

Domaine de connaissances GRAVIS Article

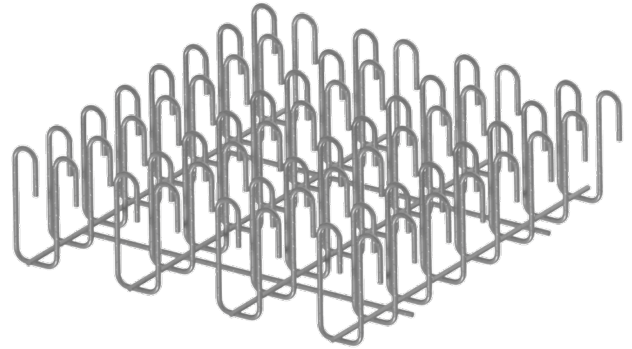
Pourquoi existe-t-il GRAVIDUR PAN chez GRAVIS ?

*Par le professeur Dr Albin Kenel
& Dr Stefan Lips*

La philosophie d'une entreprise se reflète également dans ses produits. Là encore, il s'agit en premier lieu de comprendre ses propres produits, non seulement en termes de fabrication et d'utilisations, mais aussi en termes de philosophie du produit. Les propriétés physiques d'un produit sont reproductibles. En revanche, la philosophie du produit et les connaissances techniques nécessaires ne peuvent pas être simplement copiées, mais sont portées par les personnes qui se trouvent derrière un produit. Cela se démontre également dans le cas des paniers d'étrier, qui ont été développés il y a environ 40 ans par le professeur Oelhafen (photo 1a) et qui sont utilisés aujourd'hui sous une forme similaire chez GRAVIS sous le nom de GRAVIDUR PAN.

Dans le cas des paniers d'étrier, il apparaît clairement que la recherche de la résistance la plus élevée possible ne conduit pas toujours au meilleur produit de construction. Pour les produits de construction, d'autres aspects tels que le comportement porteur, l'application sur le chantier et la robustesse face aux tolérances de pose jouent également un rôle. Ces critères étaient également essentiels lors du développement des paniers d'étrier par le professeur Oelhafen ou lors de développements similaires ultérieurs en Angleterre ([1], figure 1b). L'avantage par rapport aux étriers simples ou aux ancrages à double tête était alors, comme aujourd'hui, une grande tolérance de pose. Il convient toutefois de noter que les faibles tolérances de pose des ancrages à double tête sont plutôt dues au fait que l'on veut aller à la limite de la résistance et que l'on accepte donc des contraintes dans la disposition.

a)



b)

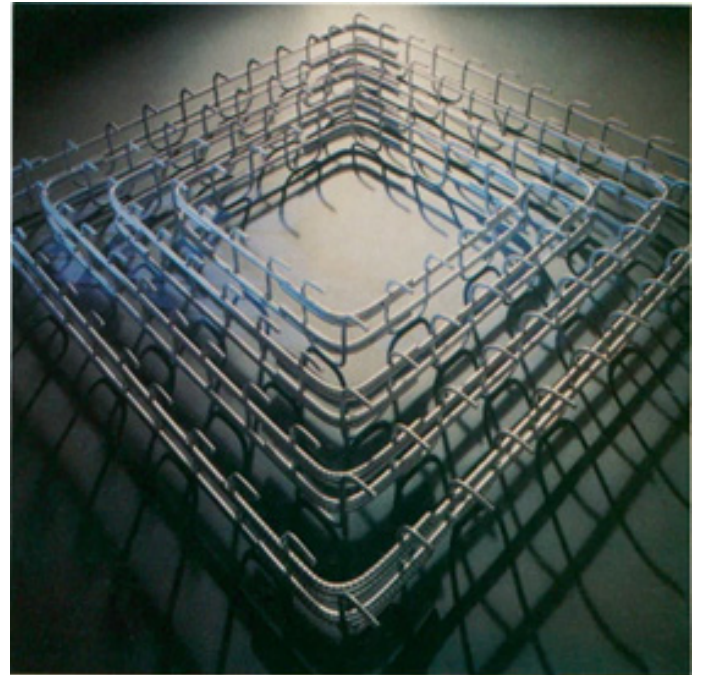


Image 1: a) GRAVIDUR PAN et b) système "Shearhoop" de la British Cement Association [1].

Lorsque l'on parle de résistances ultimes plus élevées pour les ancrages à double tête par rapport aux paniers d'étrier, il s'agit de la résistance de la bielle de compression du béton au bord de la colonne. Comme cette résistance est indépendante du nombre d'éléments d'armature de poinçonnement, elle est aussi parfois indiquée dans la littérature comme résistance au poinçonnement maximale. Cette vérification est effectuée à l'aide de l'équation 70 de la norme SIA 262:2025 [2] (équation 1).

$$V_{Rd,c} = 2.0 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \cdot u$$

(1)

Le facteur 2.0 est également appelé coefficient de système dans la littérature. Ce paramètre est déterminé de manière empirique. La qualité de l'ancrage ou de l'introduction des forces du côté de tension par flexion de la dalle a une influence décisive sur ce paramètre. De ce point de vue, les têtes refoulées des ancrages à double tête sont meilleures que les ancrages courbés avec étrier.

La qualité de l'ancrage n'est toutefois pas le seul facteur d'influence. Un autre paramètre important pour la valeur du coefficient de système est la nappe de chaque ancrage ou étrier. Ceci est également mis en évidence par l'étude d'essais dans la littérature. Alors que les ancres à double tête ont été disposées de manière relativement régulière dans les essais, soit radialement, soit orthogonalement, on trouve dans la littérature une grande variation de dispositions dans les essais avec étriers. Il n'existe que peu d'essais directement comparables entre étrier et ancre à double tête, dans lesquels la bielle de compression du béton était également déterminante.

La grande variation des dispositions lors des essais avec étriers a cependant aussi l'avantage que le coefficient de système qui en découle autorise une plus grande tolérance de pose. La figure 2 démontre une évaluation de 53 essais de poinçonnement sur des dalles avec des étriers comme armature de poinçonnement, tirée de la littérature [3-16]. Pour la comparaison avec la résistance ultime mesurée, la résistance au poinçonnement a été déterminée à l'aide des équations selon SIA 262:2025 avec un coefficient de système de $k_{sys} = 2,5$. Pour les caractéristiques de matériaux du béton et de l'acier d'armature, on a utilisé les valeurs déterminées lors de l'essai (niveau moyen) et les valeurs de calcul qui en découlent. La résistance au cisaillement a été déterminée selon les équations 2 et 3.

$$\tau_{cm} = 0.3 \cdot \sqrt{f_{cm}}$$

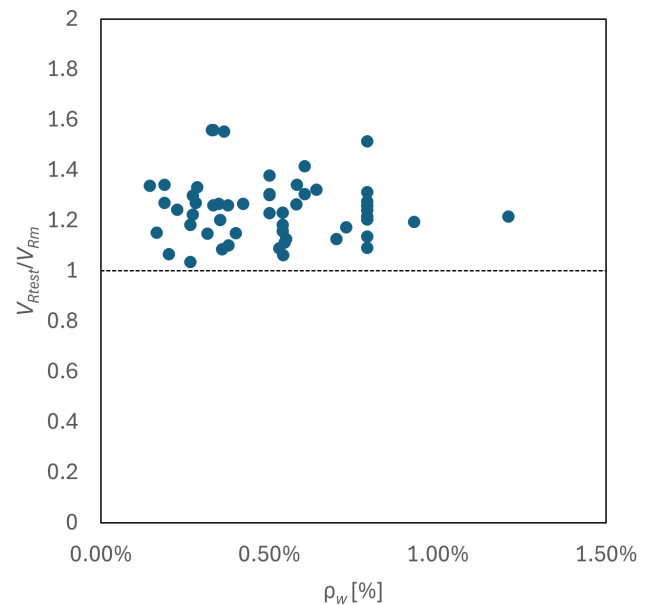
(2)

$$\tau_{cd} = 0.3 \cdot \frac{\sqrt{f_{cm} - 4N/mm^2}}{1.5}$$

(3)

La figure 2 démontre le rapport entre les résistances obtenues lors des essais et les valeurs calculées. En figure 2a, les valeurs calculées sont déterminées au niveau de la moyenne. Il démontre que, malgré l'augmentation du coefficient de système, les résultats calculés se situent du côté de la sécurité ($> 1,0$).

a)



b)

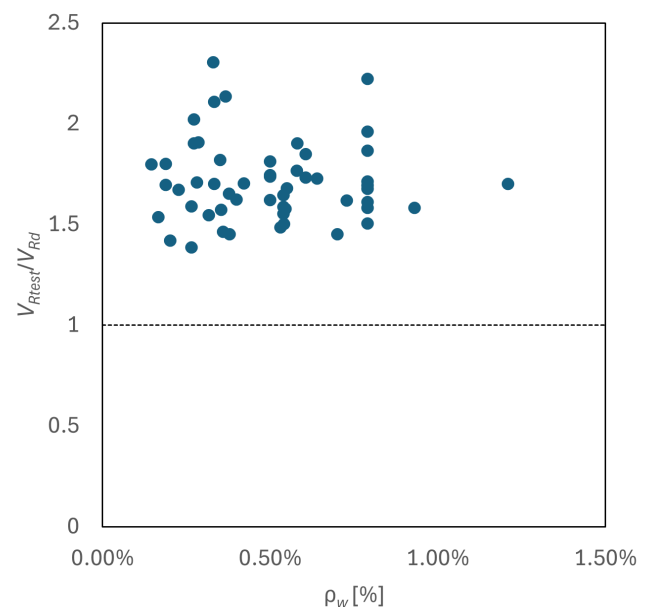


Figure 2: Rapport entre la résistance au poinçonnement mesurée et la résistance au poinçonnement calculée à partir d'essais tirés de la littérature [3-16]; représenté en fonction du taux d'armature de poinçonnement : a) au niveau moyen et b) au niveau de dimensionnement.

Dans Figure 2b, les valeurs calculées sont déterminées au niveau de dimensionnement. Ici aussi, on constate un niveau de sécurité suffisant.

Le tableau 1 donne un aperçu de l'analyse statistique. L'évaluation des 53 essais [3-16] donne au niveau de la moyenne une valeur moyenne de 1.24. Avec un coefficient de variation de 9.9%, on obtient un fractile de 5% de 1.04. Au niveau de dimensionnement, on obtient une valeur moyenne de 1.71 et une valeur minimale de 1.39. Il est donc démontré qu'un niveau de sécurité suffisant peut être atteint malgré l'augmentation des coefficients de système.

Tableau 1 Analyse statistique (toutes les vérifications)

	Niveau m	Niveau d
#	53	53
Valeur moyenne	1.24	1.71
COV	9.9%	11.6%
Fractile à 5%	1.04	1.38
Min	1.04	1.39
Max	1.56	2.31

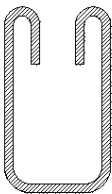
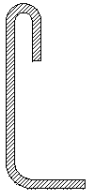
Le tableau 1 contient tous les résultats des essais en tenant compte des trois vérifications de la diagonale de compression du béton, de la rupture à l'intérieur de la zone de poinçonnement armée et de la rupture à l'extérieur de la zone de poinçonnement armée. Si l'on évalue uniquement les essais pour lesquels la vérification de la diagonale de compression du béton est déterminante pour le dimensionnement, on obtient une valeur moyenne de 1.18 pour les 10 essais à prendre en compte au niveau de la valeur moyenne. Comme le coefficient de variation diminue également à 5.4%, le fractile de 5% passe à 1.07. Au niveau du dimensionnement, la valeur moyenne est de 1.61 et la valeur minimale de 1.49. Il est ainsi également prouvé qu'un niveau de sécurité suffisant est atteint avec la seule considération des bielles de compression du béton.

Tableau 2 Analyse statistique pour les bielles de compression du béton

	Niveau m	Niveau d
#	10	8
Valeur moyenne	1.18	1.61
COV	5.4%	5.2%
Fractile à 5%	1.07	1.47
Min	1.09	1.49
Max	1.28	1.70

Comme nous l'avons déjà mentionné, cette évaluation comprend des étriers de poinçonnement très différents. Si l'on sélectionne les essais avec des formes d'étriers similaires à celles de GRAVIDUR PAN, qui ont en outre démontré une rupture de la bielle de compression du béton, on constate que ces résultats se situent justement dans la moyenne.

Tableau 3 Valeurs caractéristiques des essais avec étrier similaires à GRAVIDUR PAN

EM1 [9]	PB3 [7]
	
$V_{R, test} = 1213 \text{ kN}$	$V_{R, test} = 1697 \text{ kN}$
$V_{Rm, calc} = 997 \text{ kN}$	$V_{Rm, calc} = 1367 \text{ kN}$
$V_{Rd, calc} = 713 \text{ kN}$	$V_{Rd, calc} = 1011 \text{ kN}$
$V_{R, test} / V_{Rm, calc} = 1.22$	$V_{R, test} / V_{Rm, calc} = 1.24$
$V_{R, test} / V_{Rd, calc} = 1.70$	$V_{R, test} / V_{Rd, calc} = 1.68$

Les paniers d'étrier comme le GRAVIDUR PAN n'atteignent pas des coefficients de système aussi élevés que les ancrages à double tête. Néanmoins, un coefficient de système plus élevé de $k_{sys} = 2,5$ est justifié par rapport à la norme 262:2025, car il peut être vérifié sur la base d'une évaluation expérimentale qu'un niveau de sécurité suffisant est atteint. Par rapport aux ancrages à double tête, les paniers d'étrier se distinguent toutefois par mise en œuvre simple et fiable sur le chantier. Voilà pourquoi ils correspondent à la philosophie de GRAVIS et pourquoi le GRAVIDUR PAN est disponible chez GRAVIS.

Littérature

- [1] Chana, P. S., Punching shear in concrete slabs, The Structural Engineer, Vol 69, No 15/6, 1991, pp. 282-285.
- [2] SIA 262:2025, Construction en béton, Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2025, 116 pp.
- [3] Andersson, J. L., Punching of Concrete Slabs with Shear Reinforcement, Transactions of the Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 1963.
- [4] Beutel, R., Durchstanzen schubbewehrter Flachdecken im Bereich von Innenstützen, thèse de doctorat RWTH Aachen, 2003, 267 pp.
- [5] Chana, P. S., Desai, S. B., Design of shear reinforcement against punching, The Structural Engineering, Vol. 70, 1992, pp. 159-164.
- [6] Chana, P. S., A prefabricated shear reinforcement system for flat slabs, Proceedings of the Institution of Civil Engineers : Structures and Buildings, Vol. 99, 1993, pp. 345-358.
- [7] Einpaul, J., Brantschen F., Fernández Ruiz, M., Muttoni, A., Performance of Punching Shear Reinforcement under Gravity Loading : Influence of Type of Detailing, ACI Structural Journal, V. 113, No. 4, 2016, pp. 827-838.
- [8] Elstner, R. C., Hognestad, E., Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs, ACI Materials Journal, Vol. 53-2, 1956, pp. 29-58.
- [9] Hegger, J., Häusler, F., Ricker, M., Zur maximalen Durchstanztragfähigkeit von Flachdecken, Beton - und Stahlbetonbau, Vol. 102, 2007, pp. 770-777.
- [10] Ladner, M., Untersuchungsbericht Durchstanzversuche an Flachdeckenausschnitten, 1998 38 pp.
- [11] Lips, S., Fernández Ruiz, M., Muttoni, A., Experimental Investigation on Punching Strength and Deformation Capacity of Shear-Reinforced Slabs, ACI Structural Journal, V. 109, No. 6, 2012, pp. 889-900.
- [12] Marti, P., Pralong, J., Thürlimann, B., Schubversuche an Stahlbeton-Dalle, Institut für Baustatik und Konstruktion, Nr. 7305-2, 1977, 123 pp.
- [13] Regan, P. E. Samadian, F., Shear Reinforcement against punching in reinforced concrete flat slabs, The Structural Engineer, 2001, pp. 24-31.
- [14] Seible, F., Ghali, A., Dilger, W. H., Preassembled shear reinforcing units for flat plates, ACI Journal, Proceedings 77, No. 1, 1980, pp. 28-35.
- [15] Tolf, P., Plattjocklekens inverkan på betongplattors hållfasthet vid genomstansning. Försök med cikulära plattor, Royal Institute of Technology, Dep. of Structural Mechanics and Engineering, Bulletin 146, 1988, 64 pp.
- [16] Vollum, R. L., Abdel-Fattah, T., Eder, M., Elghazouli, A.Y., Design of ACI-type punching shear reinforcement to Eurocode 2, Magazine of Concrete Research, 62-01, 2010, pp. 3-16.



GRAVIS AG
Birchstrasse 17, 3186 Düringen



+41 26 492 30 10



info@gravis.ch



www.gravis.ch

