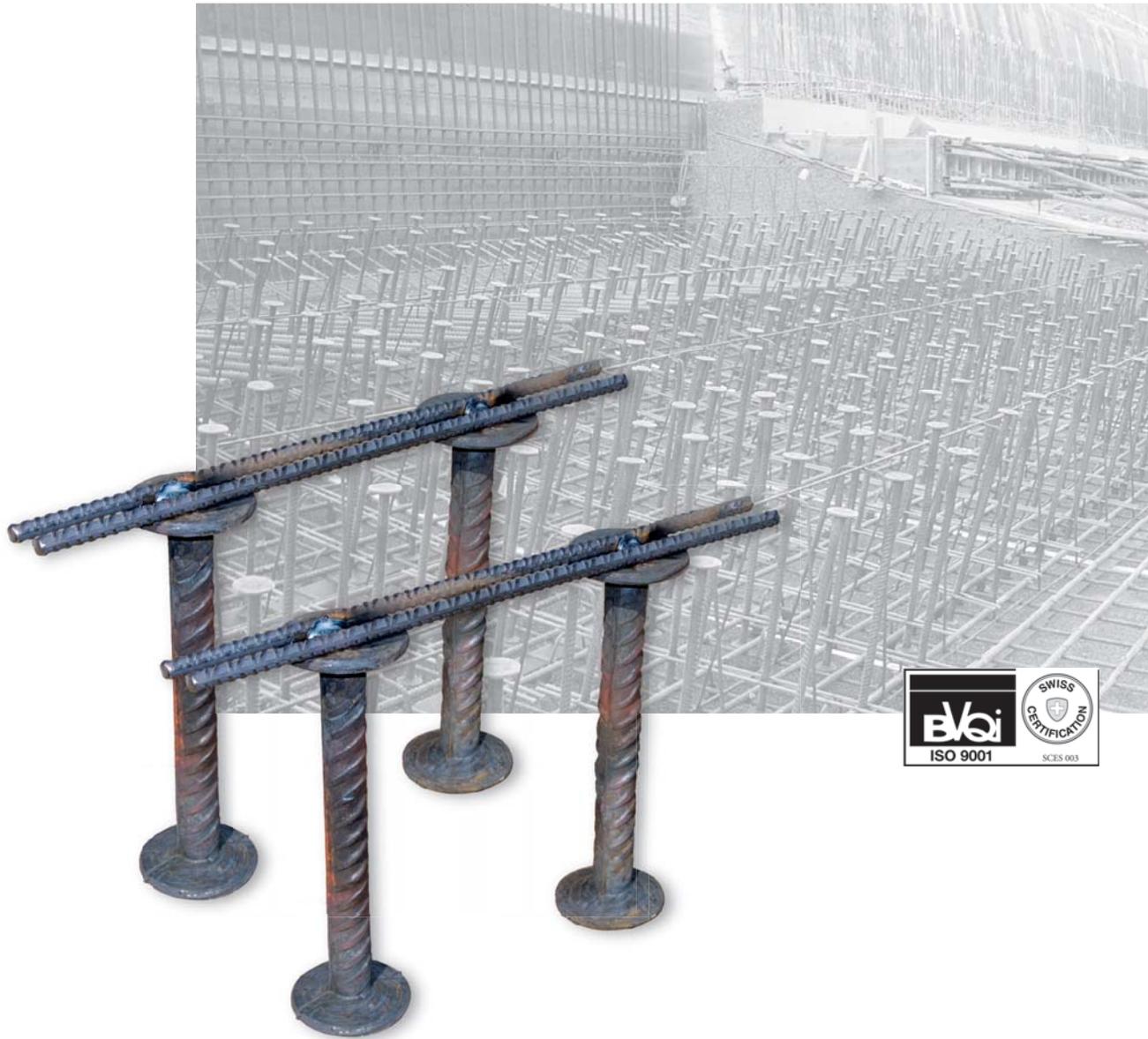


ancoPLUS®

Assainissement au
poinçonnement



*Rapport d'expertise pour le dimensionnement
des armatures anti-poinçonnement
ancoPLUS® selon la norme SIA 262 (2003)*

ancotech



ANCOTECH AG, Produktion und Administration in Dielsdorf/Schweiz

ANCOTECH SA, production et administration à Dielsdorf/Suisse

Täglich entwickeln unsere Ingenieure Lösungen im Bereich Verankerungstechnik und Spezialbewehrungen für das Baugewerbe. Dabei kommt uns unsere über 20-jährige Erfahrung zugute, sowohl als Hersteller wie auch als Ingenieurbüro.

Nos ingénieurs travaillent quotidiennement à l'élaboration de solutions dans le domaine des armatures de poinçonnement et des ancrages pour la construction. Notre longue expérience de bientôt 20 ans nous est très précieuse tant au niveau de la production qu'à celui de notre bureau d'ingénierie.

ANCOTECH AG,
ein starker Name, eine starke Firma.

ANCOTECH SA,
Un nom solide, une entreprise solide.

ancotech

ANCOTECH SA, Armatures spéciales

CH 1630 - Bulle

Dimensionnement du système d'armature contre le poinçonnement ancoPLUS selon SIA 262(2003)

Ce rapport contient 13 pages et doit
être distribué de façon intégrale

Dr Aurelio Muttoni

**Professeur à l'Ecole Polytechnique
Fédérale de Lausanne (EPFL)**

Dr Miguel Fernández Ruiz

**Muttoni & Fernández, Ingénieurs Conseils
Ch. de Maillefer 37, Le Mont sur Lausanne**

Projet 07.A05, Rapport 07-A05-R1c

20 novembre 2007

Table des matières

1.	Préface.....	2
2.	Introduction.....	2
3.	Description du système.....	2
4.	Bases utilisées.....	3
5.	Justification de la dérogation.....	4
	Dimensionnement des goujons.....	4
	Valeur limite supérieure de la résistance au poinçonnement.....	4
	Vérification à l'extérieur de l'armature de poinçonnement.....	4
6.	Dispositions constructives.....	5
7.	Méthode de dimensionnement et limites d'application.....	6
	Dimensionnement des goujons.....	6
	Valeur limite supérieure de la résistance au poinçonnement.....	8
	Vérification à l'extérieur de l'armature de poinçonnement.....	8
8.	Comparaison des résultats d'essais avec le modèle proposé et le dimensionnement selon SIA 262	8
9.	Conclusions.....	11
10.	Annexe 1. Chiffres cités de la norme SIA 262 (2003) [1].....	12

1. Préface

Ce document étudie le comportement du système d'armatures contre le poinçonnement ancoPLUS sur la base des essais développés en laboratoire par l'entreprise ANCOTECH SA et d'autres essais sur des systèmes similaires disponibles dans la littérature scientifique. La validité de ce document reste pourtant restreinte aux essais traités dans ce document.

Les auteurs de ce rapport n'assument aucune responsabilité pour son application dans de cas réels ainsi que pour son implémentation dans des logiciels.

2. Introduction

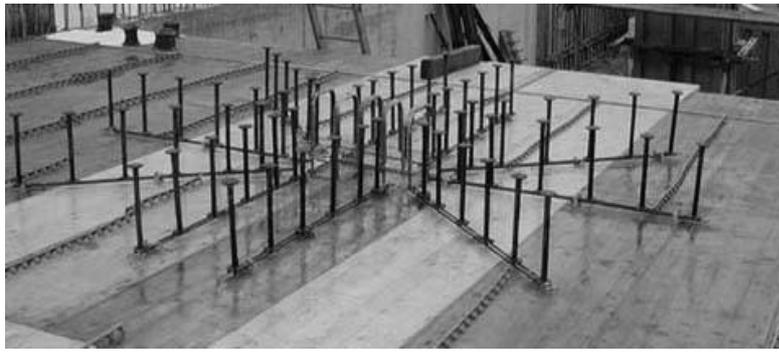
Selon l'article 0.3 de la norme SIA 262(2003) Construction en béton [1], des dérogations aux règles de dimensionnement « sont admissibles, si elles sont suffisamment justifiées par des théories ou par des essais, ou si de nouveaux développements ou de nouvelles connaissances dans le domaine en question permettent une telle démarche ».

De nombreux essais de poinçonnement sur des éléments de dalle renforcés avec des armatures ancoPLUS ou similaires ont été effectués. Ils montrent que des dérogations concernant les règles de dimensionnement des armatures et les valeurs maximales de la résistance au poinçonnement sont justifiées. Ce document décrit et justifie ces dérogations et montre comment un niveau de sécurité comparable à celui de la SIA 262(2003) est atteint.

3. Description du système

ancoPLUS est un système d'armatures contre le poinçonnement des dalles composé d'une série de goujons alignés et disposés généralement dans le sens vertical.

Les goujons du système ancoPLUS sont composés d'armatures nervurées de classe B500B avec une limite d'écoulement caractéristique $f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$. L'ancrage des armatures est assuré aux deux extrémités par des têtes d'ancrage dont le diamètre est au moins trois fois celui de la barre d'armature. Les diamètres de goujons disponibles sont: 10, 12, 14, 16, 20, 25 et 30 mm.



a)



b)

Figure 1: Système ancoPLUS: (a) ensemble de pièces; et (b) détail d'un goujon

Pour faciliter le montage, les goujons sont reliés à une extrémité par une ou deux barres de petit diamètre ou bien par un fer plat. Grâce à ce système, les pièces ancoPLUS peuvent être placées sur l'armature de flexion d'une dalle ou d'un radier avant son bétonnage.

Un aperçu des armatures ancoPLUS ainsi que d'un goujon est montré à la Figure 1. Plus de détails du système ancoPLUS peuvent être trouvés dans la description du produit [14].

4. Bases utilisées

- [1] SIA 262, Construction en béton, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zürich, 2003, 94 p.
- [2] Muttoni, A., "Effort tranchant sur dalles sans étriers et poinçonnement", Documentation D 0182, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zürich, 2003, p. 57-65.
- [3] Birkle, G., "Punching Of Flat Slabs: The Influence Of Slab Thickness And Stud Layout", PhD. thesis, University of Calgary, Dept. of Civil Engineering, Canada, 2004, 152 p.
- [4] Gomes, R., Regan, P., "Punching Strength Of Slabs Reinforced For Shear With Offcuts Of Rolled Steel I-Section Beams", Magazine of Concrete Research, Vol. 51, No. 2, Thomas Telford, Londres, 1999, pp. 121-129
- [5] Beutel, R. R. K., "Durchstanzen schubbewehrter Flachdecken im Bereich von Innenstützen", PhD. thesis, Technischen Hochschule Aachen, Fakultät für Bauingenieurwesen, Allemagne, 2002, 267 p.
- [6] Müller, F-X, Muttoni A., and Thürlimann B., "Durchstanzversuche an Flachdecken mit Aussparungen", ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion, Birkhäuser Verlag Basel-Boston-Stuttgart, 1984, 118 p.
- [7] Stein, T., Ghali, A., And Dilger, W., "Distinction between Punching and Flexural Failure Modes of Flat Plates", ACI Structural Journal, Farmington Hills, Mich., V. 104, No. 3, 2007, pp. 357-365.
- [8] Müller, H. H., Müller U., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Bauingenieurwesen III, Lehrstuhl für Massivbau, München, Bericht 1281, Allemagne, 1991, 15 p. (Rapport d'essai confidentiel).
- [9] Müller, H. H., Müller U., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Bauingenieurwesen III, Lehrstuhl für Massivbau, München, Bericht 1319, Allemagne, 1991, 15 p. (Rapport d'essai confidentiel).
- [10] Müller, H. H., Müller U., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Bauingenieurwesen III, Lehrstuhl für Massivbau, München, Bericht 1320, Allemagne, 1991, 15 p. (Rapport d'essai confidentiel).

[11] Zilch, K., "Bericht über einen Durchstanzversuch an einer Stahlbetonplatte aus B25 bewehrt mit der ancoPLUS Durchstanzbewehrung zur Ermittlung der Plattentraglast", Technische Universität München, Institut für Tragwerksbau, Lehrstuhl für Massivbau, München, Allemagne, 1994, 8 p. (Rapport d'essai confidentiel).

[12] Stempniewski, L., Kreuser, K., "Prüfungsbericht : Durchstanzversuche an Stahlbetonplatten. Serie 1: Durchstanzbewehrung ancoPLUS", Universität Karlsruhe, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Abteilung Massivbau, Karlsruhe, Allemagne, 2005, 11 p. (Rapport d'essai confidentiel).

[13] Stempniewski, L., Kreuser, K., "Prüfungsbericht : Durchstanzversuche an Stahlbetonplatten. Serie 2: Durchstanzbewehrung ancoPLUS und Stahlpilze ZEUS", Universität Karlsruhe, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Abteilung Massivbau, Karlsruhe, Allemagne, 2005, 14 p. (Rapport d'essai confidentiel).

[14] ANCOTECH SA, "ancoPLUS Armatures de poinçonnement, Homologation délivrée par l'institut de surveillance de Berlin, Homologation nr. Z-15.1-158", 2004, 8 p.

5. Justification de la dérogation

L'entreprise ANCOTECH SA a fait effectuer 10 essais de poinçonnement sur des éléments de dalle armés avec armature ancoPLUS. Il s'agit d'éléments de dalle de dimensions raisonnables (épaisseurs entre 0.28 et 0.32 m, largeur des échantillons entre 3.00 et 5.20 m). Les essais ont été effectués par des instituts de recherche reconnus et les résultats sont documentés dans les rapports [8-13].

En outre, les résultats de 36 essais supplémentaires sur des éléments de dalle armés avec armatures similaires au système ancoPLUS sont disponibles dans la littérature scientifique [3-7].

Tous les essais considérés montrent que pour le système ancoPLUS des dérogations aux règles de dimensionnement selon SIA 262(2003) [1] sont justifiées. Ces dérogations concernent le dimensionnement des goujons, la valeur limite supérieure de la résistance au poinçonnement et la vérification à l'extérieur de l'armature de poinçonnement (déterminante pour l'étendue de la zone pourvue d'une armature de poinçonnement).

Dimensionnement des goujons

Selon SIA 262(2003) § 4.3.6.5.1 « On effectuera le dimensionnement de l'armature de poinçonnement sur la base du chiffre 4.3.3.3, en fondant le calcul sur une inclinaison des champs de compression α de 45° ». L'évaluation des essais montre que les goujons peuvent être considérés comme distribués à condition de respecter les règles constructives décrites dans le chapitre 5.

Valeur limite supérieure de la résistance au poinçonnement

Selon SIA 262(2003) § 4.3.6.5.3 « Afin d'exclure toute défaillance du béton dans la zone des colonnes, on limitera la résistance au poinçonnement à la valeur suivante: $v_{Rd} = 2 \cdot k_r \cdot d$ (55) »

L'évaluation des essais montre que cette limite peut être augmentée à condition de respecter les règles constructives décrites dans le chapitre 5.

Vérification à l'extérieur de l'armature de poinçonnement

La vérification du poinçonnement à l'extérieur de l'armature de poinçonnement est décrite dans le § 4.3.6.5.4. La hauteur statique effective à considérer y est clairement définie (figure 25 de la norme). Pour la définition du périmètre de la section de contrôle la zone renforcée est à considérer comme une surface d'appui et une limitation supplémentaire est décrite dans le commentaire à la norme [2].

Comme indiqué dans la figure ci-dessous, selon cette indication la distance tangentielle entre les goujons peut être considérée jusqu'à une distance maximale correspondante à deux fois la hauteur statique effective.

L'évaluation des essais montre que la limite de $2d$ peut être augmentée à $4d$.

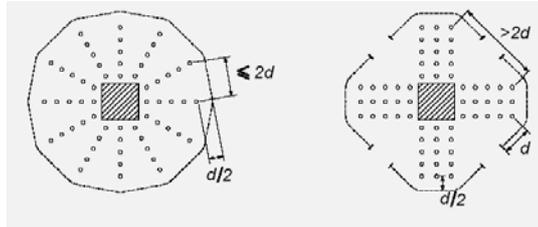


Figure 5.8 du commentaire à la norme SIA 262 [2] : périmètre de la section de contrôle en-dehors des unités d'armature.

Les dérogations évoquées sont décrites dans le chapitre 6. La comparaison avec les essais, résumée dans le chapitre 7, indique qu'un niveau de sécurité comparable à celui de la norme SIA 262(2003) pour les dalles sans armature de poinçonnement peut être atteint.

6. Dispositions constructives

Les dérogations décrites dans ce document sont justifiées à condition de respecter les dispositions constructives supplémentaires définies ci-dessous:

1. Les armatures ancoPLUS sont disposées en rayons avec, au minimum, deux goujons par rayon (voir Fig. 2a)
2. L'angle des goujons par rapport à la face comprimée de la dalle doit être égal à 90° (voir Fig. 2b)
3. Pour des valeurs de l'effort tranchant $v_{Rd} \geq 2.5 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$, la distance s_0 entre le premier goujon et le bord de la colonne (voir Fig. 2b) doit être:

$$s_0 = 0.375 \cdot d$$

où d est la hauteur statique moyenne de la dalle $(= (d_x + d_y)/2)$. Dû aux tolérances lors du placement du premier goujon, la position finale du premier goujon (à contrôler sur chantier) doit respecter:

$$0.35 \cdot d \leq s_0 \leq 0.45 \cdot d$$

Pour des valeurs de l'effort tranchant $v_{Rd} \leq 2.0 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$, la valeur maximale de s_0 doit respecter :

$$s_0 \leq 0.6 \cdot d$$

Une interpolation linéaire pour la valeur maximale de s_0 entre les deux valeurs indiquées auparavant peut être admise pour des cas intermédiaires, voir Fig. 2c.

La valeur minimale de s_0 est fixée à $0.375 d$ (compte tenu des tolérances préalablement décrites) pour tout les cas, voir Fig. 2c.

4. La distance entre goujons s_1 (voir Fig. 2b) doit respecter la condition suivante pour des valeurs de l'effort tranchant $v_{Rd} \leq 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$:

$$s_1 \leq 0.75 \cdot d$$

Dans les cas où la valeur de l'effort tranchant est égale à $v_{Rd} = 3 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$, la distance entre goujons jusqu'au troisième goujon (inclus) est limitée à:

$$s_1 \leq 0.60 \cdot d$$

étant $s_1 \leq 0.75 \cdot d$ à partir du troisième goujon.

Pour des valeurs intermédiaires de l'effort tranchant, la valeur maximale de s_1 jusqu'au troisième goujon (inclus) peut être interpolée comme indiqué dans la Fig. 2d, étant $s_1 \leq 0.75 \cdot d$ à partir du troisième goujon.

5. La distance tangentielle entre rayons est limitée au niveau du deuxième goujon à partir du bord de la colonne (distance $s_{\max,2}$, voir Fig. 2a) doit être:

$$s_{\max,2} \leq 1.5 \cdot d$$

6. Dans la zone tendue de la dalle, les têtes d'ancrages doivent être placées à la limite extérieure de l'armature de flexion (voir détail de Fig. 2b).
7. L'enrobage des têtes d'ancrage dans la zone comprimée Δh_{inf} (voir Fig. 1b) doit respecter la condition suivante pour des valeurs de l'effort tranchant $v_{Rd} \leq 2 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$:

$$c \leq \Delta h_{inf} \leq \frac{d}{6}$$

où c est l'enrobage de l'armature. Pour le cas où $v_{Rd} = 3 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d$, cette condition devient:

$$c \leq \Delta h_{inf} \leq \frac{d}{10}$$

Pour des valeurs intermédiaires de l'effort tranchant, la limite pour Δh_{inf} peut être interpolée comme indiqué dans la figure 2e.

8. Le diamètre des armatures contre le poinçonnement (d_b) doit respecter les valeurs indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1: Diamètre des goujons à utiliser (d_b) par rapport à la hauteur statique de la dalle (d)

d [mm]	d_b [mm]	$(d_b/d)_{\max}$
< 160	–	–
160 – 180	10 – 14	1/11.4
181 – 220	10 – 16	1/11.3
221 – 260	10 – 18	1/12.3
261 – 340	10 – 20	1/13.0
341 – 600	10 – 25	1/13.6
> 600	10 – 30	1/20.0

7. Méthode de dimensionnement et limites d'application

La méthode de dimensionnement des armatures ancoPLUS est basée sur celle de la SIA 262 (2003) [1] avec certaines modifications.

Dimensionnement des goujons

Le dimensionnement est effectué selon la règle de la norme SIA 262 (2003) [1] sur la base d'un champ de contraintes sans contribution du béton tendu et avec des bielles inclinées à 45°. Avec les dispositions constructives définies précédemment, le premier goujon à partir du bord de la colonne peut être activé complètement tandis que le deuxième est partiellement actif. La contribution du deuxième goujon est calculée en admettant les goujons comme distribués (approche similaire à celle des poutres, § 4.3.3.4.3) de sorte que l'expression suivante peut être dérivée :

$$V_{Rd} = n_r \cdot \frac{d}{\max\left(s_1; s_0 + \frac{s_1}{2}\right)} \cdot A_{sw} \cdot f_{sd}$$

où n_r est le nombre de rayons de goujons, A_{sw} est la surface d'un goujon et f_{sd} la valeur de dimensionnement de la limite d'écoulement ($f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} \leq 435 \text{ N/mm}^2$).

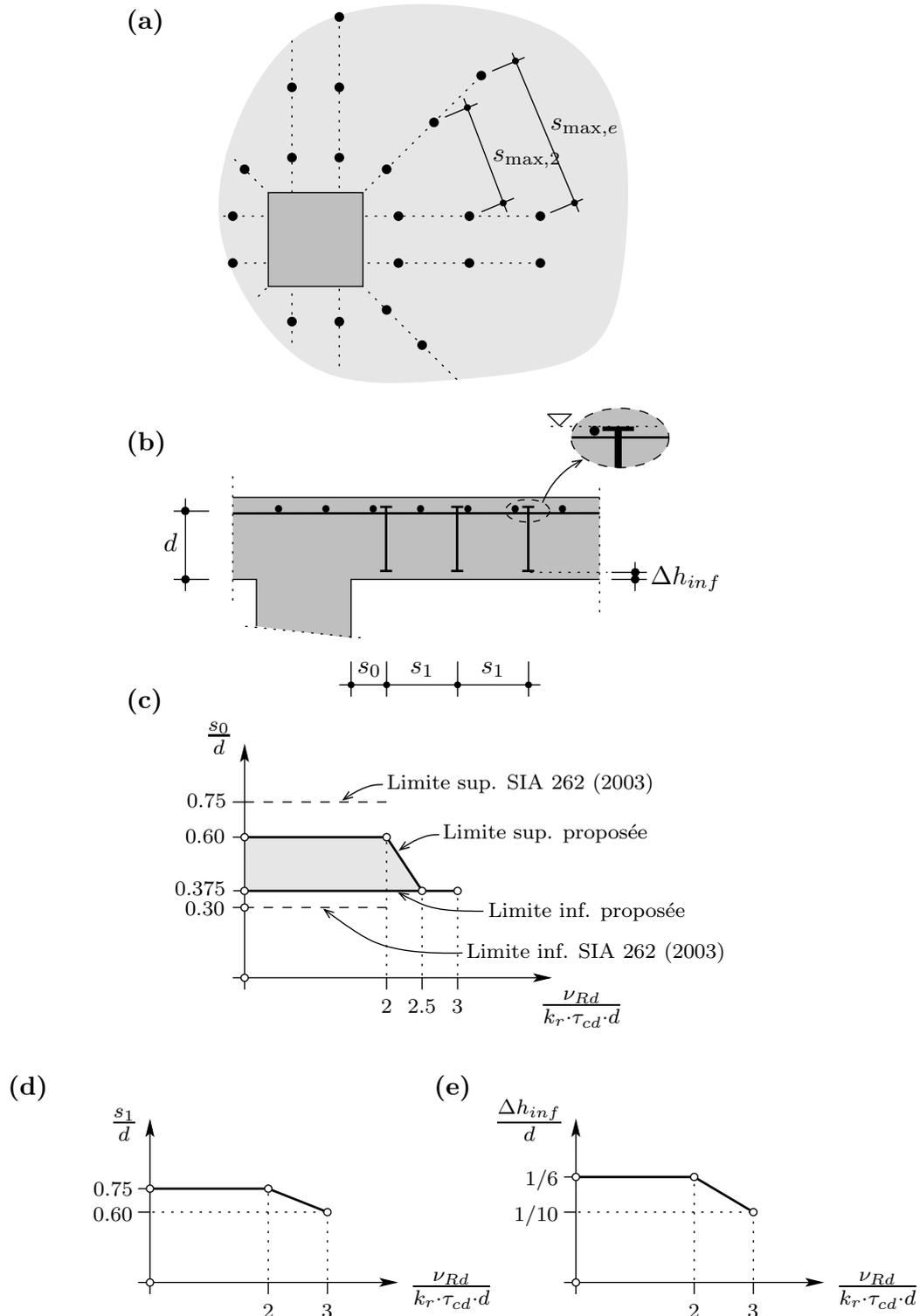


Figure 2: Dispositions constructives pour le système ancoPLUS: (a) vue en plan; (b) section de la dalle; (c) variation de s_0/d avec l'effort rasant; (d) variation de s_1/d avec l'effort rasant; et (e) variation de $\Delta h_{inf}/d$ avec l'effort rasant

Valeur limite supérieure de la résistance au poinçonnement

Selon SIA 262(2003) § 4.3.6.5.3 « Afin d'exclure toute défaillance du béton dans la zone des colonnes, on limitera la résistance au poinçonnement à la valeur suivante: $v_{Rd} = 2 \cdot k_r \cdot d$ (55) »

L'évaluation des essais montre que cette limite peut être augmentée. L'équation 55 de la norme SIA 262(2003) peut être remplacée par :

$$v_{Rd} = \frac{V_{Rd}}{u} = 3 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d \leq 3.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$$

où la limite $v_{Rd} \leq 3.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$ tient compte des résultats expérimentaux disponibles.

Vérification à l'extérieur de l'armature de poinçonnement

L'étendue de la zone pourvue d'une armature de poinçonnement sera déterminée par une vérification du poinçonnement à l'extérieur de la zone renforcée :

$$v_{Rd} = \frac{V_{Rd}}{u_{ext}} = k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \leq 1.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$$

où d_v est la hauteur statique réduite définie dans la figure 25 de la norme SIA 262 (2003) et la limite $v_{Rd} \leq 1.5 \cdot \tau_{cd} \cdot d$ tient compte des résultats expérimentaux disponibles..

Dans la détermination du périmètre de la section de contrôle u_{ext} , la distance tangentielle maximale entre goujons sera considérée jusqu'à une limite

$$s_{max,e} \leq 4.0 \cdot d$$

comme indiqué dans la figure 2a (distance augmentée par rapport à la limite indiquée dans le commentaire à la norme SIA 262 [2]).

8. Comparaison des résultats d'essais avec le modèle proposé et le dimensionnement selon SIA 262

Les résultats obtenus avec la méthode de dimensionnement proposée et avec la norme SIA 262 (2003) [1] sont comparés dans le tableau 2 aux résultats des essais tirés des références [3-13]. Les différents types de systèmes d'armatures contre le poinçonnement comparés dans le tableau 2 sont montrés dans la figure 3.

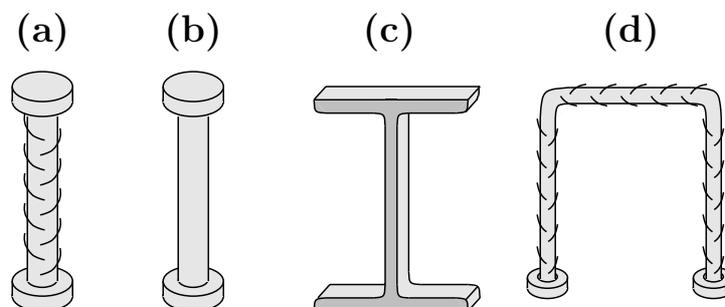


Figure 3: Différents types de systèmes d'armatures contre le poinçonnement considérés dans le tableau 2 : (a) goujon nervuré ; (b) goujon lisse ; (c) profil coupé ; et (d) étriers avec ancrage par plaques dans la face comprimée de la dalle

Tableau 2: Comparaison des essais des références [3-13] avec la méthode proposée dans ce document et la méthode de la norme SIA 262 (2003) [1] (pour type de système voir figure 3)

Référence	Dalle	d [m]	Type de système	Mode de rupture	d_b/d	$V_{R, test}/V_{R, mod}$	$V_{R, test}/V_{R, SIA}$
[3]	S1	0.12	-	Poinçonnement	-	1.26	1.26
	S2	0.12	(b)	Zone renforcée	1/12	1.62	1.62
	S3	0.12	(b)	Zone renforcée	1/13	1.56	1.56
	S4	0.12	(b)	Extérieur	1/13	1.06	1.25
	S5	0.12	(b)	Zone renforcée	1/13	1.62	1.62
	S6	0.12	(b)	Zone renforcée	1/13	1.65	1.65
	S7	0.19	-	Poinçonnement	-	1.19	1.19
	S8	0.19	(b)	?	1/20	1.39	1.51
	S9	0.19	(b)	?	1/20	1.56	1.56
	S10	0.26	-	Poinçonnement	-	1.00	1.00
	S11	0.26	(b)	?	1/20	1.30	1.57
	S12	0.26	(b)	?	1/20	1.42	1.42
[4]	S1	0.16	-	Poinçonnement	-	1.19	1.09
	S1A	0.16	-	Poinçonnement	-	1.24	1.14
	S2	0.15	(c)	Zone renforcée	1/26	1.60	1.60
	S3	0.16	(c)	Zone renforcée	1/23	1.54	1.54
	S4	0.16	(c)	Extérieur	1/20	1.80	1.80
	S5	0.16	(c)	Extérieur	1/16	1.78	1.78
	S6	0.16	(c)	Extérieur	1/16	2.08	2.08
	S7	0.16	(c)	Extérieur	1/13	2.17	2.32
	S8	0.16	(c)	Extérieur	1/13	2.33	2.48
	S9	0.16	(c)	Extérieur	1/13	2.38	2.40
	S10	0.15	(c)	Zone renforcée	1/26	1.70	1.70
S11	0.15	(c)	Zone renforcée	1/22	1.94	1.94	
[5]	Z1	0.25	(a)	Écrasement	1/18	1.00	1.25
	Z2	0.25	(a)	Écrasement	1/18	1.08	1.35
	Z3	0.25	(a)	Écrasement	1/18	1.19	1.51
	Z4	0.25	(a)	Écrasement	1/18	1.14	1.54
	Z5	0.25	(a)	Écrasement	1/16	1.17	1.55
	Z6	0.25	(a)	Écrasement	1/16	1.12	1.50
	V4	0.35	(a)	Écrasement	1/22	1.05	1.28
	P1	0.19	-	Poinçonnement	-	0.99	0.99
[6]	P22	0.15	(d)	Écrasement	1/19	1.28	1.57
[7]	V1	0.12	(b)	Flexion	1/12	1.29	1.44
	V2	0.12	(b)	Extérieur	1/12	1.13	1.41
	V3	0.12	(b)	Extérieur	1/12	1.16	1.43
[12]	V1	0.24	(a)	Extérieur	1/10	1.08	1.33
	V2	0.24	(a)	Extérieur	1/10	1.12	1.37
	V3	0.24	(a)	Extérieur	1/10	1.10	1.36
[13]	V4	0.24	(a)	Écrasement	1/12	1.23	1.3
	V5	0.24	(a)	Écrasement	1/12	1.23	1.3
	V6	0.24	(a)	Écrasement	1/12	1.23	1.28
[8]	91_V1	0.24	(a)	Extérieur	1/17	1.47	1.47
[9]	91_V2	0.24	(a)	Extérieur	1/15	1.14	1.14
[10]	91_V3	0.25	(a)	Extérieur	1/18	0.97	0.97
[11]	94_V1	0.28	(a)	Extérieur	1/18	1.18	1.18
MOYENNE :						1.39	1.50
COV :						0.26	0.22
MIN :						0.97	0.97

Les valeurs statistiques en considérant uniquement les essais avec armature ancoPLUS sont résumées dans le tableau 3. Il faut noter que dans les essais avec le système ancoPLUS [8-12], l'écoulement des armatures de poinçonnement n'était pas le mode de rupture déterminant.

Tableau 3: Valeurs statistiques avec les essais sur dalles armées avec armatures ancoPLUS (références [8-3]).

	$V_{R,test}/V_{R,mod}$	$V_{R,test}/V_{R,SIA}$
MOYENNE	1.17	1.27
COV	0.11	0.11
MIN	0.97	0.97

La comparaison entre essais et modèle de dimensionnement est résumée dans la figure 4 où l'abscisse exprime la quantité d'armature de poinçonnement et l'ordonnée le rapport entre résistance mesurée et résistance prévue. La figure montre une meilleure corrélation dans le cas de la méthode proposée dans ce rapport qu'avec celle de la SIA 262 (2003) [1] pour les trois modes de rupture. Elle indique aussi la présence d'une assez grande réserve dans le cas de dalles faiblement armées au poinçonnement.

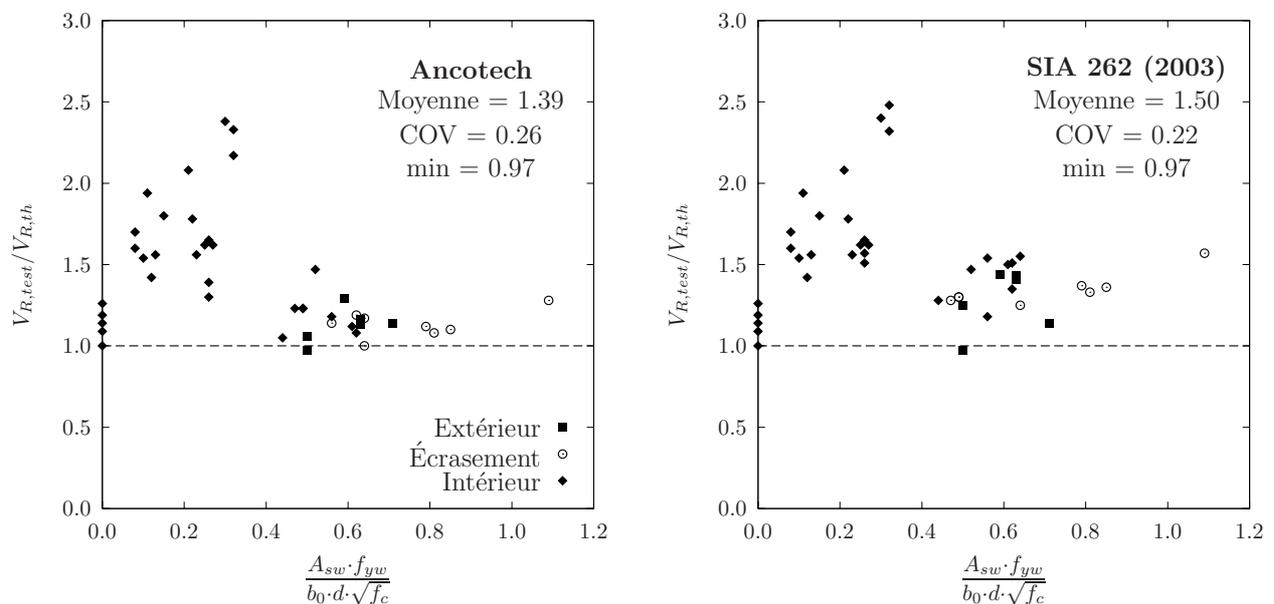


Figure 4: Comparaison des essais des références [3-13] avec la méthode proposée et la méthode de la norme SIA 262 (2003) [1]

Sur la base des résultats du tableau 3, le niveau de sécurité atteint est satisfaisant pour le 95% des essais:

$$\frac{V_{R,test}}{V_{Rd,95\%}} = 1.17 \cdot (1 - 1.45 \cdot 0.11) = 1.01 > 1.0$$

Il faut noter que dans le tableau 3, tous les essais avec le système ancoPLUS ont développé des ruptures soit par écrasement, soit à l'extérieur de la zone renforcée contre le poinçonnement. Une comparaison entre la résistance mesurée dans les essais et le modèle proposé est montrée dans la figure 5 pour ces deux modes de rupture.

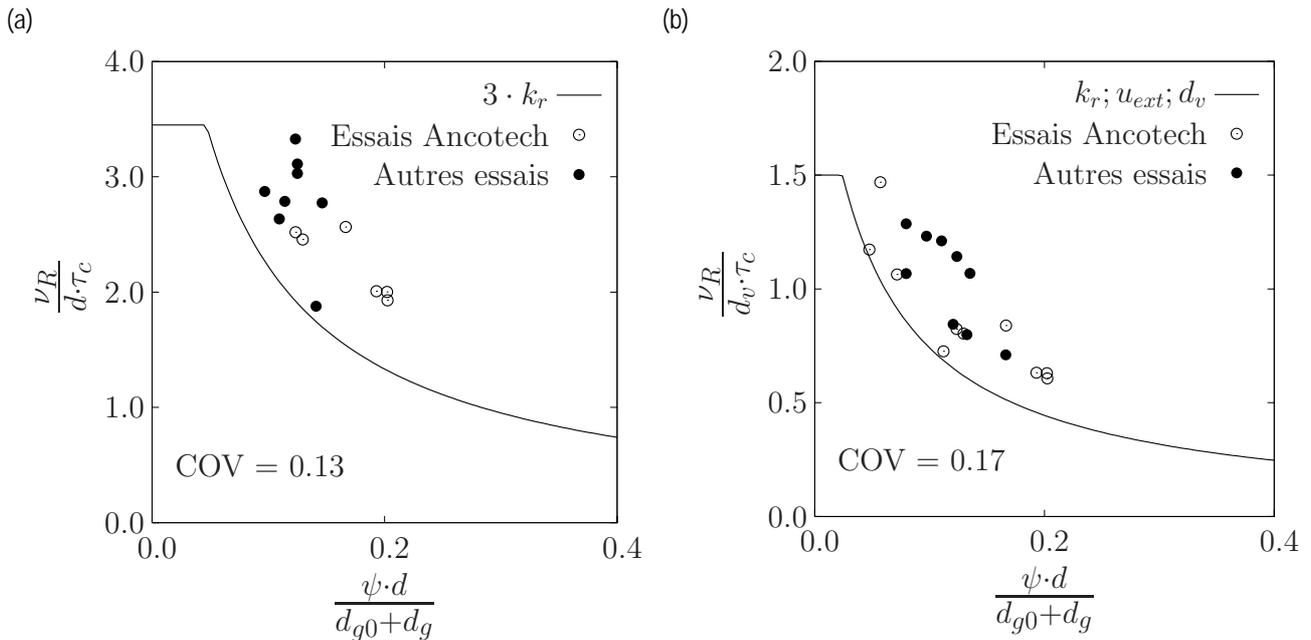


Figure 5: Comparaison des essais des références [3-13] (points dans le diagramme) avec le modèle proposé (courbes) pour les modes de rupture: (a) d'écrasement; et (b) à l'extérieur de la zone renforcée contre le poinçonnement

La figure 5 montre que tant pour le mode de rupture par écrasement que pour le mode de rupture à l'extérieur de la zone renforcée contre le poinçonnement, une limite à la valeur maximale du rapport $\nu_R / (d \cdot \tau_c)$ est proposée (3.5 pour la rupture par écrasement et 1.5 pour la rupture à l'extérieur). Ces limites tiennent compte des résultats expérimentaux disponibles et sont introduites dans la méthodologie de calcul proposée en limitant les valeurs maximales de k_r (à 1.15 et 1.5 respectivement, voir section 6 de ce rapport).

9. Conclusions

1. Le dimensionnement et la vérification des armatures contre le poinçonnement ancoPLUS peuvent être réalisés sur la base des règles décrites dans ce document avec un niveau de sécurité comparable à celui de la norme SIA 262 (2003) pour les dalles sans armatures de poinçonnement.
2. Ces règles de dimensionnement et de vérification sont compatibles avec le format adopté par la norme SIA 262 (2003) [1] pour des dalles avec armature de poinçonnement.
3. Les dérogations décrites dans ce document sont justifiées à condition de respecter les dispositions constructives supplémentaires définies.

Lausanne, le 15 novembre 2007

Prof. Dr Aurelio Muttoni

Dr Miguel Fernández Ruiz

10. Annexe 1. Chiffres cités de la norme SIA 262 (2003) [1]

Chiffre 4.3.6.3.2

4.3.6.3.2 Le coefficient k_r tient compte de la grandeur de l'élément de construction et de la résistance à la flexion. Il est donné par:

$$k_r = \frac{1}{0,45 + 0,9r_y} \geq \frac{1}{1+2,2d} \quad d \text{ en m} \quad (52)$$

$$r_y = 0,15 l \left(\frac{m_{0d}}{m_{Rd}} \right)^{3/2} \quad l \text{ en m}$$

Chiffre 4.3.6.5.1

4.3.6.5.1 On effectuera le dimensionnement de l'armature de poinçonnement sur la base du chiffre 4.3.3.3, en fondant le calcul sur une inclinaison des champs de compression α de 45° . On pourra utiliser la limite d'écoulement f_{sd} pour dimensionner l'armature de poinçonnement, sans toutefois dépasser la valeur de 450 N/mm^2 .

Chiffre 4.3.6.5.3

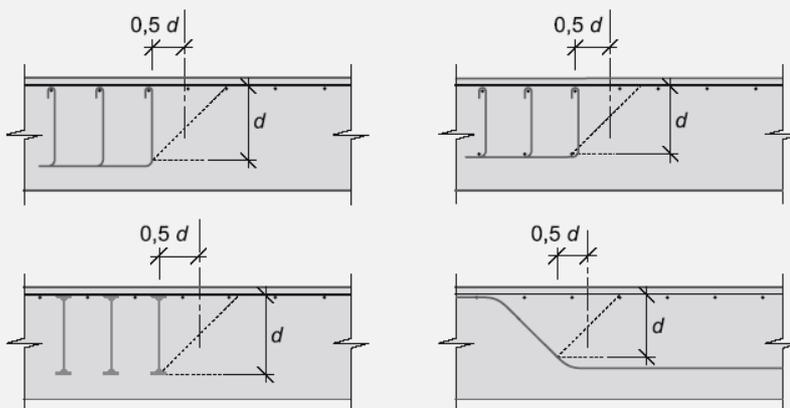
4.3.6.5.3 Afin d'exclure toute défaillance du béton dans la zone des colonnes, on limitera la résistance au poinçonnement à la valeur suivante:

$$V_{Rd} = 2 k_r \tau_{cd} d \quad (55)$$

Chiffre 4.3.6.5.4

4.3.6.5.4 L'étendue de la zone pourvue d'une armature de poinçonnement sera déterminée par une vérification supplémentaire. Pour cette vérification, la surface d'appui sera définie par le pourtour extérieur de l'armature de poinçonnement. On pourra déterminer le périmètre de la section de contrôle par les chiffres 4.3.6.2.1, 4.3.6.2.3 et par la figure 25, la valeur de calcul de l'effort tranchant par le chiffre 4.3.6.2.2 et la résistance à l'effort tranchant par le chiffre 4.3.6.3. La hauteur statique moyenne sera définie selon la figure 25.

Figure 25: Hauteur statique dans la bande de transition entre les zones avec et sans armature de poinçonnement



Chiffre 4.3.3.4.3

4.3.3.4.3 La résistance d'une armature d'effort tranchant verticale est donnée par:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{sd} \cot \alpha \quad (37)$$

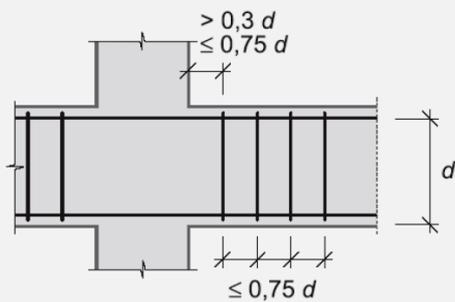
La résistance d'une armature d'effort tranchant inclinée est donnée par:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{sd} (\cot \alpha + \cot \beta) \sin \beta \quad (38)$$

Chiffre 5.5.3.5

5.5.3.5 Une armature de poinçonnement doit être constituée d'au moins 2 rangées de barres disposée à une distance comprise entre 0,3 et 0,7 d à partir de la surface d'appui (figure 39). L'espacement minimal entre les rangées d'armature ne sera pas supérieur à 0,75 d .

Figure 39: Disposition d'une armature de poinçonnement





ancoPLUS®
de multiples
applications