



DIMENSIONNEMENT D'ANCRAGES BÉTON

Comprendre et intégrer la
nouvelle norme : EN 1992-4



LA NOUVELLE NORME EUROPÉENNE DE DIMENSIONNEMENT POUR LES ANCRAGES DANS LE BÉTON



RÉSUMÉ

Hilti a déjà implémenté la norme EN1992-4, la nouvelle partie pour le dimensionnement des ancrages dans le béton avec les ETE actualisées (évaluations techniques européennes) dans PROFIS Engineering.

L'objectif de cette brochure est:

- d'expliquer les changements dans la nouvelle norme de dimensionnement,
- de vous soutenir dans le dimensionnement de fixations sûres et fiables de vos projets,
- de montrer comment vous pouvez augmenter votre productivité avec des solutions logicielles simples et les normes les plus récentes.

Hilti vous souhaite une bonne lecture !

- | | |
|---------|--|
| P 3 | La nouvelle norme Eurocode |
| P 4 | Quelles sont les différences et les points communs entre la norme EN1992-4 et le guide ETAG 001 Annexe C / TR029 ? |
| P 5-6 | Ancrages dans le béton : l'évolution historique des documents techniques |
| P 7-11 | En pratique : Qu'est-ce qui a changé dans le dimensionnement et le calcul des ancrages dans le béton ? |
| P 12-13 | Outil et solution : PROFIS Engineering |

ANCRAGES DANS LE BÉTON

Les normes Eurocode forment le standard européen pour la planification et le dimensionnement dans la construction. Elles permettent aux ingénieurs structure de concevoir des structures porteuses et des constructions selon des critères harmonisés dans toute l'Europe et de surveiller la conformité en termes de sécurité et de fiabilité.

Les Eurocodes ont été publiés en 2009 dans les marchés accrédités par le CEN (Comité européen de normalisation) et sont obligatoires dans les états membres européens.



PENSEZ-Y !

CEN

Le Comité européen de normalisation produit les normes européennes (EN) et est impliqué dans le développement des Eurocodes.

L'Organisation européenne d'évaluation technique (tous les organismes d'évaluation technique, TAB), est responsable du développement des documents d'évaluation européens (DEE) dans le domaine des produits de construction.

EOTA

TABs

L'organisme d'évaluation technique (p. ex. DIBt, CSTB) TAB est responsable de l'Évaluation Technique Européenne (ETE) des produits de construction.

NOUVELLE NORME : DIN EN 1992-4

Malgré des situations de construction et des types de charge divers, la tâche de la cheville est clairement spécifiée par l'ancrage d'un composant de construction sur un matériau support.

Une erreur de calcul dans le dimensionnement de cet ancrage ou un montage non conforme à l'homologation sur le chantier peuvent avoir de graves conséquences allant de la chute d'objets, la défaillance de balustrades ou de garde-corps jusqu'à l'effondrement de la construction.

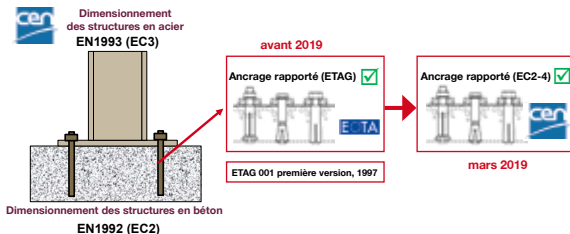
Un dimensionnement conforme à la norme EN1992-4 augmente la sécurité mais aussi la fiabilité et la durabilité de l'ancrage de vos projets. La nouvelle norme ne réunit pas seulement les directives pour le dimensionnement des chevilles mécaniques et chimiques dans un document unique mais contribue aussi à rendre les ingénieurs conscients de l'importance de l'ancrage des fixations dans le béton.

D'une directive EOTA à une norme européenne

Les Eurocodes ont évolué au fil du temps, passant d'une norme sur la conception des ouvrages à une norme qui régit également aussi le dimensionnement des ancrages dans le béton.

Dans le passé, le dimensionnement des ancrages dans le béton était associé à toute une série de recommandations, formulées par l'Organisation européenne d'évaluation technique (EOTA) sous la forme de directives de dimensionnement techniques comme ETAG 001, Annexe C ou TR029.

Depuis avril 2019, le dimensionnement des ancrages dans le béton est passé du statut d'une directive EOTA à une norme EN sous la responsabilité du CEN. En d'autres termes, la configuration des ancrages dans le béton est désormais traitée de la même manière que la construction béton elle-même.



SYNTHÈSE

Quelles sont les différences et les points communs entre la norme EN1992-4 et le guide ETAG 001 Annexe C / TR029 ?



Les directives sont utilisées comme une solution transitoire lorsqu'il n'y a pas de norme officielle pour une application ou un produit défini. Les normes remplacent les directives pertinentes et les rapports techniques lorsqu'elles sont publiées et introduites officiellement. Tandis que les normes sont des documents obligatoires qui doivent être respectés, les directives sont plutôt considérées comme une recommandation.

ETAG 001 ANNEXE C / TR029

- est une directive et recommandation pour le dimensionnement des chevilles rapportées.
- n'existe pas dans toutes les langues.
- a des actualisations limitées.
- crée une conscience limitée en tant que document non obligatoire.
- ne donne pas de définition pour les détails de spécification et le choix de la bonne cheville pour un chantier spécifique.

EN 1992-4

- est un document obligatoire pour le dimensionnement des rails d'ancrage, des platines avec boulons à tête et des chevilles rapportées.
- est mise à disposition dans chaque pays accrédité par le CEN dans la langue du pays, par exemple DIN EN 1992-4.
- est complétée par des annexes nationales qui sont publiées par les services gouvernementaux locaux.
- crée une conscience élevée pour la prise en compte du béton fissuré lors du dimensionnement.
- La présence de béton non fissuré doit être attestée séparément.
- définit comment les fixations doivent être indiquées et les étapes à suivre sur le chantier pour bien sélectionner et poser les chevilles.

CHRONOLOGIE

**Ancrages dans le béton :
l'évolution des documents
techniques**

2021

Intégration de l'EN1992-4 dans la prescription administrative type MVV TB

Comme pour la mise en œuvre du règlement sur les constructions type (MBO), la MVV TB suivante est progressivement mise en œuvre dans la prescription administrative Dispositions de construction technique (VV TB) du Land en question.

2019

La norme EN1992-4 a été publiée par le CEN pour le dimensionnement des ancrages de fixations dans le béton.

EN1992-4 remplace les directives de dimensionnement et les rapports techniques actuels comme : ETAG 001 Annexe C, EOTA TR029, EOTA TR045, EOTA TR020 ou également EOTA TR047.

2007

EOTA a publié la cinquième partie du rapport technique ETAG 001 et TR029 pour le dimensionnement des chevilles composites.

En 2013, l'EOTA a publié le rapport technique TR045 pour le dimensionnement des chevilles métalliques sous sollicitation sismique dans le béton et l'ETAG 001 annexe E : Chevilles métalliques pour l'utilisation dans le béton sous sollicitations sismiques.

2004

L'EOTA a publié le TR020, rapport technique pour l'évaluation de l'ancrage dans le béton avec résistance au feu.

1998

Publication de la 1^{ère} ETE pour un produit de construction : Hiiti HST avec ETE-98/0001

1997

La première version de l'ETAG 001 a été publiée. Elle se composait dans un premier temps de 4 parties avec une annexe pour la conception mécanique des chevilles.

Partie 1 : Cheville métallique pour ancrage dans le béton – Généralités

Partie 2 : Cheville métallique pour ancrage dans le béton – Cheville à expansion à couple contrôlé

Partie 3 : Cheville métallique pour ancrage dans le béton – Cheville à contre-dépouille

Partie 4 : Cheville métallique pour ancrage dans le béton – Cheville à expansion à course contrôlée

Annexe C : Ligne de conduite pour l'homologation technique européenne pour les chevilles métalliques pour ancrage dans le béton – Procédure de dimensionnement pour les ancrages

à partir de

1990

Les premières normes Eurocode sont introduites

Eurocode 2 (EC2) – Dimensionnement des ouvrages en béton et

Eurocode 3 (EC3) – Dimensionnement des constructions en acier

ne couvrent cependant pas le dimensionnement des ancrages dans le béton.

PROCESSUS DE RÉGLEMENTATION

Qui définit le cadre légal pour les produits de construction ?

De 1989 à 2013, la directive sur les produits de construction (Bauproduktenrichtlinie, CPD) définissait les conditions cadres réglementaires pour les produits de construction. Le règlement sur les produits de construction (Bauproduktverordnung, BauPVO) a remplacé la CPD le 01.07.2013 pour condenser les directives et augmenter la transparence pour les produits de construction en Europe.

Evolution des documents techniques: un processus de réglementation en 3 phases

1. Une organisation européenne définit les exigences de dimensionnement :



Le CEN (Comité européen de normalisation) développe les normes Eurocode pour des applications définies et des types de produits définis. Le CEN est l'organisation qui surveille les normes européennes pour la planification, le calcul et le contrôle des ouvrages. (p. ex. EN1992).

2. Une organisation européenne définit les critères d'évaluation :



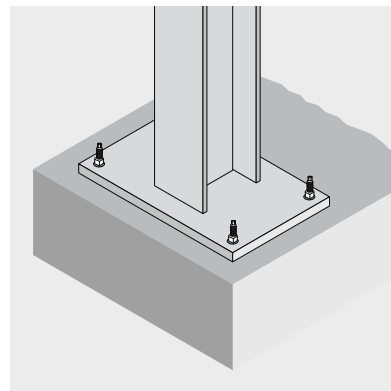
L'EOTA (Organisation européenne d'évaluation technique) formule les documents d'évaluation européens (DEE), en particulier dans le secteur des produits de construction. Un DEE définit les critères pour évaluer la performance d'un produit. Par exemple, différents critères sont pris en compte lors de la pose de chevilles :

- paramètres de pose (p. ex. distance au bord, entraxe, couple d'installation, temps de durcissement, etc.)
- effets imprévisibles dus aux conditions sur le chantier (p. ex. à cause de l'utilisation de mèches usagées, couple réellement appliqué)

3. Les organisations accréditées publient les ETE sur la base de ces évaluations :



Des centres d'évaluation technique comme le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) en France effectuent les évaluations techniques européennes (ETE) des produits de construction à l'aide des critères définis dans le DEE.



EN PRATIQUE ^{1/5}

Passage de l'ETAG 001 Annexe C / TR029 à la norme EN1992-4 : Qu'est-ce qui a changé ?

La norme EN1992-4 a été publiée en avril 2019 et remplace l'ETAG 001, Annexe C - Ligne de conduite pour les chevilles métalliques pour ancrage dans le béton et l'EOTA TR029 – Dimensionnement de chevilles composites. Les modifications les plus importantes sont :

- Classes de résistance du béton
- Types d'application de chevillage - emplacement des chevilles
- Dimensionnement avec résistance à la compression sur cylindre au lieu de résistance à la compression sur cube
- Critères d'évaluation de la performance pour différents types de défaillance de cheville
- Interaction des charges de traction et de cisaillement

La norme EN1992-4 offre la possibilité de placer jusqu'à 9 chevilles avec une configuration 3x3 et soutient tous les planificateurs qui souhaitent dimensionner avec une norme légitime et pas selon une méthode d'évaluation technique.

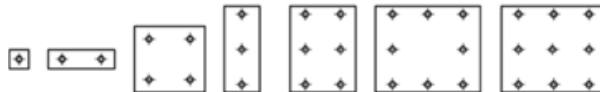
Classes de résistance du béton

ETAG 001 Annexe C/ TR029 : de C20/25 à C50/60
EN1992-4 : de C12/15 à C90/105

La norme EN1992-4 régleme le dimensionnement des ancrages dans les classes de résistance du béton C12/15 à C90/105 et apporte ainsi des avantages sur le plan du dimensionnement des ancrages en dehors de la plage de résistance couverte jusqu'à présent (p. ex. construction dans l'existant).

Types d'applications de chevillage – emplacement des chevilles

La norme EN1992-4 comprend 7 configurations :



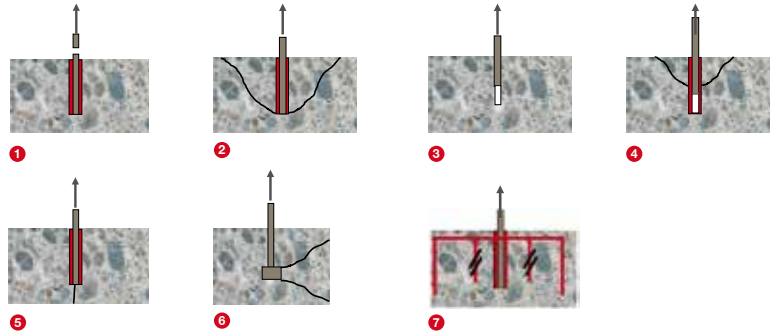
La condition préalable pour l'utilisation de toutes ces nouvelles configurations est que les espaces annulaires entre la cheville et la platine soient complètement comblés, à moins

1. qu'aucune force de cisaillement n'agisse sur la platine,
2. que la force de cisaillement agisse sur la platine mais que les chevilles soient placées loin des bords pour toutes les directions de sollicitation : $c > 10h_{ef}$ or $c > 60d_{nom}$

EN PRATIQUE 2/5

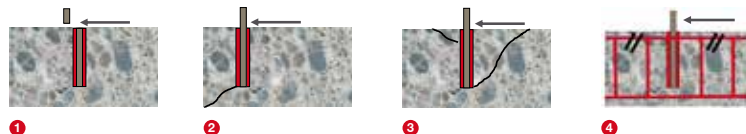
Types de défaillance

La norme en1992-4 traite 7 types de défaillance pour les chevilles soumises à une traction



- 1 Défaillance de l'acier
- 2 Rupture du béton
- 3 Extraction (pour les chevilles métalliques)
- 4 Défaillance combinée par extraction et rupture du béton (pour les chevilles chimiques)
- 5 Défaillance par fendage
- 6 Éclatement du béton
- 7 Défaillance de l'acier et de l'ancrage avec armature supplémentaire (nouveau dans EN1992-4)

La norme en1992-4 traite 4 types de défaillance pour les chevilles soumises à une force de cisaillement :



- 1 Défaillance de l'acier (avec ou sans bras de levier)
- 2 Cassure des arêtes de béton
- 3 Rupture du béton
- 4 Défaillance de l'acier et de l'ancrage pour l'armature supplémentaire (nouveau dans EN1992-4)

EN PRATIQUE 3/5

Évaluation de la classe de résistance du béton

ETAG 001, Annexe C et TR029 : Calcul de la résistance du béton sur la base de la résistance à la compression sur cube de béton - $f_{ck,cube}$

EN 1992-4 : Calcul de la résistance du béton sur la base de la résistance à la compression sur cylindre - $f_{ck,cyl}$

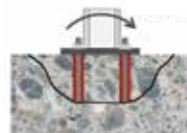
Q EN DÉTAILS

Les équations pour déterminer les défaillances concernant le béton comme la rupture du béton et les cassures des arêtes de béton sont maintenant déterminées en tenant compte de la résistance du béton sur des éprouvettes cylindriques (150 mm x 300 mm). L'ETAG 001, Annexe C et TR029 au contraire examinaient une résistance à la compression sur cube avec une longueur d'arête de 150 mm. Pour compenser cette différence, le facteur de résistance du béton « k » a été augmenté dans la norme EN1992-4. On estime ainsi une baisse de la résistance du béton de 4 % lors du passage de l'ETAG 001, Annexe C et TR029 à la norme EN1992-4.

Critères d'évaluation de la performance pour différents types de défaillance

1. Rupture du béton

Si un moment de flexion est appliqué sur une platine avec au moins deux chevilles, un équilibre des forces se produit, une force de traction qui tire sur la cheville et une force de compression qui agit sur le béton. Si la force de compression est appliquée à l'intérieur du cône de rupture de la cheville, celui-ci peut être recouvert en partie, ce qui a un effet positif sur le comportement sous charge. Cet effet est pris en compte avec le coefficient $\psi_{M,N}$ dans EN1992-4.



2. Défaillance combinée par extraction et rupture du béton

Comme les fixations doivent garantir un transfert de charge sûr pendant des années, leur comportement à long terme est d'une extrême importance. Pour le contrôle de la « défaillance combinée par extraction et rupture du béton » des chevilles chimiques, la norme EN1992-4 ajoute un facteur supplémentaire ψ_{sbs} qui tient compte de l'effet des charges de traction agissant durablement (charges permanentes) côté produit. Cette valeur est enregistrée dans l'ETE concernée du mortier chimique. Les charges agissant durablement sont réduites lors du calcul de l'adhérence en tenant compte du comportement au fluage possible côté résistance. De plus, lors du dimensionnement, le facteur α_{sbs} qui représente le rapport entre la charge permanente et la charge totale peut être pris en compte.



$$N^{\circ}_{Rk,p} = T_{Rk} \pi d h_{ef} \psi_{sbs}$$

Si aucune valeur n'est indiquée dans l'ETE, un coefficient par défaut de $\psi_{sbs}=0,6$ est utilisé. Le logiciel PROFIS Engineering de Hilti simplifie le dimensionnement des chevilles et adapte automatiquement la valeur ψ_{sbs} sur la base de l'ETE en question.



3. Défaillance par fendage du béton

La norme EN1992-4 est par rapport à l'ETAG 001, Annexe C plus adaptée à la pratique quand il s'agit d'exclure la défaillance par fendage :

- La distance au bord (c_{cr}) doit être plus grande que la distance au bord caractéristique ($c_{cr,sp}$).
- L'épaisseur du béton doit être supérieure ou égale à la valeur minimale (h_{min}).

La norme EN1992-4 décrit aussi le dimensionnement de l'armature béton pour éviter une défaillance par fendage. D'ailleurs, aucune vérification n'est nécessaire si les conditions suivantes sont remplies :

ETAG 001, Annexe C

- dans toutes les directions $c \geq 1.2C_{cr,sp}$
 - $h \geq 2h_{gr}$ pour la cheville mécanique
 - $h \geq 2h_{min}$ pour la cheville chimique
- ou
- armature dans le béton fissuré qui limite la largeur de fissure à 0,3 mm

EN1992-4

- dans toutes les directions $c \geq 1.0C_{cr,sp}$ pour une cheville isolée ou $c \geq 1.2C_{cr,sp}$ pour un groupe de chevilles
 - $h \geq h_{min}$
- or
- armature dans le béton fissuré qui limite la largeur de fissure à 0,3 mm

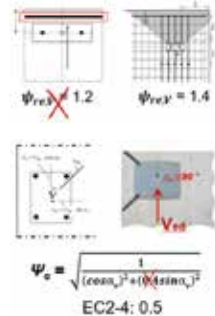
4. Défaillance de l'acier (avec bras de levier)

La norme EN1992-4 permet à l'ingénieur structure de profiter des avantages de l'épaisseur du mortier entre $0,5d < t < 40$ mm dans le béton non fissuré et améliorer la résistance à la défaillance de l'acier dans les applications avec montage déporté avec calage.

5. Cassure des arêtes de béton

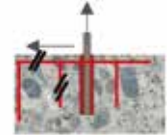
L'ETAG 001, Annexe C augmente pour une armature de bordure droite, la résistance contre la cassure des arêtes de béton dans le béton fissuré de 20 % ($\psi_{re,v} = 1,2$). La norme EN1992-4 l'ignore.

Concernant la norme EN1992-4, le coefficient qui est utilisé pour les forces de cisaillement qui agissent en parallèle sur l'arête de béton, a été modifié. La nouvelle norme donne 20 % de résistance au cisaillement en moins que l'ETAG 001, Annexe C en présence d'une charge de cisaillement appliquée perpendiculairement à 90° du sens de défaillance des arêtes de béton.



6. Défaillance de l'armature

Une cassure des arêtes de béton ainsi qu'une rupture (du cône) de béton peuvent être évitées par une armature supplémentaire. Par ailleurs, la norme EN 1992-4 explique aussi comment le planificateur peut supprimer la défaillance de l'acier en utilisant une armature supplémentaire.



Interaction de charges de traction et de cisaillement

ETAG 001 Annexe C / TR029 :

L'ETAG 001, Annexe C et TR029 prenaient en compte deux équations différentes pour vérifier la combinaison des forces de traction et de cisaillement, selon qu'il y a une défaillance de l'acier ou pas.

EN1992-4

En plus des exigences de l'ETAG 001, Annexe C / TR029, la norme EN1992-4 prend en compte aussi les effets de l'armature supplémentaire dans le contrôle des forces de traction et de cisaillement combinées et évalue la défaillance de l'acier et du béton séparément.



Quelle est la condition préalable pour pouvoir dimensionner des ancrages dans le béton selon la norme EN1992-4 ?

Le dimensionnement de l'ancrage doit se faire selon l'ETE valide pour le système de chevilles en question et conformément à la norme / directive citée dans cette ETE. La norme EN1992-4 offre aux ingénieurs structure et aux ingénieurs en bâtiment la possibilité de dimensionner et de monter des chevilles de telle sorte que nos bâtiments et infrastructures soient plus sûrs et plus fiables.

Hilti a déjà actualisé presque tous les produits avec une nouvelle ETE et PROFIS Engineering offre aux ingénieurs, grâce à un préréglage automatique, la sécurité de dimensionner toujours avec la bonne norme ou directive de dimensionnement.

PROFIS Engineering et EN1992-4

Avec PROFIS Engineering, le dimensionnement des chevilles est entré dans une nouvelle ère! Dimensionnez vos chevilles, votre base ou vos balustrades toujours sur la base des standards, normes et prescriptions les plus récents. PROFIS Engineering permet un dimensionnement non seulement conforme à EN1992-4, ETAG 001 Annexe C ou TR029, mais aussi à beaucoup d'autres directives de dimensionnement et prescriptions internationales.

PROFIS Engineering facilite en outre le dimensionnement et contribue à la hausse de la productivité car vous avez la possibilité d'importer des combinaisons de cas de charge à partir de divers logiciels de calcul de structures (Dlubal RSTAB® / RFEM®) ou Excel et d'exporter votre dimensionnement dans votre logiciel de modélisation BIM (p. ex. Tekla Structures® ou via le format de fichier *.ifc).

8 raisons d'utiliser PROFIS engineering



Gain de temps

Importation de cas de charge différents et de combinaisons, compatible avec des logiciels de calcul de structures comme Dlubal RSTAB / RFEM - Vous pouvez importer séparément des combinaisons de charge de différents programmes.



Approche de solution globale

Dimensionnement de votre base complète avec le module Platine : réduisez le nombre de systèmes logiciels et de calculs à la main nécessaires pour le dimensionnement des raidisseurs, des cordons de soudure, de la platine, du profilé, des contraintes du béton et des chevilles.



Exportation automatique

En quelques clics seulement, vous pouvez exporter l'application, avec les dimensions de la dalle de béton, de la platine, des raidisseurs et des chevilles dans votre logiciel de modélisation (p. ex. Tekla Structures® ou via le format de fichier *.ifc).



Version en ligne

Grâce à l'utilisation du logiciel en ligne, vous travaillez toujours avec la version et les produits, normes et ETE les plus récents. Réduisez les demandes superflues à votre service informatique pour une aide dans les mises à jour de logiciels et accédez quel que soit l'endroit et à tout moment à vos projets.



Assistance technique

Pour vos questions sur le logiciel PROFIS ou les normes de dimensionnement en général, notre équipe Engineering est à vos côtés !



Module Balustrade

Avec le module Balustrade, réalisez toutes les vérifications statiques d'une balustrade (main courante, pilier, platine, cordons de soudure et chevilles) en obtenant les déformations, preuves de flambement, déversements attendus, etc. Optimisez vos projets sur le plan du temps de travail et de la consommation d'acier et travaillez toujours correctement selon les indications des normes et les annexes nationales.



Commander simplement

PROFIS Engineering affiche les références d'article nécessaires pour la pose des chevilles et calcule pour vous aussi la quantité de mortier nécessaire pour les systèmes de chevillage chimique. Utilisez le « calculateur de quantités » pour créer des nomenclatures ou déclencher directement une commande sur Hilti Online.



Conception avec EN1992-4

DIMENSIONNEMENT SÛR ET CONFORME À LA NORME D'UN SIMPLE APPUI SUR UN

DÉCOUVREZ PROFIS ENGINEERING

HILTI

Hiiti (Suisse) SA
Soodstrasse 61
8134 Adliswil

Service clients
T 0844 84 84 85
www.hilti.ch