

Sur le procédé

Goujons ELEXI

Famille de produit/Procédé : Goujon pour structure béton

Titulaire(s) : **Société SNAAM**
Internet : st-priest@snaam.fr

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V3	<p>Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 3.1/15-816_V2. Elle intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mise à jour du dossier technique suivant jurisprudence du GS3.1 et évolutions normatives ; 	Etienne PRAT	Roseline BERNARDIN-EZRAN

Descripteur :

Les goujons ELEXI sont des composants structuraux de construction destinés à supprimer les mouvements relatifs entre deux ouvrages adjacents de part et d'autre d'un joint, selon les deux directions perpendiculaires à l'axe du goujon (ou seulement l'une des deux).

Ces composants sont dimensionnés pour supporter et transmettre les efforts naissants du fait de l'empêchement du mouvement relatif entre les ouvrages. Cette capacité à transmettre les sollicitations (efforts tranchants), est assurée par l'intermédiaire d'un acier cylindrique de diamètre (22, 25, 30 ou 40 mm) appelé goujon, réalisé en acier inoxydable ou galvanisé à chaud.

Ce goujon est enfilé dans une douille d'un côté du joint et noyé directement dans le béton du côté opposé. Cette disposition permet la libre dilatation du joint.

Les efforts acheminés par cet acier sont transmis au béton par un ensemble d'armatures de béton armé disposées au voisinage du goujon ; leur façonnage et leur dimensionnement sont appropriées à cette fonction.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	5
1.1.1.	Zone géographique.....	5
1.1.2.	Ouvrages visés	5
1.2.	Appréciation	5
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	5
1.2.2.	Durabilité	6
1.2.3.	Impacts environnementaux	6
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	6
2.	Dossier Technique.....	7
2.1.	Mode de commercialisation.....	7
2.1.1.	Coordonnées	7
2.1.2.	Identification	7
2.2.	Description	7
2.2.1.	Principe.....	7
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	7
2.3.	Disposition de conception	9
2.3.1.	Conditions d'application des valeurs de dimensionnement proposées	9
2.3.2.	Vérifications.....	10
2.4.	Règles de conception et de calcul	11
2.4.1.	Détermination de $V_{Rd,s}$ – Rupture par l'acier du goujon, goujon en acier inoxydable ou en acier galvanisé	12
2.4.2.	Détermination de $V_{Rd,ct}$ - Rupture de la dalle par poinçonnement autour du goujon.....	14
2.4.3.	Détermination de $V_{Rd,ce}$ - Rupture de la dalle ou poutre par formation d'un cône béton	15
2.5.	Disposition de mise en œuvre	17
2.6.	Maintien en service du produit ou procédé.....	17
2.7.	Traitement en fin de vie	17
2.8.	Assistance technique	17
2.9.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	17
2.9.1.	Matériaux.....	17
2.9.2.	Stockage des produits.....	17
2.10.	Applications particulières.....	18
2.10.1.	Goujons dans une dalle de plancher.....	18
2.10.2.	Goujons dans un voile mince.....	19
2.10.3.	Douille dans une pièce massive	19
2.10.4.	Joints avec angle	19
2.10.5.	Protection feu	19
2.10.6.	Goujons en extrémité de poutre	19
2.10.7.	Goujons utilisés en contreventement.....	19
2.11.	Mention des justificatifs	19
2.11.1.	Résultats Expérimentaux	19
2.11.2.	Références chantiers.....	20
2.12.	Annexes du Dossier Technique.....	21
2.12.1.	Codification et géométrie des goujons et des douilles.	21
2.12.2.	Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,s}$	23
2.12.3.	Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,ce}$	26
2.12.4.	Figures du Dossier Technique.....	35
2.12.5.	Plan d'Assurance Qualité pour la mise en œuvre.....	40
2.12.6.	Exemples de fiches d'autocontrôle	42
2.12.7.	Synoptique des vérifications à mener	47

2.12.8.	Exemples de calcul de V_{Rd} , cas d'une dalle	48
2.12.9.	Exemple de calcul V_{Rd} , cas d'une poutre	52

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre II « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet avis est formulé pour l'utilisation du procédé de goujons ELEXI en France métropolitaine, hors bâtiments soumis à exigences parasismiques.

1.1.2. Ouvrages visés

Ouvrages de bâtiment en béton armé, précontraints, coulés in situ ou préfabriqués, sollicités par des charges à caractère principalement statique, comme c'est le cas pour les bâtiments administratifs, commerciaux, scolaires, hospitaliers, d'habitation, de bureaux, parkings pour véhicules légers (30 kN de charge maximale à l'essieu). Les utilisations sous charges résultant d'essieux lourds (130 kN au maximum par essieu) ne peuvent être envisagées qu'en dallage intérieur de bâtiments industriels.

Le présent Avis Technique exclut l'utilisation des goujons ELEXI dans les planchers à base d'éléments préfabriqués précontraints, sauf lorsque ces éléments arrivent au nu du joint.

Le présent Avis Technique exclut le cas de scellement de goujons dans un ouvrage béton existant.

L'utilisation en bâtiments industriels est également admise tant que l'agressivité chimique ambiante peut être considérée comme normale et que les charges non statiques ne sont pas de nature répétitive entretenue pouvant donner lieu à fatigue.

Il est également admis que ce domaine couvre le cas du passage du véhicule des pompiers en raison du caractère exceptionnel de ce type de chargement. Les conditions de calcul relatives à la prise en compte du camion pompier sont précisées par les Prescriptions Techniques.

Compte tenu de la présence inévitable des jeux de montage existant entre le goujon et le fourreau, le présent Avis ne vise pas l'utilisation des goujons ELEXI lorsque l'effort tranchant transmis est susceptible de changer de direction, dans l'ouvrage en service, ou lorsque le jeu peut être nuisible quand les goujons ne sont pas déjà au contact de leur fourreau dans la direction où l'effort sera appliqué. Cela exclut de fait la transmission d'efforts de contreventement par les goujons ELEXI, dans le cadre du présent Avis, sauf pour les modèles pour lesquels le jeu entre goujon et fourreau (ce dernier étant toujours en acier dans le cas où l'utilisation en contreventement est prévue) ne dépasse pas 1 mm, et sous certaines conditions :

- configurations horizontales des structures simples avec des joints linéaires droits ;
- les dispositions des goujons étudiées pour limiter les effets d'étreinte dûs au retrait perpendiculairement à l'axe des goujons ainsi que les effets de pinces dûs aux rotations hors-plan ;
- la reprise des efforts est correctement assurée compte tenu de leur cheminement imposé par les dispositions adoptées.

Les utilisations autres que celles prévues au présent domaine d'emploi sortent du champ du présent Avis.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

Les composants mis en œuvre sont capables d'assurer leur fonction d'interdiction de mouvement relatif des éléments qu'ils relient dans la mesure où les conditions de dimensionnement prévues au CPTP et celles d'exécution, de mise en œuvre et d'autocontrôle prévues dans le Dossier Technique sont respectées. Compte tenu de l'autocontrôle exercé en usine sur la qualité des barres en acier constitutives des goujons, la résistance des composants est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté.

1.2.1.2. Sécurité au feu

Une étude au cas par cas, réalisée par un Laboratoire agréé de résistance au feu, est à entreprendre en situation d'incendie en tenant compte du comportement mécanique de l'assemblage (goujon et armatures de renforts) aux hautes températures, et des éventuelles protections mises en place.

Les actions dues à la température sont déterminées suivant la norme NF EN 1992-1-2 et son annexe nationale française NF EN 1992-1-2/NA. Les joints entre éléments dont la largeur reste inférieure ou égale à 20 mm sont négligés pour le calcul des températures. Les actions mécaniques sont combinées en situation accidentelle, conformément à la norme NF EN 1990 avec son annexe nationale française NF EN 1990/NA.

Lorsqu'il est fait usage de douilles en matière plastique, il sera tenu compte d'un affaissement des éléments supportés égal à l'épaisseur des douilles (de l'ordre de 3 mm) pour la vérification à chaud de ces éléments. En pratique, l'influence de cet affaissement pourra être négligée dans le cas des dalles et ne pourrait se révéler significatif que dans le cas d'éléments supportés très raides, dans le cas des voiles, par exemple.

1.2.1.3. Sécurité du travail sur chantier

La mise en œuvre des composants n'exerce aucune influence spécifique sur la sécurité du personnel de chantier.

1.2.1.4. Conditions de mise en œuvre

Compte tenu de l'influence significative des distances d'enrobage et du positionnement des armatures de renfort, les valeurs d'utilisation du procédé de goujon ELEXI figurant en annexe du présent Avis Technique sont conditionnées par le respect des exigences tel que défini par le titulaire au paragraphe 2.12.5. Ces exigences doivent être acceptées par l'entreprise de pose qui établira un Plan d'Assurance Qualité sur cette base.

1.2.1.5. Aspects sanitaires

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.2. Durabilité

Compte tenu des conditions de fabrication des composants du procédé de goujons ELEXI dans une usine spécialisée et l'auto-contrôle des caractéristiques des matériaux utilisés, portant notamment sur l'acier du goujon, la durabilité des composants est équivalente à celle des produits traditionnels utilisés dans la construction des bâtiments. Ils ne nécessitent aucun entretien spécifique.

1.2.3. Impacts environnementaux

Le traitement de fin de vie est assimilé à celui de produits traditionnels.

Le procédé de goujon ELEXI ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 aout 2015. Pour revendiquer une performance environnementale, le procédé de goujons ELEXI doit faire l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 aout 2015.

Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Les valeurs d'utilisation figurant en annexe du présent Avis Technique sont significativement inférieures à celles qui figuraient dans les Avis Techniques précédents de cette famille de procédé. Cette différence est due à l'adoption d'un nouveau format de justification expérimentale issue de travaux européens. Elle ne remet pas en cause les valeurs antérieures établies selon les formats de justification désormais abandonnés.

Cette nouvelle approche est fondée sur la détermination par le calcul des valeurs de dimensionnement associée à des dispositions constructives, dans le respect des conditions d'application du procédé.

Les valeurs d'utilisation figurant en annexe du présent Avis Technique sont conditionnées par le respect du Plan d'Assurance Qualité établi par l'entreprise sur les bases des exigences établies par la société SNAAM listées au paragraphe 2.12.5 en annexe, portant notamment sur le respect du positionnement des armatures de renforts.

Le dimensionnement du procédé de goujon ELEXI est limité à une ouverture de joint de calcul égale à 35mm au maximum. Pour une largeur de joint supérieure une solution alternative devra être envisagée.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : Société SNAAM

Distributeur : Société SNAAM

2.1.2. Identification

Chaque douille du procédé de goujon ELEXI est identifiée par une étiquette autocollante indiquant la dénomination commerciale et le diamètre du goujon de telle sorte que la vérification de la compatibilité des goujons avec les douilles peut être effectuée à tout moment.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les composants du procédé goujons ELEXI sont dimensionnés pour supporter et transmettre les efforts naissants du fait de l'empêchement du mouvement relatif entre les ouvrages. Cette capacité à transmettre les sollicitations d'efforts tranchants, est assurée par l'intermédiaire d'un élément cylindrique en acier de diamètre 22 à 40mm appelé goujon, fabriqué en acier inoxydable ou en acier galvanisé à chaud.

Le procédé de goujons ELEXI est un procédé destiné à la réalisation de joints de dilatation dans les ouvrages en béton armé. Il peut reprendre des efforts verticaux et supprimer les mouvements relatifs entre deux ouvrages adjacents de part et d'autre d'un joint selon les deux directions perpendiculaires à l'axe du goujon, ou seulement l'une des deux, tout en autorisant les mouvements des ouvrages dans certaines directions, en fonction du type de douille associée au goujon.

Ce système a été conçu dans le but de se substituer aux solutions traditionnelles de transfert de charges. Des exemples d'application sont donnés à la fin du présent dossier : joints de dilatation, double ossature, corbeaux, éléments préfabriqués, dallage, etc.

Le procédé de goujons ELEXI est destiné aux applications courantes suivantes :

- Reprise de toutes charges statiques en zones normales ;
- Reprise de charges roulantes jusqu'à 30 kN par essieu + véhicules sapeurs-pompiers.
- Reprise de charges avec espacement entre les éléments de structure pour des raisons diverses.

Pour les dallages, le domaine habituel d'emploi est étendu aux charges roulantes pouvant aller jusqu'à 130 kN par essieu.

L'utilisation du procédé de goujons ELEXI en acier inoxydable est prévue pour des milieux très agressifs compte tenu de la composition des aciers inoxydables choisis pour leur fabrication. Les goujons ELEXI en acier galvanisé peuvent être employés dans des milieux de faible agressivité.

Le classe de résistance du béton est comprise entre C25/30 et C50/60.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Goujons

Les goujons sont constitués par des barres métalliques de sections cylindriques, de diamètres et de longueurs variables, dont les performances chimiques et mécaniques sont adaptées au domaine d'emploi visé, tel que décrit au paragraphe 1.1.

La gamme de goujons « ELEXI » est constituée de deux familles :

2.2.2.1.1. Goujons en acier inoxydable

Goujons Ø22, Ø25, Ø30 et Ø40.

L'acier constitutif est un acier X2 Cr Ni Mo N 22-5-3 (1.4462) inoxydable DUPLEX, alliage de chrome-nickel-molybdène-azote dont les caractéristiques sont conformes aux normes NF EN 10088-1 et NF EN 10088-3.

Classe de Résistance à la Corrosion (CRC) : IV pour le goujon seul – CRC II pour l'ensemble goujon et douille en acier inoxydable décrite au §2.2.2.2.1

La fabrication des divers composants se fait dans les ateliers des fournisseurs sous la responsabilité de la société SNAAM.

Caractéristiques chimiques :

- C max = 0,030
- Cr = 21,00 / 23,00
- Ni = 4,50 / 6,50
- Mo = 2,50 / 3,50
- N = 0,10 / 0,20

Caractéristiques mécaniques constatées sur certificats de coulées :

- $R_{p0,2}$ > 800 MPa
- R_m > 900 MPa
- A > 15 %
- Module d'Young = 200 000 MPa

Température de sensibilisation: 550 / 850 °C.

Cette nuance d'acier inoxydable a d'excellentes propriétés de résistance aux corrosions, permettant notamment de l'utiliser en atmosphère urbaine, dans les milieux chlorés (piscines, centres nautiques...), en atmosphère maritime (proximité des côtes...) et dans l'industrie chimique.

2.2.2.1.2. Goujons en acier galvanisé à chaud

Goujons Ø22, Ø25, Ø30 et Ø40

L'acier constitutif est un acier 42 Cr Mo 4 alliage de chrome-molybdène à l'état traité, dont les caractéristiques chimiques sont conformes à la norme NF EN 10083-1.

La fabrication des divers composants se fait dans les ateliers des fournisseurs, sous la responsabilité de la société SNAAM.

Caractéristiques chimiques :

- C = 0,38 / 0,45
- Cr = 0,90 / 1,20
- Mo = 0,15 / 0,30

Caractéristiques mécaniques :

- $R_{p0,2}$ > 800 N/mm²
- R_m > 900 N/mm²
- A > 15 %
- Module d'Young = 200 000 MPa

La galvanisation est réalisée par immersion dans le zinc fondu conformément aux normes NF EN ISO 1461 et NF EN ISO 14713. L'épaisseur minimale moyenne du revêtement est de 70 microns. Température de fusion du zinc : 450° C. Les goujons sont identifiés par leur diamètre, la longueur et selon la nuance de l'acier employée.

2.2.2.2. Douilles de glissement

2.2.2.2.1. Douilles de glissement en acier inoxydable

L'acier est un acier X5 Cr Ni 18-10, inoxydable, alliage de chrome-nickel, dont les caractéristiques sont conformes aux normes NF EN 10088-1 et NF EN 10088-3.

Classe de Résistance à la Corrosion (CRC) : II

Caractéristiques chimiques :

- C_{max} = 0,07,
- Cr = 17,00/19,50,
- Ni = 8,00/10,50.

Caractéristiques mécaniques :

- $R_{p0,2}$ > 190 N/mm²,
- R_m > 500 N/mm²,
- A > 45 %.

2.2.2.2.2. Douilles de glissement en plastique

La matière plastique constitutive des douilles est un ABS. Leur diamètre intérieur n'excède pas le diamètre du goujon de plus de 1,5mm.

2.2.2.3. Renforts

Les éléments de structure sont renforcés d'aciers dans les zones recevant des goujons, en vue de leur conférer la résistance nécessaire à la reprise de l'effort transmis par le goujon.

Ces armatures spécifiquement dévolues à ce rôle sont appelées renforts et font partie du ferrailage dans les dessins présentés en annexe. Leur dimensionnement et leur positionnement sont adaptés à l'intensité et au sens de l'effort transmis par le goujon. Ces renforts ne sont pas fournis avec les goujons et leurs douilles, mais façonnés par l'entreprise de Gros Œuvre et dimensionnés par le bureau d'études structure. Ces renforts sont indispensables au fonctionnement mécanique du dispositif et c'est à ce titre seulement qu'ils figurent parmi les éléments constitutifs du procédé.

Le dimensionnement des renforts sera effectué par le Bureau d'Etudes Structure en tenant compte des coefficients X_1 , X_2 et X_3 donnés au paragraphe 2.4.3. en fonction des résistances ELS et ELU requises. Des configurations de ferrailage typiques associées à des valeurs de dimensionnement sont également proposées en annexes.

Les coefficients X_1 , X_2 et X_3 , ont été déterminés en tenant compte d'une épaisseur d'enrobage nominale des renforts qui doit être de 20mm. Une épaisseur d'enrobage nominale de 30mm est envisageable à condition d'appliquer les coefficients réducteurs donnés dans un tableau du paragraphe 2.4.3. Des dispositions devront être prises, telle que la mise en place d'un Plan d'Assurance Qualité pour la pose des renforts effectuée par l'entreprise de mise en œuvre, afin que ces épaisseurs d'enrobage soient garanties. Les renforts devront dans tous les cas être réalisés en acier B 500.

2.3. Disposition de conception

2.3.1. Conditions d'application des valeurs de dimensionnement proposées

Le concepteur doit tenir compte des dispositions de conception prescrites dans le Technical Report 065, §1.2 (TR065) « Design of structural joints with shear dowels », daté d'octobre 2019, et disponible sur le site internet de l'EOTA.

En complément :

- Le procédé « Goujons ELEXI » ne doit pas être incorporé dans des dalles de trop faible épaisseur, compte tenu de leur mode de fonctionnement. Le tableau ci-après donne les compatibilités à respecter pour que les valeurs d'effort tranchant déterminées selon les annexes "Valeurs de dimensionnement" puissent être retenues. Une configuration de renfort minimum à disposer symétriquement de chaque côté du goujon est associée à chaque couple « diamètre de goujon » / « épaisseur minimum de dalle ».

Diamètre de goujon	Type de douille	Épaisseur de dalle	Renforts 1	$I_{c,1}$	Renforts 2	$I_{c,2}$
[mm]	[-]	[mm]	[HA]	[mm]	[HA]	[mm]
22	- Uni-axiale - Plastique - Métallique	150	10 x 2	39	-	-
25		180	10 x 2	43	10 x 2	53
30		200	10 x 2	43	10 x 2	53
40		250	14 x 2	50	14 x 2	64
Diamètre de goujon	Type de douille	Épaisseur de dalle	Renforts 1	$I_{c,1}$	Renforts 2	$I_{c,2}$
[mm]	[-]	[mm]	[HA]	[mm]	[HA]	[mm]
22	- Bi-axiale - Métallique	150	10 x 2	39	-	-

Tableau 1.1 - Épaisseur de dalle minimum correspondant à chaque diamètre de goujon, en acier galvanisé ou acier inoxydable

Diamètre de goujon	Distance minimale du bord e_{bord}	Espacement minimal horizontal $e_{h,min}$ entre deux goujons ($1.5xh_{min}$)	Espacement maximal horizontal entre deux goujons ($8xh_{min}$)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
22	115	225	1200
25	135	270	1440
30	150	300	1600
40	190	375	2000

Tableau 1-2 - Distances au bord et entre axes minimale dans une dalle en fonction du diamètre de goujon (hors poutres) et l'épaisseur minimale de la dalle. L'espacement maximal est limité à 8 fois l'épaisseur des éléments en béton.

L'épaisseur de la dalle à considérer dans ce tableau comme dans les tableaux des valeurs d'effort tranchant résistant donnés en annexe "Valeurs de dimensionnement" est prise égale au double de la distance entre l'axe du goujon et le parement le plus proche (surface ou sous-face de la dalle).

- La largeur du joint de calcul "a" exprimée en millimètres, à considérer dans l'utilisation des tableaux des valeurs d'effort tranchant résistant donnés en annexe est définie comme suit :

$$a = a_0 + \Delta a_s + \Delta a_d$$

a_0 est la largeur de construction du joint.

Δa_s est l'augmentation de largeur subie par le joint sous l'effet de la combinaison d'actions considérée dans la vérification.

Δa_d est l'augmentation de largeur subie par le joint sous l'effet des déformations différées dues aux actions de retrait et de température. Dans les cas où les effets de ces actions sont appréciés forfaitairement, Δa_d est pris égal à 5mm. Dans les autres cas, Δa_d est nul et les déformations correspondantes sont comptabilisées dans Δa_s .

La largeur de joint de calcul « a » maximale = 35 mm.

La détermination de la largeur de joint de calcul incombe au BET structure et en particulier, la valeur Δa_d .

- Le domaine d'emploi permet l'utilisation du procédé de goujons ELEXI dans les planchers soumis aux charges des véhicules des pompiers par dérogation spéciale liée au caractère exceptionnel de ce type de chargement. Cette dérogation s'accompagne des deux mesures suivantes :
- Les dalles doivent être bordées de poutres (noyées ou non dans l'épaisseur de la dalle) le long du joint où est implanté le procédé de goujons ELEXI. Ces poutres doivent être dimensionnées en supposant le cheminement des efforts suivants :
 - la poutre constitue pour la dalle adjacente un appui linéaire
 - les goujons constituent les appuis ponctuels de la poutre.
- Les charges amenées par les roues des véhicules sont à majorer forfaitairement par le coefficient 1,33.
- L'Annexe "Valeurs de dimensionnement" propose des tableaux qui indiquent les valeurs des efforts tranchants résistants $V_{Rd,ELU}$, $V_{Rd,ELS}$ pour les configurations de goujons et de dalles les plus souvent utilisées. Les interpolations sont possibles dans l'utilisation des tableaux mais les extrapolations ne sont pas permises.
- L'ancrage minimal nécessaire du goujon pour que son bon fonctionnement puisse être assuré est de 6,5 fois son diamètre. Cet ancrage minimal doit être vérifié dans le cas le plus défavorable pour l'ouverture du joint.

Cet ancrage minimal peut toutefois être réduit jusqu'à 5φ moyennant une pénalisation sur la valeur des efforts tranchants résistants par affectation d'un coefficient minorateur égal au carré du quotient de longueur ancrée par 6,5φ. Un ancrage de moins de 5φ doit être considéré comme sans résistance utile.

- Dans le cas des dalles, la distance horizontale minimale entre l'axe du goujon et le bord du béton = 0,75.H et l'espacement minimum entre deux goujons adjacents = 1,5.H (H = épaisseur de dalle). Toutefois, dans le cas où cet espacement minimum ne peut pas être respecté, il convient, pour prévenir les effets dus à l'intersection des cônes béton, de majorer la section des renforts par un coefficient = $(2 - 0,67.e/H)^3$. Avec e = espacement entre goujons et H = épaisseur de la dalle.
- Dans le cas des dalles, l'espacement maximum entre deux goujons adjacents = 8.H (H = épaisseur de dalle).
- Dans le cas des poutres, la largeur minimale de poutre est égale à l'épaisseur minimale de dalle correspondant au diamètre de goujon concerné.
- Le paragraphe 2.4 « Règles de conception et de calcul » propose également une méthode calculatoire permettant de définir les valeurs des efforts tranchants résistants $V_{Rd,ELU}$, $V_{Rd,ELS}$. Cette méthode peut être appliquée dans le cas de la mise en œuvre du procédé « Goujons ELEXI » dans des poutres ou dans des dalles.
- La section des aciers verticaux de rives de dalles uniformément répartis en acier B 500 doivent être définis par le BE structure ; l'utilisation des valeurs indiquées de dimensionnement proposées en annexes ou issue de la méthode calculatoire proposée dans le § 2.4 suppose l'existence d'un ferrailage en rive des dalles en plus des renforts associés à chacun des goujons.
- Les efforts tranchants résistants $V_{Rd,ELU}$, $V_{Rd,ELS}$ doivent être réduits par application des coefficients suivants, défini en fonction du nombre de goujons simultanément concernés par le mouvement relatif des deux éléments de structure qu'ils relient :
 - 0,75 si le goujon est unique ;
 - 0,90 dans le cas de deux goujons ;
 - 1,00 à partir de trois goujons.
- L'utilisation en about de poutre permet de superposer les ensembles goujons et renforts associés. Les efforts tranchants correspondants à cette configuration doivent respecter les conditions suivantes :

Diamètre de goujon	Type de douille	Renforts 1	l _{c,1}	Renforts 2	l _{c,2}	Entraxe vertical minimum Entraxe horizontal minimum des goujons	Distance minimale entre l'axe du goujon du lit supérieur et la surface de la poutre	Section minimum de poutre pour 2 rangées de 2 goujons (l x h)
[mm]	[-]	[HA]	[mm]	[HA]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
22	-Uni-axiale -Plastique -Métallique	10 x 2	39	-	-	150	75	300 x 300
25		10 x 2	43	10 x 2	53	180	90	360 x 360
30		10 x 2	43	10 x 2	53	200	100	400 x 400
40		14 x 2	50	14 x 2	64	250	125	500 x 500

Diamètre de goujon	Type de douille	Renforts 1	l _{c,1}	Renforts 2	l _{c,2}	Entraxe vertical minimum Entraxe horizontal minimum des goujons	Distance minimale entre l'axe du goujon du lit supérieur et la surface de la poutre	Section minimum de poutre pour 2 rangées de 2 goujons (l x h)
[mm]	[-]	[HA]	[mm]	[HA]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
22	-Bi-axiale -Métallique	10 x 2	39	-	-	150	75	300 x 300

Tableau 2 – Conditions géométriques de conception des poutres

2.3.2. Vérifications

Les vérifications suivantes, sauf indications contraires au §2.4 en fonction de la configuration étudiée, doivent être réalisées :

- A l'Etat Limite Ultime :

$$V_{Ed,ELU} \leq \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,ct}; V_{Rd,ce})$$

- $V_{Ed,ELU}$: Effort tranchant sollicitant à l'ELU en considérant les combinaisons selon l'EN NF 1990.
- $V_{Rd,s}$: Résistance à l'effort tranchant du goujon par rupture de l'acier du goujon
- $V_{Rd,ct}$: Résistance à l'effort tranchant du goujon par rupture par poinçonnement
- $V_{Rd,ce}$: Résistance à l'effort tranchant du goujon par rupture du cône béton

- A l'Etat Limite de Service

$$V_{Ed,ELS} \leq \min(V_{Rd,s,ELS}; V_{Rd,ce,ELS})$$

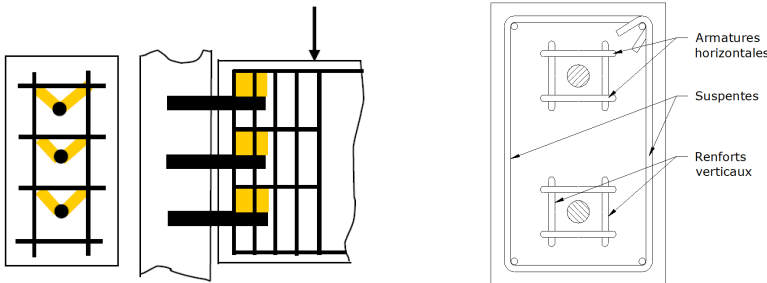
- $V_{Ed,ELS}$: Effort tranchant sollicitant à l'ELS en considérant les combinaisons selon l'EN NF 1990.
- $V_{Rd,s,ELS}$: résistance à l'effort tranchant du goujon par rupture de l'acier du goujon à l'ELS
- $V_{Rd,ce,ELS}$: résistance à l'effort tranchant du goujon par rupture du cône béton à l'ELS

La vérification $V_{Ed,ELS} \leq \min(V_{Rd,s,ELS}; V_{Rd,ce,ELS})$ n'est exigée que dans les cas pour lesquels la fissuration est jugée préjudiciable, par exemple au regard du comportement des revêtements de sols.

- Les efforts agissants sont définis par les équations ci-après. Ils sont établis à partir de l'effort tranchant dû aux actions permanentes V_g et celui dû à l'ensemble des actions variables défavorables V_q .
 - A l'ELU : $V_{Ed,ELU} = 1,35 V_g + 1,5 V_q$
 - A l'ELS : $V_{Ed,ELS} = V_g + V_q$

Un document synoptique des vérifications à mener pour le dimensionnement des goujons est proposé au §2.12.7.

- Dans le cas où les goujons sont superposés, les efforts de cisaillement transitent par les goujons et sont transmis aux renforts par des bielles considérées inclinées à 45° au niveau de chaque goujon. Il convient donc, en plus des renforts propres à chaque goujon, de prévoir des suspentes verticales et des armatures horizontales équilibrant la totalité des charges correspondantes.



Exemple de disposition des armatures de l'about de poutre

2.4. Règles de conception et de calcul

La résistance caractéristique du procédé de goujon en cisaillement correspond à la plus petite des valeurs correspondant à chacun des modes de rupture pouvant se produire :

A l'ELU quel que soit le type de douille :

- Pour les dalles : $V_{Rd} = \min(V_{Rd,ce} ; V_{Rd,ct} ; V_{Rd,s,ELU})$ [N]
- Pour les poutres : $V_{Rd} = \min(V_{Rd,ce} ; V_{Rd,s,ELU})$ [N]

A l'ELS pour les douilles mono-axe, pour les dalles et les poutres :

$$V_{Rd} = V_{Rd,ce,ELS} \quad [N]$$

A l'ELS pour les douilles à dilatation bi-axiale, pour les dalles et les poutres :

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,ce,ELS} ; V_{Rd,s,ELS}) \quad [N]$$

Des tableaux en annexe du présent Avis Technique donnent des valeurs précalculées pour $V_{Rd,s}$ et $V_{Rd,ce}$ en fonction des différents diamètres de goujons et pour un certain nombre d'épaisseurs de dalle et d'ouvertures de joint.

Les valeurs de calcul sont valables pour les douilles en plastique comme pour les douilles en acier inoxydable, les douilles à dilatation axiale ou biaxiale.

Le dimensionnement des aciers longitudinaux $A_{s,y}$ et transversaux $A_{s,x}$ équipant la dalle ou la poutre est réalisé selon le Technical Report 065, §2.1 (TR065) « Design of structural joints with shear dowels ».

L'effort tranchant résistant V_{Rd} doit être réduit par application des coefficients suivants, défini en fonction du nombre de goujons simultanément concernés par le mouvement relatif des deux éléments de structure qu'ils relient :

- 0,75 si le goujon est unique ;
- 0,90 dans le cas de deux goujons ;
- 1,00 à partir de trois goujons.

2.4.1. Détermination de $V_{Rd,s}$ – Rupture par l’acier du goujon, goujon en acier inoxydable ou en acier galvanisé

2.4.1.1. Détermination de $V_{Rd,s}$ à l’ELU

La résistance caractéristique du goujon $V_{Rk,s}$ est calculée à partir de la formule ci-dessous.

$$V_{Rk,s,ELU} = \frac{f_{yk,bar}}{\sqrt{\frac{(a+2e_i)^2}{(4 \cdot W_{pl,bar})^2} + A_{s,bar}^2}} \cdot X_0 \quad [N]$$

Avec :

- $f_{yk,bar}$ = Limite élastique de la barre [N/mm²]
- $f_{yk,bar}$ = 800 N/mm²
- a = Largeur du joint de calcul [mm]
- $W_{pl,bar}$ = Module plastique de la barre [mm³]
- $A_{s,bar}$ = Surface de la section de la barre [mm²]
- e_i = Facteur de point de contact [mm]
- X_0 = 0,9 pour les douilles mono-axe et 0,81 pour les douilles bi-axe [-]

Ø goujon (mm)	$W_{pl,bar}$ (mm ³)	$A_{s,bar}$ (mm ²)	e_i (mm)
22	1775	380	11,3
25	2604	491	17,9
30	4500	707	21,5
40	10667	1257	28,7

- Les valeurs de dimensionnement à l’Etat Limite Ultime sont calculées à partir de la formule suivante :
- A l’Etat Limite Ultime, pour des goujons permettant une dilatation mono-axe ou bi-axe :

$$V_{Rd,s,ELU} = V_{Rk,s,ELU} / \gamma_{m,s,ELU} \quad [N]$$

Avec :

$$\gamma_{m,s,ELU} = 1,1 \quad [-]$$

Des valeurs sont également proposées en annexe, représentatives des cas les plus courants.

2.4.1.2. Détermination de $V_{Rd,s}$ à l’ELS

La résistance caractéristique du goujon $V_{Rk,s}$ est calculée à partir de la formule ci-dessous.

$$V_{Rk,s,ELS} = X_3 \cdot V_{Rk,s,20,ELU} \quad [N]$$

Avec :

$$X_3 = 0,1624 \quad [-]$$

- Les valeurs de dimensionnement à l’Etat Limite de Service sont calculées à partir de la formule suivante :
- A l’Etat Limite de Service, pour des goujons permettant une dilatation biaxiale (axiale et latérale) :

$$V_{Rd,s,ELS} = V_{Rk,s,ELS} / \gamma_{m,s,ELS} \quad [N]$$

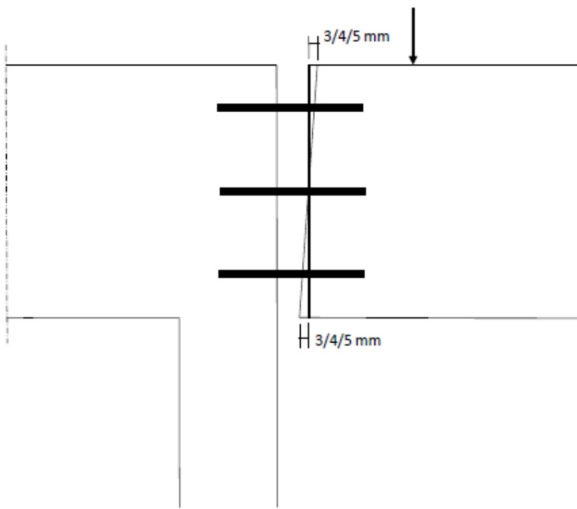
Avec :

$$\gamma_{m,s,ELS} = 1,0 \quad [-]$$

Des valeurs sont également proposées en annexe, représentatives des cas les plus courants.

Nota : Pas de vérification de $V_{Rd,s}$ à l’ELS pour les goujons à douille mono-axe

- Dans le cas des poutres équipées d’une ou de plusieurs rangées de goujons disposées sur leur hauteur, les valeurs de $V_{Rd,s}$ par goujon doivent être modulées en fonction du nombre de goujons superposés pour tenir compte de la variation d’ouverture du joint du fait de la rotation de l’extrémité des poutres. La rotation sur appui des poutres génère une augmentation de largeur d’ouverture du joint en fibre supérieure et sa diminution en fibre inférieure. Un goujon situé en partie inférieure sera donc plus sollicité qu’un goujon situé en partie supérieure.



Cette variation d'ouverture peut être prise égale, selon la rotation de la poutre, à : +/- 3, +/- 4 ou +/- 5 mm.

Le calcul de la rotation sur appui de la poutre permet de déterminer l'évolution de l'ouverture du joint sur la hauteur de la poutre et donc la largeur du joint au niveau de chaque lit de goujon (Δa_s composante de la largeur du joint de calcul "a" donnée au § 2.3.1), ainsi que la répartition des efforts au niveau de chaque goujon.

1^{ère} étape : Détermination de la largeur du joint au niveau de chaque goujon en fonction de la rotation de la poutre et de la distance entre chaque goujon et l'axe neutre de la poutre. La largeur du joint au niveau d'un goujon est notée a_i :

$$a_i = a \pm y_i \times \tan(\theta)$$

Avec :

a : largeur de joint de calcul	[mm]
y_i : distance du goujon par rapport à l'axe neutre	[mm]
θ : rotation sur appui	[Rad]

2^{ème} étape : Détermination de $V_{Rk,s}$ selon § 2.4.1. pour chaque goujon, en fonction de la largeur du joint induite par la rotation de la poutre.

3^{ème} étape : Calcul de la longueur libre à considérer pour chaque goujon, $\ell = \text{largeur joint } a_i / 2 + e_i$.

Avec :

e_i : Facteur de point de contact [mm]

4^{ème} étape : Détermination pour chaque goujon de la flèche (f) correspondant à $V_{Rk,s}$ de chaque goujon calculé à l'étape 2 :

$$f = - [V_{Rk,s} \cdot \ell^2 / (6 \cdot E \cdot I)] \cdot 2 \cdot \ell \quad [\text{mm}]$$

Avec :

E = 200 000	[MPa]	(module d'Young)
I = $\text{PI} \cdot \varnothing^4 / 64$	[mm ⁴]	(moment quadratique du goujon)

Ø goujon mm ²	Moment quadratique I mm ⁴
22	11 499
25	19 175
30	39 761
40	125 664

On retient comme valeur de la flèche limitante, celle correspondant à $V_{Rk,s}$ maxi calculé à l'étape 2, c'est-à-dire celle correspondante à $V_{Rk,s}$ du goujon inférieur.

5^{ème} étape : détermination de $V_{Rk,s}$ réduit = ABS(flèche limitante) · 6 · E · I / ($\ell^2 \cdot 2 \cdot \ell$) [N] pour chaque goujon.

Vérification : le goujon au niveau de la fermeture du joint doit reprendre au maxi, une charge égale à la charge maxi de l'étape 2.

La charge totale applicable est donc limitée par la flèche qui engendrera l'effort maxi admissible au niveau d'un des goujons.

6^{ème} étape : détermination de la valeur de dimensionnement $V_{Rd,s}$ de chaque goujon pour la flèche limitante.

$$V_{Rd,s,ELU} = V_{Rk,s,ELU} / \gamma_{m,s,ELU} \quad [N] \quad \text{pour des goujons permettant une dilatation mono-axe ou bi-axe.}$$

Avec :

$$\gamma_{m,s,ELU} = 1,1 \quad [-]$$

$$V_{Rk,s,ELS} = X_3 \cdot V_{Rk,s,ELU} \quad [N]$$

Avec :

$$X_3 = 0,1624 \quad [-]$$

$$V_{Rd,s,ELS} = V_{Rk,s,ELS} / \gamma_{m,s,ELS} \quad [N] \quad \text{pour des goujons permettant une dilatation biaxiale}$$

Avec :

$$\gamma_{m,s,ELS} = 1,0 \quad [-]$$

Nota : Pas de vérification de $V_{Rd,s}$ à l'ELS pour les goujons à douille mono-axe

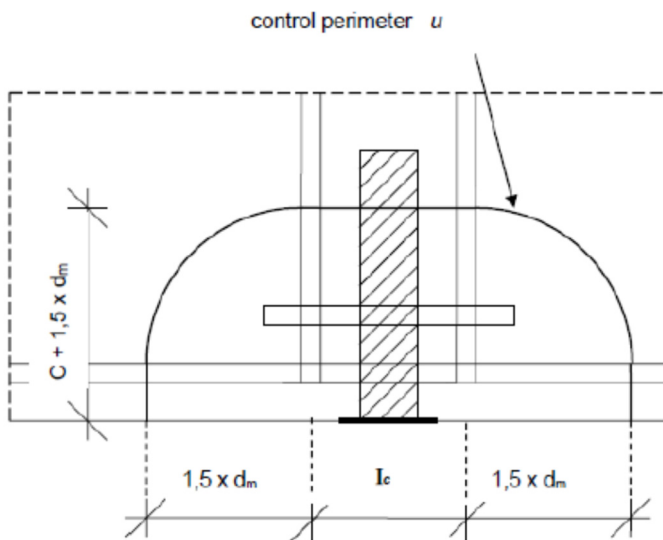
Lorsque la poutre comporte plusieurs rangées de goujons, la capacité portante totale de la poutre est obtenue en multipliant la capacité portante d'une rangée de goujons par le nombre de rangées de goujons juxtaposées.

Des valeurs de résistance sont proposées en annexe prenant en compte l'influence de l'ouverture et la fermeture du joint sous chargement de la poutre considérée.

2.4.2. Détermination de $V_{Rd,ct}$ - Rupture de la dalle par poinçonnement autour du goujon

La résistance $V_{Rd,ct}$ est déterminée à partir de l'équation de la méthode 2 de l'ETAG 030.

Cette vérification de la résistance au poinçonnement de la dalle béton autour du goujon doit être fournie par le Bureau d'Etudes structures de l'opération. Elle dépend des pourcentages d'armatures présents dans la dalle dans les sens parallèle et perpendiculaire au bord de dalle.



$$V_{Rd,ct} = 0,14 \cdot k \cdot \eta \cdot (100 \cdot \rho_I \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot u \cdot dm / \beta$$

$$k = 1 + (200 / dm)^{0,5}$$

$$\rho_I = (\rho_{Ix} \cdot \rho_{Iy})^{0,5} \leq (0,02 ; 0,5 \cdot f_{cd} / f_{yd})$$

Avec :

η 1,0 (classe de béton C20/25 – C50/60)

dm Hauteur utile moyenne de la dalle donnée par les plans de ferrailage selon x et y

ρ_I Pourcentage d'armature dans des directions parallèles et perpendiculaires au bord de la dalle

f_{cd} Résistance du béton en compression sur cylindre

f_{yd} Résistance en traction de l'acier de renfort

f_{ck} Résistance caractéristique du béton en compression sur cylindre

β Facteur de charge ;

$\beta = 1,4$ pour un goujon installé en bord de dalle

$\beta = 1,5$ pour un goujon installé dans un angle de la dalle

- u Périmètre utile de contrôle, $u = 2 \cdot c + l_c + \pi \cdot d_m \cdot 1,5$
 c Enrobage de béton au-dessus du goujon
 l_c Diamètre virtuel du goujon, représentant le diamètre de la colonne dans la rupture par poinçonnement : cylindre de béton autour du goujon ayant pour diamètre la distance entre les deux premiers cadres de renfort.

2.4.3. Détermination de $V_{Rd,ce}$ - Rupture de la dalle ou poutre par formation d'un cône béton

La résistance $V_{Rd,ce}$ est déterminée selon les principes de la méthode 2 de l'ETAG 30 et donnée au § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

2.4.3.1. Détermination de $V_{Rd,ce}$ à l'ELU

$$V_{Rd,ce,ELU} = V_{Rd,1} + V_{Rd,2} \quad [N]$$

Avec :

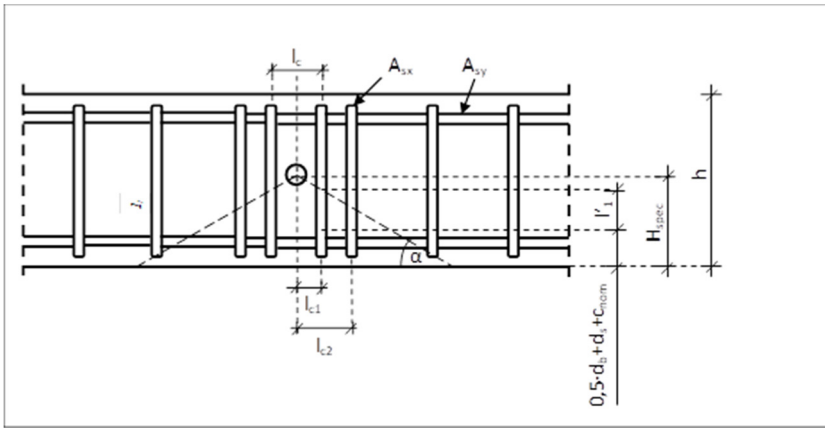
- $V_{Rd,1} = X_1 \cdot X_2 \cdot \sum \psi_i \cdot A_s \cdot f_{yk} \cdot (f_{ck}/30)^{0,5} / \gamma_c \quad [N]$
 $V_{Rd,2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum l'_i \cdot f_{bd} \quad [N]$
 $X_1 = 0,20 \quad [-]$
 $X_2 = 1,35 \quad [-]$
 $\psi_i =$ coefficient de prise en compte de la distance $l_{c,i}$ des aciers de suspentes au goujon $[-]$
 $\psi_i = 1 - 0,2 \cdot \left(\frac{l_{c,i}}{c_1}\right) ; c_1 = h/2 \quad [-]$
 $A_s =$ surface de la section des aciers de renfort $[mm^2]$
 $f_{yk} =$ limite élastique des aciers de suspentes $[N/mm^2]$
 $f_{ck} =$ résistance caractéristique du béton en compression sur cube $[N/mm^2]$
 $\gamma_c =$ coefficient de sécurité béton $[-]$
 $\gamma_{m,ce,ELU} = \gamma_c = 1,5$
 $d_s =$ diamètre de l'acier de renfort $[mm]$
 $f_{bd} =$ contrainte ultime d'adhérence suivant EN 1992-1-1 et son AN $[N/mm^2]$
 $l'_i =$ longueur effective d'ancrage de l'acier de renfort concerné $[mm]$
 $l'_i = H_{spec} - (0,5 \cdot d_b + d_s + c_{nom}) - l_{c,i} \cdot \tan \alpha \quad [mm]$
 $H_{spec} =$ hauteur du cône béton $[mm]$
 $H_{spec} =$ épaisseur de la dalle /2 $[mm]$
 $d_b =$ diamètre de cintrage des aciers de renfort $[mm]$
 $l_{c,i} =$ entraxe de l'acier de renfort et du goujon $[mm]$
 $c_{nom} =$ enrobage nominale de l'acier de renfort concerné $[mm]$
 $\tan \alpha =$ angle du cône béton. $\alpha = 30^\circ$

La longueur d'ancrage de l'acier de renfort dans la dalle doit être déterminée conformément à la norme NF EN 1992-1-1. En particulier, si l'espacement ménagé entre armatures est insuffisant, le calcul de $l_{b,ind}$ doit être réalisé en considérant un paquet de barres au sens du §8.9 de la norme NF EN 1992-1-1.

Pour la détermination de $V_{Rd,ce}$, la contrainte ultime d'adhérence f_{bd} doit être calculée à partir de $f_{ck,cylindre}$, soit $25 N/mm^2$:

Classe de résistance	C25/30
$f_{ck,cylindre}$	25
f_{ctm}	2,56
$f_{ctk,0,05}$	1,80
f_{ctd}	1,20

	f_{bd} (N/mm ²)
Épaisseur béton de 15 à 25 cm, $\eta_1 = 1$	2,69
Épaisseur béton > 25 cm, $\eta_1 = 0,7$	1,89



Définition des différents paramètres

2.4.3.2. Détermination de $V_{Rd,ce}$ à l'ELS

$$V_{Rd,ce,ELS} = \left(V_{Rd,1} \cdot \frac{\gamma_{m,ce,ELU}}{\gamma_{m,ce,ELS}} + V_{Rd,2} \right) \cdot X_3 \quad [N]$$

Avec :

$$X_3 = 0,32 \quad [-]$$

Le coefficient de sécurité $\gamma_{m,ce,ELS}$ est égal à 1,0.

Les dimensionnements ci-dessus de $V_{Rd,ce}$ sont valables pour un enrobage des renforts = 20 mm

Pour un enrobage des armatures de renfort = 30 mm, appliquer les coefficients de réductions ci-dessous :

Diamètre goujon (mm)	Coefficient de réduction pour un enrobage de 30 mm	
	ELS	ELU
22	0,63	0,45
25	0,51	0,45
30	0,51	0,56
40	0,70	0,80

Les calculs ci-dessus de $V_{Rd,ce}$ sont valables pour des douilles mono-axe.

Pour les douilles bi-axe (Goujon Ø 22 mm), appliquer les coefficients de réduction ci-dessous :

Diamètre goujon (mm)	Coefficient de réduction pour douille bi-axe	
	ELS	ELU
22	1,00	0,81

Pour les goujons en bout de poutres, appliquer les coefficients de réduction ci-dessous en fonction du nombre de goujons simultanément concernés:

- 0,75 si le goujon est unique
- 0,90 dans le cas de deux goujons
- 1,00 à partir de trois goujons

2.5. Disposition de mise en œuvre

L'axe des goujons doit être positionné dans une dalle de telle sorte que le goujon soit situé à mi épaisseur de la dalle. Dans le cas des autres éléments de structure, les goujons doivent être positionnés en zone de pleine masse des éléments en s'éloignant des parements le plus possible. La définition des renforts en façonnage et dimensionnement doit tenir compte de la position des goujons dans la pièce en adaptant l'encombrement des renforts aux dimensions extérieures de la pièce.

Les goujons doivent être réglés perpendiculairement au plan du joint et maintenus dans cette position.

Une notice de pose indiquant la procédure de vérification de la compatibilité entre goujons et douilles est disponible sur le site internet www.snaam.fr.

Effectuée par les entreprises de bâtiments, la mise en œuvre ne présente pas de difficulté particulière; néanmoins, le contrôle de la perpendicularité entre l'axe du goujon et le plan du joint doit être effectué par l'entreprise de pose pour assurer la libre dilatation du joint. De même, le bon positionnement des aciers de renfort étant essentiel, un contrôle particulier sur site est indispensable sur ce point.

Le procédé de mise en œuvre et les indications du fabricant pour la pose sont détaillés dans la recommandation de mise en œuvre qui est disponible sur le site internet www.snaam.fr.

L'entreprise de mise en œuvre doit rédiger un PAQ mentionnant notamment les tolérances sur les enrobages latéral, inférieur et supérieur des renforts (+/- 5 mm) ; les tolérances de positionnement des renforts par rapport aux goujons; les contrôles dimensionnels d'entraxe et de distance au bord béton des goujons. Les exigences détaillées du PAQ figurent au § 2.12.5. Un exemple de fiche d'autocontrôle figure au § 2.12.6.

2.6. Maintien en service du produit ou procédé

Conformément au présent Dossier Technique, la société SNAAM assure la fabrication et le transport du procédé « Goujons ELEXI » et la mise en œuvre est réalisée par l'entreprise titulaire du marché.

Compte tenu des conditions de fabrication des composants SNAAM dans une usine spécialisée et l'autocontrôle des caractéristiques des matériaux utilisés, portant notamment sur l'acier du goujon, la durabilité des composants est équivalente à celle des produits traditionnels utilisés dans la construction des bâtiments. Ils ne nécessitent aucun entretien spécifique.

2.7. Traitement en fin de vie

Le traitement en fin de vie peut être considéré comme équivalent à celui d'une structure traditionnelle en béton armé.

2.8. Assistance technique

Le BET structure de l'opération détermine les efforts, les épaisseurs de dalles, les sections de poutres et les sections d'armature.

La société SNAAM assure la fabrication des produits conformément au § 2.9 du présent Dossier Technique, ainsi que le transport.

Le titulaire met à disposition du BET structure et de l'entreprise l'exemple de PAQ pour la mise en œuvre et les exemples de fiches d'autocontrôle décrits aux §2.12.5 et 2.12.6.

Les documents à fournir par le titulaire et/ou le BET Structure sont :

- Les plans de coffrage et de ferrailage faisant figurer les tolérances d'exécution ;
- Les plans de calepinage et les préconisations de pose ;
- La notice de pose (disponible sur le site www.snaam.fr).

Conformément au § 2.5 du Dossier Technique, la mise en œuvre du procédé « Goujons ELEXI » est réalisée par l'entreprise titulaire du marché selon les préconisations d'exécution fournies par la société SNAAM.

S'il s'agit d'une première utilisation du procédé, la société SNAAM peut, à la demande de l'entreprise, lui apporter son assistance technique.

2.9. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

La fabrication et le conditionnement des divers composants se fait exclusivement dans les ateliers des fournisseurs sous la responsabilité de la société SNAAM.

2.9.1. Matériaux

Toutes les livraisons d'acier dans les ateliers des fournisseurs sont accompagnées d'un certificat de coulée, mentionnant les caractéristiques chimiques et mécaniques. Un contrôle de conformité est effectué lors de la réception. Au besoin, des essais sont réalisés dans un laboratoire extérieur agréé.

2.9.2. Stockage des produits

En ce qui concerne les produits eux-mêmes, les contrôles effectués par la société SNAAM portent sur la conformité dimensionnelle et la conformité du conditionnement et de l'étiquetage.

Les pièces sont marquées par étiquettes pour faire la distinction entre les différents modèles. Ces étiquettes sont apposées soit sur les produits eux-mêmes soit sur les containers dans lesquels ils sont conditionnés et livrés. Les étiquettes comportent les références de la société SNAAM et la référence des pièces concernées.

2.10. Applications particulières

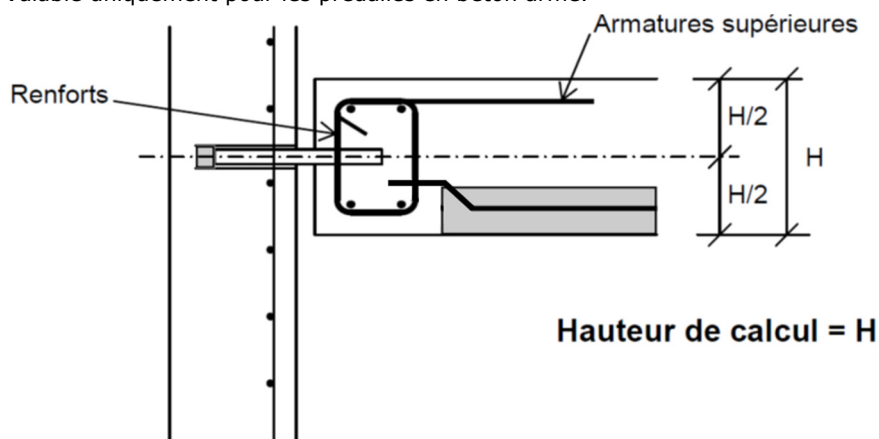
2.10.1. Goujons dans une dalle de plancher

Il s'agit d'une utilisation usuelle à laquelle s'appliquent les prescriptions mentionnées ci-dessus.

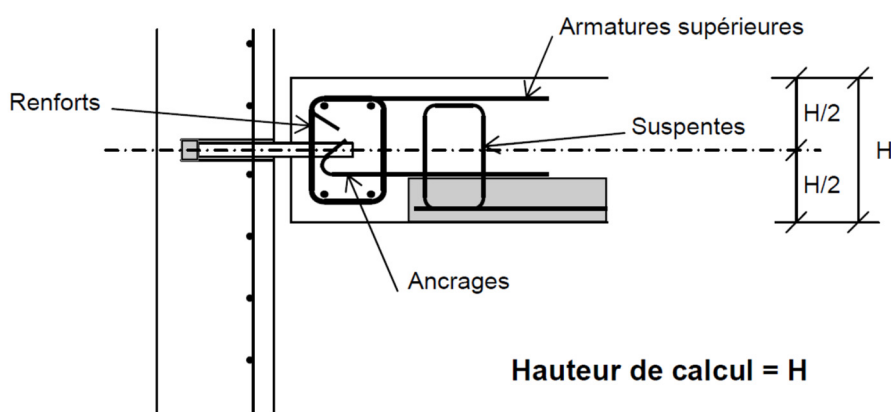
Dans le cas d'une dalle avec prédalle, compte tenu de l'épaisseur de la prédalle, dans les cas pour lesquels le goujon ne peut pas être disposé à mi épaisseur de l'ensemble prédalle + dalle de compression, l'épaisseur de calcul sera alors prise égale à deux fois la distance de l'axe du goujon au parement le plus proche. Cette épaisseur de calcul devra au moins être égale à l'épaisseur minimale admise pour des dalles en béton armé. L'attention est attirée sur la nécessité de faire cohabiter dans ce cas les renforts propres au procédé et les suspentes de liaison entre prédalles et béton coulé en œuvre, la prédalle étant suspendue au béton coulé en œuvre.

Dans tous les cas, il sera nécessaire de liasonner le ferrailage de la prédalle avec le ferrailage de bordure de dalle.

Solution type prédalle appuyée sur bande de rive, avec ancrage par armatures débouchant par rapport au bord de la prédalle. Valable uniquement pour les prédalles en béton armé.

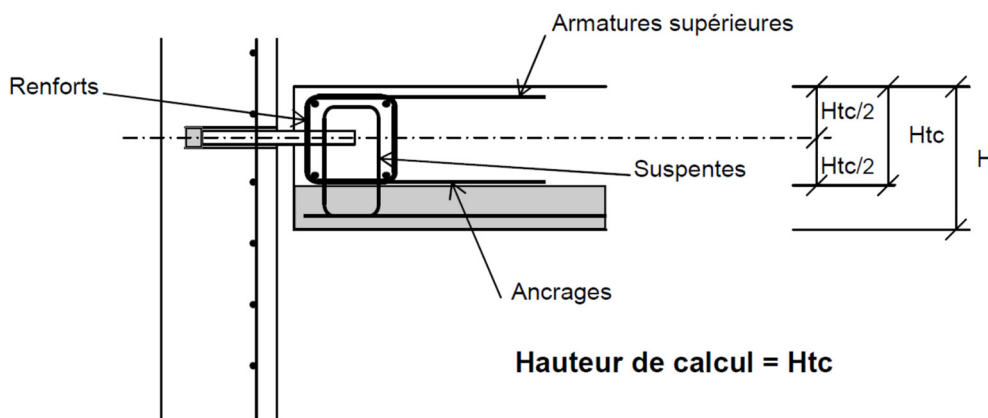


Solution type prédalle appuyée sur bande de rive, avec ancrage de la prédalle par recouvrement. Valable uniquement pour les prédalles en béton armé.



Solution type prédalle suspendue. Valable pour les prédalles en béton armé ou en béton précontraint.

H_{tc} = Epaisseur de la table de compression.



2.10.2. Goujons dans un voile mince

Dans certains cas, il est nécessaire de vérifier la compatibilité entre la longueur de la douille et l'épaisseur de l'élément béton dans lequel celle-ci sera noyée.

Les cas les plus courants sont les suivants :

- Poutre de rive-façade prenant un plancher en dilatation.
- Voile mince de rive prenant un plancher en dilatation.
- Poteau mince de rive reprenant une poutre en dilatation.

Lorsque la longueur standard est incompatible avec l'épaisseur de l'élément béton, il est possible de raccourcir celle-ci sous certaines conditions (voir §2.3.1 de l'Avis).

Les modifications sont exclusivement apportées par le fabricant sur demande de l'utilisateur.

2.10.3. Douille dans une pièce massive

Lorsque la première phase dans laquelle sont incorporées les douilles est une pièce en béton massive, alors les efforts tranchants peuvent se dissiper sans que des armatures de renfort soient nécessaires

2.10.4. Joints avec angle

Des goujons placés dans des directions non parallèles peuvent empêcher certains mouvements de dilatation. Il convient donc d'utiliser des goujons équipés de douilles de glissement à dilatation axiale et latérale au moins dans un sens (douille D22R). Leur forme permet une dilatation axiale et latérale, tout en assurant le transfert des efforts tranchants dirigés perpendiculairement au plan moyen de la dalle.

2.10.5. Protection feu

Une étude réalisée par un laboratoire agréé de résistance au feu est à entreprendre afin d'apprécier le comportement mécanique de l'assemblage : goujon, armatures de renforts, et solution de traitement coupe-feu le cas échéant en situation d'incendie.

Les goujons étant à nu dans la largeur du joint, une étude au cas par cas est à entreprendre en situation d'incendie en tenant compte du comportement mécanique de l'acier du goujon aux hautes températures, et des éventuelles protections mises en place. Il peut être fait référence à la NF EN 1992-1-2 et son annexe nationale NF EN 1992-1-2/NA en ce qui concerne l'appréciation des températures atteintes.

Lorsqu'il est fait usage de douilles en matière synthétique ou plastique, il sera tenu compte d'un affaissement des éléments supportés égal à l'épaisseur des douilles (de l'ordre de 3mm) pour la vérification à chaud de ces éléments. En pratique, l'influence de cet affaissement pourra être négligée dans le cas des dalles et ne pourrait se révéler significatif que dans le cas d'éléments supportés très raides (cas des voiles, par exemple).

2.10.6. Goujons en extrémité de poutre

Dans le cas des poutres, les goujons sont employés avec un renfort adapté à la dimension de la poutre. L'armature d'extrémité de poutre est alors calculée par le bureau d'études pour assurer le cheminement des efforts jusqu'aux goujons en tenant compte du caractère ponctuel des efforts transmis par les goujons.

2.10.7. Goujons utilisés en contreventement

Seuls les modèles de la gamme « C » pour lesquels le jeu entre goujon et douille ne dépasse pas 1 mm peuvent être utilisés en contreventement. Il s'agit des diamètres de goujons 22, 25 et 30 mm.

2.11. Mention des justificatifs

2.11.1. Résultats Expérimentaux

Rapports d'essais:

[R1]	CSTB – Rapport d'essais n° EEM 19 26064524 / A : Essais visant à caractériser des goujons de joint de dilatation axiale sur des éléments de dalles
[R2]	CSTB – d'essais n° EEM 19 26064524 / B : Essais visant à caractériser des goujons de joint de dilatation axiale sur des éléments de dalles (9 essais supplémentaires)
[R3]	CSTB – Rapport d'essais n° EEM 19 26064524 / C : Essais visant à caractériser des goujons de joint de dilatation axiale et latérale sur des éléments de dalles
[R4]	CSTB – Rapport d'essais n° EEM 19 26064524 / D : Essais visant à caractériser des goujons de joint de dilatation sur des éléments de poutres
[R5]	CSTB – Rapport d'essais n° EEM 19 26064524 / E : Essais visant à caractériser des goujons de joint de dilatation sur des éléments de goujons seuls

Autres documents:

[G1]	CSTB – Rapport d'évaluation n° EEM 19 26064524 / F
------	---

2.11.2. Références chantiers

Le procédé Goujons ELEXI est exploité depuis 1994 avec un Avis Technique.

Ci-dessous quelques exemples de réalisations :

Chantier PIXEL	Date mise en œuvre	01/2021
	Lieu	ECHIROLLES (38)
	Entreprise	STGO
	Type de bâtiment/ouvrage	BUREAUX
	Type de produit	GIX222

Chantier DOLCE	Date mise en œuvre	02/2020
	Lieu	AIX LES BAINS (73)
	Entreprise	STGO
	Type de bâtiment/ouvrage	LOGEMENTS
	Type de produit	GG222

Chantier EDEN	Date mise en œuvre	05/2021
	Lieu	GRENOBLE (38)
	Entreprise	SMBA
	Type de bâtiment/ouvrage	LOGEMENTS
	Type de produit	GIX222

Chantier CITE INTERNATIONALE DE LA GASTRONOMIE ET DU VIN	Date mise en œuvre	2019 / 2020 / 2021
	Lieu	DIJON (21)
	Entreprise	EIFFAGE Côte d'Or
	Type de bâtiment/ouvrage	RESTAURANTS - HOTEL - CINEMA - GALERIE MARCHANDE
	Type de produit	Goujons INOX avec douilles R

Chantier Immeuble bureaux commerces	Date mise en œuvre	2020 / 2021
	Lieu	FLEURY LES AUBRAIS (45)
	Entreprise	SOGEA CENTRE 45 (45 SARAN)
	Type de bâtiment/ouvrage	Immeuble de commerces et bureaux
	Type de produit	GG222/252/302 avec douilles P

Chantier immeuble de bureaux PACIFIC	Date mise en œuvre	2020 / 2021
	Lieu	BOIS COLOMBES (92)
	Entreprise	Les Maçons Parisiens (91 MASSY)
	Type de bâtiment/ouvrage	Immeuble de bureaux
	Type de produit	GG222/GIX222/GIX252/GIX302 avec douilles R

Chantier centre hospitalier	Date mise en œuvre	2021
	Lieu	ALBERT (80)
	Entreprise	RAMERY
	Type de bâtiment/ouvrage	
	Type de produit	180 GIX222 avec douilles P

2.12. Annexes du Dossier Technique

2.12.1. Codification et géométrie des goujons et des douilles.

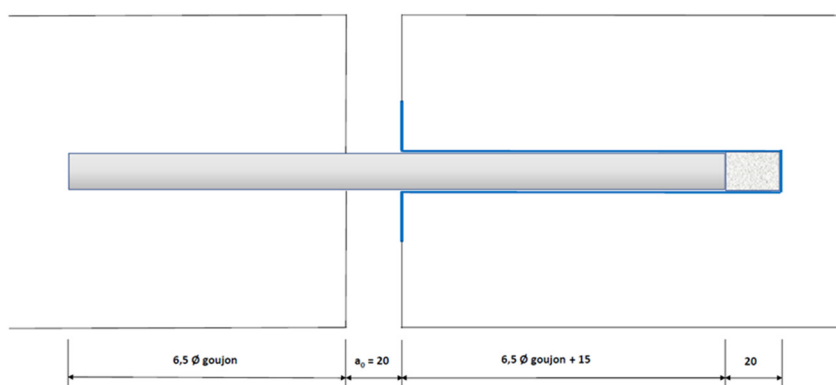
Codification

GIXx	Goujon en acier inoxydable
GGxx	Goujon en acier galvanisé
DxxP	Douille Plastique cylindrique
DxxI	Douille Inox cylindrique
DxxR	Douille inox Rectangulaire
DxxIC	Douille Inox Contreventement

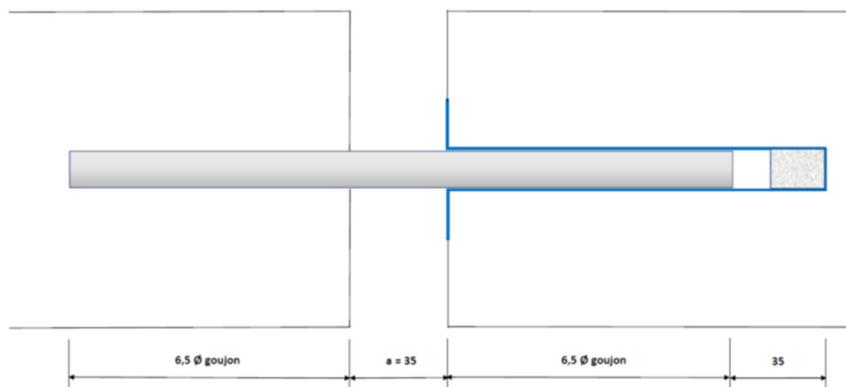
Les dimensions des différents éléments sont données dans les tableaux suivants:

Critères de détermination de la longueur des goujons et des douilles

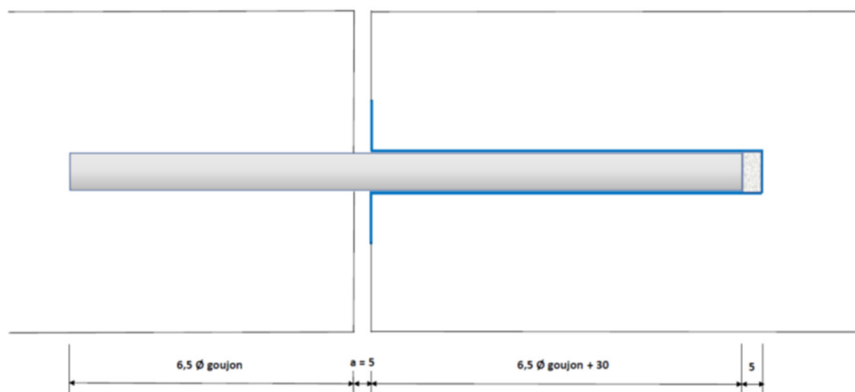
A l'ouverture nominale du joint (20 mm)



A l'ouverture maximale du joint (35 mm)



A l'ouverture minimale du joint (5 mm)



Caractéristiques géométriques des goujons SNAAM en acier inoxydable

Article	Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Illustration
GI22	22	321	
GI25	25	360	
GI30	30	425	
GI40	40	555	

Caractéristiques géométriques des goujons SNAAM en acier galvanisé (Zn)

Article	Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Illustration
GG22	22	321	
GG25	25	360	
GG30	30	425	
GG40	40	555	

Caractéristiques géométriques des douilles cylindriques SNAAM en plastique

Article	A (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	Ø intérieur (mm)	Illustration
D22P	80	178	20	23,5	
D25P	80	198	20	26,5	
D30P	80	230	20	31,5	
D40P	100	295	20	41,5	

Caractéristiques géométriques des douilles cylindriques SNAAM en acier inoxydable

Article	A (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	Ø intérieur (mm)	Illustration
D22I	80	178	20	23,7	
D25I	80	198	20	27,0	
D30I	80	230	20	32,0	
D40I	100	295	20	42,0	

Caractéristiques géométriques des douilles cylindriques SNAAM en acier inoxydable

Article	A (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	Ø intérieur (mm)	Illustration
D22IC	80	178	20	23,0	
D25IC	80	198	20	26,0	
D30IC	80	230	20	31,0	

Caractéristiques géométriques des douilles rectangulaires SNAAM en acier inoxydable

Article	B (mm)	C (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	Section intérieure (mm x mm)	Illustration - Débattement latéral +/- 20 mm
D22R	120	80	178	20	Largeur 62 Hauteur 23,3	

2.12.2. Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,s}$ **Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,s,ELU}$: Douille mono-axe, utilisation du procédé en about de dalle.**

\emptyset goujon (mm)	$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) en fonction de la largeur du joint						
	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm
22	72,63	63,85	56,76	50,99	46,22	42,22	38,84
25	76,07	68,99	63,02	57,96	53,61	49,84	46,56
30	111,43	102,54	94,87	88,19	82,35	77,20	72,63
40	202,45	189,91	178,70	168,66	159,62	151,43	144,02

Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,s,ELU}$: Douille bi-axe, utilisation du procédé en about de dalle.

\emptyset goujon (mm)	$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) en fonction de la largeur du joint						
	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm
22	65,37	57,46	51,09	45,89	41,59	38,00	34,95

Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,s,ELS}$: Douille bi-axe, utilisation du procédé en about de dalle.

\emptyset goujon (mm)	$V_{Rd,s,ELS}$ (kN) en fonction de la largeur du joint						
	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm
22	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20

Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,s,ELU}$: Douille mono-axe, utilisation du procédé en about de poutre.**Tableau goujon de diamètre 22 mm, joint de 30 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm**

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	42,22	36,53	34,81	33,98	33,49
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	43,34	38,93	36,93	35,78
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	43,73	40,23	38,29
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	43,93	41,04
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	44,05
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	42,22	79,87	117,47	155,07	192,65

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Tableau goujon de diamètre 22 mm, joint de 35 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	38,83	34,03	32,57	31,87	31,45
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	39,79	36,09	34,39	33,42
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	40,12	37,18	35,55
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	40,29	37,87
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	40,39
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	38,83	73,82	108,78	143,73	178,68

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Tableau goujon de diamètre 25 mm, joint de 30 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	49,85	44,42	42,75	41,93	41,46
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	50,92	46,76	44,83	43,72
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	51,29	48,00	46,15
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	51,48	48,77
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	51,59
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	49,85	95,34	140,80	186,24	231,69

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Tableau goujon de diamètre 25 mm, joint de 35 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	46,56	41,84	40,37	39,66	39,24
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	47,50	43,89	42,21	41,23
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	47,82	44,97	43,36
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	47,99	45,64
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	48,08
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	46,56	89,34	132,08	174,83	217,55

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Tableau goujon de diamètre 30 mm, joint de 30 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	77,20	69,56	67,19	66,03	65,35
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	78,68	72,86	70,14	68,57
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	79,19	74,60	72,00
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	79,44	75,67
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	79,59
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	77,20	148,24	219,24	290,21	361,18

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Tableau goujon de diamètre 30 mm, joint de 35 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	72,63	65,89	63,79	62,77	62,16
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	73,95	68,82	66,42	65,03
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	74,40	70,36	68,07
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	74,62	71,31
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	74,76
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	72,63	139,84	207,01	274,17	341,33

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Tableau goujon de diamètre 40 mm, joint de 30 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	151,43	138,74	134,76	132,82	131,66
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	153,80	144,23	139,71	137,09
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	154,60	147,10	142,81
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	155,01	148,86
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	155,25
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	151,43	292,54	433,59	574,64	715,67

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Tableau goujon de diamètre 40 mm, joint de 35 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	144,01	132,59	129,00	127,24	126,19
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	146,16	137,56	133,48	131,11
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	146,89	140,15	136,28
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	147,26	141,73
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	147,48
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	144,01	278,75	413,45	548,13	682,79

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Lorsque la poutre comporte plusieurs rangées de goujons, la capacité portante totale ELU de la poutre est obtenue en multipliant la capacité portante d'une rangée de goujons par le nombre de rangées de goujons juxtaposées.

Ces tableaux sont établis pour les cas d'une largeur de joint de calcul $a = 30$ et 35 mm s'ouvrant de +/- 3 mm, d'autres valeurs peuvent être calculées pour d'autres configurations de joints.

Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,s,ELU}$: Douille bi-axe, utilisation du procédé en about de poutre.

Tableau goujon de diamètre 22 mm, joint de 30 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	38,00	32,87	31,33	30,58	30,14
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	39,01	35,04	33,24	32,21
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	39,36	36,20	34,46
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	39,54	36,93
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	39,64
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	38,00	71,88	105,73	139,56	173,38

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Tableau goujon de diamètre 22 mm, joint de 35 mm, variation d'ouverture du joint +/- 3 mm

Nombre de goujons sur la hauteur de la poutre	1	2	3	4	5
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 1	34,95	30,63	29,32	28,68	28,31
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 2	-	35,81	32,48	30,95	30,07
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 3	-	-	36,11	33,46	31,99
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 4	-	-	-	36,26	34,08
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) goujon 5	-	-	-	-	36,35
$V_{Rd,s,ELU}$ (kN) totale ¹⁾	34,95	66,44	97,91	129,35	160,80

1) Pour obtenir la capacité portante totale de la poutre la valeur $V_{Rd,s,ELU,total}$ doit être multipliée par le nombre de rangées de goujons. Si le nombre de goujons total est 1 ou 2, il faut appliquer le coefficient de réduction §2.4

Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,s,ELS}$: Douille bi-axe, utilisation du procédé en about de poutre.

Dans le cas de l'utilisation de douilles bi-axe en about de poutre, la résistance à l'ELS de chaque goujon prise individuellement et égale à 8,2kN, quel que soit la largeur de joint et la variation de son ouverture.

2.12.3. Valeurs de dimensionnement $V_{Rd,ce}$

Douilles mono-axe

Schéma goujon avec 1 renfort de part et d'autre de chaque goujon

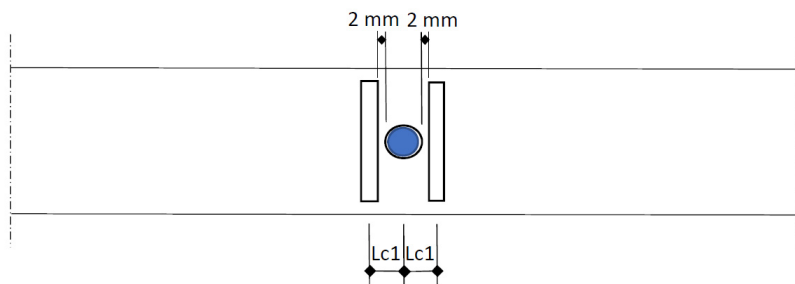
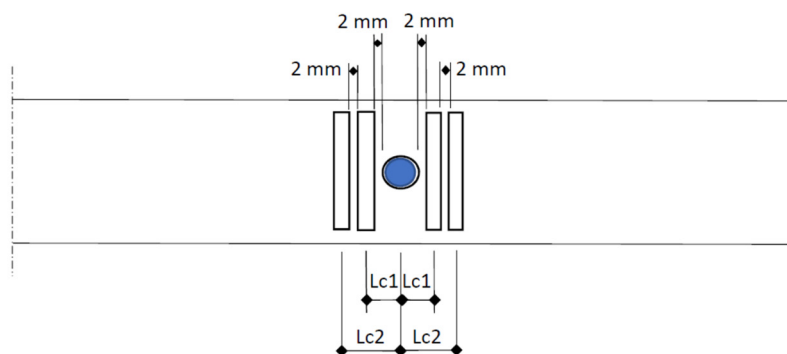


Schéma goujon avec 2 renforts de part et d'autre de chaque goujon



Note concernant les schémas : la longueur d'ancrage de l'acier de renfort dans la dalle, notée $l_{b,ind}$ dans le TR065 doit être déterminée conformément à la norme NF EN 1992-1-1. En particulier, si l'espacement ménagé entre armatures est insuffisant, le calcul de $l_{b,ind}$ doit être réalisé en considérant un paquet de barres au sens du §8.9 de la norme NF EN 1992-1-1.

Armatures de renforts version 1 :

\varnothing goujon (mm)	Renforts 1	Renforts 2	as1 (mm ²)	as2 (mm ²)	lc1 (mm)	lc2 (mm)
22	2HA10	-	78,5	-	18	-
25	2HA10	2HA10	78,5	78,5	20	32
30	2HA10	2HA10	78,5	78,5	22	34
40	2HA14	2HA14	154	154	29	45

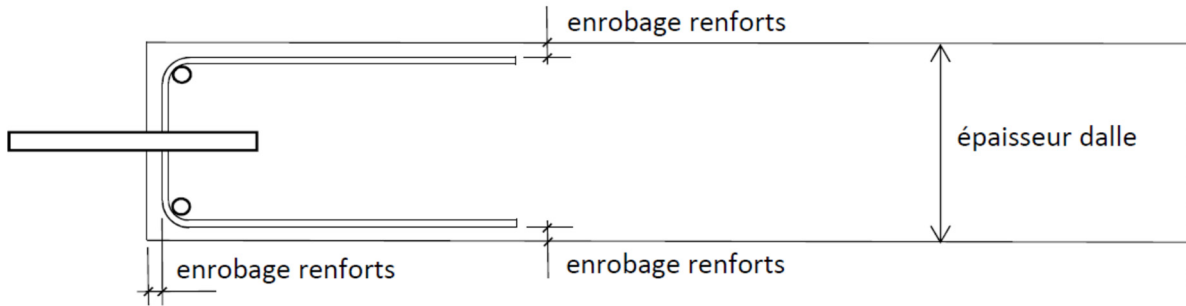
Armatures de renforts version 2 :

\varnothing goujon (mm)	Renforts 1	Renforts 2	as1 (mm ²)	as2 (mm ²)	lc1 (mm)	lc2 (mm)
22	2HA12	-	113	-	19	-
25	2HA12	2HA12	113	113	21	35
30	2HA12	2HA12	113	113	23	37
40	2HA16	2HA16	201	201	30	48

Les renforts de diamètre 10 mm sont façonnés sur un axe 40 mm
 Les renforts de diamètre 12 mm sont façonnés sur un axe 50 mm
 Les renforts de diamètre 14 mm sont façonnés sur un axe 70 mm
 Les renforts de diamètre 16 mm sont façonnés sur un axe 70 mm

Ces combinaisons de renforts ne sont pas exhaustives, d'autres versions sont possibles pour obtenir d'autres valeurs de $V_{Rd,ce}$.

Compatibilité entre diamètre de renforts et épaisseur de dalle



Pour un enrobage des renforts = 20 mm

Épaisseur de dalle (mm)	Diamètre des renforts			
	HA 10	HA 12	HA 14	HA 16
150	OUI	OUI	NON	NON
160	OUI	OUI	NON	NON
170	OUI	OUI	OUI	NON
>= 180	OUI	OUI	OUI	OUI

Pour un enrobage des renforts = 30 mm

Épaisseur de dalle (mm)	Diamètre des renforts			
	HA 10	HA 12	HA 14	HA 16
150	OUI	NON	NON	NON
160	OUI	NON	NON	NON
170	OUI	OUI	NON	NON
180	OUI	OUI	NON	NON
190	OUI	OUI	OUI	NON
>= 200	OUI	OUI	OUI	OUI

Tableaux des $V_{Rd,ce}$ (kN) pour les dalles et les poutres, douilles mono-axe, béton C25/30

A l'ELU :

Avec un enrobage des renforts = 20 mm :

H (cm)	Ø 22		Ø 25		Ø 30		Ø 40	
	2 HA10	2 HA12	4 HA10	4 HA12	4 HA10	4 HA12	4 HA14	4 HA16
	Lc1=18 mm	Lc1=19 mm	Lc1=20 Lc2=32 mm	Lc1=21 Lc2=35 mm	Lc1=22 Lc2=34 mm	Lc1=23 Lc2=37 mm	Lc1=29 Lc2=45 mm	Lc1=30 Lc2=48 mm
15	15,92	20,74						
16	16,81	21,82						
17	17,69	22,89						
18	18,57	23,95	35,08	44,98				
19	19,44	25,01	36,85	47,14				
20	20,32	26,06	38,62	49,29	38,12	48,66		
21	21,19	27,12	40,38	51,43	39,88	50,80		
22	22,05	28,16	42,13	53,55	41,64	52,94		
23	22,92	29,21	43,88	55,67	43,39	55,06		
24	23,78	30,25	45,63	57,78	45,14	57,18		
25	24,64	31,29	47,37	59,89	46,89	59,29	68,56	84,88
26	22,01	28,59	42,57	55,13	42,21	54,67	65,47	81,89
27	22,61	29,32	43,80	56,62	43,44	56,17	67,25	83,95
28	23,22	30,05	45,02	58,10	44,67	57,66	69,02	86,00
29	23,83	30,78	46,25	59,58	45,89	59,14	70,78	88,04
30	24,43	31,52	47,47	61,06	47,12	60,62	72,54	90,07
31	25,04	32,24	48,69	62,54	48,34	62,10	74,29	92,09
32	25,64	32,97	49,90	64,01	49,56	63,58	76,04	94,10
33	26,24	33,70	51,12	65,48	50,78	65,05	77,78	96,11
34	26,85	34,43	52,33	66,94	51,99	66,52	79,51	98,11
35	27,45	35,15	53,55	68,40	53,21	67,98	81,24	100,10
36	28,05	35,88	54,76	69,87	54,42	69,45	82,97	102,09
37	28,65	36,60	55,97	71,32	55,63	70,91	84,69	104,08
38	29,25	37,32	57,17	72,78	56,84	72,37	86,42	106,06
39	29,85	38,05	58,38	74,24	58,05	73,83	88,13	108,04
40	30,46	38,77	59,59	75,69	59,26	75,28	89,85	110,01

A l'ELU :**Avec un enrobage des renforts = 30 mm :**

H (cm)	Ø 22		Ø 25		Ø 30		Ø 40	
	2 HA10	2 HA12	4 HA10	4 HA12	4 HA10	4 HA12	4 HA14	4 HA16
	Lc1=18 mm	Lc1=19 mm	Lc1=20 Lc2=32 mm	Lc1=21 Lc2=35 mm	Lc1=22 Lc2=34 mm	Lc1=23 Lc2=37 mm	Lc1=29 Lc2=45 mm	Lc1=30 Lc2=48 mm
15	7,16	-						
16	7,56	-						
17	7,96	10,30						
18	8,36	10,78	15,79	20,24				
19	8,75	11,25	16,58	21,21				
20	9,14	11,73	17,38	22,18	21,35	27,25		
21	9,54	12,20	18,17	23,14	22,33	28,45		
22	9,92	12,67	18,96	24,10	23,32	29,65		
23	10,31	13,14	19,75	25,05	24,30	30,83		
24	10,70	13,61	20,53	26,00	25,28	32,02		
25	11,09	14,08	21,32	26,95	26,26	33,20	54,85	67,90
26	9,90	12,87	19,16	24,81	23,64	30,62	52,38	65,51
27	10,17	13,19	19,71	25,48	24,33	31,46	53,80	67,16
28	10,45	13,52	20,26	26,15	25,02	32,29	55,22	68,80
29	10,72	13,85	20,81	26,81	25,70	33,12	56,62	70,43
30	10,99	14,18	21,36	27,48	26,39	33,95	58,03	72,06
31	11,27	14,51	21,91	28,14	27,07	34,78	59,43	73,67
32	11,54	14,84	22,46	28,80	27,75	35,60	60,83	75,28
33	11,81	15,17	23,00	29,47	28,44	36,43	62,22	76,89
34	12,08	15,49	23,55	30,12	29,11	37,25	63,61	78,49
35	12,35	15,82	24,10	30,78	29,80	38,07	64,99	80,08
36	12,62	16,15	24,64	31,44	30,48	38,89	66,38	81,67
37	12,89	16,47	25,19	32,09	31,15	39,71	67,75	83,26
38	13,16	16,79	25,73	32,75	31,83	40,53	69,14	84,85
39	13,43	17,12	26,27	33,41	32,51	41,34	70,50	86,43
40	13,71	17,45	26,82	34,06	33,19	42,16	71,88	88,01

A l'ELS :**Avec un enrobage des renforts = 20 mm :**

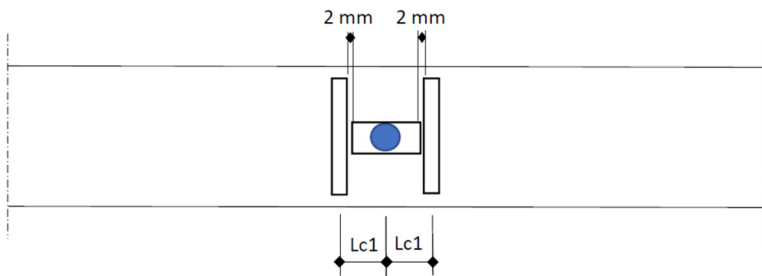
H (cm)	Ø 22		Ø 25		Ø 30		Ø 40	
	2 HA10	2 HA12	4 HA10	4 HA12	4 HA10	4 HA12	4 HA14	4 HA16
	Lc1=18 mm	Lc1=19 mm	Lc1=20 Lc2=32 mm	Lc1=21 Lc2=35 mm	Lc1=22 Lc2=34 mm	Lc1=23 Lc2=37 mm	Lc1=29 Lc2=45 mm	Lc1=30 Lc2=48 mm
15	7,25	9,73						
16	7,54	10,08						
17	7,83	10,43						
18	8,11	10,78	15,49	20,50				
19	8,40	11,13	16,07	21,21				
20	8,68	11,47	16,65	21,92	16,47	21,69		
21	8,96	11,81	17,22	22,62	17,04	22,39		
22	9,24	12,15	17,79	23,31	17,62	23,09		
23	9,52	12,49	18,36	24,01	18,19	23,79		
24	9,80	12,83	18,93	24,70	18,76	24,48		
25	10,08	13,17	19,49	25,38	19,32	25,17	30,28	38,02
26	9,24	12,31	17,96	23,87	17,83	23,70	29,32	37,09
27	9,44	12,55	18,36	24,36	18,23	24,19	29,90	37,77
28	9,63	12,78	18,76	24,84	18,63	24,68	30,49	38,45
29	9,83	13,02	19,16	25,32	19,03	25,17	31,07	39,13
30	10,03	13,26	19,55	25,81	19,43	25,65	31,65	39,80
31	10,22	13,49	19,95	26,29	19,83	26,13	32,22	40,46
32	10,42	13,73	20,34	26,76	20,22	26,61	32,79	41,13
33	10,61	13,96	20,74	27,24	20,62	27,09	33,36	41,79
34	10,80	14,20	21,13	27,72	21,01	27,56	33,93	42,44
35	11,00	14,43	21,52	28,19	21,40	28,04	34,49	43,09
36	11,19	14,67	21,91	28,66	21,80	28,51	35,06	43,75
37	11,39	14,90	22,30	29,14	22,19	28,99	35,62	44,39
38	11,58	15,13	22,69	29,61	22,58	29,46	36,18	45,04
39	11,77	15,37	23,08	30,08	22,97	29,93	36,74	45,69
40	11,97	15,60	23,47	30,55	23,36	30,40	37,29	46,33

A l'ELS :**Avec un enrobage des renforts = 30 mm :**

H (cm)	Ø 22		Ø 25		Ø 30		Ø 40	
	2 HA10	2 HA12	4 HA10	4 HA12	4 HA10	4 HA12	4 HA14	4 HA16
	Lc1=18 mm	Lc1=19 mm	Lc1=20 Lc2=32 mm	Lc1=21 Lc2=35 mm	Lc1=22 Lc2=34 mm	Lc1=23 Lc2=37 mm	Lc1=29 Lc2=45 mm	Lc1=30 Lc2=48 mm
15	4,57	-						
16	4,75	-						
17	4,93	6,57						
18	5,11	6,79	7,90	10,46				
19	5,29	7,01	8,20	10,82				
20	5,47	7,23	8,49	11,18	8,40	11,06		
21	5,64	7,44	8,78	11,54	8,69	11,42		
22	5,82	7,65	9,07	11,89	8,99	11,78		
23	6,00	7,87	9,36	12,25	9,28	12,13		
24	6,17	8,08	9,65	12,60	9,57	12,48		
25	6,35	8,30	9,94	12,94	9,85	12,84	21,20	26,61
26	5,82	7,76	9,16	12,17	9,09	12,09	20,52	25,96
27	5,95	7,91	9,36	12,42	9,30	12,34	20,93	26,44
28	6,07	8,05	9,57	12,67	9,50	12,59	21,34	26,92
29	6,19	8,20	9,77	12,91	9,71	12,84	21,75	27,39
30	6,32	8,35	9,97	13,16	9,91	13,08	22,16	27,86
31	6,44	8,50	10,17	13,41	10,11	13,33	22,55	28,32
32	6,56	8,65	10,37	13,65	10,31	13,57	22,95	28,79
33	6,68	8,79	10,58	13,89	10,52	13,82	23,35	29,25
34	6,80	8,95	10,78	14,14	10,72	14,06	23,75	29,71
35	6,93	9,09	10,98	14,38	10,91	14,30	24,14	30,16
36	7,05	9,24	11,17	14,62	11,12	14,54	24,54	30,63
37	7,18	9,39	11,37	14,86	11,32	14,78	24,93	31,07
38	7,30	9,53	11,57	15,10	11,52	15,02	25,33	31,53
39	7,42	9,68	11,77	15,34	11,71	15,26	25,72	31,98
40	7,54	9,83	11,97	15,58	11,91	15,50	26,10	32,43

Douilles bi-axe

Schéma avec 1 renfort de part et d'autre de chaque goujon



Armatures de renforts version 1 :

∅ goujon (mm)	Renforts 1	Renforts 2	as1 (mm ²)	as2 (mm ²)	lc1 (mm)	lc2 (mm)
22	2HA10	-	78,5	-	38	-

Armatures de renforts version 2 :

∅ goujon (mm)	Renforts 1	Renforts 2	as1 (mm ²)	as2 (mm ²)	lc1 (mm)	lc2 (mm)
22	2HA12	-	113	-	39	-

Armatures de renforts version 3 :

∅ goujon (mm)	Renforts 1	Renforts 2	as1 (mm ²)	as2 (mm ²)	lc1 (mm)	lc2 (mm)
22	2HA14	-	154	-	40	-

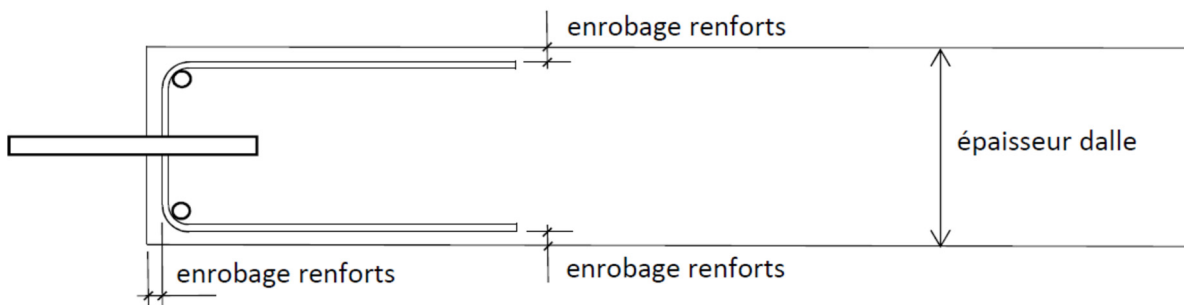
Les renforts de diamètre 10 mm sont façonnés sur un axe 40 mm

Les renforts de diamètre 12 mm sont façonnés sur un axe 50 mm

Les renforts de diamètre 14 mm sont façonnés sur un axe 70 mm

Ces combinaisons de renforts ne sont pas exhaustives, d'autres versions sont possibles pour obtenir d'autres valeurs de $V_{Rd,ce}$.

Compatibilité entre diamètre de renforts et épaisseur de dalle



Pour un enrobage des renforts = 20 mm

Épaisseur de dalle (mm)	Diamètre des renforts		
	HA 10	HA 12	HA 14
150	OUI	OUI	NON
160	OUI	OUI	NON
>= 170	OUI	OUI	OUI

Pour un enrobage des renforts = 30 mm

Epaisseur de dalle (mm)	Diamètre des renforts		
	HA 10	HA 12	HA 14
150	OUI	NON	NON
160	OUI	NON	NON
170	OUI	OUI	NON
180	OUI	OUI	NON
>= 190	OUI	OUI	OUI

Tableaux des $V_{Rd,ce}$ (kN) pour les dalles et les poutres, douilles bi-axe, béton C25/30**A l'ELU :****Avec un enrobage des renforts = 20 mm :**

H (cm)	Ø 22		
	2 HA10	2 HA12	2 HA14
	Lc1=38 mm	Lc1=39 mm	Lc1=40 mm
15	10,71	14,02	-
16	11,46	14,95	-
17	12,21	15,87	18,98
18	12,95	16,77	20,06
19	13,69	17,67	21,12
20	14,42	18,56	22,17
21	15,14	19,44	23,22
22	15,87	20,32	24,25
23	16,59	21,19	25,28
24	17,30	22,06	26,31
25	18,02	22,92	27,33
26	16,36	21,32	26,18
27	16,87	21,93	26,90
28	17,37	22,54	27,62
29	17,87	23,15	28,34
30	18,38	23,76	29,06
31	18,87	24,36	29,77
32	19,37	24,96	30,48
33	19,87	25,57	31,18
34	20,37	26,17	31,89
35	20,86	26,76	32,59
36	21,36	27,36	33,30
37	21,85	27,96	34,00
38	22,34	28,55	34,69
39	22,84	29,15	35,39
40	23,33	29,74	36,09

Avec un enrobage des renforts = 30 mm :

H (cm)	Ø 22		
	2 HA10	2 HA12	2 HA14
	Lc1=38 mm	Lc1=39 mm	Lc1=40 mm
15	4,82	-	-
16	5,16	-	-
17	5,49	7,14	-
18	5,83	7,55	-
19	6,16	7,95	9,50
20	6,49	8,35	9,98
21	6,81	8,75	10,45
22	7,14	9,14	10,91
23	7,47	9,54	11,38
24	7,79	9,93	11,84
25	8,11	10,31	12,30
26	7,36	9,59	11,78
27	7,59	9,87	12,11
28	7,82	10,14	12,43
29	8,04	10,42	12,75
30	8,27	10,69	13,08
31	8,49	10,96	13,40
32	8,72	11,23	13,72
33	8,94	11,51	14,03
34	9,17	11,78	14,35
35	9,39	12,04	14,67
36	9,61	12,31	14,99
37	9,83	12,58	15,30
38	10,05	12,85	15,61
39	10,28	13,12	15,93
40	10,50	13,38	16,24

A l'ELS :**Avec un enrobage des renforts = 20 mm :**

H (cm)	Ø 22		
	2 HA10	2 HA12	2 HA14
	Lc1=38 mm	Lc1=39 mm	Lc1=40 mm
15	6,26	8,46	-
16	6,57	8,84	-
17	6,88	9,22	11,52
18	7,19	9,60	11,97
19	7,49	9,97	12,41
20	7,79	10,33	12,84
21	8,08	10,69	13,27
22	8,37	11,05	13,69
23	8,66	11,40	14,12
24	8,95	11,76	14,53
25	9,24	12,11	14,95
26	8,59	11,48	14,50
27	8,80	11,73	14,80
28	9,00	11,98	15,09
29	9,20	12,22	15,39
30	9,41	12,47	15,68
31	9,61	12,71	15,97
32	9,81	12,96	16,25
33	10,01	13,20	16,54
34	10,21	13,44	16,82
35	10,40	13,68	17,11
36	10,60	13,92	17,39
37	10,80	14,16	17,67
38	11,00	14,40	17,95
39	11,19	14,64	18,24
40	11,39	14,88	18,51

Avec un enrobage des renforts = 30 mm :

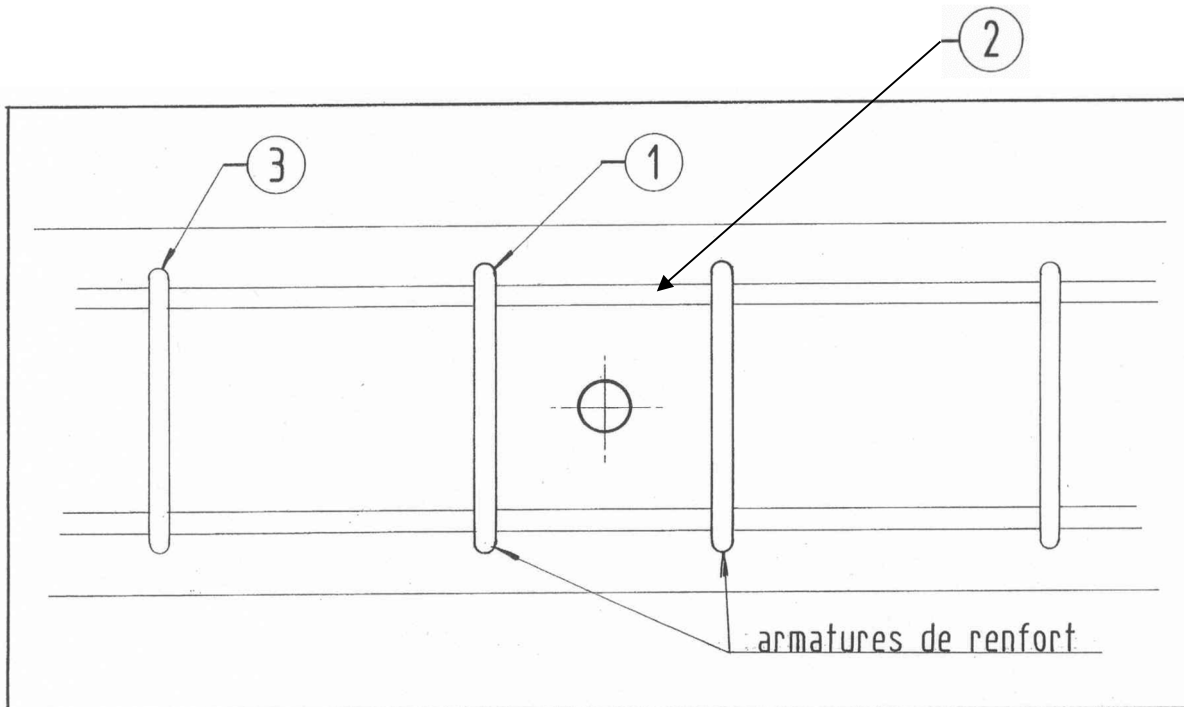
H (cm)	Ø 22		
	2 HA10	2 HA12	2 HA14
	Lc1=38 mm	Lc1=39 mm	Lc1=40 mm
15	3,94	-	-
16	4,14	-	-
17	4,33	5,81	-
18	4,53	6,05	-
19	4,72	6,28	7,82
20	4,91	6,51	8,09
21	5,09	6,73	8,36
22	5,27	6,96	8,62
23	5,46	7,18	8,90
24	5,64	7,41	9,15
25	5,82	7,63	9,42
26	5,41	7,23	9,14
27	5,54	7,39	9,32
28	5,67	7,55	9,51
29	5,80	7,70	9,70
30	5,93	7,86	9,88
31	6,05	8,01	10,06
32	6,18	8,16	10,24
33	6,31	8,32	10,42
34	6,43	8,47	10,60
35	6,55	8,62	10,78
36	6,68	8,77	10,96
37	6,80	8,92	11,13
38	6,93	9,07	11,31
39	7,05	9,22	11,49
40	7,18	9,37	11,66

2.12.4. Figures du Dossier Technique

2.12.4.1. Dispositions constructives pour les dalles

La rive de dalle doit comporter des armatures filantes parallèles au joint dont la section totale est au moins égale à la section des armatures de renfort. Se référer au TECHNICAL REPORT TR 065 d'octobre 2019 pour le dimensionnement de ces armatures. Les armatures filantes inférieures doivent avoir la même section que les armatures filantes supérieures.

Ces armatures filantes doivent assurer le fonctionnement en poutre continue de la rive de dalle avec appuis constitués par les goujons.



Repère 1 = renforts

Repère 2 = armature filante

Repère 3 = armatures transversales de la bande de rive

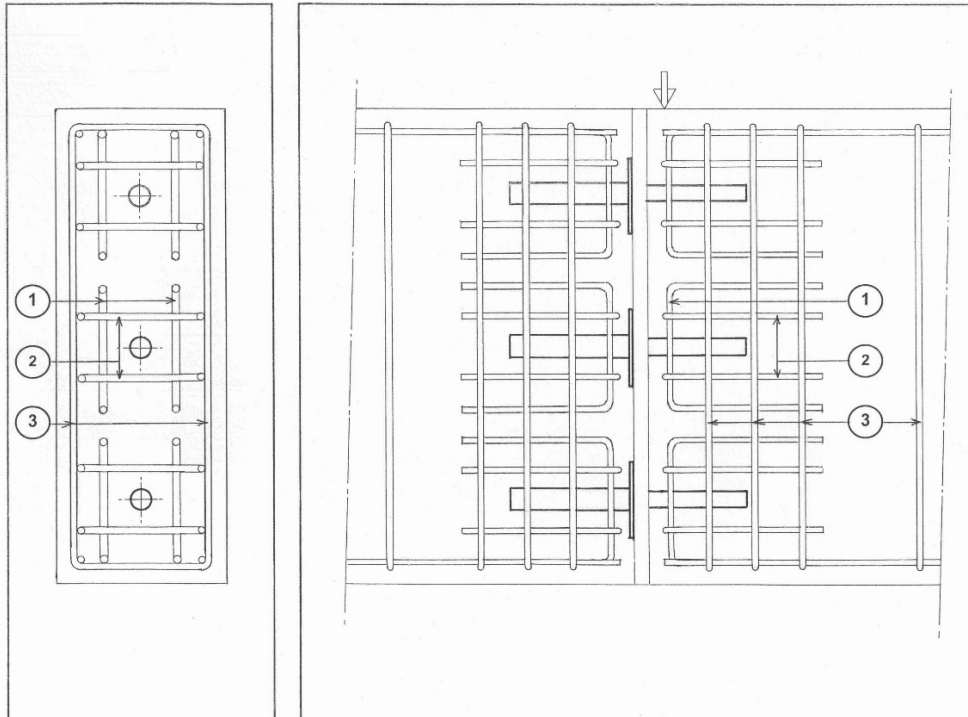
2.12.4.2. Dispositions constructives pour les poutres

L'extrémité de poutre doit comporter, en plus des armatures de renfort (1), des armatures horizontales (2) et des suspentes verticales (3).

Les armatures horizontales doivent avoir une section identique à celle des armatures de renfort.

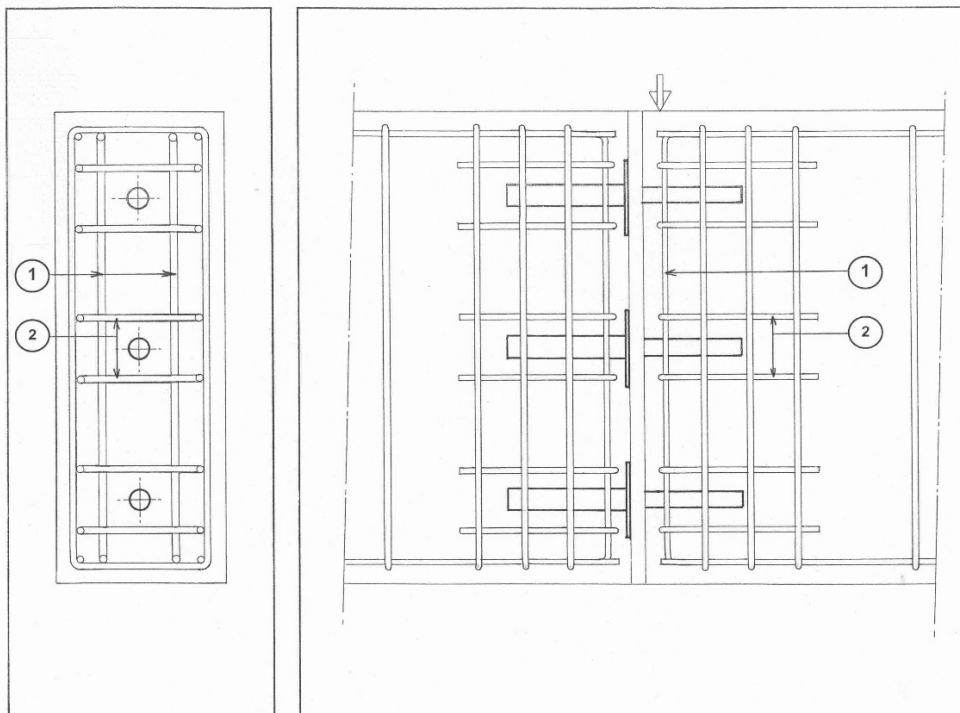
Les suspentes verticales doivent relever la totalité de l'effort tranchant d'extrémité de poutre.

Cas où les renforts sont superposés



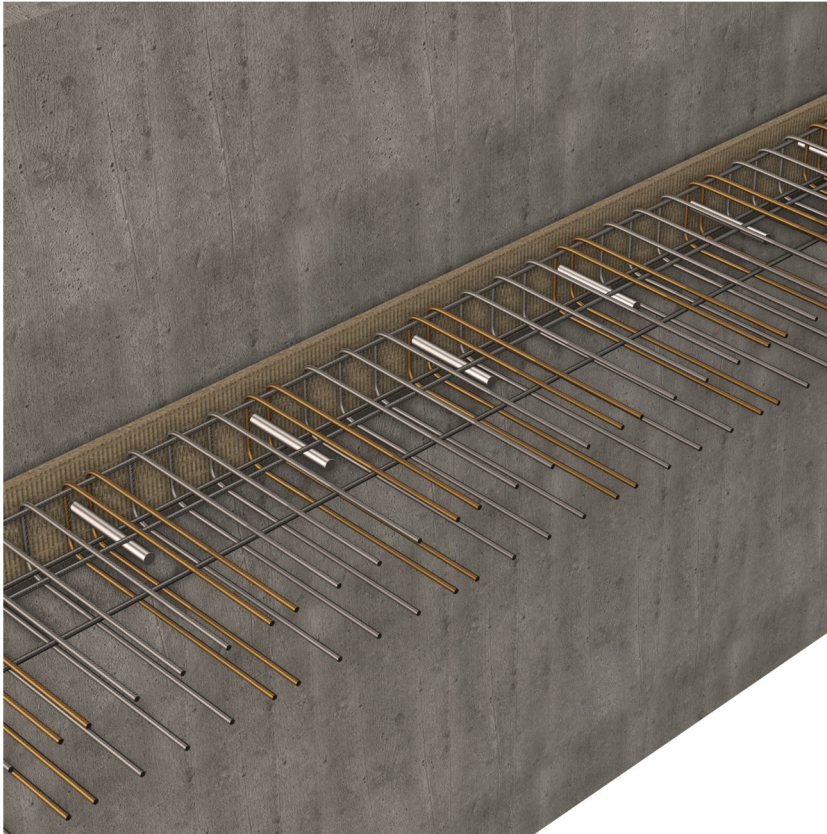
Cas où les renforts sont disposés sur toute la hauteur de la poutre

Dans ce cas, les renforts et les suspentes sont fusionnées (1).



2.12.4.3. Solution type liaison dalle-voile

Les goujons n'ont pas de protection particulière contre le feu. Une étude au cas par cas doit être réalisée pour assurer la protection des goujons dans l'espace libre du joint.



2.12.4.4. Solution type liaison poutre-voile

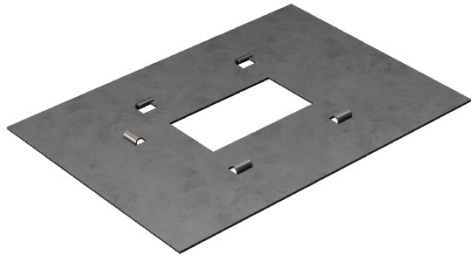
Les goujons n'ont pas de protection particulière contre le feu. Une étude au cas par cas doit être réalisée pour assurer la protection des goujons dans l'espace libre du joint.



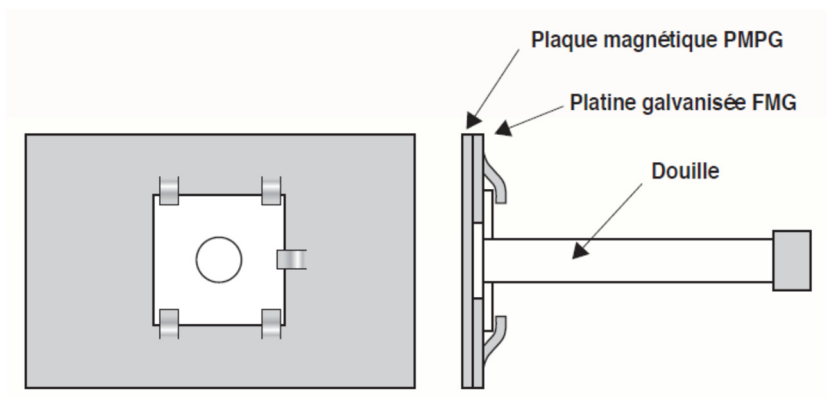
2.12.4.5. Solution de fixation magnétique des douilles sur coffrages métalliques.

Platine acier galvanisé FMG 140 x 200 x 2 mm

Plaque magnétique souple PMPG 140 x 200 x 3 mm



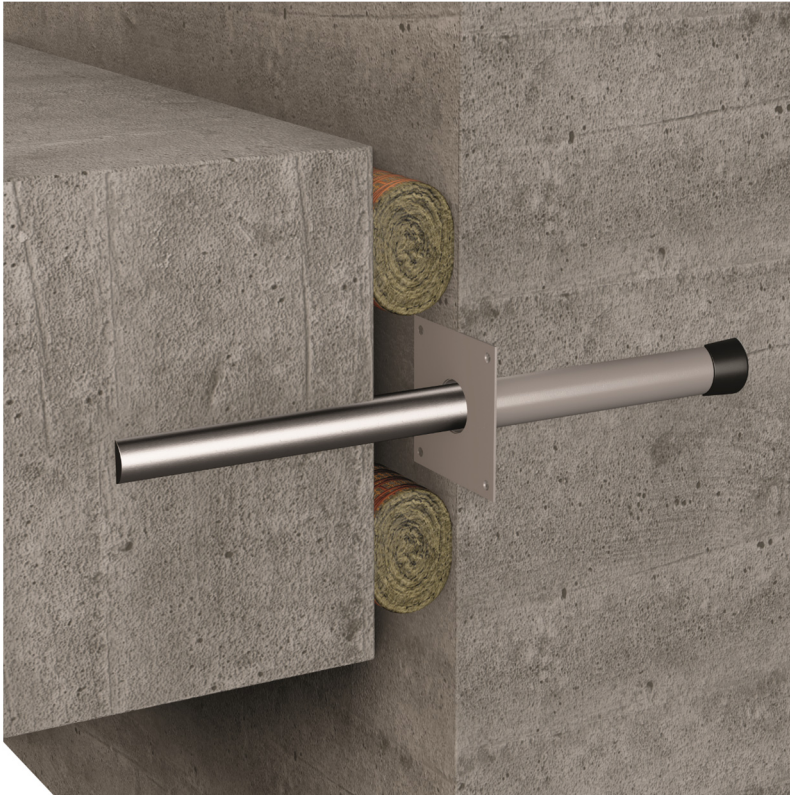
Les douilles sont emboîtées sur les platines et l'ensemble est plaqué contre le coffrage



Pour le dimensionnement des goujons posés avec une platine magnétique, augmenter l'ouverture de joint de calcul de 5 mm

2.12.4.6. Exemple de solution de traitement coupe-feu au moyen de cordons CF

Les goujons n'ont pas de protection particulière contre le feu. Une étude au cas par cas doit être réalisée pour assurer la protection des goujons dans l'espace libre du joint.



2.12.4.7. Exemple de solution de traitement coupe-feu au moyen de plaques CF

Les goujons n'ont pas de protection particulière contre le feu. Une étude au cas par cas doit être réalisée pour assurer la protection des goujons dans l'espace libre du joint.



2.12.5. Plan d'Assurance Qualité pour la mise en œuvre

Le PAQ établi par l'entreprise qui effectue la mise en œuvre, doit notamment spécifier :

- Les moyens de positionnement des douilles dans les coffrages
 - Par clouage
 - Par fixations magnétiques
 - Autres moyens
- Les moyens de calage et de maintien en position des armatures de renfort
 - Cales plastique
 - Cales béton
 - Fil d'attache
 - Autres moyens
- La classe de résistance du béton
- Les diamètre, nombre et distance à l'axe du goujon des armatures de renfort
- Plan de détail des goujons et renforts associés

La fiche de contrôle avant coulage doit mentionner :

- Vérification de l'espacement entre goujons
- Vérification du parallélisme entre goujons
- Vérification du diamètre du goujon
- Vérification de la compatibilité goujon-douille

Vérification des espacements minimum et des distances au bord :

En dalle :

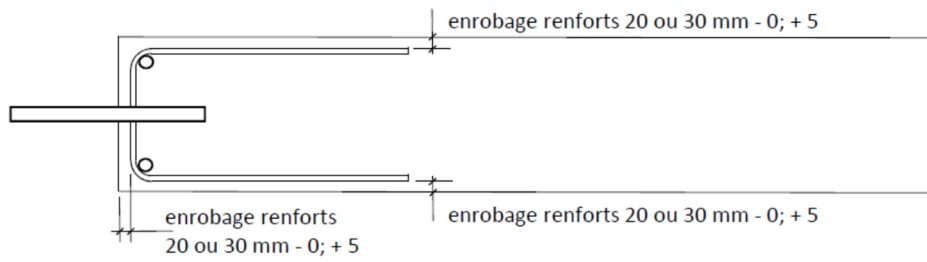
Goujon	Diamètre (mm)	Epaisseur minimale de dalle (cm)	Distance minimale au parement supérieur et inférieur (cm)	Distance minimale entre goujon et bord du béton (cm)	Espacement horizontal minimum entre goujons (cm)
GI 22 - GG 22	22	15	7,5	11,5	22,5
GI 25 - GG 25	25	18	9,0	13,5	27,0
GI 30 - GG 30	30	20	10,0	15,0	30,0
GI 40 - GG 40	40	25	12,5	19,0	37,5

En poutre :

Goujon	Diamètre (mm)	Largeur minimale de poutre (cm)	Espacement vertical minimum entre goujons (cm)	Distance minimale au parement supérieur et inférieur (cm)	Distance minimale entre goujon et bord du béton (cm)
GI 22 - GG 22	22	15	15	7,5	7,5
GI 25 - GG 25	25	18	18	9,0	9,0
GI 30 - GG 30	30	20	20	10,0	10,0
GI 40 - GG 40	40	25	25	12,5	12,5

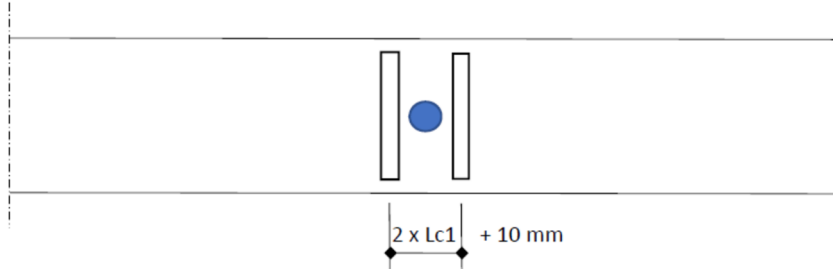
Tolérances :

- Sur la longueur des goujons : - 1 ; + 5 mm
- Sur la longueur des douilles : - 1 ; + 5 mm
- Sur l'enrobage des armatures de renfort :

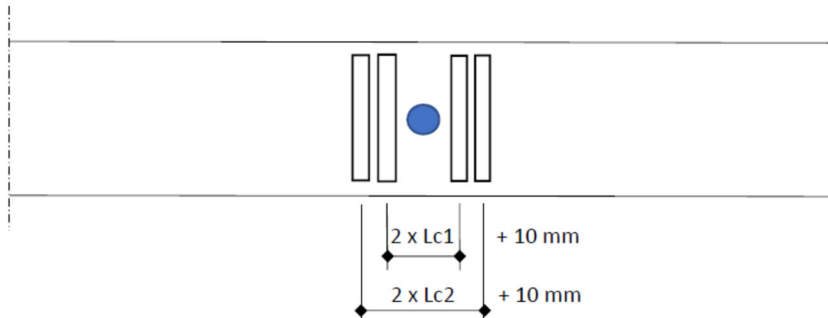


- Sur l'entraxe des armatures de renfort :

- Avec 2 renforts :



- Avec 4 renforts :



2.12.6. Exemples de fiches d'autocontrôle

**FICHE D'AUTO CONTROLE
MISE EN ŒUVRE GOUJONS ELEXI
EN DALLE**

Date : -----

Référence du joint : -----

Classe de résistance du béton : -----

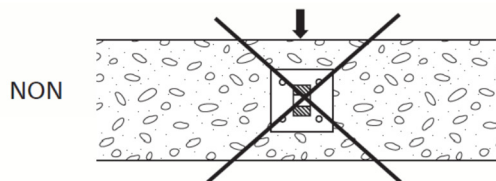
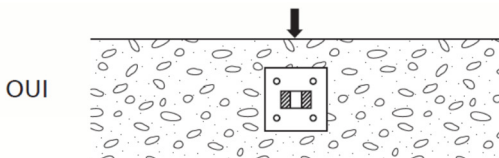
Epaisseur de dalle : -----

Contrôle caractéristiques des composants :

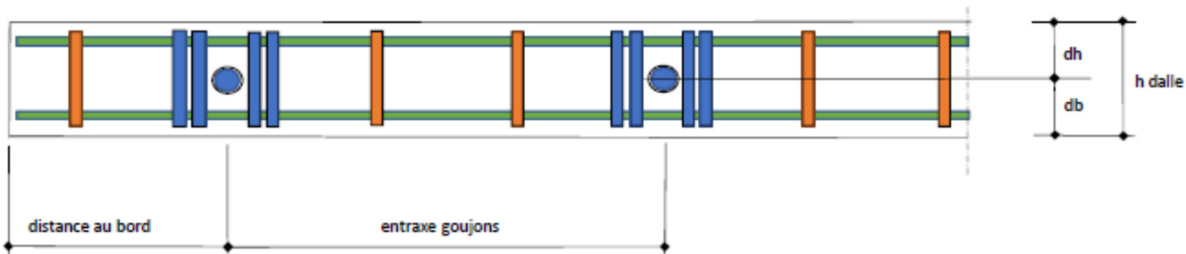
- Goujons : en acier inoxydable ou en acier galvanisé ----- ; Article -----
- Douilles : mono-axe ou bi-axe ----- ; Article -----

Contrôle position des goujons :

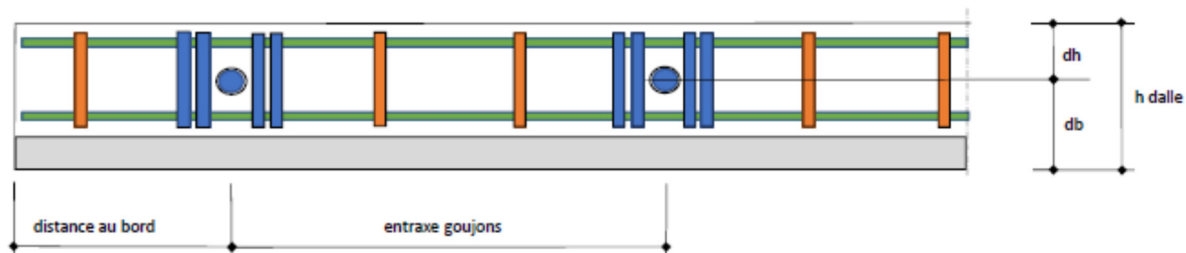
- Entraxe goujons -----
- Distance au bord -----
- Distance par rapport à la surface de dalle -----
- Distance par rapport à la sous-face de dalle -----
- Vérification alignement et parallélisme : OK / pas OK
- Vérification position des douilles bi-axe : OK / pas OK



DALLE PLEINE ou PREDALLE APPUYEE SUR BANDE DE RIVE :



PREDALLE :



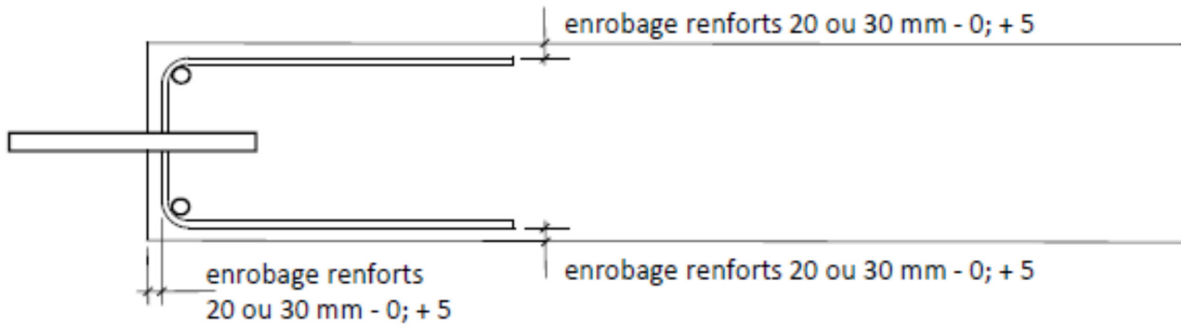
Contrôle des armatures de renfort :

- Nombre par goujon -----
- Diamètre -----

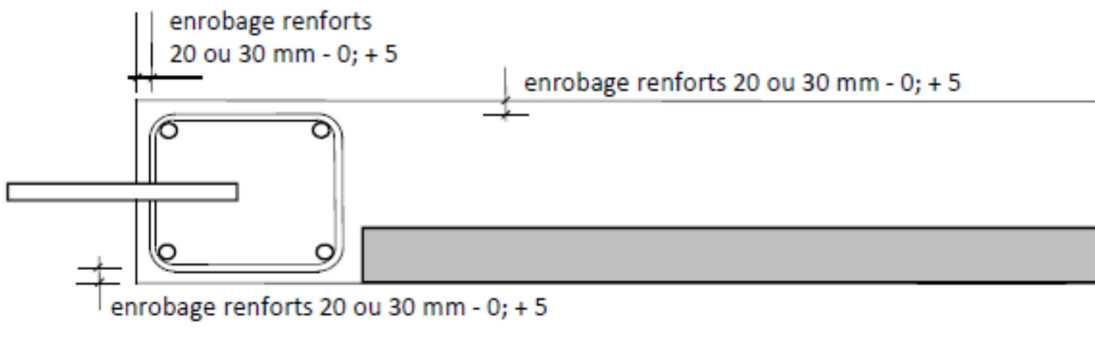
Contrôle enrobage des armatures de renfort :

- Latéral vis-à-vis du parement du joint -----
- Supérieur vis-à-vis de la surface de la dalle -----
- Inférieur vis-à-vis de la sous-face de la dalle -----

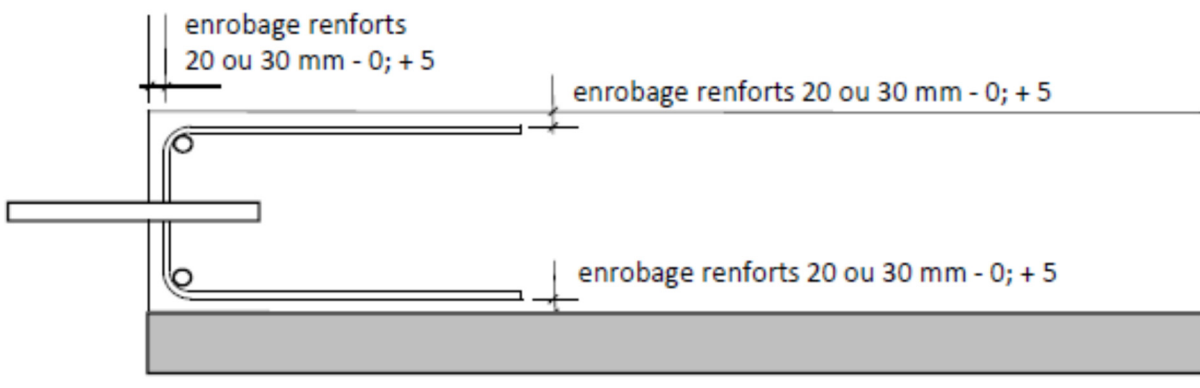
DALLE PLEINE :



PREDALLE BETON ARME APPUYEE SUR BANDE DE RIVE :

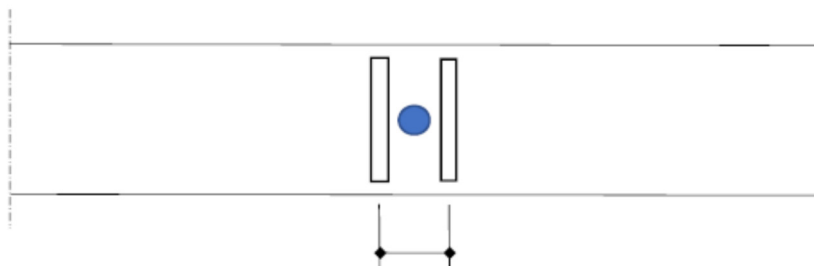


PREDALLE BETON ARME OU BETON PRECONTRAINTE SUSPENDUE :



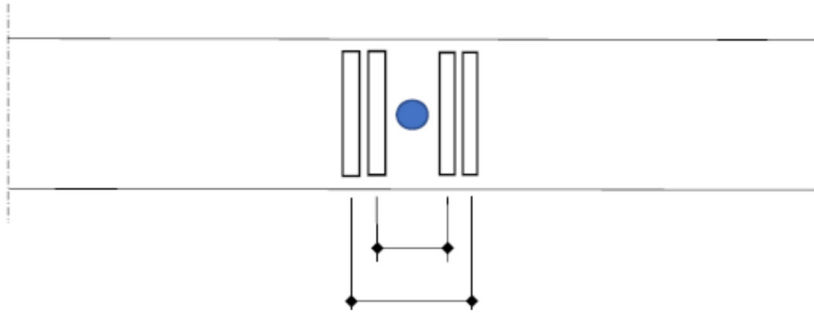
Contrôle position distance entre-axe des renforts (tolérance + 10 mm)

Avec deux renforts :



Distance = -----

Avec quatre renforts :



Distance 1 =

Distance 2 =

Les renforts sont bien à égale distance de l'axe du goujon : OK / pas OK

BON POUR BETONNAGE :

Nom du vérificateur :

Visa :

FICHE D'AUTO CONTROLE MISE EN ŒUVRE GOUJONS ELEXI EN POUTRE

Date :

Référence poutre :

Classe de résistance du béton :

Contrôle caractéristiques des composants :

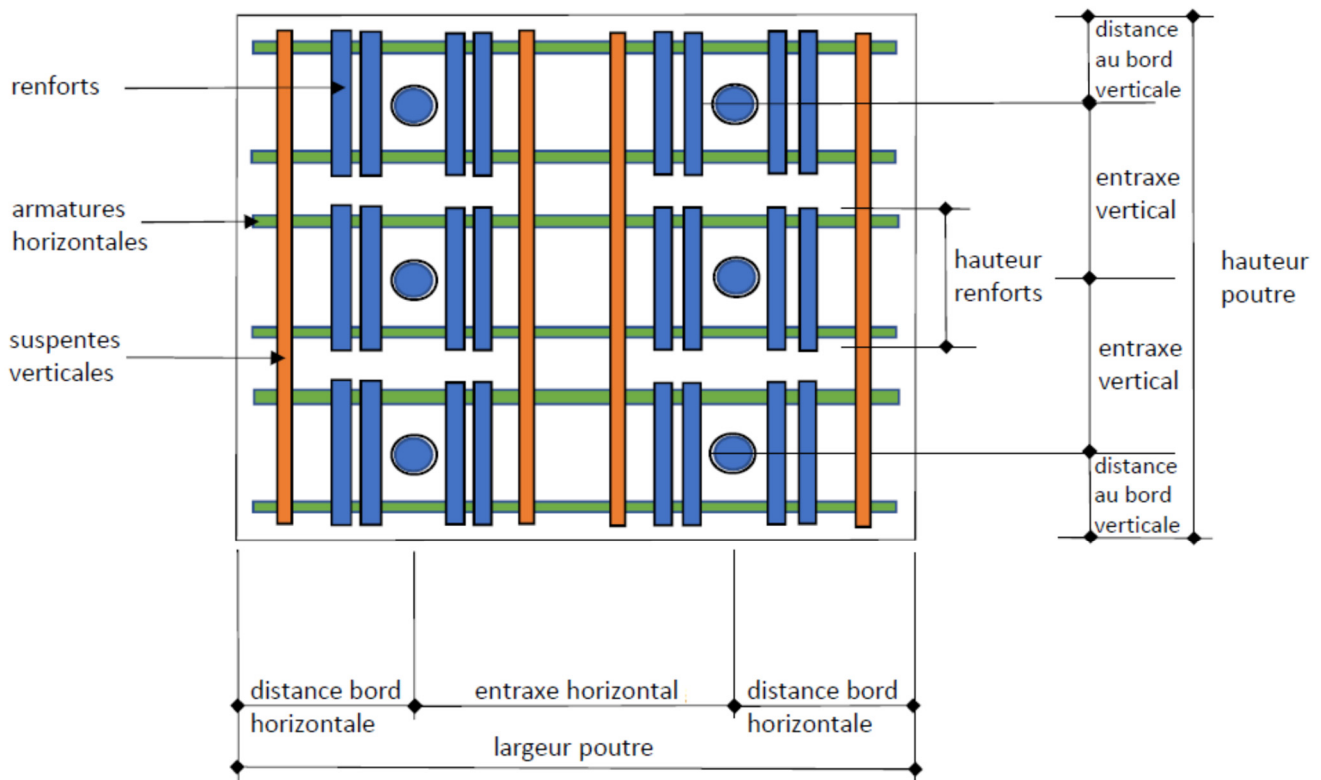
- Goujons : en acier inoxydable ou en acier galvanisé ; Article
- Douilles : mono-axe ou bi-axe ; Article

Section de la poutre :

Nombre de goujons :

Contrôle position des goujons :

- Entraxe vertical goujons
- Distance au bord verticale
- Entraxe horizontal goujons
- Distance au bord horizontale



Contrôle des armatures de renfort :

- Nombre par goujon
- Diamètre
- Hauteur

Contrôle enrobage des armatures de renfort :

- Latéral vis-à-vis du parement du joint

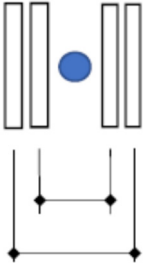
Contrôle position distance entre-axe des renforts (tolérance + 10 mm)

Avec deux renforts :



Distance = -----

Avec quatre renforts :



Distance 1 = -----

Distance 2 = -----

Les renforts sont bien à égale distance de l'axe du goujon : OK / pas OK

Contrôle présence des armatures horizontales : OK / pas OK

Contrôle présence des armatures de suspente : OK / pas OK

Contrôle de la largeur de joint : OK / pas OK

BON POUR BETONNAGE :

Nom du vérificateur : -----

Visa : -----

2.12.7. Synoptique des vérifications à mener

Détermination de la largeur du joint de calcul

Pour tout projet, il convient de déterminer la largeur du joint de calcul conformément au §2.3.1.
 Pour le cas particulier des poutres, il convient également de déterminer l'ouverture et la fermeture du joint résultant de la rotation des éléments sur appuis conformément au §2.4.1.2.

Dimensionnement de goujons en about de poutre

Etat limite de service (ELS)
 $V_{Ed,ELS} = V_g + V_q$

Gaine à dilatation mono-axiale:
 Calcul de $V_{rd,ce,ELS}$: §2.4.3.2
 Calcul de $V_{rd,s,ELS}$: §2.4.1.2

$V_{Ed,ELS} \leq V_{rd,ce,ELS}$

Gaine à dilatation biaxiale:
 Calcul de $V_{rd,ce,ELS}$: §2.4.3.2
 Calcul de $V_{rd,s,ELS}$: §2.4.1.2

$V_{Ed,ELS} \leq \min(V_{rd,s,ELS}, V_{rd,ce,ELS})$

Dimensionnement de goujons en about de dalle ou prédalle

Etat limite de service (ELS)
 $V_{Ed,ELS} = V_g + V_q$

Gaine à dilatation mono-axiale:
 Calcul de $V_{rd,ce,ELS}$: §2.4.3.2
 Calcul de $V_{rd,s,ELS}$: §2.4.1.2

$V_{Ed,ELS} \leq V_{rd,ce,ELS}$

Gaine à dilatation biaxiale:
 Calcul de $V_{rd,ce,ELS}$: §2.4.3.2
 Calcul de $V_{rd,s,ELS}$: §2.4.1.2

$V_{Ed,ELS} \leq \min(V_{rd,s,ELS}, V_{rd,ce,ELS})$

Etat limite ultime (ELU)
 $V_{Ed,ELU} = 1,35 V_g + 1,5 V_q$

Gaine à dilatation mono-axiale ou biaxiale:
 Calcul de $V_{rd,ce}$: §2.4.3.1
 Calcul de $V_{rd,s}$: §2.4.1.1
 Calcul de $V_{rd,ct}$: §2.4.2

$V_{Ed,ELU} \leq \min(V_{rd,s}, V_{rd,ct}, V_{rd,ce})$

(1) La vérification de $V_{rd,ctr}$ relative à la rupture par cône béton, est réalisée au cas par cas connaissant le ferrailage du plancher ($A_{s,y}$ et $A_{s,x}$), en conséquence de quoi il n'est pas proposé de tableau de dimensionnement.

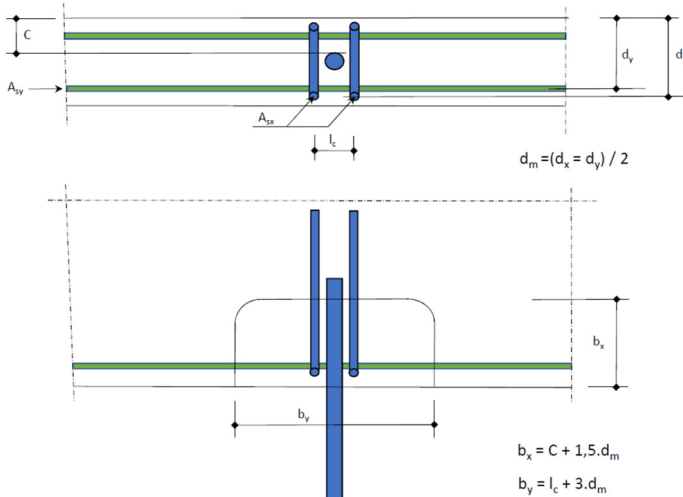
Dimensionnement des armatures de la poutre ou de la dalle

Le dimensionnement des aciers longitudinaux $A_{s,y}$ et transversaux $A_{s,x}$ équipant la dalle ou la poutre est réalisé selon le Technical Report 065, §2.1 (TR065) « Design of structural joints with shear dowels » disponible sur le site de l'EOTA: [Téléchargement du TR 065](#)

2.12.8. Exemples de calcul de V_{Rd} , cas d'une dalle

Hypothèses :

- Dalle pleine d'épaisseur 20 cm sur mur d'épaisseur 20 cm, largeur de construction du joint $a_0 = 20\text{mm}$.
- Δa_s augmentation de largeur subie par le joint sous l'effet de la combinaison d'actions considérée dans la vérification.
 $\Delta a_s = 10\text{mm}$.
- Ouverture de joint de calcul $a = a_0 + \Delta a_s = 20 + 10 = 30\text{mm}$.
- Classe de résistance du béton : C25/30.
- Enrobage des renforts = 20mm.
- $V_G = 12,50\text{ kN/m}$ $V_{Ed,ELU} = 1,35 \times 12,50 + 1,5 \times 6,25 = 26,25\text{ kN/m}$
- $V_Q = 6,25\text{ kN/m}$ $V_{Ed,ELS} = 12,50 + 6,25 = 18,75\text{ kN/m}$



2.12.8.1. Cas dalle N°1 : Goujon $\varnothing 22\text{ mm}$ + douille mono-axe, à l'ELU

Renforts : 2 HA12 par goujon, $L_{c1} = 19\text{ mm}$

Armatures horizontales de rive : 1 HA12 supérieur et 1 HA12 inférieur

2.12.8.1.1. Calcul de $V_{Rd,ct}$

$$V_{Rd,ct} = 0,14 \cdot k \cdot \eta \cdot (100 \cdot \rho_I \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot u \cdot d_m / \beta$$

$$k = 1 + (200 / d_m)^{0,5}$$

$$\eta = 1$$

$$\rho_I = (\rho_{Ix} \cdot \rho_{Iy})^{0,5} \leq (0,02 ; 0,5 \cdot f_{cd} / f_{yd})$$

$$A_{sx} = 2\text{ HA12 soit } 2 \times 113\text{ mm}^2$$

$$A_{sy} = 1\text{ HA12 soit } 113\text{ mm}^2$$

$$d_x = 200 - 20 - 12/2 = 174\text{ mm}$$

$$d_y = 200 - 20 - 12 - 12/2 = 162\text{ mm}$$

$$d_m = (174 + 162)/2 = 168\text{ mm}$$

$$c = (200 - 22)/2 = 89\text{ mm}$$

$$l_c = 38\text{ mm}$$

$$b_x = 89 + 1,5 \times 168 = 341\text{ mm}$$

$$b_y = 38 + 3 \times 168 = 542\text{ mm}$$

$$\rho_{Ix} = A_{sx} / (d_x \cdot b_y) = (2 \times 113) / (174 \times 542) = 0,0024$$

$$\rho_{Iy} = A_{sy} / (d_y \cdot b_x) = 113 / (162 \times 341) = 0,00205$$

$$\rho_I = (\rho_{Ix} \cdot \rho_{Iy})^{0,5} = (0,0024 \times 0,00205)^{0,5} = 0,00222$$

Diamètre goujon	Ø goujon	22 mm
Distance entre les deux premiers cadres de renfort		38 mm
Epaisseur dalle	H	200 mm
Hauteur utile	d _m	168 mm
% armatures parallèles et perpendiculaires au bord de dalle	ρ _I	0,00222 %
Résistance compression béton	f _{cd}	25
Résistance traction acier renfort	f _{yd}	500
Résistance caractéristique béton compression	f _{ck}	25
Facteur de charge (bord de dalle)	β	1,4
Périmètre utile de contrôle u = 2.c + I _c + PI.d _m .1,5	u	1008 mm
Enrobage béton au-dessus du goujon	c	89 mm
Diamètre virtuel goujon	I _c	38 mm
$k = 1 + (200 / d_m)^{0,5}$		2,091
$V_{Rd,ct} = 0,14 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_I \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot u \cdot d_m / \beta$		62,68 kN

2.12.8.1.2. Calcul de $V_{Rd,s}$

$$V_{Rk,s,ELU} = \frac{f_{yk,bar}}{\sqrt{\frac{(a+2e_i)^2}{4 \cdot W_{pl,bar}^2} + A_{s,bar}^2}} \cdot X_0 \quad [N]$$

$$V_{rd,s,ELU} = V_{Rk,s,ELU} / \gamma_{m,s,ELU} \quad [N]$$

Diamètre goujon	Ø goujon	22 mm
Limite élastique barre goujon	f _{yk,bar}	800 N/mm ²
Largeur du joint de calcul	a	30 mm
Module plastique de la barre	W _{pl,bar}	1775 mm ³
Surface de la section de la barre	A _{s,bar}	380 mm ²
Facteur de point de contact	e _i	11,3 mm
X ₀		0,9
γ _{m,s,ELU}		1,1
V _{Rk,s,ELU}		46,45 kN
V _{Rd,s,ELU}		42,22 kN

2.12.8.1.3. Calcul de $V_{Rd,ce}$

$$V_{Rd,ce,ELU} = V_{Rd,1} + V_{Rd,2} \quad [N]$$

Avec :

$$V_{Rd,1} = X_1 \cdot X_2 \cdot \sum \psi_i \cdot A_s \cdot f_{yk} \cdot (f_{ck}/30)^{0,5} / \gamma_c \quad [N]$$

$$V_{Rd,2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum l'_i \cdot f_{bd} \quad [N]$$

X ₁		0,2
X ₂		1,35
Epaisseur dalle	H	200 mm
H _{spec}	H/2	100 mm
c ₁	H/2	100 mm
Nombre de renforts		2
Ø renforts	d _s	12 mm
Section renforts	a _s	113 mm ²
Diamètre cintrage renforts		50 mm
Distance renforts	l _{c1}	19 mm
Limite élastique aciers renforts	f _{yk}	500 N/mm ²
Résistance caractéristique béton	f _{ck}	30 N/mm ²
γ _{m,ce,ELU}		1,5
Contrainte ultime adhérence	f _{bd}	2,69 N/mm ²
Enrobage acier renfort	C _{nom}	20 mm

Ψ_1	0,962
I'_1	32,037
V_{Rd1}	19,57 kN
V_{Rd2}	6,49 kN
$V_{Rd,ce,ELU}$	26,06 kN

2.12.8.1.4. Vérification

$V_{Rd,ELU} = \min (62,68 ; 42,22 ; 26,06) = 26,06 \text{ kN}$

Espacement goujons = $26,06/26,25 = 0,99 \text{ m}$

2.12.8.2. Cas dalle N°2 : Goujon Ø 22 mm + douille bi-axe, à l'ELU

Renforts : 2 HA12 par goujon, $Lc1 = 39 \text{ mm}$

Armatures horizontales de rive : 1 HA12 supérieur et 1 HA12 inférieur

2.12.8.2.1. Calcul de $V_{Rd,ct}$

$V_{Rd,ct} = 0,14 \cdot k \cdot \eta \cdot (100 \cdot \rho_I \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot u \cdot dm / \beta$

$k = 1 + (200 / d_m)^{0,5}$

$\eta = 1$

$\rho_I = (\rho_{Ix} \cdot \rho_{Iy})^{0,5} \leq (0,02 ; 0,5 \cdot f_{cd} / f_{yd})$

$A_{sx} = 2 \text{ HA12 soit } 2 \times 113 \text{ mm}^2$

$A_{sy} = 1 \text{ HA12 soit } 113 \text{ mm}^2$

$d_x = 200 - 20 - 12/2 = 174 \text{ mm}$

$d_y = 200 - 20 - 12 - 12/2 = 162 \text{ mm}$

$d_m = (174 + 162)/2 = 168 \text{ mm}$

$c = (200 - 22)/2 = 89 \text{ mm}$

$I_c = 78 \text{ mm}$

$b_x = 89 + 1,5 \cdot 168 = 341 \text{ mm}$

$b_y = 78 + 3 \cdot 168 = 582 \text{ mm}$

$\rho_{Ix} = A_{sx} / (d_x \cdot b_y) = (2 \times 113) / (174 \times 582) = 0,00223$

$\rho_{Iy} = A_{sy} / (d_y \cdot b_x) = 113 / (162 \times 341) = 0,00205$

$\rho_I = (\rho_{Ix} \cdot \rho_{Iy})^{0,5} = (0,00223 \cdot 0,00205)^{0,5} = 0,00214$

Diamètre goujon	Ø goujon	22 mm
Distance entre les deux premiers cadres de renfort		78 mm
Epaisseur dalle	H	200 mm
Hauteur utile	d_m	168 mm
% armatures parallèles et perpendiculaires au bord de dalle	ρ_I	0,00214 %
Résistance compression béton	f_{cd}	25
Résistance traction acier renfort	f_{yd}	500
Résistance caractéristique béton compression	f_{ck}	25
Facteur de charge (bord de dalle)	β	1,4
Périmètre utile de contrôle $u = 2 \cdot c + I_c + \rho_I \cdot d_m \cdot 1,5$	u	1048 mm
Enrobage béton au-dessus du goujon	c	89 mm
Diamètre virtuel goujon	I_c	78 mm
$k = 1 + (200 / d_m)^{0,5}$		2,091
$V_{Rd,ct} = 0,14 \cdot k \cdot \eta \cdot (100 \cdot \rho_I \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot u \cdot dm / \beta$		64,37 kN

Calcul de $V_{Rd,s}$

$V_{Rk,s,ELU} = \frac{f_{yk,bar}}{\sqrt{\frac{(a+2e_i)^2}{3} + A_s^2}} \cdot X_0 \quad [N]$

$V_{rd,s,ELU} = V_{Rk,s,ELU} / \gamma_{m,s,ELU} \quad [N]$

Diamètre goujon	Ø goujon	22 mm
Limite élastique barre goujon	$f_{yk,bar}$	800 N/mm ²
Largeur du joint de calcul	a	30 mm

Module plastique de la barre	$W_{pl,bar}$	1775 mm ³
Surface de la section de la barre	$A_{s,bar}$	380 mm ²
Facteur de point de contact	e_i	11,3 mm
X_0		0,81
$Y_{m,s,ELU}$		1,1
$V_{Rk,s,ELU}$		41,80 kN
$V_{Rd,s,ELU}$		38,00 kN

2.12.8.2.2. **Calcul de $V_{Rd,ce}$**

$$V_{Rd,ce,ELU} = V_{Rd,1} + V_{Rd,2} \quad [N]$$

Avec :

$$V_{Rd,1} = X_1 \cdot X_2 \cdot \sum \psi_i \cdot A_s \cdot f_{yk} \cdot (f_{ck}/30)^{0,5} / \gamma_c \quad [N]$$

$$V_{Rd,2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum l'_i \cdot f_{bd} \quad [N]$$

X_1		0,2
X_2		1,35
Epaisseur dalle	H	200 mm
H_{spec}	H/2	100 mm
c_1	H/2	100 mm
Nombre de renforts		2
Ø renforts	d_s	12 mm
Section renforts	a_s	113 mm ²
Diamètre cintrage renforts		50 mm
Distance renforts	l_{c1}	39 mm
Limite élastique aciers renforts	f_{yk}	500 N/mm ²
Résistance caractéristique béton	f_{ck}	30 N/mm ²
$Y_{m,ce,ELU}$		1,5
Contrainte ultime adhérence	f_{bd}	2,69 N/mm ²
Enrobage acier renfort	c_{nom}	20 mm
Ψ_1		0,922
l'_1		20,497
V_{Rd1}		18,75 kN
V_{Rd2}		4,16 kN
Coefficient de réduction douille bi-axe		0,81
$V_{Rd,ce,ELU}$		18,56 kN

Vérification :

$$V_{Rd,ELU} = \min (64,37 ; 38,00 ; 18,56) = 18,56 \text{ kN}$$

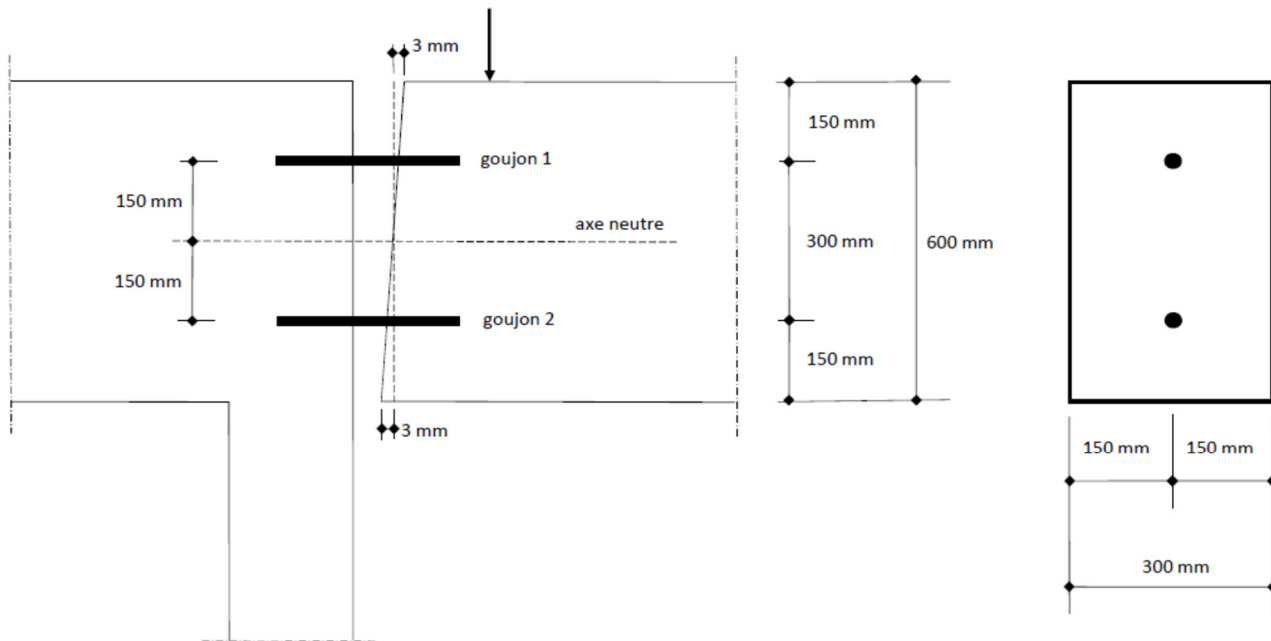
$$\text{Espacement goujons} = 18,56/26,25 = 0,71 \text{ m}$$

2.12.9. Exemple de calcul V_{Rd} , cas d'une poutre

Hypothèses :

- Poutre de section 30 x 60 cm sur poutre de même section.
- Largeur de construction du joint $a_0 = 20\text{mm}$.
- Δa_s augmentation de largeur subie par le joint sous l'effet de la combinaison d'actions considérée dans la vérification = 10mm.
- Largeur de joint de calcul $a = a_0 + \Delta a_s = 20 + 10 = 30\text{mm}$.
- Rotation d'extrémité = 0,01 Rad soit une variation d'ouverture = +/- 3mm.
- Classe de résistance du béton : C25/30.
- Enrobage des renforts = 30mm.
- $V_G = 22\text{ kN}$
- $V_Q = 45\text{ kN}$
- $V_{Ed,ELU} = 1,35 \cdot 22 + 1,5 \cdot 45 = 97,20\text{ kN}$
- Renforts : 4 HA14, $L_{c1} = 24\text{ mm}$, $L_{c2} = 40\text{ mm}$, par goujon

2.12.9.1. Calcul avec 2 goujons $\varnothing 30\text{ mm}$ + douille mono-axe, à l'ELU



Facteur de point de contact e_i pour goujon $\varnothing 30 = 21,5\text{ mm}$

2.12.9.1.1. Calcul de $V_{Rd,s}$

Les valeurs de $V_{Rd,s}$ doivent être modulées en fonction du nombre de goujons superposés pour tenir compte de la variation d'ouverture du joint du fait de la rotation de l'extrémité de la poutre.

• Distance goujons/axe neutre

Distance goujon 1 par rapport à l'axe neutre : 150 mm

Distance goujon 2 par rapport à l'axe neutre : - 150 mm

• Largeur du joint au niveau des goujon = $a \pm$ (distance goujon / axe neutre x TAN angle de rotation)

Largeur du joint « a_1 » au niveau du goujon 1 : $30 + 150 \cdot \text{TAN}(0,01) = 31,5\text{ mm}$

Largeur du joint « a_2 » au niveau du goujon 2 : $30 - 150 \cdot \text{TAN}(0,01) = 28,5\text{ mm}$

a_i maxi = 31,5 mm < 35 -> vérifications OK

• Calcul de $V_{Rk,s,ELU}$ en fonction de l'ouverture du joint a_1 et a_2 , pour chaque goujon

$$V_{Rk,s,ELU} = \frac{f_{yk,bar}}{\sqrt{\frac{(a+2e_i)^2}{(4 \cdot W_{pl,bar}^2) + A_{s,bar}^2}}} \cdot X_0 / 1000 \quad [\text{kN}]$$

Charge $V_{Rk,s,ELU}$ goujon 1 = 83,35 kN

Charge $V_{Rk,s,ELU}$ goujon 2 = 86,55 kN

• Longueur libre au niveau du goujon $\ell =$ largeur du joint au niveau du goujon / 2 + e_i

Longueur libre goujon 1 : $\ell_1 = a_1/2 + e_i = 31,5/2 + 21,5 = 37,25\text{ mm}$

Longueur libre goujon 2 : $\ell_2 = a_2/2 + e_i = 28,5/2 + 21,5 = 35,75\text{ mm}$

• Calcul de la flèche limitante

$$f = - [V_{Rk,s,ELU} \cdot 1000 \cdot \ell^2 / (6 \cdot E \cdot I)] \cdot 2 \cdot \ell \quad [\text{mm}]$$

$E = 200\,000$ [MPa] (module d'Young)

$I = \text{PI} \cdot \varnothing^4 / 64 = 39\,761$ [mm⁴] (moment quadratique)

Flèche limitante correspondant à $V_{Rk,s,ELU}$ goujon 1

$$= - [83,35 \times 1000 \times 37,25^2 / (6 \times 200\,000 \times 39\,761)] \times 2 \times 37,25 = - 0,18058 \text{ mm}$$

Flèche limitante correspondant à $V_{Rk,s,ELU}$ goujon 2

$$= - [86,55 \times 1000 \times 35,75^2 / (6 \times 200\,000 \times 39\,761)] \times 2 \times 35,75 = - 0,16576 \text{ mm}$$

On retient comme flèche limitante la valeur correspondant à $V_{Rk,s,ELU}$ max soit - 0,16576 mm

• **Calcul de $V_{Rk,s,ELU}$ réduit pour chaque goujon**

$V_{Rk,s,ELU}$ réduit = ABS(flèche limitante).6.E.I / (l².2l.1000) [kN]

Charge $V_{Rk,s,ELU}$ réduit goujon 1 = (0,16576x6x200 000x39 761)/(37,25²x2x37,25x1000) = 76,51 kN

Charge $V_{Rk,s,ELU}$ réduit goujon 2 = (0,16576x6x200 000x39 761)/(35,75²x2x35,75x1000) = 86,55 kN

• **Calcul de $V_{rd,s,ELU}$ pour chaque goujon**

$$V_{rd,s,ELU} = V_{Rk,s,ELU} / \gamma_{m,s,ELU} \text{ [kN]}$$

$$\gamma_{m,s,ELU} = 1,1$$

Charge $V_{rd,s,ELU}$ goujon 1 = 76,51 / 1,1 = 69,55 kN

Charge $V_{rd,s,ELU}$ goujon 2 = 86,55 / 1,1 = 78,68 kN

$V_{rd,s,ELU}$ total = (69,55 + 78,68) x 0,9 = 133,41 kN

2.12.9.1.2. **Calcul de $V_{Rd,ce}$**

$$V_{Rd,ce,ELU} = V_{Rd,1} + V_{Rd,2} \text{ [N]}$$

Avec :

$$V_{Rd,1} = X_1 \cdot X_2 \cdot \sum \psi_i \cdot A_s \cdot f_{yk} \cdot (f_{ck} / 30)^{0,5} / \gamma_c \text{ [N]}$$

$$V_{Rd,2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum l'_i \cdot f_{bd} \text{ [N]}$$

X_1		0,2
X_2		1,35
Epaisseur de calcul	H	300 mm
H_{spec}	H/2	150 mm
c_1	H/2	150 mm
Nombre de renforts		4
\varnothing renforts	d_s	14 mm
Section renforts	a_s	154 mm ²
Diamètre cintrage renforts		70 mm
Distance renforts	L_{c1}	24 mm
Distance renforts	L_{c2}	40 mm
Limite élastique aciers renforts	f_{yk}	500 N/mm ²
Résistance caractéristique béton sur cube	f_{ck}	30 N/mm ²
$\gamma_{m,ce,ELU}$		1,5
Contrainte ultime adhérence	f_{bd}	1,89 N/mm ²
Enrobage acier renfort	c_{nom}	30 mm
ψ_1		0,968
ψ_2		0,947
l'_1		67,15
l'_2		57,92
$V_{Rd,1}$		53,07 kN
$V_{Rd,2}$		20,79 kN
Coefficient de réduction enrobage 30 mm		0,80
$V_{Rd,ce,ELU}$ pour 1 goujon		59,09 kN

Pour 2 goujons :

$$V_{Rd,ce,ELU} = 59,09 \cdot 2 \cdot 0,9 = 106,36 \text{ kN}$$

2.12.9.1.3. Vérification

$$V_{Rd,ELU} = \min(133,41 ; 106,36) = 106,36 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,ELU} = 97,20 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,ELU} \leq V_{Rd,ELU} \quad \rightarrow \text{vérification : OK}$$