
***norme belge
enregistrée***

NBN EN 1993-4-1

2e éd., août 2007

Indice de classement: B 51

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 4-1 : Silos (+ AC:2009)

Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 4-1 : Silo's (+ AC:2009)

Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 4-1 : Silos (+ AC:2009)

Autorisation de publication: 30 mai 2007

Remplace NBN ENV 1993-4-1 (1999).

La présente norme européenne EN 1993-4-1:2007 a le statut d'une norme belge.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français).

Une version en néerlandais, ayant le même statut que les versions officielles, est également disponible au NBN.

Cette norme ne peut être utilisée en Belgique qu'en combinaison avec son annexe nationale (ANB) qui fixe principalement la valeur des paramètres à déterminer au niveau national.



Bureau de Normalisation - Rue de Birmingham 131 - 1070 Bruxelles - Belgique

Tél: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be

Banque 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOTBEB1 TVA BE0880857592

Geregistreeerde Belgische norm

NBN EN 1993-4-1

2e uitg., augustus 2007

Normklasse: B 51

Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 4-1 : Silo's (+ AC:2009)

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 4-1 : Silos (+ AC:2009)

Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 4-1 : Silos (+ AC:2009)

Toelating tot publicatie: 30 mei 2007

Vervangt NBN ENV 1993-4-1 (1999).

Deze Europese norm EN 1993-4-1:2007 heeft de status van een Belgische norm.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels, Frans).

Er is bij het NBN ook een Nederlandstalige versie beschikbaar, die dezelfde status heeft als de officiële versies.

Deze norm mag in België slechts samen met zijn nationale bijlage (ANB) worden toegepast. Deze laatste legt hoofdzakelijk de waarden van de parameters vast die op nationaal vlak worden bepaald.



Bureau voor Normalisatie - Birminghamstraat 131 - 1070 Brussel - België

Tel: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be

Bank 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOTBEB1 BTW BE0880857592

AVANT-PROPOS NATIONAL À LA NBN EN 1993-4-1:2007

1. La norme NBN EN 1993-4-1:2007 "Eurocode 3 – Calcul des structures en acier - Partie 4-1 : Silos" comprend l'annexe nationale NBN EN 1993-4-1 ANB:2011 qui a un caractère normatif en Belgique. Elle remplace à partir de la date de publication au Moniteur Belge de l'homologation de la norme NBN EN 1993-4-1 ANB:2011 la norme suivante:

NBN ENV 1993-4-1:1999 Eurocode 3 : Calcul des structures en acier –
Partie 4-1 : Silos, réservoirs et canalisations - Silos

Le corrigendum EN 1993-4-1:2007/AC:2009, tel que publié par le CEN, est joint à cette norme.

2. La version en langue française de l'EN 1993-4-1:2007 a été rédigée en France par l'AFNOR.
En conséquence, on y rencontre certaines expressions d'usage moins courant en Belgique.

Une liste de termes équivalents est donnée ci-après :

Terme de l'EN 1993-4-1	Terme équivalent en Belgique
client	le maître de l'ouvrage assisté de ses bureaux d'architectes, d'ingénierie et de consultance
poteau	colonne

NATIONAAL VOORWOORD VAN NBN EN 1993-4-1:2007

1. De norm NBN EN 1993-4-1:2007 «Eurocode 3 – Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 4-1: Silo's» omvat de nationale bijlage NBN EN 1993-4-1 ANB:2011 met een normatief karakter in België. Hij vervangt vanaf de datum van de publicatie in het Belgische Staatsblad van de bekrachtiging van de norm NBN EN 1993-4-1 ANB:2011 de volgende norm:

NBN ENV 1993-4-1:1999 Eurocode 3 – Ontwerp van stalen draagsystemen - Deel 4-1: Silo's, tanks en pijpleidingen - Silo's

Het corrigendum EN 1993-4-1/AC:2009, zoals door CEN gepubliceerd, is na deze norm toegevoegd.

2. De Europese normen (EN) waarnaar de tekst van deze norm met hun Engelse titel verwijst, dragen in België de volgende Nederlandstalige titels:

Vermelde norm	Nederlandstalige titel (NBN)
EN 1090 Execution of steel structures	NBN EN 1090 Uitvoering van staalconstructies en aluminiumconstructies
EN 1990 Eurocode: Basis of design	NBN EN 1990 Eurocode - Grondslagen van het constructief ontwerp
EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures Part 1.1: Actions on structures – Densities, self-weight and imposed loads for buildings	NBN EN 1991 Eurocode 1 : Belastingen op constructies Deel 1-1: Algemene belastingen - Dichtheden, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures Part 1.2: Actions on structures – Actions on structures exposed to fires	NBN EN 1991 Eurocode 1 : Belastingen op constructies Deel 1-2: Algemene belastingen - Belasting bij brand
EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures Part 1.3: Actions on structures – Snow loads	NBN EN 1991 Eurocode 1 : Belastingen op constructies Deel 1-3: Algemene belastingen - Sneeuwbelasting

EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures Part 1.4: Actions on structures – Wind loads	NBN EN 1991 Eurocode 1 : Belastingen op constructies Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting
EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures Part 1.5: Actions on structures – Thermal loads	NBN EN 1991 Eurocode 1 : Belastingen op constructies Deel 1-5: Algemene belastingen - Thermische belasting
EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures Part 1.6: Actions on structures – Construction loads	NBN EN 1991 Eurocode 1 : Belastingen op constructies Deel 1-6: Algemene belastingen - Belastingen tijdens uitvoering
EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures Part 1.7: Actions on structures – Accidental actions	NBN EN 1991 Eurocode 1 : Belastingen op constructies Deel 1-7: Algemene belastingen - Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen
EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures Part 4: Actions on silos and tanks	NBN EN 1991 Eurocode 1 : Belastingen op constructies Deel 4: Silo's en tanks
EN 1993 Eurocode 3 : Design of steel structures Part 1.1: General rules and rules for buildings	NBN EN 1993 Eurocode 3 : Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
EN 1993 Eurocode 3 : Design of steel structures Part 1.3: Cold formed thin gauge members and sheeting	NBN EN 1993 Eurocode 3 : Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-3: Algemene regels - Aanvullende regels voor koudgevormde profielen en platen
EN 1993 Eurocode 3 : Design of steel structures Part 1.4: Stainless steels	NBN EN 1993 Eurocode 3 : Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-4: Algemene regels - Aanvullende regels voor roestvast staal

EN 1993 Eurocode 3 : Design of steel structures Part 1.6: Strength and stability of shell structures	NBN EN 1993 Eurocode 3 : Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-6: Algemene regels - Sterkte en stabiliteit van schaalconstructies
EN 1993 Eurocode 3 : Design of steel structures Part 1.7: Planar plated structures loaded transversely	NBN EN 1993 Eurocode 3 : Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-7: Algemene regels - Haaks op het vlak belaste plaatconstructies
EN 1993 Eurocode 3 : Design of steel structures Part 1.8: Design joints	NBN EN 1993 Eurocode 3 : Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-8: Algemene regels - Ontwerp en berekening van verbindingen
EN 1993 Eurocode 3 : Design of steel structures Part 1.9: Fatigue strength of steel structures	NBN EN 1993 Eurocode 3 : Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-9: Algemene regels - Vermoeiing
EN 1993 Eurocode 3 : Design of steel structures Part 1.10: Selection of steel for fracture toughness and through-thickness properties	NBN EN 1993 Eurocode 3 : Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 1-10: Algemene regels - Materiaaltaaiheid en eigenschappen in de dikterichting
EN 1993 Eurocode 3 : Design of steel structures Part 4.2: Tanks	NBN EN 1993 Eurocode 3 : Ontwerp en berekening van staalconstructies Deel 4-2: Opslagtanks
EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical design	NBN EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
EN 1998 Eurocode 8: Design provisions for earthquake resistance of structures Part 4: Silos, tanks and pipelines	NBN EN 1998 Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies Deel 4: Silo's, opslagtanks en buisleidingen
EN 10025 Hot-rolled products of structural steels – technical delivery conditions	NBN EN 10025 Warmgewalste producten van constructiestaal

EN 10149 Hot-rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming	NBN EN 10149 Warmgewalste platte produkten gemaakt van staalsoorten met een hoge vloeigrens voor koudvervormen
ISO 3898 Bases for design of structures – Notation – General symbols	NBN ISO 3898 Grondslagen voor het ontwerpen van draagsystemen - Notaties - Algemene symbolen
ISO 8930 General principles on reliability for structures – List of equivalent terms	NBN ISO 8930 Algemene beginselen voor de betrouwbaarheid van draagsystemen - Lijst van gelijkwaardige termen

2. Aanvullende opmerking van het NBN: de hieronder opgenomen verbeteringen behoren te worden aangebracht in de Nederlandstalige versie van de NBN EN 1993-4-1. Zie EN 1993-4-1:2007/AC:2009.

Version Française

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 4-1: Silos

Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von
Stahlbauten - Teil 4-1: Silos

Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 4-1: Silos

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 12 juin 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 du CEN 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 du CEN, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, 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

Avant-propos	4
Historique du programme des Eurocodes	4
Statut et domaine d'application des Eurocodes	5
Normes nationales transposant les Eurocodes	6
Liens entre les Eurocodes et les spécifications techniques harmonisées (EN et ATE) pour les produits	6
Informations additionnelles spécifiques à l'EN 1993-4-1	6
Annexe Nationale pour l'EN 1993-4-1	7
1 Généralités	9
1.1 Domaine d'application	9
1.2 Références normatives	9
1.3 Hypothèses de travail	10
1.4 Distinction entre principes et règles d'application	10
1.5 Termes et définitions	11
1.7 Symboles utilisés dans la Partie 4.1 de l'Eurocode 3	13
1.7 Conventions de signes	15
1.8 Unités	20
2 Bases de calcul	21
2.1 Exigences	21
2.2 Différentiation de la fiabilité	21
2.3 Etats limites	22
2.4 Actions et influences de l'environnement	23
2.5 Propriétés des matériaux	23
2.6 Données géométriques	23
2.7 Modélisation du silo pour la détermination des effets d'actions	23
2.8 Dimensionnement assisté par l'expérimentation	24
2.9 Effets des actions pour la vérification des états limites	24
2.10 Durabilité	25
2.11 Résistance au feu	25
3 Propriétés des matériaux	25
3.1 Généralités	25
3.2 Aciers de construction	25
3.3 Aciers inoxydables	26
3.4 Aciers alliés spéciaux	26
3.5 Exigences concernant la rupture fragile	26
4 Bases pour l'analyse structurale	26
4.1 Etats limites ultimes	26
4.2 Analyse de la structure d'un silo coque	27
4.3 Analyse de la structure de caisson d'un silo rectangulaire	30
4.4 Propriétés orthotropes équivalentes des tôles ondulées	32
5. Calcul des parois cylindriques	34
5.1 Bases	34
5.2 Distinctions entre formes de coques cylindriques	34
5.3 Résistance des parois cylindriques de silos	35
5.4 Conditions d'appui particulières pour les parois cylindriques	60
5.5 Dispositions constructives pour les ouvertures dans les parois cylindriques	65
5.6 Etats limites de service	66

6	Calcul des trémies coniques	67
6.1	Bases	67
6.2	Distinctions entre formes de coque de trémie	68
6.3	Résistance des trémies coniques	68
6.4	Considérations concernant les structures de trémies particulières	74
6.5	Etats limites de service	76
7	Calcul des structures de toit coniques circulaires	76
7.1	Bases	76
7.2	Distinctions entre différentes formes structurales de toits	77
7.3	Résistance des toits de silos coniques circulaires	77
8	Calcul des zones de transition et des ceintures	78
8.1	Bases	78
8.2	Analyse de la jonction	80
8.3	Résistances structurales	87
8.4	Vérifications aux états limites	91
8.5	Considérations concernant les dispositions des appuis pour la jonction	94
9	Calcul des silos rectangulaires et des silos à côtés plans	95
9.1	Bases	95
9.2	Classification des formes structurales	95
9.3	Résistance des parois verticales non raidies	96
9.4	Résistance des parois de silos composées de plaques raidies et ondulées	97
9.5	Silos à tirants intérieurs	100
9.6	Résistance des trémies pyramidales	103
9.7	Raidisseurs verticaux placés sur des parois en caisson	104
9.8	Etats limites de service	104
	Annexe A [Informative]	106
	Règles simplifiées pour les silos circulaires de classe de conséquences 1	106
	A.1 Combinaisons d'actions pour la classe de conséquences 1	106
	A.2 Evaluation des effets d'actions	106
	A.3 Evaluation à l'état limite ultime	106
	Annexe B : [Informative]	113
	Expressions pour les contraintes de membrane exercées dans les trémies coniques	113
	Annexe C: [Informative]	115
	Répartition de la pression du vent autour des structures de silos circulaires	115

Avant-propos

La présente Norme européenne EN 1993-4-1, “Calcul des structures en acier – Silos” a été élaborée pour le compte du Comité technique CEN/TC 250 « Eurocodes structuraux », dont le secrétariat est tenu par BSI. Le Comité CEN/TC250 est responsable de l'élaboration 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 août 2007, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en mars 2010.

La présente Norme européenne remplace l'ENV 1993-4-1.

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, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

Historique du programme des Eurocodes

En 1975 la Commission des Communautés Européennes arrêta un programme d'actions dans le domaine de la construction, sur la base de l'article 95 du Traité. L'objectif du programme était l'élimination d'obstacles aux échanges et l'harmonisation des spécifications techniques.

Dans le cadre de ce programme d'actions, la Commission prit l'initiative d'établir un ensemble de règles techniques harmonisées pour le dimensionnement des ouvrages ; ces règles, en un premier stade, serviraient d'alternative aux règles nationales en vigueur dans les Etats Membres et, finalement, 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 des Eurocodes, ce qui conduisit au cours des années 80 à la première génération de codes européens.

En 1989, la Commission et les Etats membres de l'Union européenne EU et de l'AELE décidèrent, sur la base d'un accord¹⁾ entre la Commission et le CEN, de transférer à ce dernier, par une série de Mandats, la préparation et la publication des Eurocodes, afin de leur donner par la suite le statut de norme européenne (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 traitant de normes européennes (par exemple, la Directive du Conseil 89/106/CEE sur les produits de construction - CPD - et les Directives du Conseil 93/37/CEE, 92/50/CEE et 89/440/CEE sur les travaux et les services publics, ainsi que les Directives équivalentes de l'AELE destinées à la mise en place du marché intérieur).

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

EN 1990	Eurocode : Bases 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

¹⁾ Accord entre la Commission des Communautés européennes et le Comité européen de normalisation (CEN) concernant le travail sur les EUROCODES pour le dimensionnement des ouvrages de bâtiment et de génie civil (BC/CEN/03/89).

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 la résistance aux séismes
EN 1999	Eurocode 9 :	Calcul des structures en aluminium

Les normes Eurocodes reconnaissent la responsabilité des organismes de réglementation de chaque Etat membre et ont sauvegardé le droit de ceux-ci de déterminer, au niveau national, des valeurs relatives aux questions relevant de la réglementation en matière de sécurité, là où ces valeurs continuent à différer d'un Etat à l'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 Interprétatifs²⁾ bien qu'ils soient d'une nature différente de celle des normes harmonisées de produits³⁾. 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 fournissent des règles de conception structurale communes d'usage quotidien pour le calcul des structures entières et des produits composants de nature traditionnelle ou innovatrice. 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.

2) 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.

3) Conformément à l'Art. 12 de la DPC, les documents interprétatifs doivent :

- a) donner une forme concrète aux exigences essentielles en harmonisant la terminologie et les bases techniques et en indiquant, lorsque c'est nécessaire, des classes ou niveaux pour chaque exigence ;
- b) indiquer des méthodes pour relier ces classes ou niveaux de prescriptions avec les spécifications techniques, par exemple méthodes de calcul et d'essai, règles techniques pour la conception, etc. ;
- c) servir de référence pour l'établissement de normes harmonisées et de guides pour agréments techniques européens.

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

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.

L'Annexe Nationale peut seulement contenir 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 et/ou classes là où des alternatives figurent dans l'Eurocode,
- de valeurs à utiliser lorsque seul un symbole est donné dans l'Eurocode,
- de données propres à un pays (géographiques, climatiques, etc.), par exemple carte des vents,
- de la procédure à utiliser là où des procédures alternatives sont données dans l'Eurocode.

Elle peut également contenir :

- des décisions sur l'usage 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 ouvrages⁴). En outre, il convient que toute information accompagnant le marquage CE des produits de construction, se référant aux Eurocodes, fasse clairement apparaître quels Paramètres Déterminés au niveau national ont été pris en compte.

Informations additionnelles spécifiques à l'EN 1993-4-1

L'EN 1993-4-1 donne des recommandations de conception pour le calcul des silos.

L'EN 1993-4-1 donne des règles de calcul qui complètent les règles génériques définies dans les différentes parties de l'EN 1993-1.

L'EN 1993-4-1 est destinée aux clients, concepteurs, constructeurs et autorités compétentes.

L'EN 1993-4-1 est destinée à être utilisée avec l'EN 1990, l'EN 1991-4, les autres parties de l'EN 1991, l'EN 1993-1-6 et l'EN 1993-4-2, les autres parties de l'EN 1993, l'EN 1992 et les autres parties des normes EN 1994 à EN 1999 traitant du calcul des silos. Les points qui sont déjà traités dans ces documents ne sont pas repris.

Des valeurs numériques de coefficients partiels et d'autres paramètres de fiabilité sont recommandées comme valeurs de base pour fournir un niveau de fiabilité acceptable. Ces valeurs et paramètres ont été sélectionnés en supposant qu'un niveau approprié de qualité d'exécution et de management de la qualité s'applique.

Des coefficients de sécurité pour les silos "standardisés" (production industrielle) peuvent être spécifiés par les autorités concernées. Lorsqu'ils sont appliqués aux silos "standardisés", les

4) 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.

coefficients mentionnés en 2.10 ne sont donnés qu'à titre indicatif. Ils sont donnés pour indiquer les valeurs susceptibles de donner une fiabilité cohérente avec d'autres ouvrages.

Annexe Nationale pour l'EN 1993-4-1

La présente Norme donne des procédures alternatives et des valeurs, et recommande des classes, avec des Notes indiquant où des choix nationaux peuvent devoir être faits. C'est pourquoi il convient de doter la norme nationale mettant en application l'EN 1993-4-1 d'une Annexe Nationale contenant tous les Paramètres Déterminés au niveau National à utiliser pour le dimensionnement de bâtiments et d'ouvrages de génie civil à construire dans le pays concerné.

Les paragraphes suivants de l'EN 1993-4-1 permettent d'effectuer un choix national :

- 2.2 (1)
- 2.2 (3)
- 2.9.2.2 (3)
- 3.4 (1)
- 4.1.4 (2) et (4)
- 4.2.2.3 (6)
- 4.3.1 (6) et (8)
- 5.3.2.3 (3)
- 5.3.2.4 (10), (12) et (15)
- 5.3.2.5 (10) et (14)
- 5.3.2.6 (3) et (6)
- 5.3.2.8 (2)
- 5.3.3.5 (1) et (2)
- 5.3.4.3.2 (2)
- 5.3.4.3.3 (2) et (5)
- 5.3.4.3.4 (5)
- 5.3.4.5 (3)
- 5.4.4 (2), (3) et (4)
- 5.4.7 (3)
- 5.5.2 (3)
- 5.6.2 (1) et (2)
- 6.1.2 (4)
- 6.3.2.3 (2) et (4)
- 6.3.2.7 (3)
- 7.3.1 (4)
- 8.3.3 (4)
- 8.4.1 (6)
- 8.4.2 (5)
- 8.5.3 (3)

- 9.5.1 (3) et (4)
- 9.5.2 (5)
- 9.8.2 (1) et (2)
- A.2 (1) et (2)
- A.3.2.1 (6)
- A.3.2.2 (6)
- A.3.2.3 (2)
- A.3.3 (1), (2) et (3)
- A.3.4 (4)

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

- (1) La Partie 4.1 de l'Eurocode 3 donne des principes et des règles d'application pour la conception des structures de silos en acier de forme en plan circulaire ou rectangulaire, auto-portants ou supportés.
- (2) Les dispositions données dans la présente Partie complètent, modifient ou remplacent les dispositions équivalentes données dans l'EN 1993-1.
- (3) Cette partie ne concerne que les exigences de résistance et de stabilité des silos en acier. Pour d'autres exigences (telles la sécurité de fonctionnement, les performances fonctionnelles, la fabrication et le montage, le contrôle de la qualité, les détails tels les trous d'homme, les brides, les dispositifs de remplissage, les vannes de vidange et les conduites, etc.), se reporter aux normes appropriées.
- (4) Des dispositions concernant les exigences particulières du calcul parasismique sont données dans l'EN 1998-4, qui complète ou adapte spécifiquement dans ce but les dispositions données dans l'Eurocode 3.
- (5) Le calcul des structures porteuses de silos est traité dans l'EN 1993-1-1. La structure porteuse est supposée constituée de tous les éléments structuraux situés au-dessous de la semelle inférieure de la ceinture la plus basse du silo, voir Figure 1.1.
- (6) Les fondations en béton armé des silos en acier sont traitées dans les EN 1992 et EN 1997.
- (7) Des valeurs numériques des actions spécifiques exercées sur les silos en acier à prendre en compte dans le calcul sont données dans l'EN 1991-4 Actions dans les silos et réservoirs.
- (8) La présente Partie 4.1 ne couvre pas :
 - la résistance au feu ;
 - les silos comportant des subdivisions intérieures et des structures intérieures ;
 - les silos de capacité inférieure à 10 tonnes ;
 - les cas où des mesures particulières sont nécessaires pour limiter les conséquences d'accidents.
- (9) Lorsque la présente Norme s'applique aux silos de forme en plan circulaire, la forme géométrique se limite aux structures axisymétriques, mais les actions exercées sur elles peuvent être asymétriques, et leurs appuis peuvent induire dans ces silos des forces qui ne sont pas axisymétriques.

1.2 Références normatives

Cette Norme européenne comporte, par référence datée et non datée, des dispositions d'autres normes. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte, et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à la présente Norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

EN 1090, *Exécution des structures en acier et des structures en aluminium;*

EN 1990, *Eurocode: Bases de calcul des structures;*

EN 1991, *Eurocode 1: Actions sur les structures;*