

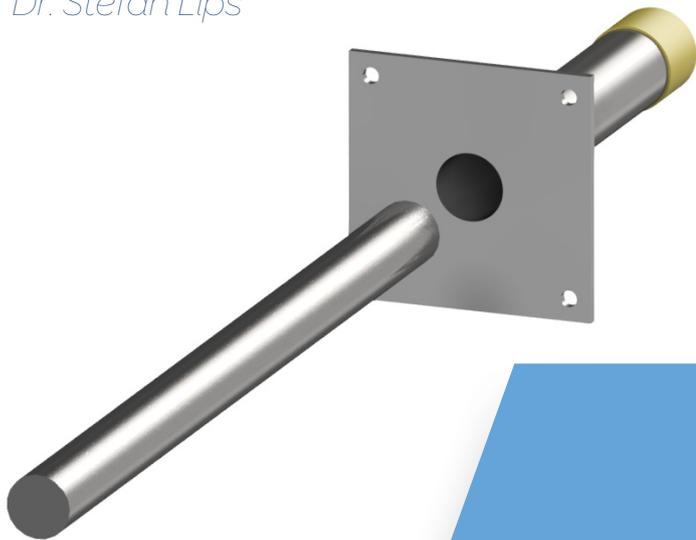
# GRAVIS

amazing strength

## GRAVIS Domaine de connaissances

Cahier 2 : Goujon de transmission des efforts tranchants

*Dr. Stefan Lips*



# Contenu

|  |    |
|--|----|
| Histoire.....  | 3  |
| Matériaux.....   | 5  |
| Utilisations.....  | 5  |
| Dimensionnement des dalles en béton armé.....                        | 6  |
| <i>Armature de suspension.....</i>                                   | 7  |
| <i>Ouverture de joint.....</i>                                       | 7  |
| <i>Epaisseur des dalles.....</i>                                     | 8  |
| <i>Longueur d'encastrement.....</i>                                  | 8  |
| <i>Aptitude au service.....</i>                                      | 9  |
| Dimensionnement des poutres en béton armé.....                       | 9  |
| Dispositions constructives.....                                      | 10 |
| <i>Epaisseur minimale des dalles.....</i>                            | 10 |
| <i>Distance entre les goujons pour les dalles en béton armé.....</i> | 11 |
| <i>Espacement des goujons pour les poutres en béton armé.....</i>    | 12 |
| Notations.....   | 13 |
| Littérature.....   | 13 |

# Histoire

Les premières utilisations des goujons de transmission des efforts tranchants ont eu lieu dans les joints de dilatation des routes en béton. L'histoire des routes en béton remonte au milieu du 19e siècle, la première route en béton a été construite en 1865 à Inverness, en Écosse. Alors qu'en Europe, la construction de routes en béton ne s'est développée qu'aux alentours des années 1930, de nombreux kilomètres de routes en béton ont été construits aux États-Unis dès le début du 20e siècle.

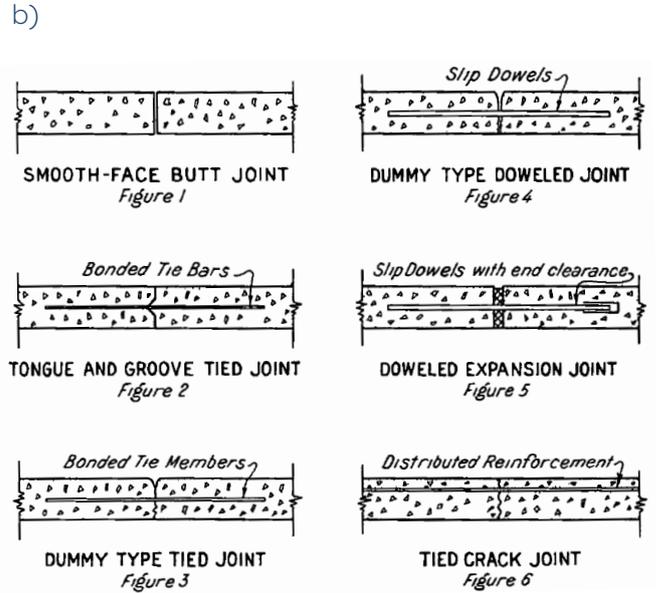
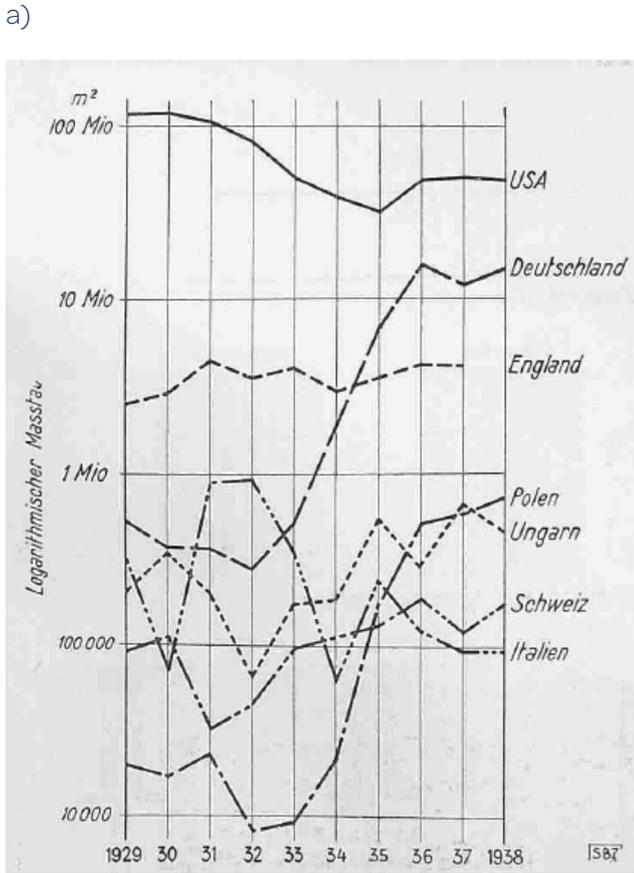


Image 1a) Développement des routes en béton dans les années 1930 (Schnebli, 1945) et b) Formation des joints des routes en béton (Bradbury, 1933).

Lors de la construction de dalles de chaussée en béton, la question de la formation des joints pour une fissuration contrôlée s'est également posée. En 1917/18, les États-Unis ont utilisé pour la première fois des goujons pour la transmission des forces transversales dans les joints. Dans ce contexte, il n'est pas étonnant que les premières approches de dimensionnement de ces goujons aient été développées aux États-Unis. Friberg a publié en 1938 et 1940 des bases de dimensionnement pour les goujons de transmission des efforts tranchants dans les joints transversaux des routes en béton. Se basant sur la publication de Timoshenko et Lessels, Friberg décrit la répartition des contraintes et la déformation d'un goujon transversal noyé dans le béton.

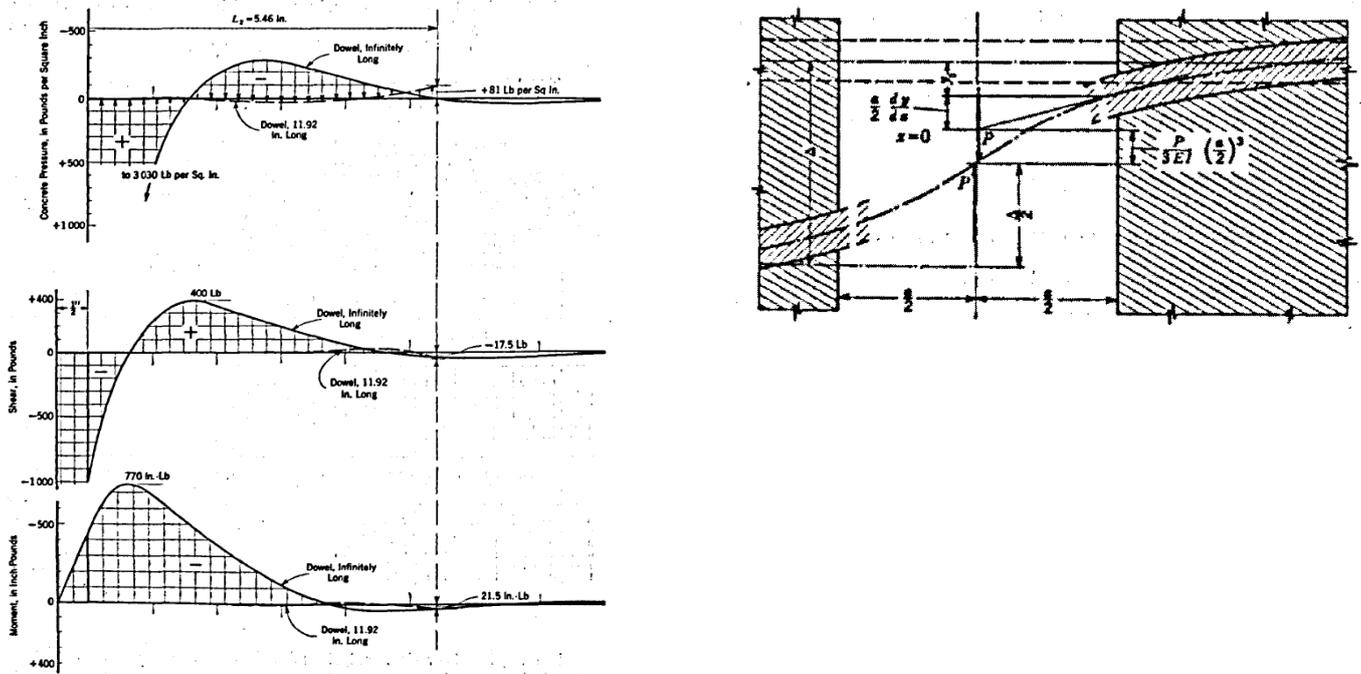


Image 2: Courbe des efforts tranchants et déformations le long d'un goujon d'effort tranchant de Friberg 1940

Une approche simplifiée a été publiée en 1983 dans le cahier 346 du Deutscher Ausschuss für Stahlbetonbau (Comité allemand de la construction en béton armé), car le modèle de dimensionnement de Friberg était considéré comme insatisfaisant en raison du coefficient de réaction à déterminer. L'approche simplifiée proposée se base sur un système statique équivalent dans lequel les extrémités des goujons noyées dans le béton sont considérées comme complètement encastrées. Le point d'encastrement a été fixé à une distance de 0.5 diamètre du goujon depuis le bord du béton. Bien que cette approche soit nettement inférieure au travail de Friberg d'un point de vue technique, cette formule s'est imposée en Allemagne, peut-être en raison de sa simplicité. Près de 40 ans plus tard, malgré l'évolution des outils techniques, cette approche simplifiée est également utilisée dans le document d'évaluation européen ou le rapport technique pour les goujons de cisaillement.

Outre la rupture du goujon, l'introduction des forces dans la dalle en béton armé joue également un rôle. Pour cela, une armature de suspension est disposée sur le bord, qui reprend l'effort tranchant sur le bord et l'introduit dans le goujon. Le développement pour le dimensionnement de cette armature de suspension remonte à une publication d'Eligehausen et al. de 1992. La rupture du béton des ancrages sollicités en traction dans le béton y a été étudiée. L'ancrage est considéré en tenant compte de l'effet du crochet de l'étrier et de l'effet d'adhérence jusqu'au cône de rupture théorique. Cette approche a finalement été utilisée pour les goujons de transmission des efforts tranchants. Elle présente toutefois deux inconvénients ; comme la longueur de l'étrier jusqu'à la fissure théorique est prise en compte dans le dimensionnement, l'approche de dimensionnement est sensible à la disposition des étriers. La modification de la position des étriers de l'ordre du mm peuvent avoir une influence importante sur la résistance ultime calculée. En outre, la longueur d'ancrage et l'effet du crochet ne sont considérés que d'un seul côté. Ceci est approprié pour une utilisation initiale sur des bords en béton, car on ne considère qu'une surface de béton d'un seul côté. Lors de l'utilisation de goujons de transmission des efforts tranchants dans des dalles en béton armé, la longueur d'ancrage et l'effet du crochet doivent être considérés de chaque côté. Cependant, cela impliquerait que les étriers les plus efficaces sont ceux qui sont coupés par le centre du cône de rupture théorique. Cela contredirait la théorie usuelle selon laquelle les étriers les plus proches du goujon de transmission des efforts tranchants présentent la plus grande efficacité. Lors de l'élaboration de l'évaluation technique européenne ou du rapport technique, ce fait n'a pas été pris en considération, de sorte que, comme le montre la figure 3b, la longueur d'ancrage n'est appliquée que d'un seul côté - en bas de la figure. Du point de vue statique, cela est cependant peu judicieux, car la force présente dans l'étrier doit être ancrée des deux côtés. Compte tenu de ces deux inconvénients, il est recommandé de la dimensionner en partant du taux d'armature.

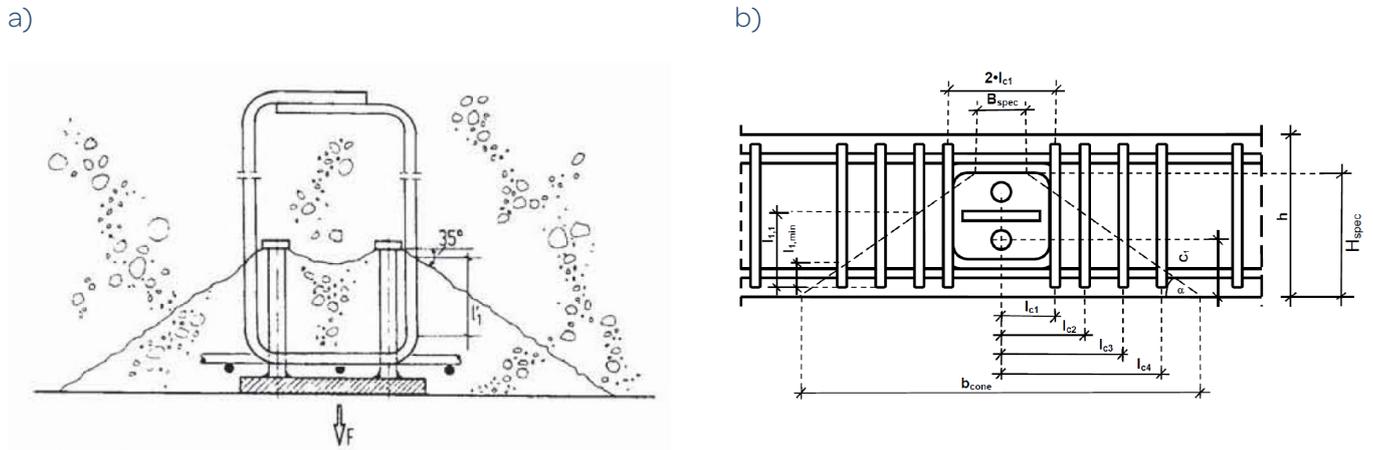


Image 3: Observation de : a) l'étrier d'ancrage de Eligehausen et al. (1992) et b) l'armature de suspension de EOTA TR 065 (2019)

En Suisse, l'utilisation de goujons dans les joints de dilatation dans le bâtiment a commencé dans les années 70. On utilisait de simples goujons en acier rond, mais aussi des goujons de transmission des efforts tranchants développés récemment avec des éléments d'ancrage supplémentaires en béton. Une autre évolution a eu lieu à la fin du 20e siècle avec les goujons de transmission des efforts tranchants pour charges élevées. Grâce à un élément d'ancrage en acier inoxydable, ces derniers permettaient une meilleure transmission des forces dans les dalles en béton armé, de sorte qu'il était possible de transmettre des charges importantes même pour des dalles en béton armé de faible épaisseur. Les futures avancées en matière de développement ne peuvent être attendues que par une meilleure compréhension et une optimisation des constructions existantes ou par l'utilisation de nouveaux matériaux.

## Matériaux

Les goujons de transmission des efforts tranchants dans les joints de dilatation sont en principe en acier inoxydable à cause de leur exposition. Selon le domaine d'application, il convient de choisir une classe de résistance à la corrosion III ou IV. Pour en savoir plus sur les exigences et le choix des aciers inoxydables, consultez GRAVIS domaine de connaissances, Cahier 1 "l'acier inoxydable dans la construction".

## Utilisations

Dans les éléments de construction en béton armé, des joints de dilatation sont prévus afin d'éviter la formation de fissures non maîtrisées. Ces joints de dilatation permettent la déformation de l'élément de construction suite au retrait, au fluage, aux changements de température ou aux tassements différentiels. Les goujons de transmission des efforts tranchants sont utilisés pour transmettre les efforts tranchants dans les joints de dilatation et pour assurer la compatibilité des déformations des éléments à assembler. Ceux-ci assurent la transmission des forces, permettent le mouvement des éléments de construction et sont faciles à concevoir. C'est pourquoi ils ont été utilisés au cours des dernières décennies dans différents éléments de construction en béton armé tels que les dalles, les poutres, les murs ou les murs de soutènement.

Pour l'utilisation, il existe en principe deux types de gaines, celles qui ne permettent que des déformations uniaxiales dans le sens longitudinal et celles qui permettent également des déplacements latéraux par rapport à l'axe du goujon. Les joints en Z en sont un exemple, dans lesquels il y a des zones où les déplacements peuvent se produire latéralement par rapport aux goujons de transmission des efforts tranchants. La figure 4a illustre ce type de situation où, dans la zone 1, il n'y a que des déplacements le long de l'axe du goujon et, dans la zone 2, des déplacements latéraux par rapport aux goujons. Il convient donc de disposer des gaines avec déplacement latéral au moins dans la zone 2. De même, lorsque les joints sont très longs, des déformations peuvent se produire dans le sens transversal du joint, car la dalle en béton armé se déforme dans les deux sens (figure 4b). Il convient alors de choisir un point fixe avec des gaines avec déplacement uniaxial (zone 1). Pour les autres zones, il convient de choisir des gaines avec déplacement latéral (zone 2).

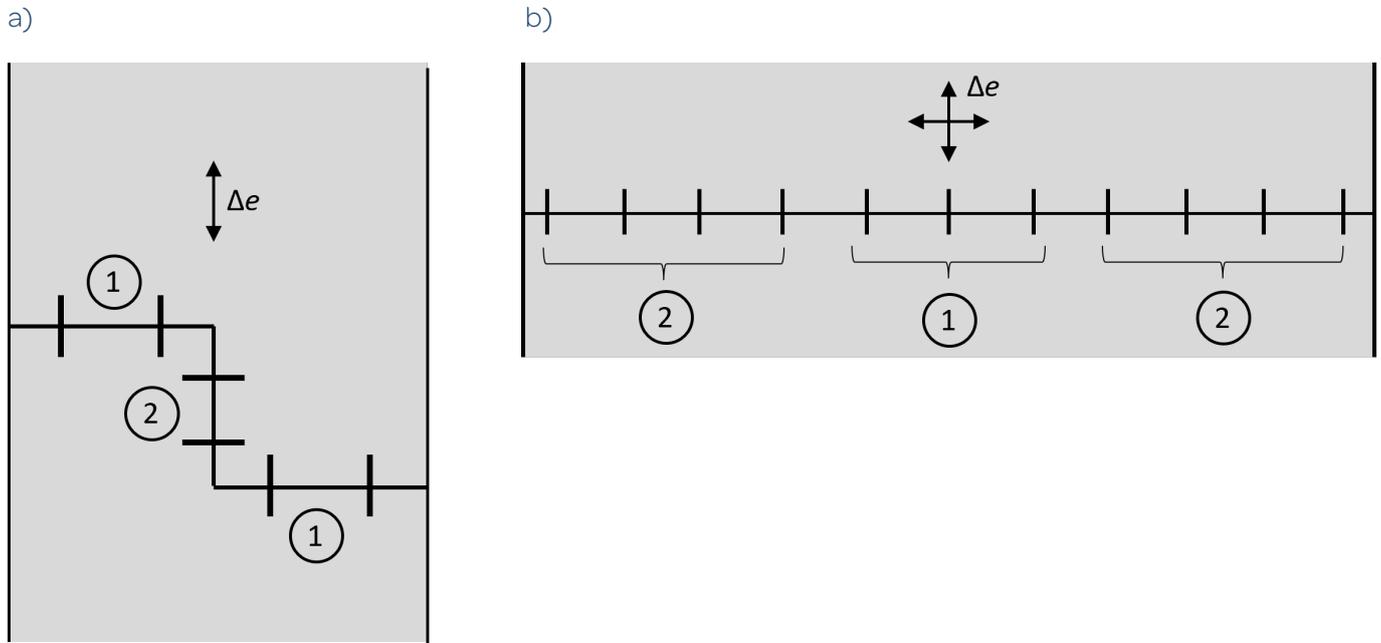


Figure 4 : Mouvements le long du joint

## Dimensionnement des dalles en béton armé

La résistance ultime des goujons de transmission des efforts tranchants est obtenue en considérant les critères de rupture suivants :

- Rupture du goujon
- Rupture du bord en béton
- Rupture de la bielle de compression du béton

La résistance à la rupture de l'acier peut être démontrée en tenant compte de l'appui élastique du goujon de transmission des efforts tranchants et de l'ouverture de joint.

La rupture du bord en béton est évitée par une armature de suspension suffisamment grande.

La liaison et l'effet du crochet de l'étrier sont pris en compte.

La bielle de compression du béton au niveau de la zone de transmission des forces entre le goujon de transmission des efforts tranchants et l'armature de suspension est vérifiée conformément à la norme SIA 262:2013.

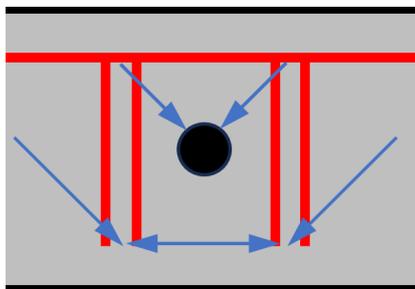


Image 5: Courbe des forces le long du bord du béton

## Armature de suspension

Lors du dimensionnement de l'armature de suspension, il faut tenir compte de sa position. Cependant, afin de garantir une mise en œuvre sûre sur le chantier, il est conseillé de prévoir des tolérances suffisantes lors du calcul. Les valeurs indiquées dans les documentations techniques de GRAVITEC sont calculées avec une approche conservatrice, ce qui conduit dans certains cas à un peu plus d'armature de suspension que d'autres modèles de dimensionnement, mais permet également de plus grandes tolérances de mise en œuvre. Les étriers suivent une pose normalisée. Le premier étrier est placé à 20 mm du bord du goujon. Le 2e étrier est placé à 20 mm de l'axe du 1er étrier et chaque étrier suivant est placé à 50 mm de l'axe. La tolérance de mise en œuvre dépend de l'épaisseur de la dalle et est de +/- h/15 mm.

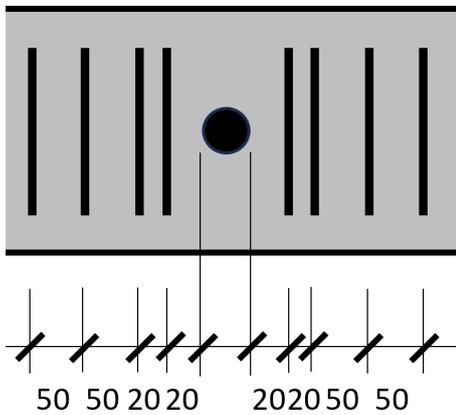


Figure 6 : Disposition de l'armature de suspension

Ces armatures de suspension doivent être suffisamment ancrées. Pour cela, les longueurs d'ancrage de la norme SIA 262:2013 doivent être respectées.

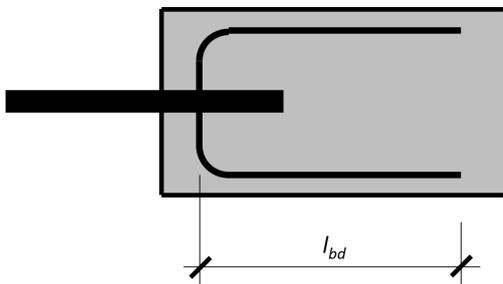


Figure 7 : Ancrage de l'armature de suspension

$$l_{bd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{f_{sd}}{f_{bd}} \geq 25\varnothing \quad (1)$$

Pour B500, on peut supposer de manière simplifiée  $l_{bd} = 50\varnothing$ .

## Ouverture de joint

L'ouverture de joint est un paramètre essentiel pour le dimensionnement des goujons de transmission des efforts tranchants. L'ouverture de joint maximale est toujours déterminante. C'est pourquoi, lors du dimensionnement, la part de mouvement  $\Delta_e$  résultant du retrait, du fluage, des différences de température et des tassements différentiels doit être prise en compte en plus de l'ouverture de joint exécutée  $e_0$ .

Comme la part de mouvement ne peut généralement pas être déterminée avec précision, il convient de prévoir une marge de sécurité suffisante. Il est donc recommandé de prendre en compte un facteur de sécurité de 1.4 lors de la détermination de cette valeur.

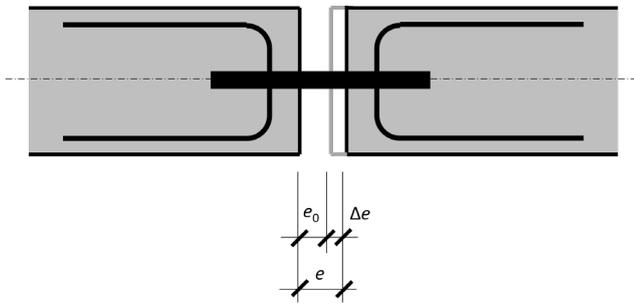


Figure 8 : Ouverture du joint

### Épaisseur des dalles

La résistance des goujons de transmission des efforts tranchants dépend de l'épaisseur de la dalle. Les épaisseurs de dalles présentées dans les tableaux de charge se réfèrent à un enrobage d'armature de 20 mm et à une installation centrée en hauteur du goujon de transmission des efforts tranchants. En cas d'enrobage d'armature plus important, l'épaisseur de dalle doit être augmentée en conséquence.

$$h_{eff} = h_{c=20} - 40 \text{ mm} + 2 \cdot c_{nom} \quad (2)$$

où  $h_{c=20}$  est l'épaisseur de la dalle indiquée dans la documentation technique et  $c_{nom}$  est l'enrobage d'armature existant.

Si le goujon de transmission des efforts tranchants n'est pas installé au centre de la hauteur de dalle, l'épaisseur de dalle doit être choisie en fonction de la distance réduite par rapport à la surface de la dalle (figure 9a). Si la direction de la sollicitation par l'effort tranchant est clairement donnée, l'épaisseur de dalle peut être déterminée en conséquence (figure 9b).

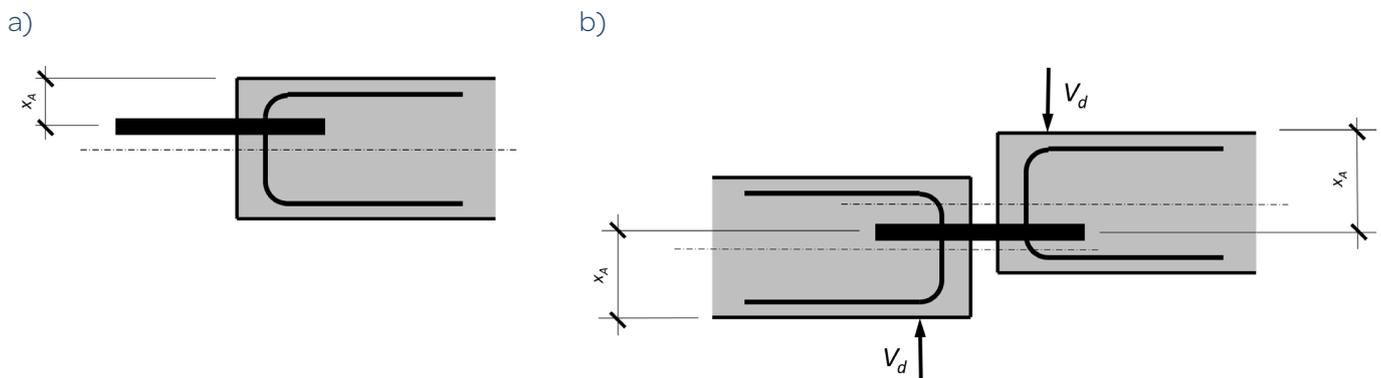


Figure 9 : Prise en compte de l'épaisseur de la dalle pour les goujons transversaux installés de manière non centrée pour a) sans courbe de force définie et b) avec courbe de force définie

L'épaisseur de la dalle à prendre en compte dans le tableau de résistance ultime résulte de :

$$h = 2 \cdot x_A \quad (3)$$

### Longueur d'encastrement

Afin d'assurer la transmission des forces dans le béton et d'obtenir un effet d'encastrement du goujon suffisamment important, une longueur d'encastrement minimale est nécessaire. Pour les goujons simples, cette longueur est égale à 6,5 fois le diamètre du goujon. Pour un diamètre de goujon de 20 mm, cela correspond à une longueur de 130 mm. Pour les systèmes de goujons avec corps d'introduction de la

charge, cette valeur peut être réduite, mais cela doit être démontré expérimentalement. En règle générale, une augmentation de la longueur d'encastrement n'a aucune influence sur la valeur de calcul de la résistance ultime. Des goujons ou des gaines plus longs n'apportent donc aucune valeur ajoutée.

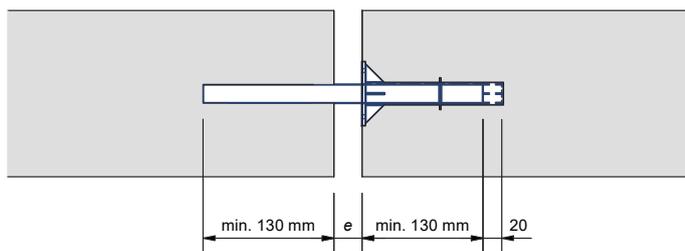


Figure 10 : Exemple de longueur d'encastrement d'un goujon simple de 20 mm de diamètre.

### Aptitude au service

Alors que les déformations sont faibles pour les petites ouvertures de joint, la déformation verticale à l'intérieur du joint peut être déterminante pour les ouvertures de joint plus importantes. Les résistances indiquées dans les documentations techniques de GRAVIS sont conçues de manière à ce que la déformation verticale entre les éléments de construction contigus soit inférieure à 2 mm en état de service.

Pour garantir la possibilité de déplacement en état de service, il faut veiller à une installation soignée. La plaque à clouer de la gaine doit être solidement fixée à la surface du coffrage. En présence de plusieurs goujons de transmission des efforts tranchants, il faut veiller à ce que ceux-ci soient installés parallèlement, de manière à ce qu'un déplacement puisse avoir lieu sans contrainte. En particulier en cas de mouvements importants dus à la température, il faut tenir compte du fait que des rotations importantes des dalles peuvent influencer la possibilité de déplacement des goujons de transmission des efforts tranchants. C'est notamment le cas pour les éléments de façade combinés à des dalles en béton armé unidirectionnelle.

## Dimensionnement des poutres en béton armé

Pour le raccordement de poutres en béton armé, d'autres modèles s'appliquent que pour le raccordement de dalles en béton armé. Dans le cas des poutres en béton armé, il ne faut pas s'attendre à une rupture du bord du béton, mais l'extrémité de la poutre doit être armée en fonction de la répartition des forces, en particulier lorsque plusieurs rangées de goujons sont superposées.

La figure 11 montre la répartition des forces dans la zone de transmission des forces. Les efforts tranchants provenant de la poutre doivent être dirigés vers la partie supérieure du balcon ( $Z_w$ ). Les forces sont transmises à l'avant de la poutre au moyen de bielle de compression du béton. Des forces de traction horizontales dans le sens de la poutre ( $Z_D$ ) et des forces de traction verticales le long du front de la poutre ( $Z_v$ ) en résultent. Ces forces de traction s'appuient sur les goujons de transmission des efforts tranchants, ce qui entraîne des efforts horizontaux ( $Z_h$ ).

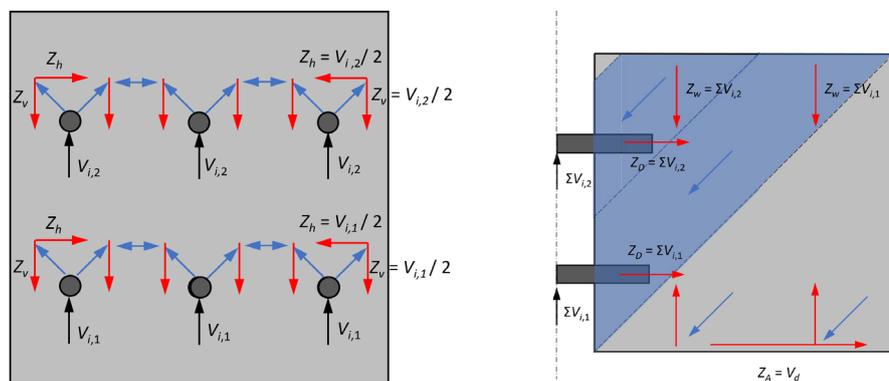


Image 11: évolution de la force dans la zone d'application de la force

Sur la base de la répartition des forces décrite ci-dessus, l'armature peut être dimensionnée en conséquence.

- La position 1 doit être située dans la zone des bielles de compression du béton représentées en bleu sur la Figure 11. La totalité de l'effort tranchant  $V_d$  doit être suspendue, ce qui conduit à une surface d'armature de  $A_{S1} = V_d / f_{sd}$ .
- La position 2 reprend les forces de traction horizontales  $Z_D$  dans la direction de l'axe longitudinal de la poutre. Cette surface d'armature dépend de l'effort de chaque goujon. Par goujon d'effort tranchant, on obtient une surface de section  $A_{S2} = V_{di,j} / f_{sd}$ .
- La position 3 s'étend sur toute la hauteur de la poutre et reprend les forces verticales  $Z_v$ . Cette armature doit reprendre l'effort total d'une rangée de goujons horizontale. Il en résulte donc, pour chaque rangée verticale de goujons, une surface de section  $A_{S3} = V_{di,1} / f_{sd}$ . Celle-ci doit être disposée pour moitié à gauche et pour moitié à droite de la rangée verticale de goujons.
- La position 4 reprend l'effort horizontal pour chaque rangée horizontale de goujons. Cette force correspond à la moitié de la force des goujons. Ainsi, une surface de section de  $A_{S2} = 0.5 V_{di,j} / f_{sd}$  est nécessaire par rangée de goujons.

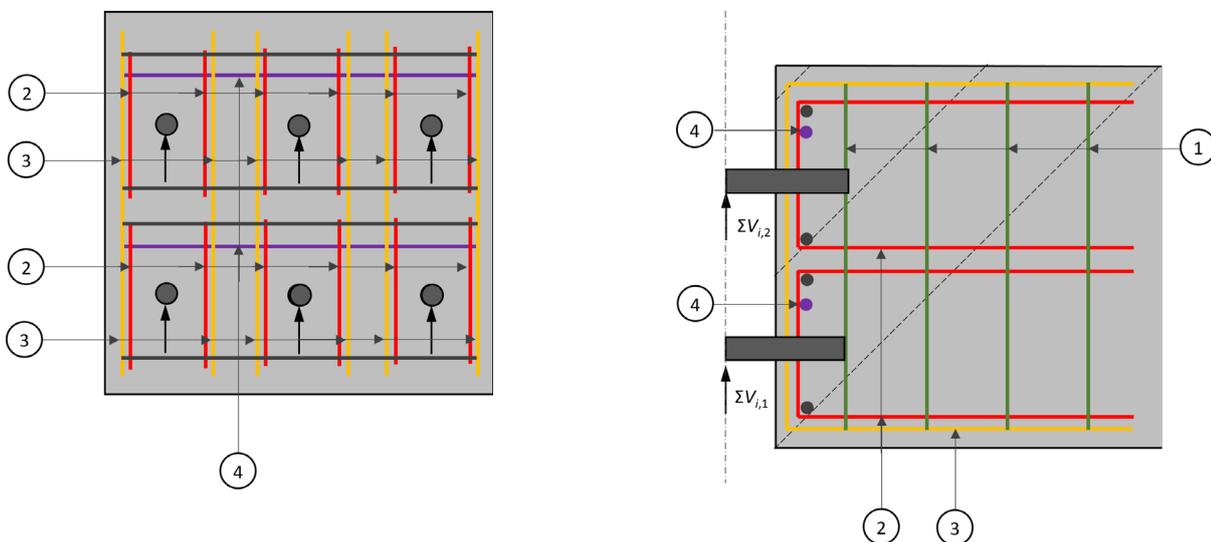


Image 12: exemple d'armature pour la zone d'application des forces

Outre la disposition des armatures, la résistance de la bielle de compression du béton doit également être vérifiée.

$$V_{Rd,c} = 0.275 \cdot b_w \cdot h_w \cdot f_{cd} \quad (4)$$

où  $b_w$  est la largeur de la poutre,  $h_w$  est la hauteur de la bielle de compression du béton (voir image 11) et  $f_{cd}$  est la valeur de calcul de la résistance à la compression du béton.

## Dispositions constructives

### Épaisseur minimale des dalles

Pour garantir l'introduction des forces dans la dalle en béton armé, l'épaisseur minimale de la dalle doit être respectée. Les épaisseurs de dalles minimales sont indiquées dans la documentation technique. Toutefois, les mêmes conditions s'appliquent à l'épaisseur de dalle minimale qu'au choix de l'épaisseur de dalle pour le dimensionnement (image 9).

## Distance entre les goujons pour les dalles en béton armé

Afin d'atteindre les résistances ultimes indiquées dans les documents techniques, les distances minimales entre les goujons doivent être respectées pour les dalles en béton armé. L'effort tranchant à transmettre ne doit pas dépasser la résistance de la dalle en béton armé. Pour les dalles en béton armé sans armature d'effort tranchant, il convient donc de respecter des distances minimales entre les goujons ou de réduire les résistances ultimes indiquées.

La valeur de calcul de l'effort tranchant, obtenue en divisant la force du goujon par la distance entre les goujons, ne doit pas dépasser la résistance à l'effort tranchant de la dalle en béton armé.

$$V_d = \frac{F_d}{a_D} \leq V_{Rd} \quad (5)$$

Ceci peut être reformulé de manière à ce que la distance minimale entre les mandrins résulte de la relation suivante :

$$a_{D,min} = \frac{F_d}{V_{Rd}} \quad (6)$$

La résistance à l'effort tranchant peut être déterminée selon la norme SIA 262:2013.

$$V_{Rd} = k_d \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \quad (7)$$

avec

$$k_d = \frac{1}{1 + \varepsilon_v \cdot d \cdot k_g} \quad (8)$$

avec

$$\varepsilon_v = \frac{f_{sd}}{E_s} \cdot \frac{m_d}{m_{Rd}} \quad (9)$$

et

$$k_g = \frac{48}{(16 + D_{max})} \quad (10)$$

La valeur de calcul du moment est égal à zéro au milieu du joint. Dans la coupe de contrôle, à une distance  $d/2$  du bord de la dalle, l'effet de flexion peut donc être calculé à l'aide de l'ouverture du joint et de la hauteur statique  $v$ .

$$m_d = v_d \cdot (e + d)/2 \quad (11)$$

En ce qui concerne la distance entre les goujons, il faut également vérifier que les cônes de rupture de deux goujons de transmission des efforts tranchants voisins, supposés dans le modèle de dimensionnement, ne se chevauchent pas. La largeur du cône de rupture nominale se calcule par la formule suivante :

$$b_c = 1.5 \cdot h_{min} \quad (12)$$

où  $h_{min}$  est l'épaisseur minimale de la dalle spécifiée pour le type de goujon.

Si cette valeur n'est pas atteinte, il est possible de transmettre au maximum la force transversale suivante :

$$V_{Rd, max} = V_{Rd(e=10mm)} \cdot \alpha_D / (1.5 h_{min}) \quad (13)$$

où  $V_{Rd(e=10mm)}$  est la valeur de calcul de la résistance ultime du goujon d'effort tranchant pour l'épaisseur de dalle existante avec une ouverture de joint de 10 mm.

Par analogie, ceci s'applique aux distances aux bords de dalle si la distance au bord de la dalle  $\alpha_R < 0,75 h_{min}$  :

$$V_{Rd, max} = V_{Rd(e=10mm)} \cdot \alpha_R / (0.75 h_{min}) \quad (14)$$

où  $V_{Rd(e=10mm)}$  est la valeur de calcul de la résistance ultime du goujon d'effort tranchant pour l'épaisseur de plaque existante avec une ouverture de joint de 10 mm.

### Espacement des goujons pour les poutres en béton armé

Pour une transmission optimale des forces, les poutres en béton armé doivent respecter des distances minimales entre les goujons dans le sens vertical et horizontal. Dans les deux directions, les distances minimales entre les goujons de transmission des efforts tranchants correspondent à l'épaisseur de dalle minimale  $h_{min}$  correspondant à chaque modèle de goujon, indiquée dans la documentation technique. Les distances minimales par rapport aux bords correspondent à la moitié de l'épaisseur de dalle minimale.

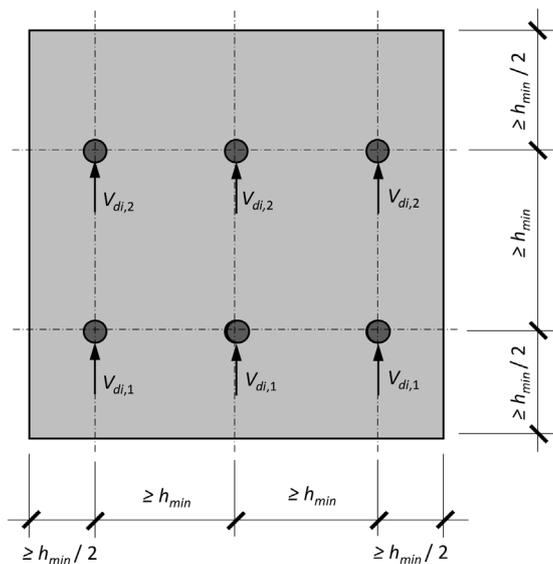


Figure 13 : distances minimales pour les poutres en béton armé

## Notations

|              |   |
|--------------|---|
| $a_D$        | Entraxe des goujons de transmission des efforts tranchants                |
| $a_{D,min}$  | Distance minimale entre les goujons                                       |
| $a_R$        | Distance entre l'axe du goujon et le bord de la dalle                     |
| $A_s$        | Surface de la section d'armature  |
| $b_c$        | Largeur du cône de rupture théorique                                      |
| $c_{nom}$    | Enrobage de l'armature  |
| $d$          | Hauteur statique  |
| $D_{max}$    | Diamètre maximal du granulat  |
| $e$          | Ouverture de joint déterminante pour le dimensionnement                   |
| $e_0$        | Ouverture de joint exécutée   |
| $\Delta_e$   | Part de mouvement de l'ouverture de joint                                 |
| $E_s$        | Valeur moyenne du module d'élasticité de l'acier d'armature passive       |
| $\epsilon_v$ | Déformation nominale de l'armature de traction                            |
| $f_{bd}$     | Valeurs de calcul de la contrainte d'adhérence                            |
| $f_{cd}$     | Valeurs de calcul de la résistance à la compression du béton              |
| $F_d$        | Valeurs de calcul de la force du goujon                                   |
| $f_{sd}$     | Valeurs de calcul de la limite d'écoulement de l'acier d'armature passive |
| $h$          | Épaisseur de la dalle   |
| $h_{eff}$    | Épaisseur effective de la dalle   |
| $h_{min}$    | Épaisseur minimale de la dalle  |
| $k_g$        | Coefficient pour la prise en compte du diamètre des granulats             |
| $L$          | Longueur du goujon de transmission des efforts tranchants ou de la gaine  |
| $l_{bd}$     | Longueur d'ancrage  |
| $m_d$        | Valeurs de calcul du moment de flexion                                    |
| $m_{Rd}$     | Valeurs de calcul de la résistance à la flexion par unité de longueur     |
| $T_{cd}$     | Valeurs de calcul de la résistance au cisaillement                        |
| $v_d$        | Valeurs de calcul de l'effort tranchant par unité de longueur             |
| $V_d$        | Valeurs de calcul de l'effort tranchant                                   |
| $x_A$        | Distance entre l'axe du goujon et la surface de la dalle                  |

## Littérature

Bradbury, R. D., Design of Joints in Concrete Pavements, Report of committee of highway design, USA, 1933, pp. 105 – 141

Eligehausen, R., Fuchs, W., Ick, U., Mallée, R., Reuter, M., Schimmelpfennig, M., Schmal, B., Tragverhalten von Kopfbolzenverankerungen bei zentrischer Zugbeanspruchung, Bauingenieur 67, 1992, pp. 183-196

Friberg, B., Load and Deflection Characteristics of Dowels in Transverse Joints of Concrete Pavements, Highway research board proceedings, USA, 1938, pp. 140 – 161

Friberg, B., Design of Dowels in Transverse Joints of Concrete Pavements, American Society of Civil Engineers, Paper No. 2081, USA, 1940, pp. 1076 – 1095

Heft 346, Deutscher Ausschuss für Stahlbetonbau, Berlin, 1983, pp. 151 – 155

SIA 262:2013, Construction en béton, Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 2013, pp.

Schnebli, W. P., Betonstrassen im Ausland, Schweizerische Bauzeitung, Band 125, Zürich, 1945, pp. 191 – 195

Timoshenko, S., Lessels, J. M., Applied Elasticity, Westinghouse Technical Night School Press, East Pittsburgh, 1925, 544 pp.

TR065, Design of structural joints with shear dowels, European Organisation for Technical Assessment EOTA, 2019, 11 pp.

# GRAVIS

amazing strength



GRAVIS AG  
Birchstrasse 17, 3186 Düringen



+41 26 492 30 10



info@gravis.swiss



www.gravis.swiss

