficients partiels et/ou classes lorsque des alternatives sont données dans l'Eurocode,
- de valeurs à utiliser lorsque seul un symbole est donné dans l'Eurocode,

---

<sup>2</sup>Selon l'article 3.3 de la DPC, les exigences essentielles (EE) doivent recevoir une forme concrète dans des Documents interprétatifs pour assurer les liens nécessaires entre les exigences essentielles et les mandats pour normes européennes (EN) harmonisées et guides pour les agréments techniques européens (ATE), et ces agréments eux-mêmes.

<sup>3</sup>Selon l'article 12 de la DPC, les documents interprétatifs doivent :

- a) donner une forme concrète aux exigences essentielles (EE) en harmonisant la terminologie et les bases techniques, et en indiquant des classes ou niveaux pour chaque exigence si nécessaire ;
- b) indiquer des méthodes de corrélation de ces classes ou niveaux d'exigence avec les spécifications techniques, par exemple : des méthodes de calcul et d'essais, des règles techniques pour le calcul de projets, etc. ;
- c) servir de référence pour l'établissement de normes et directives harmonisées pour des agréments techniques européens (ATE).

Les Eurocodes, *de facto*, jouent un rôle similaire pour l'EE 1 et une partie de l'EE 2.

- de données propres à un pays (géographiques, climatiques, etc.), *par exemple* : carte de neige,
- de la procédure à utiliser lorsque des procédures alternatives sont données dans l'Eurocode.

Elle peut également contenir :

- des décisions sur l'application des annexes informatives,
- des références à des informations complémentaires non contradictoires pour aider l'utilisateur à appliquer l'Eurocode.

### **Liens entre les Eurocodes et les spécifications techniques harmonisées (EN et ATE) pour les produits**

Une cohérence est nécessaire entre les spécifications techniques harmonisées pour les produits de construction et les règles techniques pour les ouvrages<sup>4</sup> En outre, il convient que toutes les informations accompagnant le Marquage CE des produits de construction faisant référence aux Eurocodes mentionnent clairement quels Paramètres Déterminés au niveau National (PDN) ont été pris en compte.

### **Informations additionnelles spécifiques à l'EN 1998-4**

Le domaine d'application de l'EN 1998 est défini au paragraphe **1.1.1** de l'EN 1998-1:2004. Le domaine d'application de la présente partie de l'EN 1998 est défini en **1.1**. Les autres parties de l'Eurocode 8 sont énumérées au **1.1.3** de l'EN 1998-1:2004.

L'EN 1998-4:2006 est destinée à être utilisée par :

- les clients (par exemple pour la formulation de leurs exigences spécifiques concernant les niveaux de fiabilité et la durabilité) ;
- les concepteurs et les constructeurs ;
- les autorités compétentes.

Pour le calcul des structures dans des régions sismiques, les dispositions de la Norme européenne doivent être appliquées en complément aux dispositions d'autres parties pertinentes de l'Eurocode 8 et à celles d'autres Eurocodes appropriés. En particulier, les dispositions de la présente Norme européenne complètent celles des EN 1991-4, EN 1992-3, EN 1993-4-1, EN 1993-4-2 et EN 1993-4-3, qui ne couvrent pas les exigences spéciales relatives au calcul sismique.

---

<sup>4</sup> Voir le paragraphe 3.3 et l'article 12 de la DPC, ainsi que les paragraphes 4.2, 4.3.1, 4.3.2 et 5.2 du DI 1.