

GOUJONS DIRAX PLUS

DTA n°3.1/15-817_V3-E1

GOUJONS

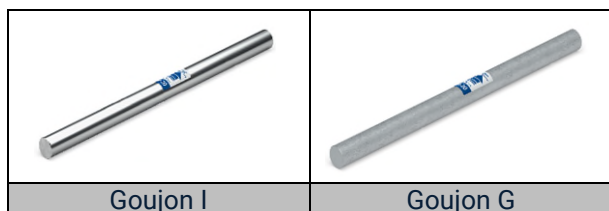
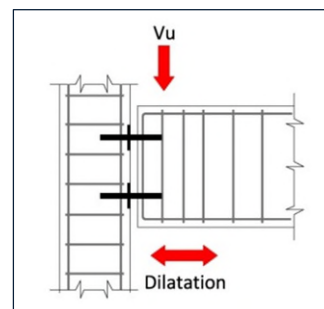


Mise à jour du 27/07/2024

1. Descriptif et dénomination

Les goujons Dirax Plus sont des composants structuraux permettant la reprise d'efforts tranchants et de contreventements dans certains cas au travers des joints de dilatation tout en autorisant les mouvements de dilatation des ouvrages.

Ils sont constitués par des barres de section cylindrique, en acier inoxydable ou galvanisé à chaud. Ces barres sont associées à des gaines de glissement qui peuvent être en acier inoxydable ou en plastique (polypropylène). Les gaines sont de section cylindrique lorsqu'elles n'autorisent qu'un déplacement axial du goujon et de section rectangulaire lorsqu'elles permettent en plus un débattement latéral. Le système de goujon Dirax Plus est également composé d'aciers de renforts HA FE E500 indispensables à la reprise d'efforts tranchants.



1.1 Goujons Inox

Code article	Désignation	Diamètre (mm)	Matériaux	Multiple de vente	Poids
012028	DIRAX PLUS 16 I	16	Inox	1	0,40
012029	DIRAX PLUS 20 I	20	Inox	1	0,76
012030	DIRAX PLUS 22 I	22	Inox	1	1,00
012031	DIRAX PLUS 25 I	25	Inox	1	1,46
012036	DIRAX PLUS 30 I	30	Inox	1	2,44
012026	DIRAX PLUS 40 I	40	Inox	1	5,40

1.2 Goujons Galvanisés

Code article	Désignation	Diamètre (mm)	Matériaux	Multiple de vente	Poids
012044	DIRAX PLUS 16 G	16	Acier Galvanisé	1	0,40
012045	DIRAX PLUS 20 G	20	Acier Galvanisé	1	0,75
012048	DIRAX PLUS 22 G	22	Acier Galvanisé	1	0,99
012050	DIRAX PLUS 25 G	25	Acier Galvanisé	1	1,43
012052	DIRAX PLUS 30 G	30	Acier Galvanisé	1	2,40

1.3 Gaines

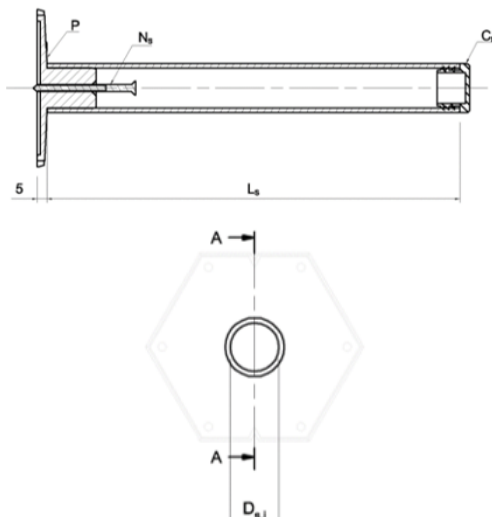
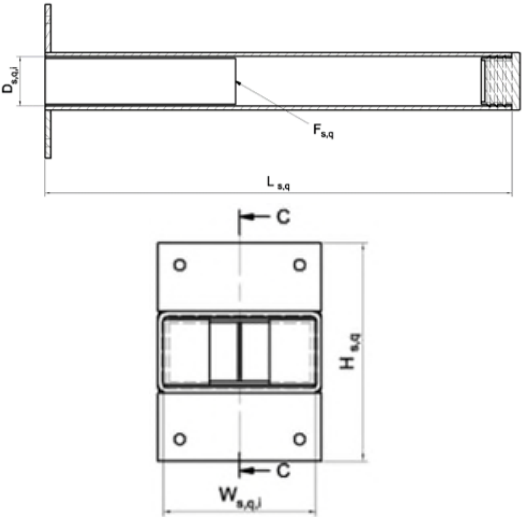
Code article	Désignation	Diamètre intérieur (mm)	Matériaux	Multiple de vente	Poids (kg)	Débattement latéral DL (mm)
014174	DIRAX PLUS J 16	17	Inox	1	0,16	NON
012055	DIRAX PLUS O 16	17	Inox	1	0,35	+/- 15
014164	DIRAX PLUS P 16	17	Polypropylène	1	0,12	NON
014175	DIRAX PLUS J 20	21	Inox	1	0,25	NON
012057	DIRAX PLUS O 20	21	Inox	1	0,51	+/- 13
014165	DIRAX PLUS P 20	21	Polypropylène	1	0,14	NON
014177	DIRAX PLUS J 22	23	Inox	1	0,28	NON
012062	DIRAX PLUS O 22	23	Inox	1	0,55	+/- 12
014168	DIRAX PLUS P 22	23	Polypropylène	1	0,15	NON
014179	DIRAX PLUS J 25	26	Inox	1	0,33	NON
012066	DIRAX PLUS O 25	26	Inox	1	0,70	+/- 15
014169	DIRAX PLUS P 25	26	Polypropylène	1	0,17	NON
014181	DIRAX PLUS J 30	31	Inox	1	0,44	NON
012071	DIRAX PLUS O 30	31	Inox	1	0,82	+/- 13
014172	DIRAX PLUS P 30	31	Polypropylène	1	0,22	NON
014182	DIRAX PLUS J 40	41	Inox	1	0,78	NON

1.4 Ensemble : Gaine + Goujon

Code article	Désignation	Goujon	Gaine	Multiple de vente	Poids (kg)	Débattement latéral DL (mm)
012077	DIRAX PLUS 16 I/J	Inox	Inox	1	0,56	NON
012078	DIRAX PLUS 16 I/O	Inox	Inox	1	0,75	+/-15 mm
012103	DIRAX PLUS 16 I/P	Inox	Polypropylène	1	0,52	NON
012072	DIRAX PLUS 16 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	1	0,52	NON
012083	DIRAX PLUS 20 I/J	Inox	Inox	1	1,01	NON
012094	DIRAX PLUS 20 I/O	Inox	Inox	1	1,27	+/- 13 mm
012105	DIRAX PLUS 20 I/P	Inox	Polypropylène	1	0,9	NON
012073	DIRAX PLUS 20 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	1	0,89	NON
012095	DIRAX PLUS 22 I/J	Inox	Inox	1	1,28	NON
012096	DIRAX PLUS 22 I/O	Inox	Inox	1	1,55	+/- 12 mm
012106	DIRAX PLUS 22 I/P	Inox	Polypropylène	1	1,15	NON
012074	DIRAX PLUS 22 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	1	1,14	NON
012097	DIRAX PLUS 25 I/J	Inox	Inox	1	1,79	NON
012099	DIRAX PLUS 25 I/O	Inox	Inox	1	2,16	+/- 15 mm
012108	DIRAX PLUS 25 I/P	Inox	Polypropylène	1	1,63	NON
012075	DIRAX PLUS 25 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	1	1,6	NON
012100	DIRAX PLUS 30 I/J	Inox	Inox	1	2,88	NON
012101	DIRAX PLUS 30 I/O	Inox	Inox	1	3,26	+/- 13 mm
012109	DIRAX PLUS 30 I/P	Inox	Polypropylène	1	2,66	NON
012076	DIRAX PLUS 30 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	1	2,62	NON
012027	DIRAX PLUS 40 I/J	Inox	Inox	1	6,18	NON

2. Caractéristiques techniques

2.1 Caractéristique géométriques

		
Goujon	Gaines J et P	Gaine O

Code	Dénominations (associations possibles)	Matériaux		Dimensions (mm)						
		Goujons	Gainés	Goujons		Gainés				
						Gainés	Gainés J et P	Gaine O		
				Ø	L	Ds,i Ds,q,i	Ltotale	Ltotale	Ws,q,i	Hs,q
012077	DIRAX PLUS 16 I/J	Inox	Inox	16	250	17	141	145	47	70
012078	DIRAX PLUS 16 I/O	Inox	Inox	16	250	17	141	145	47	70
012103	DIRAX PLUS 16 I/P	Inox	Polypropylène	16	250	17	141	145	47	70
012072	DIRAX PLUS 16 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	16	250	17	141	145	47	70
012083	DIRAX PLUS 20 I/J	Inox	Inox	20	300	21	167	170	46	75
012094	DIRAX PLUS 20 I/O	Inox	Inox	20	300	21	167	170	46	75
012105	DIRAX PLUS 20 I/P	Inox	Polypropylène	20	300	21	167	170	46	75
012073	DIRAX PLUS 20 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	20	300	21	167	170	46	75
012095	DIRAX PLUS 22 I/J	Inox	Inox	22	330	23	180	184	46	77
012096	DIRAX PLUS 22 I/O	Inox	Inox	22	330	23	180	184	46	77
012106	DIRAX PLUS 22 I/P	Inox	Polypropylène	22	330	23	180	184	46	77
012074	DIRAX PLUS 22 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	22	330	23	180	184	46	77
012097	DIRAX PLUS 25 I/J	Inox	Inox	25	370	26	200	204	56	80
012099	DIRAX PLUS 25 I/O	Inox	Inox	25	370	26	200	204	56	80
012108	DIRAX PLUS 25 I/P	Inox	Polypropylène	25	370	26	200	204	56	80
012075	DIRAX PLUS 25 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	25	370	26	200	204	56	80
012100	DIRAX PLUS 30 I/J	Inox	Inox	30	430	31	232	236	56	85
012101	DIRAX PLUS 30 I/O	Inox	Inox	30	430	31	232	236	56	85
012109	DIRAX PLUS 30 I/P	Inox	Polypropylène	30	430	31	232	236	56	85
012076	DIRAX PLUS 30 G/P	Acier galvanisé	Polypropylène	30	430	31	232	236	56	85
012027	DIRAX PLUS 40 I/J	Inox	Inox	40	560	41	297	-	-	-

2.2 Caractéristiques métallurgiques et mécaniques

2.2.1 Goujons

La gamme de goujons Dirax Plus est constituée de deux familles :

- La première famille de goujons est fabriquée en acier galvanisé conforme à la norme NF EN 10025 et EN ISO 1461 et correspond à la qualité 1.7725 et 1.7727). (limite élastique : ≥ 690 MPa pour tous les diamètres). Les goujons de cette famille sont de diamètres 16 à 30mm. Le module d'Young de l'acier galvanisé est de 210 000 MPa.
- La seconde famille de goujons est constituée d'un acier inoxydable conforme à la norme NF EN 10025 et correspond à la qualité 1.4362 / 1.4462 (limite élastique : ≥ 750 MPa pour les diamètres $\varnothing 16-22$ mm ; ≥ 690 MPa pour les diamètres $\varnothing 24-40$ mm. Les goujons de cette famille sont de diamètres 16 à 40mm. Le module d'Young de l'acier inoxydable est de 160 000 MPa.

Les goujons sont identifiés par leur diamètre, la longueur et selon la nuance de l'acier employée.

2.2.2 Gainés de glissement

Les gainés de glissement axiales ou biaxiales, peuvent être en polypropylène « Dirax Plus P » ou en acier inoxydable « Dirax Plus I ». Les gainés de glissement rectangulaires « Dirax Plus O » permettent une dilatation dans les deux axes et sont en acier inoxydable. Toutes les gainés en acier inoxydable sont conformes à la norme NF EN 10025 et correspondent à la qualité 1.4362 / 1.4404 / 1.4571.

Toutes les gaines sont équipées de plaques de fixation frontales et de dispositifs fermant la gaine (capuchon ou autocollant). Ils garantissent le glissement du goujon dans la gaine ainsi que l'étanchéité de la gaine.

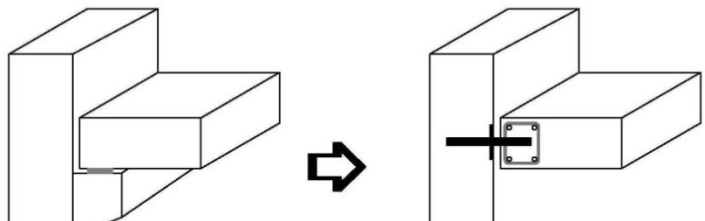
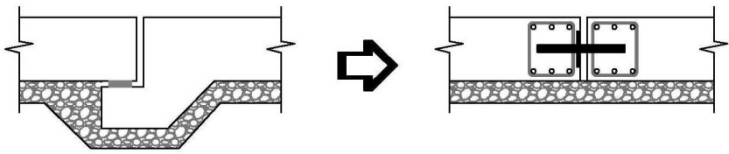
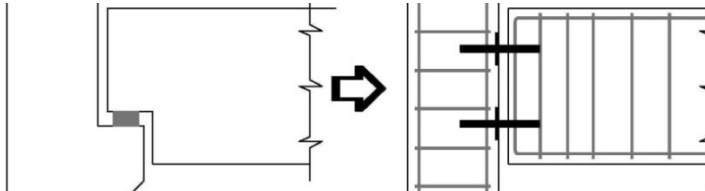
Le jeu entre le goujon et la gaine n'est que de 1mm et ces combinaisons peuvent alors être utilisées pour du contreventement.

3. Applications courantes et choix du système de dilatation

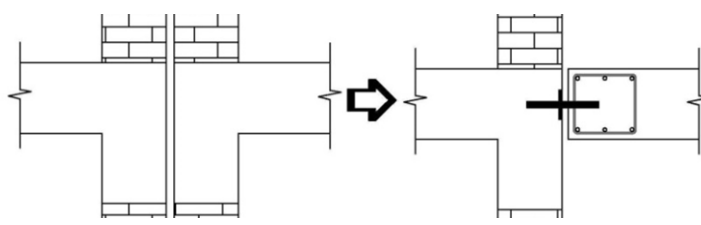
3.1 Cas d'applications

Les goujons Dirax Plus permettent la simplification des structures :

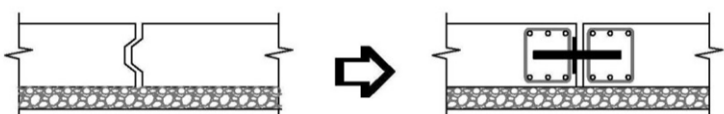
a) Suppression des corbeaux avec appuis de glissement

Raccord dalle/voile : Le corbeau filant avec appui de glissement est supprimé grâce à l'utilisation des goujons Dirax Plus ce qui permet un gain en dégagement sous plafond	
Joint de dilatation dans un radier : La console avec l'appui de glissement est supprimée grâce à l'utilisation des goujons Dirax Plus	
Raccord poutre/poteau ou voile : Le corbeau avec appui glissant est supprimé grâce à l'utilisation des goujons Dirax Plus	

b) Suppression des doubles structures

Raccord dalle/voile : Les doubles structures telles que double portique et parfois double mur peuvent être supprimées par l'emploi des goujons Dirax Plus	
--	--

c) Raccord entre 2 murs de soutènement

▪ Raccord entre mur de soutènement : La stabilisation est assurée par les goujons Dirax Plus	
--	--

3.2 Domaines d'emploi

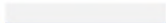
3.2.1. Ouvrages visés

Les goujons Dirax Plus peuvent être employés dans les ouvrages de bâtiment en béton armé précontraint réalisés en France métropolitaine, 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.

3.2.2. Zone sismique

Les utilisations des goujons Dirax Plus sont réservées aux bâtiments non soumis à des exigences parasismiques.

	Cat. I	Cat. II	Cat. III	Cat. IV
				
ZONE 1	OUI	OUI	OUI	OUI
ZONE 2	OUI	OUI	NON	NON
ZONE 3	OUI	NON	NON	NON
ZONE 4	OUI	NON	NON	NON
ZONE 5	OUI	NON	NON	NON

 Aucune exigence
 Action sismique (EC8 ou PS-MI)

3.2.3. Contreventement

Le jeu entre le goujon Dirax Plus et les gaines Dirax Plus I (circulaire en inox) et Dirax Plus P (circulaire en polypropylène) n'est que de 1mm. Dans ces combinaisons, ils peuvent alors être utilisés pour du contreventement, et sous certaines conditions :

- configurations horizontales des structures simples (structures simples avec des joints linéaires droits);
- les dispositions des goujons étudiées pour limiter les effets d'étreinte dus au retrait perpendiculairement à l'axe des goujons ainsi que les effets de pinces dus aux rotations hors-plan ;

la reprise des efforts est correctement assurée compte tenu de leur cheminement imposé par les dispositions adoptées.

3.2.4. Tenue au feu

Un classement R120 suivant EN 13501 est envisageable pour les gaines Dirax Plus J, O et P en combinaison avec des goujons Dirax Plus I et G (Classification Report 00634/15/Z00NP, ITB) et l'AL 038403 du CERIB.

Les performances d'étanchéité au feu (E) et d'isolation thermique (I) du joint de dilatation devront être réputées justifiées par ailleurs pour le degré de résistance au feu visé.

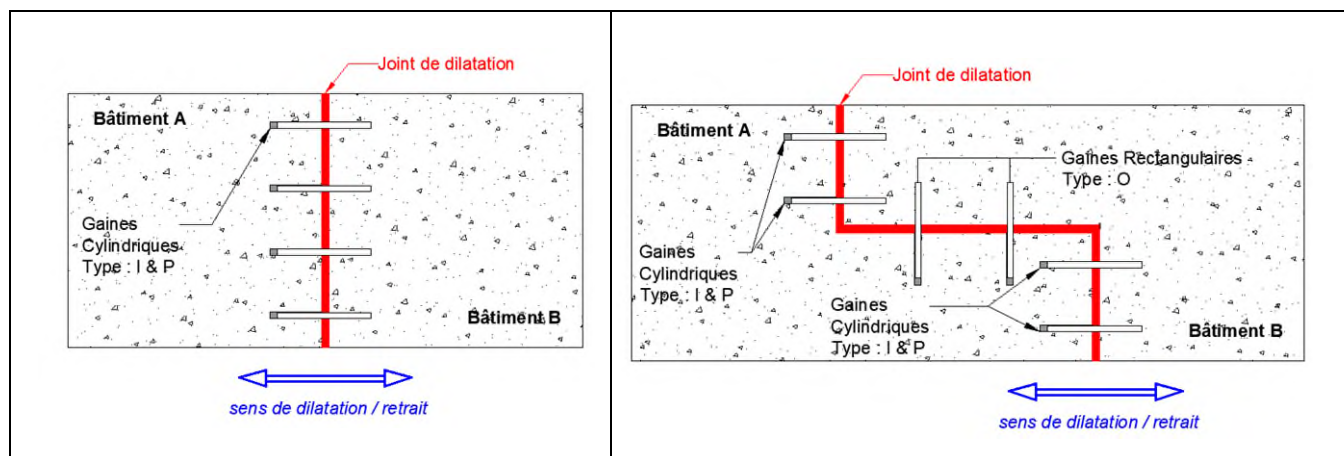
Consulter notre Service Technique.

3.3 Choix du type de gaine

Le choix du type de gaine dépend du sens de dilatation principal du bâtiment et de la forme du joint de dilatation :

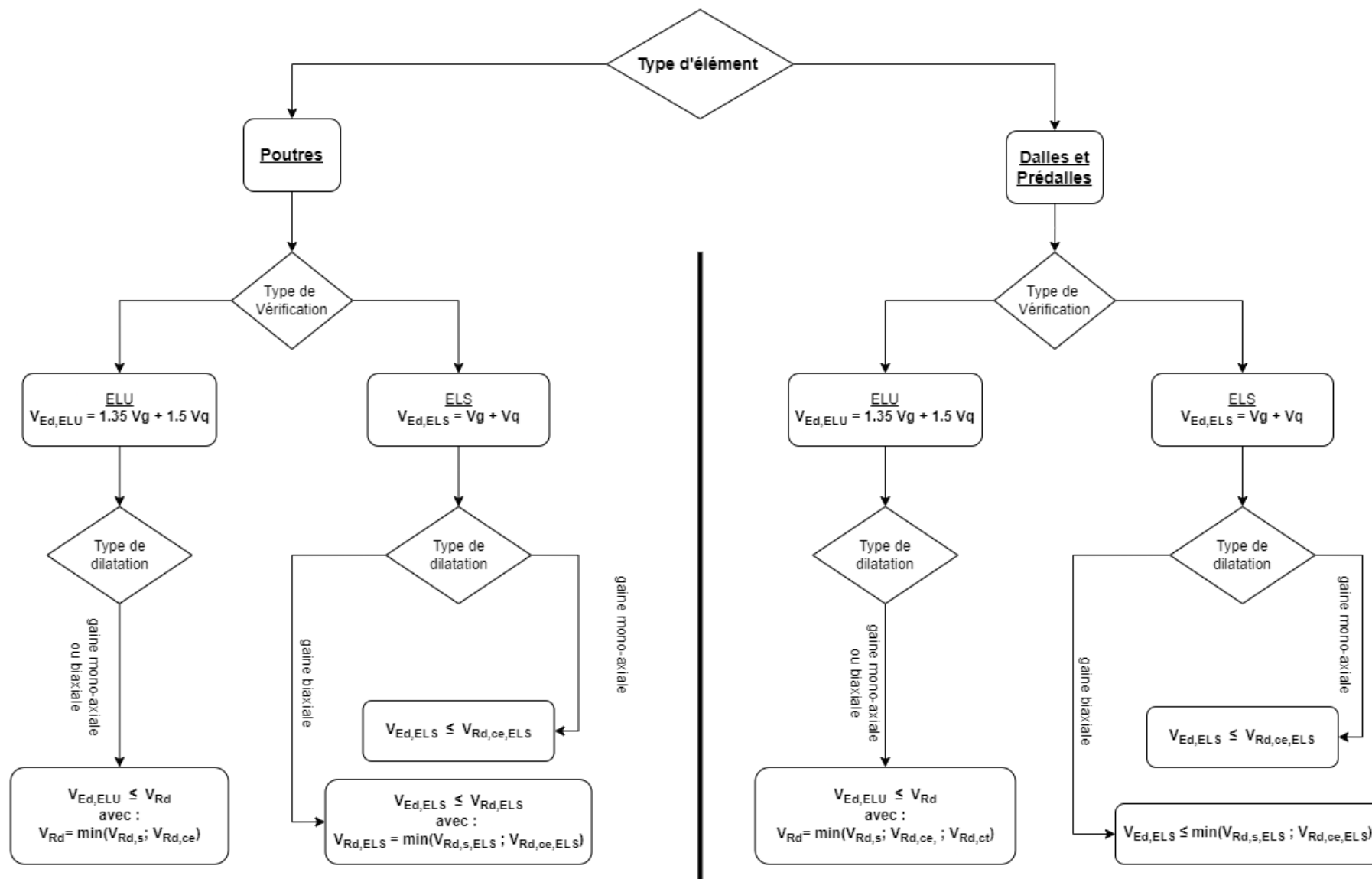
- Les gaines sont de section cylindrique lorsqu'un déplacement axial uniquement des goujons est nécessaire.
- Elles sont de section rectangulaire lorsqu'une double dilatation (axiale et latérale) est nécessaire.

Les valeurs de déplacement latéral admissible par gaine sont indiquées dans les tableaux de dénomination des gaines et des ensembles [gaine+goujon]



4. Principe de dimensionnement des goujons DIRAX PLUS

Le diagramme disponible page suivante indique le cheminement des vérifications à faire pour les goujons DIRAX PLUS.



Avant d'entamer l'évaluation des valeurs de résistance et de faire les vérifications ci-dessus, certaines dispositions de conception des goudons et de leurs renforts doivent être respectées et prises en compte lors des calculs.

4.1 Condition de conception et de dimensionnement

Les prescriptions particulières suivantes doivent être respectées pour pouvoir intégrer les goudons DIRAX PLUS dans un ouvrage :

4.1.1. Epaisseur de la dalle

Les conditions suivantes doivent être remplies :

- Epaisseur des dalles pleines ou de la dalle de compression des planchers prédalles $\geq 15\text{cm}$.
- La classe de béton doit être en C25/30 à C50/60 suivant la norme NF EN 206/CN.
- Le procédé de goudons DIRAX PLUS ne doit pas être incorporé dans les dalles de trop faible épaisseur, compte tenu de leur mode de fonctionnement. Le tableau ci-après donne les épaisseurs minimales à respecter pour chaque diamètre de goudons. Les valeurs de résistance à l'effort tranchant déterminées ne peuvent être retenues que si les épaisseurs du tableau ci-dessous sont respectées.

Diamètre du goudon [mm]	Epaisseur minimale de dalle h [mm]
16	150 **
16	160
20	160
22	160
25	180
30	210
40	280

**Conditions particulières, voir 4.2.5 - § Cas Particulier des dalles de 150mm d'épaisseur

4.1.2. Espacement des goudons

- Aucun écartement minimal dans une dalle entre deux goudons successifs destinés à s'opposer au même mouvement relatif n'est fixé a priori. Toutefois, pour tenir compte de la possibilité d'intersection des réseaux de fissures de deux goudons voisins, les entre-axes de $1.5x_h$ sont définis.
- Toutefois, il est possible de tenir compte de l'éventualité d'une intersection des cônes de fissures provenant de deux goudons adjacents, une pénalité est appliquée dans le cas des dalles où l'espacement des goudons est inférieur à 1,5 fois l'épaisseur de l'élément de béton. Cette pénalité consiste en l'un des éléments suivants :
 - o Les efforts tranchants admissibles sont réduits par un coefficient égal à $0,67 \frac{a_r}{h}$ ou
 - o La section de l'acier d'armature est augmentée d'un coefficient égal à $(2-0,67 \frac{a_r}{h})^3$

Avec a_r l'espacement de deux goudons adjacents et h l'épaisseur de l'élément en béton.

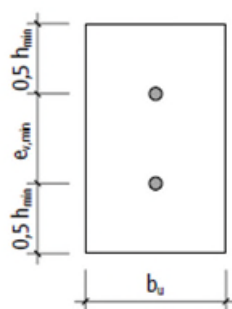
- Les distances au bord et entre axes minimales dans une dalle en fonction du diamètre de goudon (hors poutres) et l'épaisseur minimale de la dalle ainsi que l'espacement maximal limité à 8 fois l'épaisseur des éléments en béton sont indiquées dans le tableau suivant :

Diamètre goujon	Distance minimale du bord e_{bord} et distance verticale $e_{v,\text{min}}$	Espacement minimal horizontal $e_{h,\text{min}}$ entre deux goujons ($1.5xh_{\text{min}}$)	Espacement maximal horizontal entre deux goujons ($8xh_{\text{min}}$)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
16	120	240	1280
20	120	240	1280
22	120	240	1280
25	140	270	1440
30	160	315	1680
40	220	435	2240



- L'entraxe et conditions géométriques des goujons dans des poutres sont donnés dans le tableau suivant (voir également point : goujons dans des poutres) :

Diamètre de goujon	Type de gaine	Entraxe vertical / horizontal minimum des goujons (e_{min})	Distance entre l'axe du goujon du lit supérieur et la surface de la poutre ($0,5 h_{\text{min}}$)	Section exemplaire de poutre pour 2 rangées de 2 goujons ($l \times h$)
[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
16	- Uni-axiale - Plastique - Métallique	160	80	320 x 320
20		160	80	320 x 320
22		160	80	320 x 320
25		180	90	360 x 360
30		210	105	420 x 420
40		280	140	560 x 560



4.1.3. Acier des renforts

- Les aciers de béton armé (appelés renforts), destinés à transmettre l'effort tranchant localisé amené par le goujon à l'ensemble de la masse de béton environnante, sont organisés et façonnés de telle sorte que l'ensemble de la pièce en béton soit sollicité par l'effort tranchant incident. Cette prescription conduit dans le cas des dalles à façonner ces renforts en forme de suspentes en cadres ou en U disposées dans un plan vertical de part et d'autre du goujon de telle sorte que les côtés horizontaux du cadre (ou les branches du U) et leur façonnage doit

être tel que les distances effectives aux parements les plus proches (supérieur vis-à-vis de la surface de dalle, inférieur vis-à-vis de la fibre inférieure de la partie coulée en place et latéral vis-à-vis du parement vertical de bord de dalle) n'excède jamais 3 cm, toutes tolérances épuisées.

L = Hauteur de calcul de la dalle

- Pour chaque couple « diamètre de goujon » / « épaisseur minimum de dalle », il y a une configuration de renfort minimum à disposer symétriquement de chaque côté du goujon ainsi que des distances -entraxe- minimales entre le goujon et le premier renfort sur chaque côté. Ces renforts minimaux sont donnés dans le tableau suivant :

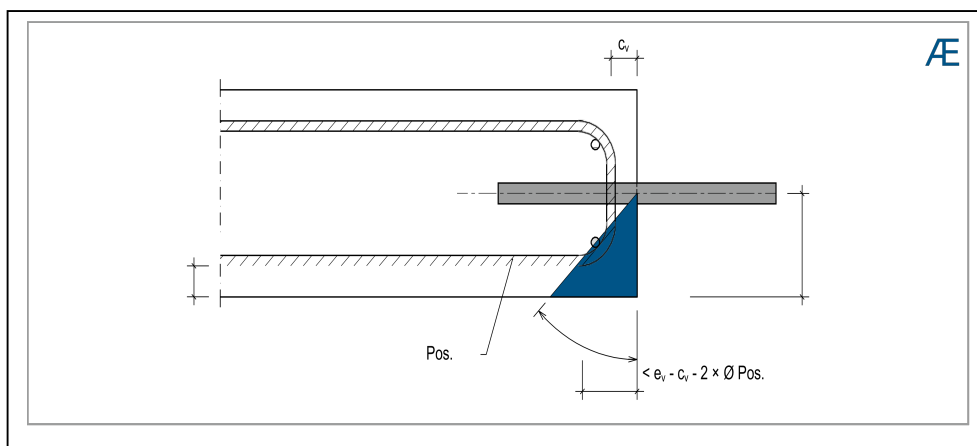
Diamètre goujon	Epaisseur minimale de dalle	Diamètre minimal de Renfort	Entraxe de l'acier de renfort et du goujon l_{c1}
[mm]	[mm]	[-]	[mm]
16	150 **	Voir § $V_{rd,ce}$ dalle $ep = 150mm$	Voir § $V_{rd,ce}$ dalle $ep = 150mm$
16	160	2xHA5	30
20	160	2xHA5	30
22	160	2xHA5	30
25	180	2xHA5	35
30	210	2xHA8	40
40	280	2xHA12	50

- La distance entre les étriers et le bord frontal de la dalle de béton est très importante pour qu'ils puissent remplir leur fonction d'armature de suspente. Si cette distance est trop importante, les étriers à côté du goujon ne pourront pas être activés. Si on utilise des diamètres d'étriers plus gros à ceux indiqués dans les tableaux dans ce document §2.12.10, l'armature longitudinale s'éloigne du goujon. Pour cette raison, il faut utiliser les diamètres d'armature indiqués ou réduire l'enrobage de béton sur le bord frontal de la dalle. Cet angle doit être inférieur à 45°.

Indication de danger : Si la distance entre l'armature longitudinale et la face frontale est trop importante.

- Si l'armature longitudinale est trop éloignée du bord frontal, le cône de béton peut se casser sans activer les aciers de suspente et l'élément de construction peut s'écrouler.

■ La distance entre l'armature longitudinale et le bord frontal de la dalle doit être vérifiée sur le chantier.



- La section des aciers verticaux de rives de dalles uniformément répartis en acier Fe 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.
- Le concepteur doit tenir compte des dispositions de dimensionnement 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.
- 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.
- 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.

4.1.4. Joint de dilatation

- La largeur de construction du joint plus les tolérances de pose décrites ci-après ne doit pas dépasser une largeur de calcul de $a=35\text{mm}$.
- 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 :

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

a_0 : est la largeur de construction du joint.

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

a_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 .

a_e : est nulle car inclus dans la campagne d'essais qui a permis l'élaboration du modèle de calcul.

- La largeur maximale du joint de calcul est de 35mm. Le cas courant du joint de calcul est de $20+5=25$ mm. La détermination de la largeur de joint de calcul incombe au BET structure et en particulier, la valeur Δa_d .

4.1.5. Ancrage des goujons

- 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.

$$L_{\text{ancrage,mini}} = 6,5\varnothing_{\text{goujon}}$$

- Cet ancrage minimal peut toutefois être réduit jusqu'à $5\varnothing$ 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 $6,5\varnothing$.

Un ancrage de moins de $5\varnothing$ doit être considéré comme sans résistance utile.

Donc pour : $5\varnothing \leq L_{\text{ancrage,reduit}} \leq 6.5\varnothing$ il faut minorer la résistance :

$$V_{\text{rd,reduit}} = (L_{\text{ancrage,reduit}} / 6,5\varnothing)^2 \times V_{\text{rd,goujon}}$$

4.1.6. Nombre de goujons

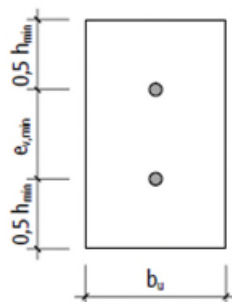
- Les efforts tranchants résistants $V_{\text{rd,ELU}}$, $V_{\text{rd,ELS}}$ doivent être réduits par application des coefficients suivants, défini en fonction du nombre de goujons simultanément concernés par le mouvement relatif des deux éléments de structure qu'ils relient:
 - o 0,75 si le goujon est unique ;
 - o 0,90 dans le cas de deux goujons ;
 - o 1,00 à partir de trois goujons.

4.1.7. Goujons dans des poutres

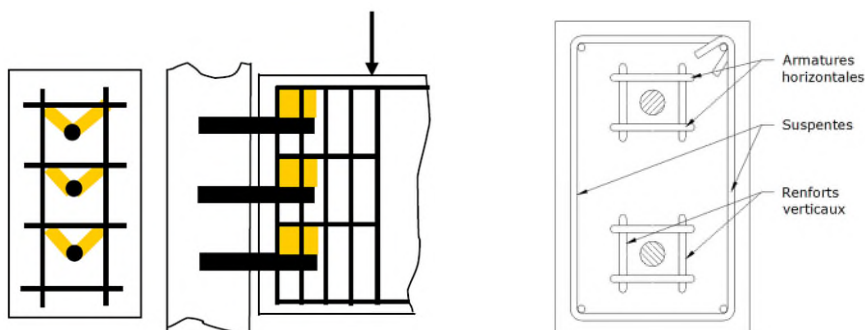
- L'utilisation en about de poutre permet de superposer les ensembles goujons et renforts associés. Les efforts tranchants correspondants à cette configuration doivent respecter les conditions suivantes :

Diamètre de goujon	Type de gaine	Renforts mini	$l_{c,1}$	Entraxe vertical / horizontal minimum des goujons (e_{min})	Distance entre l'axe du goujon du lit supérieur et la surface de la poutre ($0,5h_{\text{min}}$)	Section exemplaire de poutre pour 2 rangées de 2 goujons ($l \times h$)
[mm]	[-]	[HA]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
16	-Uni-axiale -Plastique Métallique	2xHA5	30	160	80	320 x 320
20		2xHA5	30	160	80	320 x 320
22		2xHA5	30	160	80	320 x 320
25		2xHA5	35	180	90	360 x 360
30		2xHA8	40	210	105	420 x 420
40		2xHA12	50	280	140	560 x 560

$l_{c,1}$ = entraxe du premier acier de renfort vertical et du goujon



- Dans le cas où les goujons sont superposés, les efforts de cisaillement transitent par les goujons et sont transmises 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.

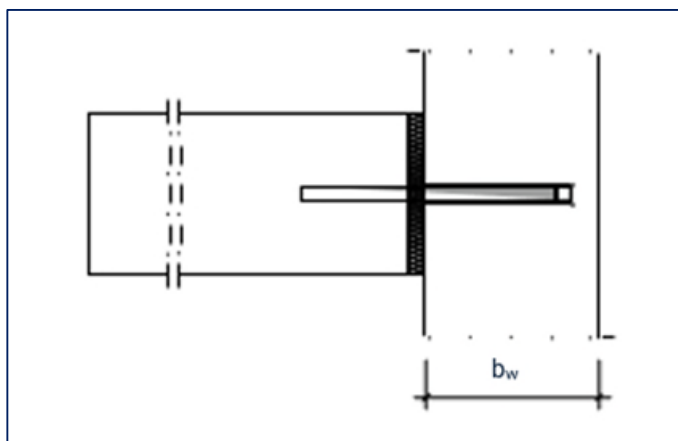


Exemple de disposition des armatures de l'about de poutre

- Des tableaux donnant des valeurs de dimensionnement des cas les plus fréquents sont proposés plus bas.
- La rotation sur appuis des poutres génère une augmentation de la largeur d'ouverture du joint en fibre supérieure et une diminution en fibre inférieure ce qui a pour conséquence de modifier la répartition des efforts entre les différents lits de goujons par modification des raideurs en cisaillement-flexion de ces derniers.
- Dans le cas d'une poutre sur deux appuis rotulés soumise à un chargement uniformément réparti, une flèche limite à $L/250$, on constate une fermeture de joint maximale de 6.4mm (rotation de 0.0128 rad ; pour une poutre d'une hauteur de 1m). Cette ouverture complémentaire exacte et pour d'autres configurations peut être donnée par le BE structure.

4.1.8. Goujons dans un voile support

- Il est nécessaire de vérifier la compatibilité entre la longueur de la gaine et l'épaisseur de l'élément béton dans lequel celle-ci sera noyée. Les dimensions minimales sont indiquées ci-dessous.



Diamètre Gaine J / P (uniaxiale)	Epaisseur minimale d'un voile b_w	Diamètre Gaine O (biaxiale)	Epaisseur minimale d'un voile b_w
[mm]	[cm]	[mm]	[cm]
16	15	16	16
20	18	20	18
22	19	22	19
25	21	25	21
30	24	30	25
40	31	40	31

- Les cas les plus courants sont les suivants :
 - Poutre de rive-façade prenant un plancher en dilatation.
 - Voile de rive prenant un plancher en dilatation.
 - Poteau de rive reprenant une poutre en dilatation.

La largeur minimale de l'ouvrage béton est la longueur de la gaine ancrée + enrobage (les valeurs ci-dessous sont données avec l'hypothèses d'enrobage de 10mm)

Dans le cas d'une utilisation en mur à coffrage intégré (MCI), il faut concevoir les renforts et prévoir les détails avec le fabricant des MCI. Les dimensions minimales du MCI sont les suivantes :

- L'épaisseur des peaux doit être comprise entre 40 et 70mm
 - L'épaisseur du noyau doit être supérieure ou égale à 70mm
 - L'épaisseur totale du MCI doit être supérieure ou égale aux dimensions indiquées ci-dessus (les mêmes que pour les voiles béton).
- Les tableaux suivants donnent l'épaisseur minimale dans le cas des gaines dans un voile (hypothèse enrobage 10mm).

La gaine est assemblée d'une rondelle de fixation + longueur de la gaine + le bouchon/capuchon + enrobage derrière la gaine

4.2 Vérifications

Le cheminement des vérifications est indiqué dans le schéma du §4 du principe de dimensionnement. Ces vérifications reposent sur la comparaison de deux valeurs :

- L'effort agissant V_{ed}
- La résistance du système goujon.

4.2.1. Efforts de sollicitation :

Les efforts appliqués – de cisaillement – sont définis par les équations ci-après. Ils sont établis à partir de l'effort tranchant dû aux actions permanentes V_g , celui dû à l'ensemble des actions variables défavorables V_q , celui dû à la valeur fréquente de l'action variable $\psi_1.V_q$.

- A l'ELU : $V_{(Ed,ELU)} = 1,35 V_g + 1,5 V_q$
- A l'ELS : $V_{(Ed,ELS)} = V_g + V_q$

4.2.2. Résistance goujon

Trois modes de rupture peuvent se produire : la résistance ultime du goujon en cisaillement correspond à la plus petite de ces 3 valeurs :

- $V_{Rd,s}$ = "rupture d'acier", ruine du goujon => Cisaillement/flexion du goujon seul
- $V_{Rd,ct}$ = "rupture par fissuration traversante de la dalle" => Rupture de la dalle par poinçonnement autour du goujon selon NF EN 1992-1-1.
- $V_{Rd,ce}$ = "rupture en bord de dalle" => Cône béton.

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 ».

4.2.3. Détermination de $V_{Rd,s}$ – Rupture par l'acier du goujon

Les valeurs de résistance de dimensionnement à l'ELU et l'ELS sont calculées avec les coefficients partiels et les formules ci-dessous :

- o Coefficients partiels :
 - ELS : $\gamma_{m,s,ELS} = 1.0$
 - ELU : $\gamma_{m,s,ELU} = 1.1$
- o Gaines DIRAX PLUS J / DIRAX PLUS P : Pour une dilatation axiale.
 - A l'ELU : $V_{Rd,s,ELU} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{m,s,ELU}}$
 - A l'ELS : Pas de vérification de $V_{Rd,s}$ à l'ELS pour les goujons à douille mono-axe.
- o Gaines DIRAX PLUS O : Pour une dilatation biaxiale (axiale et latérale).
 - A l'ELU : $V_{Rd,s,ELS} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{m,s,ELS}}$
 - A l'ELS : $V_{Rd,s,ELS,O} = \frac{X_3 \cdot V_{Rk,s}}{\gamma_{m,s,ELS}}$ Avec : $X_3 = 0.4$

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

$$V_{Rk,s} = \frac{f_{yk,bar}}{\sqrt{\frac{(a + 2e_i)^2}{4 \cdot W_{pl,bar}^2} + \frac{3}{A_{s,bar}^2}}} \cdot X_0$$

Avec :

$F_{yk,bar}$ = Limite élastique de la barre [N/mm²]

$f_{yk,bar}$ = 690 MPa pour tout diamètre en acier galvanisé et pour les goujons de diamètres 24 à 40mm en aciers inoxydables. [N/mm²]

$f_{yk,bar}$ = 750 MPa pour les diamètres de 16 à 22mm en acier inoxydable [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, selon tableau ci-dessous [mm]

X_0 = 0,9 pour les douilles mono-axe et 0,81 pour les douilles biaxiale [-]

Diamètre du goujon	e_i
[mm]	[mm]
16	15,8
20	19,8
22	21,7
25	24,7
30	29,6
40	31,1

Valeur de e_i en fonction du diamètre du goujon

Pour le cas courant d'ouverture de joint de calcul de 25mm, les valeurs de résistance $V_{rd,s,ELU}$ sont données dans le tableau suivant pour des goujons dans des dalles :

	Valeurs $V_{rd,s}$ (kN) à L'ELU					
Øgoujon [mm]	16	20	22	25	30	40
DIRAX PLUS I/(J)-(P) [kN]	14,5	24,7	31	38,4	58,4	130,9
DIRAX PLUS G/P [kN]	13,3	22,7	28,5	38,4	58,4	130,9
DIRAX PLUS I/O [kN]	13,1	22,2	27,9	34,5	41,2	117,8

4.2.4. 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 du poinçonnement d'une dalle autour du goujon suivant la NF EN 1992-1-1, §6.4 et son Annexe Nationale et en considérant un périmètre de contrôle situé à 1.5 x d_m du renfort tel qu'illustré ci-après.

$$V_{Rd,ct} = 0.14 \cdot \eta \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l)^{1/3} \cdot d_m \cdot u / \beta$$

Avec :

$\eta = 1.0$ (classe béton C20/25 – C50/60)

$\kappa = 1 + (200 / d_m)^{1/2} \leq 2.0$

$d_m = (d_x + d_y)/2$: hauteur utile moyenne de la dalle [mm]

$\rho_l = (\rho_x \cdot \rho_y)^{1/2} \leq 0.5 \cdot f_{cd}/f_{yd} \leq 0.02$

$\rho_x = A_{sx} / (d_x \cdot b_y)$

$\rho_y = A_{sy} / (d_y \cdot b_x)$

f_{cd} : Résistance en compression du béton

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

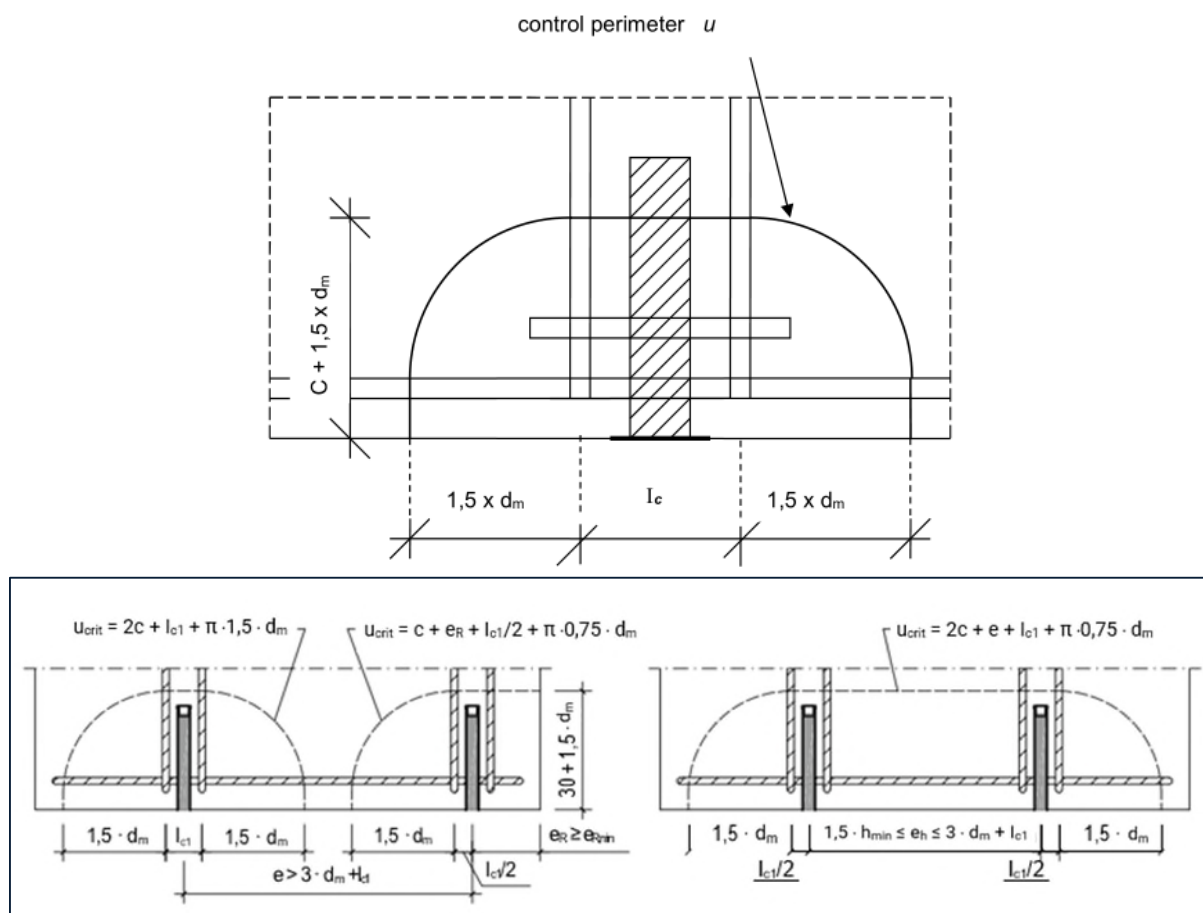
f_{ck} : Résistance en compression caractéristique du béton

β : Facteur de charge ($\beta = 1,4$ au bord de dalle et $\beta = 1,5$ 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 des étriers

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.



4.2.5. 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. La valeur à l'ELU est donnée par la formule suivante :

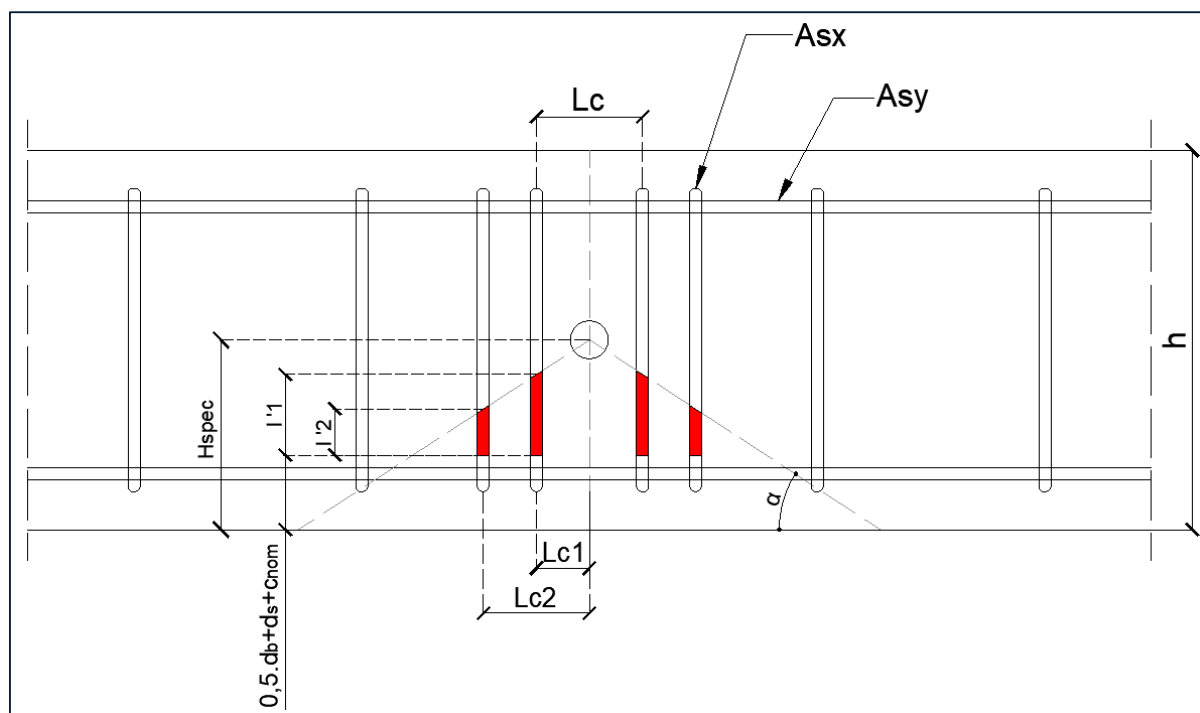
$$V_{Rd,ce} = \sum V_{Rd,1,i} + \sum V_{Rd,2,i} \leq A_{sx,i} \cdot f_{yd} \quad | \quad (\sum V_{Rd,1,i} = V_{Rd,ce1} \quad \& \quad \sum V_{Rd,2,i} = V_{Rd,ce2})$$

Avec :

$$V_{Rd,ce1} = X_1 \cdot X_2 \cdot \sum (\psi_i \cdot A_{si}) \cdot f_{yk} \cdot (f_{ck}/30)^{0,5} / \gamma_c = X_1 \cdot X_2 \cdot \sum (\psi_i \cdot A_{si}) \cdot f_{yk} \cdot 1 / \gamma_c$$

$$V_{Rd,ce2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum (l'_i) \cdot f_{bd}$$

Selon l'ETA 16/0545, la résistance caractéristique est bornée à un $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$. La qualité du béton n'a pas d'influence sur la résistance des étriers dans l'état du béton fissuré. L'acier des renforts est activé une fois que le béton est fissuré. La résistance du béton n'a pas d'influence sur le calcul du $V_{Rd,1}$. Dans la méthode d'évaluation du CSTB, ce coefficient $(f_{ck}/30)^{0,5}$ est pris égal à 1,0.



• **Calcul de $V_{Rd,ce1}$:**

Cette valeur correspond à la force reprise par les étriers disposés à gauche et à droite du goujon (situés dans l'emprise du cône béton.)

$$V_{Rd,ce1} = X_1 \cdot X_2 \cdot \sum (\psi_i \cdot A_{si}) \cdot f_{yk} \cdot 1 / \gamma_c$$

Avec :

X_1	= Facteur spécifique du produit = 0,31	[-]
X_2	= Facteur spécifique du produit = 1,32	[-]
ψ_i	= coefficient de prise en compte de la distance $l_{c,i}$ des aciers de suspentes au goujon	[-]
	$\psi_i = 1 - 0,2 \cdot \left(\frac{l_{c,i}}{c_1} \right) ; c_1 = h/2$	[-]
A_s	= surface de la section des aciers de renfort	[mm ²]
f_{yk}	= limite élastique des aciers de suspentes	[N/mm ²]
$f_{ck,cube}$	= résistance caractéristique du béton en compression selon NF EN 206/CN = 30	[N/mm ²]
γ_c	= coefficient de sécurité béton	[-]
$\gamma_{m,ce,ELU}$	= $\gamma_c = 1,5$	

- **Calcul de $V_{rd,ce2}$:**

Cette valeur correspond à Action d'adhérence le long des parties verticales droites de l'étrier entre les faces supérieure et inférieure de la dalle : l'adhérence de la partie verticale rectiligne des renforts est située dans l'emprise du cône de béton.)

$$V_{Rd,ce2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum (l'_i) \cdot f_{bd}$$

Avec :

d_s	= diamètre de l'acier de renfort	[mm]
f_{bd}	= contrainte ultime d'adhérence suivant EN 1992-1-1 / AN	[N/mm ²]
l'_i	= longueur effective d'ancrage de l'acier de renfort concerné	[mm]
	$l'_i = H_{spec} - 3d_s - c_{nom} - l_{c,i} \cdot \tan \alpha$	[mm]
H_{spec}	= hauteur du cône béton = épaisseur de la dalle / 2	[mm]
d_b	= diamètre de cintrage des aciers de renfort	[mm]
c_{nom}	= enrobage nominale de l'acier de renfort concerné	[mm]
$l_{c,i}$	= entraxe de l'acier de renfort et du goujon	[mm]
$\tan(\alpha)$	= angle du cône béton. $\alpha = 33^\circ$;	

Pour le dimensionnement à l'ELS, les valeurs de résistance sont données par la formule suivante :

$$V_{Rd,ce,ELS} = \left(V_{Rd,ce1} \cdot \gamma_{m,ce,ELU} / \gamma_{m,ce,ELS} + V_{Rd,ce2} \right) \cdot X_{3,ce}$$

Avec :

$X_{3,ce}$	= 0,58	[-]
$\gamma_{m,ce,ELS}$	= 1.0	[-]

Cas Particulier des dalles de 150mm d'épaisseur : Valeurs de $V_{rd,ce}$:

Les valeurs de dimensionnement de $V_{rd,ce}$ à l'ELU et à l'ELS données ci-après ne s'applique qu'au procédé de goujon SCHOCK STACON mis en œuvre en respectant les conditions suivantes :

- o Diamètre de goujon : 16mm ;
- o Renforts : 1 acier HA6 de chaque côté du goujon
- o l_{c1} : 39mm
- o Epaisseur de la dalle : ≥ 150 mm
- o Classe de béton : $\geq C25/30$
- o Type de gaine : Axiale, plastique ou acier inoxydable (Part P ou Part S)
- o Largeur du joint : ≤ 35 mm
- o Enrobage : 25mm

- **Valeur de calcul de V_{rd} à l'ELU :**

$$V_{Rd,ce,ELU} = V_{Rk,ce,ELU} / \gamma_{m,s,ELU} = 7.8 \text{ kN} \quad | \quad \text{Avec : } V_{Rk,ce,ELU} = 11.71 \text{ kN} \quad \& \quad \gamma_{m,s,ELU} = 1.5$$

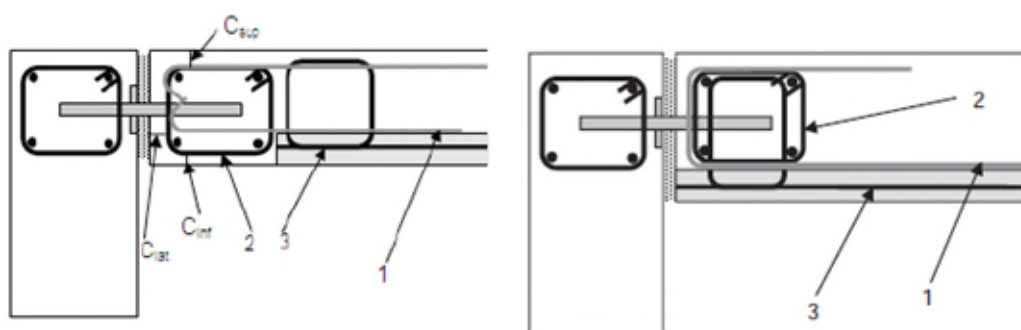
- **Valeur de calcul de V_{rd} à l'ELS :**

$$V_{Rd,ce,ELS} = V_{Rk,ce,ELS} / \gamma_{m,s,ELS} = 5.96 \text{ kN} \quad | \quad \text{Avec : } V_{Rk,ce,ELS} = 5.96 \text{ kN} \quad \& \quad \gamma_{m,s,ELS} = 1.5$$

4.3 Applications particulières

4.2.1. Goujons dans un plancher à prédalle

Dans le cas d'un plancher à prédalle l'attention est attirée sur l'importance des frettages renforts à disposer en bordure des goujons (Figures ci-dessous) et la nécessité de les cohabiter avec les suspentes liant la prédalle et la partie coulée sur place.



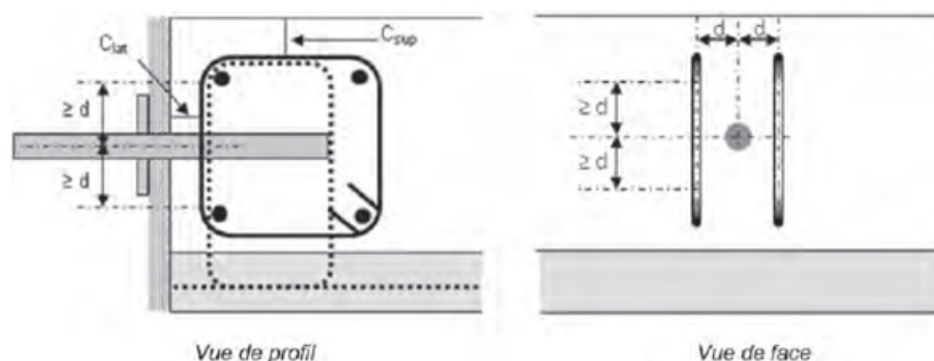
Légende :

1. Armatures d'ancrage
2. Armatures de renfort (cadres ou U)
3. Suspentes (cadres, grecques,...)

Exemples de ferrillages dans le cas d'appuis sur goujons (prédalles BA à gauche et prédalle BA ou BP à droite)

Ces renforts, destinés à transmettre l'effort tranchant localisé amené par le goujon à l'ensemble de la masse de béton environnante, sont organisés et façonnés de telle sorte que l'ensemble de la pièce en béton soit sollicité par l'effort tranchant incident.

Cette prescription conduit dans le cas des planchers à prédalles à façonner ces renforts en forme de cadres ou de U disposés dans un plan vertical de part et d'autre du goujon de telle sorte que les côtés horizontaux du cadre (ou les branches du U) soient voisins des faces inférieures et supérieures de la partie coulée en place.



Dimension minimale des armatures de renfort en fonction de leur résistance avec le goujon

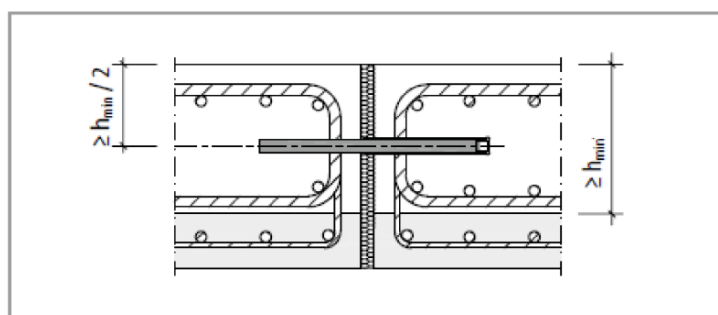
Leur façonnage doit être tel que les distances effectives aux faces les plus proches c_{sup} : supérieur vis-à-vis de la face supérieure de dalle, c_{inf} : inférieur vis-à-vis de la face inférieure de la partie coulée en place à l'interface avec la prédalle et c_{lat} : latéral vis-à-vis du parement vertical de bord de dalle) n'excède jamais 3 cm, toutes tolérances épuisées.

La distance verticale effective de l'axe du goujon à l'extrémité de la partie rectiligne d'une armature transversale de renfort est au moins égale à la distance horizontale effective d (Figure ci-dessus) entre l'axe du goujon et l'axe de l'armature transversale considérée. L'armature doit être ancrée au-delà de l'extrémité de la partie rectiligne.

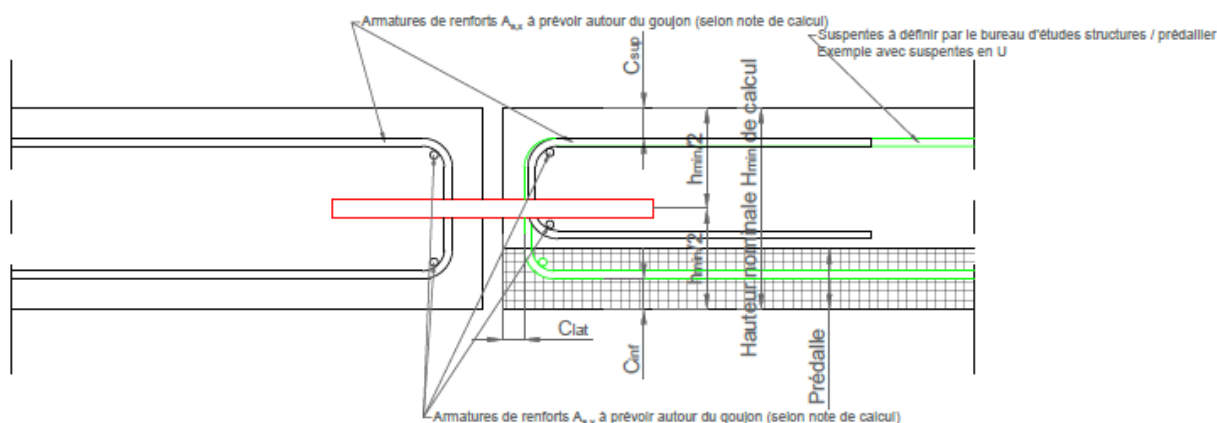
Dans le cas où l'enrobage supérieur (c_{sup}) ou inférieur (c_{inf}) effectif excède 3 cm, on procède au calcul du goujon avec une épaisseur de dalle fictive qui ne prend pas en compte l'enrobage au-delà de 3 cm. La fermeture des cadres de frettage est disposée du côté intérieur de la dalle (Figures ci-dessus). Les armatures complémentaires sont définies par le bureau d'études structures de l'entreprise. Les prédalles comportent des suspentes ou des barres relevées.

Sauf justification particulière, les prédalles précontraintes sont amenées au niveau du joint de dilatation.

Le responsable de l'exécution doit vérifier avant le coulage la conformité avec les plans du bureau d'études structures de l'entreprise.



Dalle avec prédalle - Hauteur h_{min} (épaisseur minimale d'une dalle coulée en place).



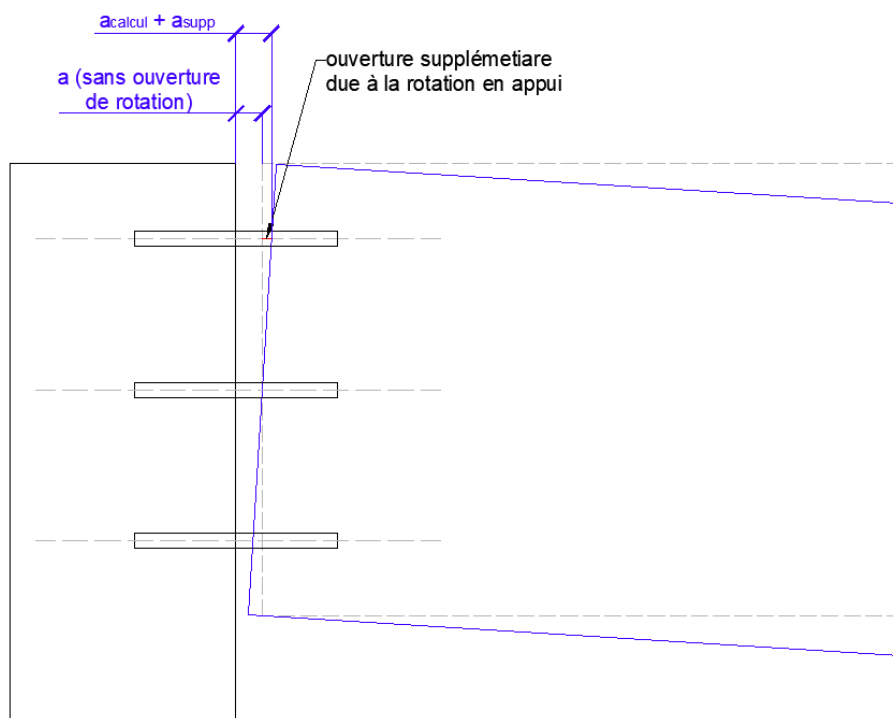
Dalle prédalle portée et dalle pleine porteuse

4.2.2. Goujons en extrémité de poutres

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.

La rotation sur appuis des poutres génère une augmentation de la largeur d'ouverture du joint en fibre supérieure et une diminution en fibre inférieure ce qui a pour conséquence de modifier la répartition des efforts entre les différents lits de goujons par modification des raideurs en cisaillement-flexion de ces derniers.



En fonction des largeurs de joint minimales en partie inférieure et maximales en partie supérieure attendues à la suite de la rotation d'une poutre, il sera alors possible d'en déduire la répartition des sollicitations entre les lits de goujons.

Il est proposé d'assimiler le fonctionnement mécanique de la jonction par goujons en about de poutre à celui d'une rotule (sécuritaire du point de vue des déformations).

Ainsi, le calcul de la rotation d'appui de la poutre pourra être effectué en prenant en compte les conditions d'appuis de la poutre, le type de chargement et la portée de la poutre.

Dans le cas d'une poutre sur deux appuis rotulés soumise à un chargement uniformément réparti, une flèche limite à $L/250$, on constate une fermeture de joint maximale de 6.4mm (rotation de 0.0128 rad ; pour une poutre d'une hauteur de 1m). Cette ouverture complémentaire exacte et pour d'autres configurations peut être donnée par le BE structure.

Avec la formule de calcul de la flèche maximale par goujon et par sa position et l'épaisseur du joint

théorique associé $f = -\frac{Pa^2}{6EI}(3l - a)$ on détermine l'effort $P = V_{Rd,s,ELU}$ de chaque goujon.
Avec l : la longueur libre ($a/2 + e_i$)

Le calcul de la répartition des efforts sur les différents lits de goujons sera effectué au prorata de la raideur des différents lits de goujon (à partir de la loi de comportement en cisaillement-flexion (raideur des goujons).

Donc le cheminement sera le suivant :

→ Calcul de la rotation θ

→ Calcul de $a_{supp} = f(y_i : \text{position goujon} ; \theta : \text{rotation})$

→ Calcul de a_i (a par lit de goujon) : $a_i = a_{calcul} + a_{supp,i}$

→ Calcul de l_i ($a_i + e_i$) : longueur libre → Calcul de $V_{rd,s,i}$

→ Calcul de la flèche : $f_i = F(P_i = V_{rd,s,i})$ [formule ci-dessus]

→ Prendre la flèche minimale comme la flèche limite : f_{limite}

→ Calcul de $V_{rd,s,i}$ avec f_{limite}

→ La valeur obtenue est la valeur de $V_{rd,s,ELU}$ par lit de goujon.

En considérant des sections minimales (basées sur les valeurs h_{min} des goujons), des valeurs –non-exhaustives– sont données dans le DTA pour les diamètres des goujons et des ouvertures supplémentaires entre 0mm et +/- 15mm

Exemple : considérant une poutre avec une seule colonne de 3 goujons DIRAX PLUS 16I/J, la section minimale est de 16x48ht.

Avec une ouverture de joint de calcul de 25mm et ouverture supplémentaire de +/-10mm les valeurs de dimensionnement des goujons sont les suivantes (voir DTA § 2.12.9) du haut vers le bas :

Goujons 1 : $V_{rd,s,ELU,1} = 8.03 \text{ kN}$

Goujons 2 : $V_{rd,s,ELU,2} = 11.21 \text{ kN}$

Goujons 3 : $V_{rd,s,ELU,3} = 16.33 \text{ kN}$

Donc la capacité totale de cette colonne de goujons est de 35.57kN.

La capacité des goujons dans la poutre est : 1 colonne x 35,57 kN x coefficient du nombre =1 (si 1 goujon : 0.75, si 2 goujons : 0.9, si 3+ goujons : 1).

Le calcul du $V_{rd,ce}$ des goujons de poutre se fait de la même manière que pour les dalles en considérant une épaisseur de dalle en fonction des l'épaisseur minimal h_{min} du goujon, l'épaisseur et largeur mini par goujon dans la poutre (en fonction des dimensions de la poutre).

Dans l'exemple ci-dessus, la section de la poutre est de 16x48ht → avec 3 goujons : $48/3 = 16\text{cm}$ et une largeur 16cm → l'épaisseur de la dalle pour le calcul du $V_{rd,ce}$ est de : 16cm.

Si le ferrailage As_x et As_y de chaque goujon est identique, une vérification du goujon le plus proche de la sous-face de la poutre et le plus chargé est suffisant. Dans le cas où les distances entre goujons sont identiques, les tableaux du DTA §2.12.9 (les mêmes valeurs du DTA peuvent être obtenues avec le cheminement ci-dessus) prennent en compte la redistribution différentielle en fonction de la variation d'ouverture de joint sur la hauteur de la poutre. Le BE structure doit vérifier que les différentes raideurs des goujons n'introduisent pas de redistribution préjudiciable en fonction de la variation d'ouverture de joint sur la hauteur de la poutre. En substitution des différences raideurs et leur redistribution non-symétrique, on peut également majorer les sollicitations sur la poutre avec un coef 1.1 et diviser cette sollicitation majorée par le nombre de goujon et justifier les aciers As_x et As_y autour des goujons avec cette valeur moyenne majorée.

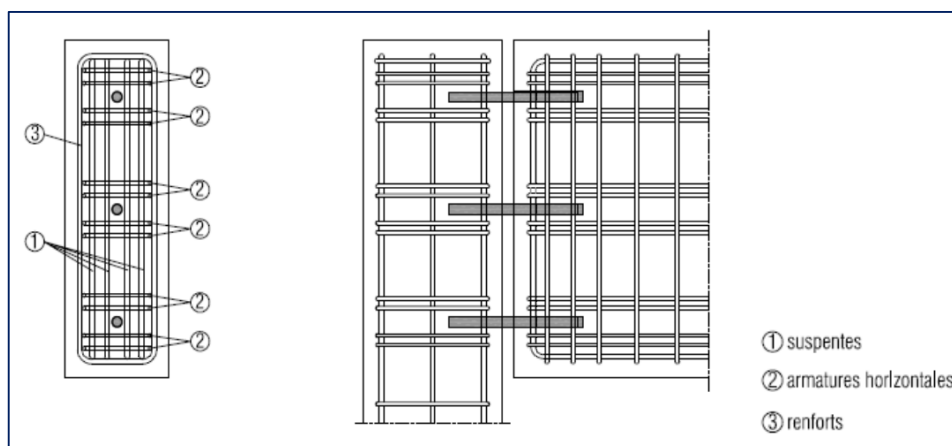
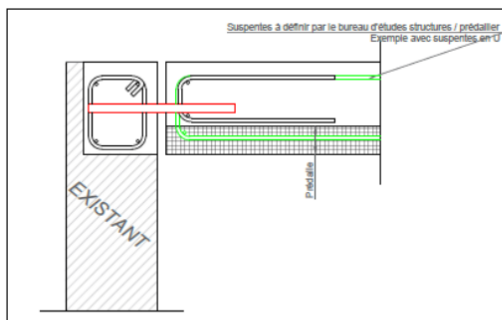


Schéma de principe des goujons superposés

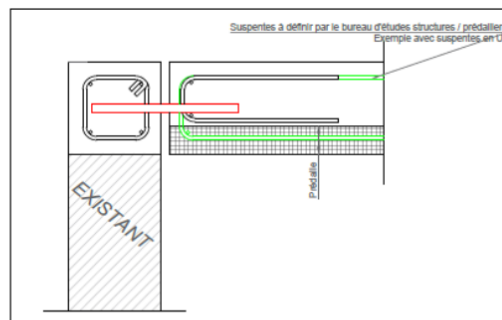
4.2.3. Goujons dans un existant : Avec Empochement

Dans le cas d'un élément porteur existant, il est possible de mettre en place les goujons sous réserve de respecter les dispositions suivantes :

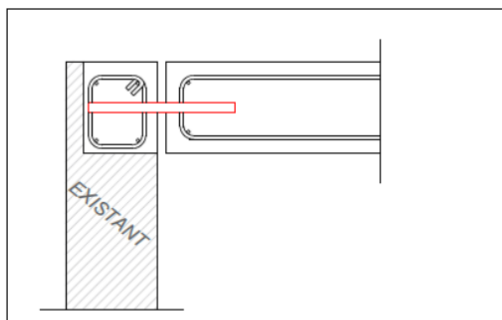
- Un empochement doit être créé au niveau de l'élément existant.
- Les dimensions de l'empochement doivent être au minimum de 160mm de hauteur, 100mm de largeur et 6,5 * Ømm de profondeur plus enrobage frontal.
- Les espacements entre axes de ces empochements doivent respecter les dispositions des goujons concernant l'espacement entre-axes (indiquées dans les conditions de conception et de dimensionnement, §4.1).
- L'élément existant doit être en béton.



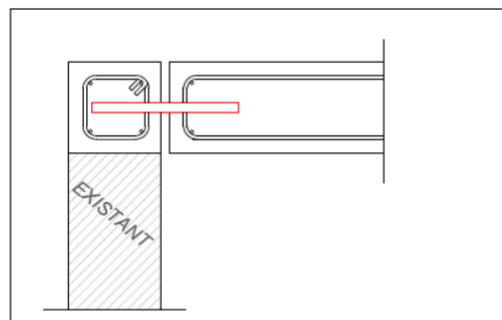
Exemple de coupe pour liaison dalle - élément vertical, avec prédalle et empochement sur une partie de la profondeur de l'élément existant



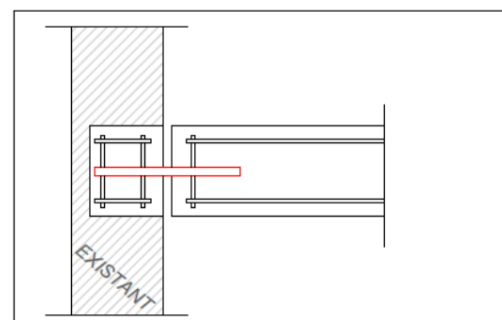
Exemple de coupe pour liaison dalle - élément vertical, avec prédalle et empochement sur toute la profondeur de l'élément existant



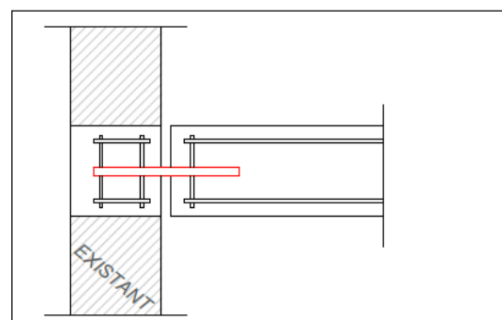
Exemple de coupe pour liaison dalle - élément vertical, avec dalle coulée en place et empochement sur une partie de la profondeur de l'élément existant



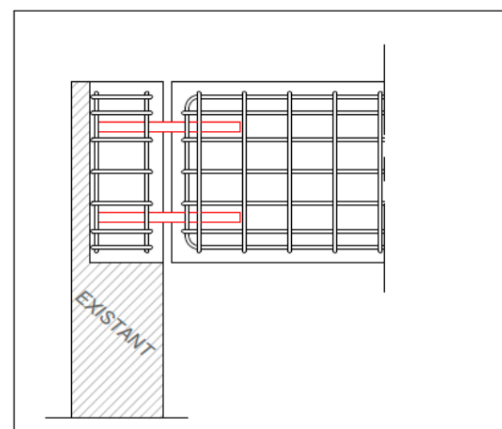
Exemple de coupe pour liaison dalle - élément vertical, avec dalle coulée en place et empochement sur toute la profondeur de l'élément existant



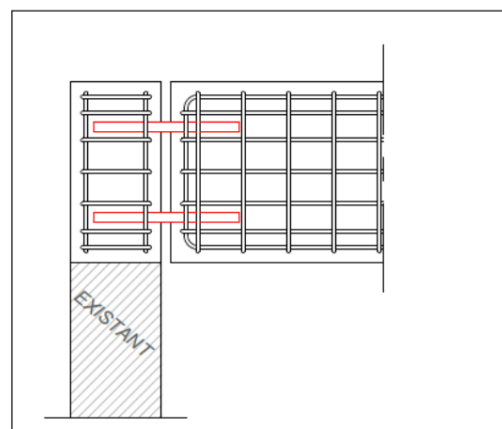
Exemple de vue en plan pour liaison élément vertical - élément vertical, avec refend et empochement sur une partie de la profondeur de l'élément existant



Exemple de vue en plan pour liaison élément vertical - élément vertical, avec refend et empochement sur toute la profondeur de l'élément existant



Exemple de coupe pour liaison poutre - élément vertical, avec empochement sur une partie de la profondeur de l'élément existant



Exemple de coupe pour liaison poutre - élément vertical, avec empochement sur toute la profondeur de l'élément existant

Principe d'installation par empochement

4.3. Exemple de calcul de la résistance des goujons

4.3.1. Calcul du V_{rd} dans une dalle

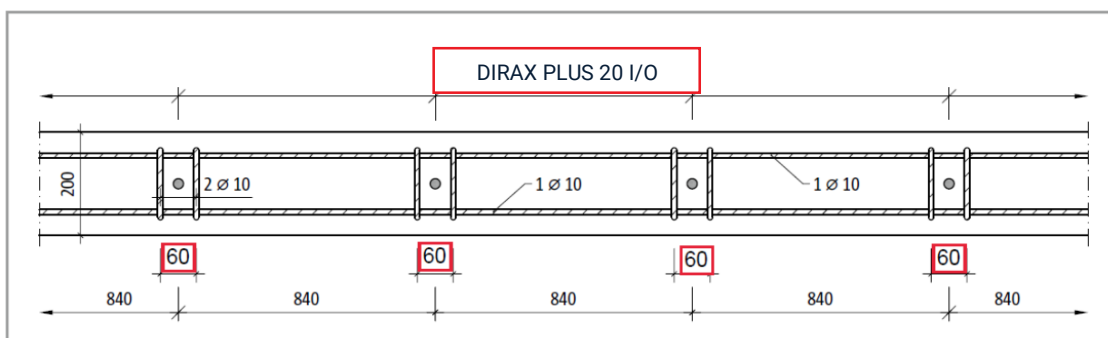
a) Hypothèses / Données :

$V_{Ed} = 20$ kN/goujon, dalle ép=20cm, C25/30, joint de calcul 25mm

Ferrailage : $A_{Sx} = A_{Sy} = 2 \times 1 \times HA10$, enrobage $c_{nom} = 30$ mm

Choix : **DIRAX PLUS 20I/O**

- Vérification géométrique : H_{min} , entre-axe min/max, $e_{rive} \rightarrow$ O.K



Vérification à faire : $V_{Rd} = \text{Min} (V_{Rd,ce} ; V_{Rd,ct} ; V_{Rd,s})$

b) $V_{Rd,s}$ – Rupture par l'acier du goujon inox

$V_{Rd,s} = 22.23$ kN

c) $V_{Rd,ct}$ – Rupture de la dalle par poinçonnement autour du goujon

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

$\eta = 1,0$ (classe de béton C25/30 – C50/60)

d_m hauteur utile moyenne de la dalle [mm]

$$d_m = (d_x + d_y) / 2 = (165 + 155) / 2 = 160 \text{ mm}$$

$$d_x = (h - c_{nom} - A_{Sx} / 2) = (200 - 30 - 10/2) = 165 \text{ mm}$$

$$d_y = (h - c_{nom} - A_{Sy} / 2) = (200 - 30 - 10/2) = 155 \text{ mm}$$

$$\kappa = 1 + (200 / d_m)^{1/2} \leq 2,0$$

$$= 1 + (200/160)^{1/2} = 2.11 < 2.0 \text{ (La valeur max de 2,0 est retenue)}$$

ρ_l pourcentage d'armature moyen à l'intérieur de l'air de contrôle

$$\rho_l = (\rho_x \cdot \rho_y)^{1/2} \leq (0,5 \cdot f_{cd} / f_{yd} ; 0,02)$$

$$\rho_x = A_{Sx} / (d_x \cdot b_y) = 2 \cdot 78,5 / (165 \cdot 540) = 0.00176$$

$$b_y = 3 \cdot d_m + l_c = 3 \cdot 160 + 60 = 540 \text{ mm}$$

$$l_c = 2 \cdot L_{ci} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ mm}$$

L_{ci} = entraxe entre l'acier de renfort étudié et le goujon

$$\rho_y = A_{Sy} / (d_y \cdot b_x) = 78,5 / (155 \cdot 270) = 0.00188$$

$$b_x = 1.5 \cdot d_m + c_{nom} = 1.5 \cdot 160 + 30 = 270 \text{ mm}$$

$$\rho_l = (\rho_x \cdot \rho_y)^{1/2} = (0.00176 \cdot 0.00188)^{1/2} = 0.0018 \leq 0,02$$

f_{ck} : Résistance en compression du béton : 25 N/mm²

f_{yd} : Résistance en traction de l'acier de renfort : 435 N/mm²

β Facteur de charge : ($\beta = 1,4$ au bord de dalle et $\beta = 1,5$ dans un angle de la dalle)

u Périmètre de contrôle (§2.4.2) : $u_{crit} = 2 \cdot c + l_c + 1.5 \cdot d_m \cdot \pi = 60 + 60 + 1.5 \cdot 160 \cdot \pi = 874 \text{ mm}$

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

$$= 0,14 \cdot 1 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0018 \cdot 25)^{1/3} \cdot 160 \cdot 874 / 1,4$$

$V_{Rd,ct} = 46,20 \text{ kN}$

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

$$V_{Rd,ce} = \sum V_{Rd,1,i} + \sum V_{Rd,2,i} < A_{sx,i} \cdot f_{yd}$$

$$V_{Rd,ce1,i} = X1 \cdot X2 \cdot \sum (\psi_i \cdot A_{si}) \cdot f_{yk} \cdot (f_{ck} / 30)^{0,5} / \gamma_c$$

$$V_{Rd,ce2,i} = \pi \cdot d_s \cdot \sum (l'_i) \cdot f_{bd}$$

Pour le calcul du $V_{Rd,ce1}$: (Force reprise par les étriers)

$$X1 = 0,31$$

$$X2 = 1,32$$

ψ_i = coefficient de prise en compte de la distance $l_{c,i}$ des aciers de suspentes au goujon

$$= 1 - 0,2 \cdot (l_{c,i} / c_1) \text{ avec } c_1 = h/2$$

$$= 1 - 0,2 \cdot (60/2) / 100 = 0,94$$

$$c_1 = h/2 = 200/2 = 100 \text{ mm}$$

$$A_s = 78,5 \text{ mm}^2 \text{ (1 } \varnothing 10)$$

$$f_{yk} = 500 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$f_{ck} = 30 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\text{avec } (f_{ck}/30)^{0,5} = 1,0 \text{ (selon ETA 16/0545)}$$

$$V_{Rd,ce1} = X1 \cdot X2 \cdot \sum (\psi_i \cdot A_{si}) \cdot f_{yk} \cdot (f_{ck} / 30)^{0,5} / \gamma_c = 0,31 \cdot 1,32 \cdot 0,94 \cdot 78,5 \cdot 500 \cdot 1/1,5 = \mathbf{10,07 \text{ kN}}$$

Pour le calcul du $V_{Rd,ce2}$: (Adhérence des parties verticales de l'étrier sous le cône de fissuration)

$$V_{Rd,2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum (l'_i) \cdot f_{bd}$$

$$d_s = 1 \varnothing 10$$

$$f_{bd} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$l_1 = H_{spec} - 3 \cdot d_s - c_{nom} = 200/2 - 3 \cdot 10 - 30 = 40 \text{ mm}$$

$$l'_i = l_1 - (l_{ci}) \cdot \tan(\alpha) = 40 - (30 \cdot 0,65) = 20,5 \text{ mm}$$

H_{spec} = hauteur du cône béton = épaisseur de la dalle / 2

d_b = diamètre de cintrage des aciers de renfort $\varnothing 10$

$$c_{nom} = 30 \text{ mm}$$

$$l_{c,i} = 30 \text{ mm}$$

$$\tan(\alpha = 33^\circ) = 0,65$$

$$V_{Rd,2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum (l'_i \cdot f_{bd}) = \pi \cdot 10 \cdot 20,5 \cdot 2,7 = 1,74 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,ce} = V_{Rd,1} + V_{Rd,2} = 2 \times (10,07 + 1,74) = \mathbf{23,62 \text{ kN}} < A_{sx,i} \cdot f_{yd} = 2 \cdot 78,5 \cdot 500 / 1,15 = 68,3 \text{ kN}$$

e) Vérification finale : $V_{Rd} = \text{Min} (V_{Rd,ce} ; V_{Rd,ct} ; V_{Rd,s})$

$V_{Rd,s,ELU} = 22.23 \text{ kN}$ rupture acier
 $V_{Rd,ct,ELU} = 46.20 \text{ kN}$ poinçonnement
 $V_{Rd,ce,ELU} = 23.62 \text{ kN}$ cône béton de rive

$$V_{Rd} = \text{Min} (23.62 ; 46.20 ; 22.23) = 22.23 > 20 \text{ kN}$$

Résultat :

La sollicitation sur une série de $V_{Ed} = 20 \text{ kN}$ est bien inférieure à la résistance $V_{Rd} = 22.23 \text{ kN}$

Le choix initial d'un goujon DIRAX PLUS 20I/O et le ferrailage $A_{sx}=A_{sy}= 2x \text{ HA}10$ est justifié !

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

4.3.2. Calcul du V_{rd} dans une poutre

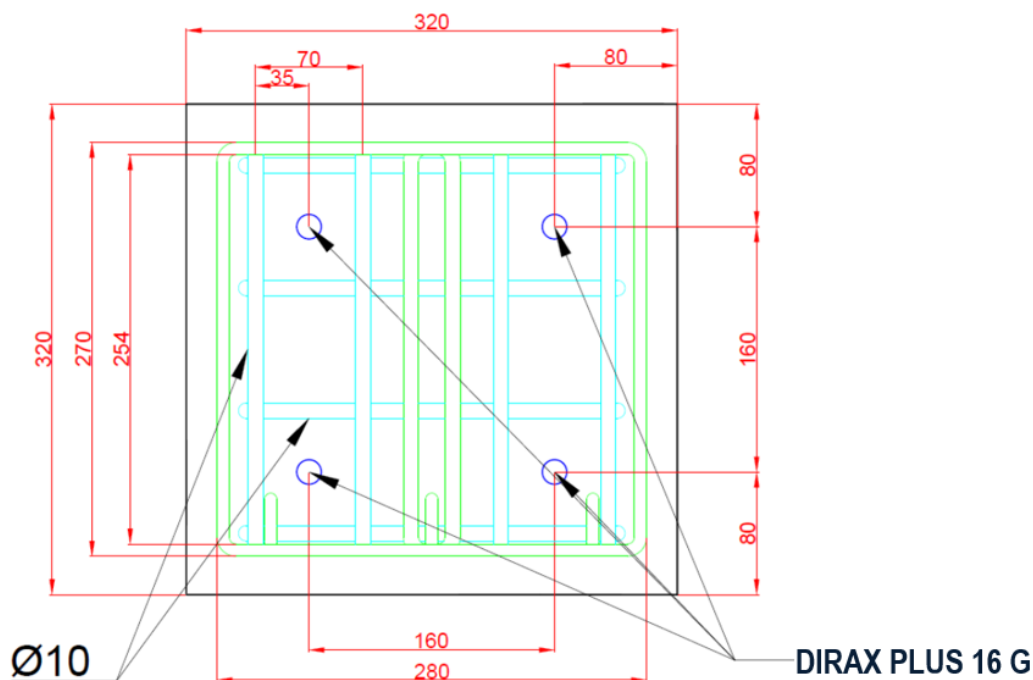
a) Hypothèses / Données :

$V_{Ed,total} = 52 \text{ kN}$, béton C25/30, joint de calcul 25mm, enrobage : $c_{nom}=25\text{mm}$,
 Poutre $l/h=320/320\text{mm}$, ouverture complémentaire due à une rotation = $\pm 0\text{mm}$
 Ferrailage : $A_{sx} = A_{sy} = 2 \times 1 \times \text{HA}10$

Choix : 4 x DIRAX PLUS 16 G/P

- Vérification géométrique : DIRAX PLUS 16G : entre-axe vertical/horizontal $\geq 160\text{mm}$, distance du goujon aux bords de la poutre $\geq 80\text{mm}$

$$V_{Ed,goujon} = 52 / 4 = 13 \text{ kN/goujon}$$



Valeurs de dimensionnement pour un goujon :

Acier :

$V_{Rd,s,ELU}$: 2 x 2 rangées en hauteur et largeur = 14.49 kN > V_{Ed} = 13 kN

OK

Poinçonnement :

La vérification du poinçonnement d'une poutre n'est jamais dimensionnante et peut être supprimée si on suit la vérification d'effort tranchant et son ferrailage suivant NF EN 1992-1-1, §9.2.5 (appuis indirects):

Rupture béton :

$V_{Rd,ce}$: cf § 4.2.5 : ($A_{sx} = A_{sy} = 2 \times HA10$)

OK

$$V_{Rd,ce} = \sum V_{Rd,1,i} + \sum V_{Rd,2,i} < A_{sx,i} \cdot f_{yd}$$

$$V_{Rd,ce1} = X1 \cdot X2 \cdot \sum (\psi_i \cdot A_{si}) \cdot f_{yk} \cdot (f_{ck}/30)^{0.5} / \gamma_c$$

$$V_{Rd,ce2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum (l'_i) \cdot f_{bd}$$

Pour le calcul du $V_{Rd,ce1}$: (Force reprise par les étriers)

$$X1 = 0,31$$

$$X2 = 1,32$$

ψ_i = coefficient de prise en compte de la distance $l_{c,i}$ des aciers de suspentes au goujon

$$\psi_i = 1 - 0,2 \cdot (l_{c,i} / c_1) ; c_1 = h/2$$

$$\psi_i = 1 - 0,2 (70/2) / 80 = 0.9125$$

$$c_1 = h/2 = 160/2 = 80 \text{ mm}$$

$$A_s = 78.5 \text{ mm}^2 (1 \text{ } \varnothing 10)$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 30 \text{ [N/mm}^2] \quad \text{avec } (f_{ck}/30)^{0.5} = 1.0$$

$$\gamma_c = 1.5$$

$$V_{Rd,ce1} = X1 \cdot X2 \cdot \sum (\psi_i \cdot A_{si}) \cdot f_{yk} \cdot (f_{ck}/30)^{0.5} / \gamma_c = 0.31 \cdot 1.32 \cdot 0.913 \cdot 78.5 \cdot 500 \cdot 1/1.5 = \mathbf{9.78 \text{ kN}}$$

Pour le calcul du $V_{Rd,ce2}$: (Adhérence des parties verticales de l'étrier sous le cône de fissuration)

$$V_{Rd,ce2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum (l'_i) \cdot f_{bd}$$

$$d_s = 1 \text{ } \varnothing 10$$

$$f_{bd} = 2.7 \text{ N/mm}^2$$

$$l_1 = H_{spec} - 3 \cdot d_s - c_{nom} = 160/2 - 3 \cdot 10 - 25 = 25 \text{ mm}$$

$$l'_i = l_1 - (l_{ci}) \cdot \tan \alpha = 25 - (30 \cdot 0.65) = 5.5 \text{ mm}$$

H_{spec} = hauteur du cône béton = épaisseur de la dalle / 2

d_b = diamètre de cintrage des aciers de renfort $\varnothing 10$

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

$$l_{c,i} = 30 \text{ mm}$$

$$\tan(\alpha = 33^\circ) = 0.65$$

$$V_{Rd,2} = \pi \cdot d_s \cdot \sum (l'_i) \cdot f_{bd} = \pi \cdot 10 \cdot 5.5 \cdot 2.7 = \mathbf{0.47 \text{ kN}}$$

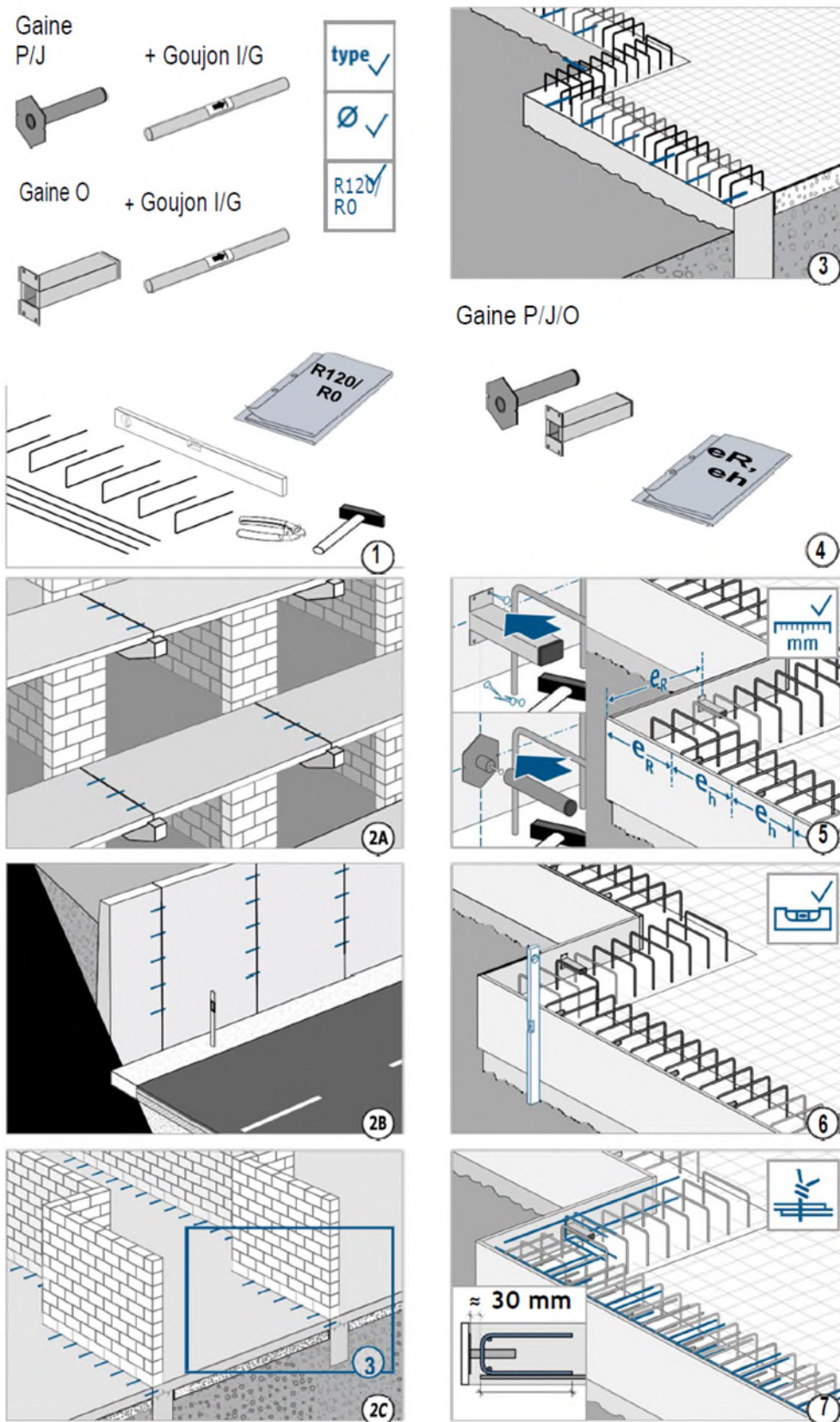
$$V_{Rd,ce} = \sum V_{Rd,1} + \sum V_{Rd,2} = 2 \cdot (9.78 + 0.47) = \mathbf{20.50 \text{ kN}} < A_{sx,i} \cdot f_{yd} = 2 \cdot 78.5 \cdot 500/1.15 = 68.3 \text{ kN}$$

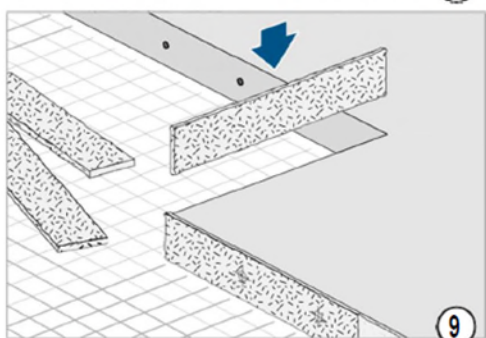
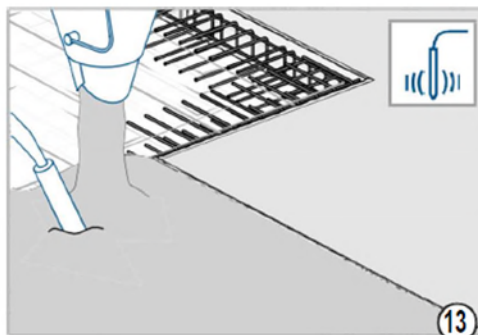
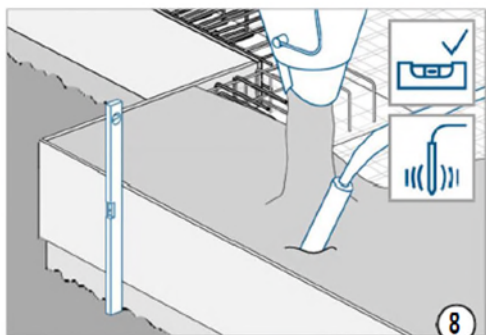
$$V_{Rd \min} (V_{Rd,s,ELU}, V_{Rd,ce}) > V_{Ed}$$

$$\mathbf{Goujon \text{ } } V_{Rd \min} (14.49 \text{ kN}, 20.50 \text{ kN}) > V_{Ed} = 13.0 \text{ kN}$$

5. Mise en œuvre des goujons

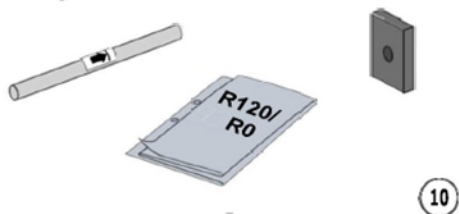
5.1 Principe de mise en œuvre dans des dalles et poutres coulées en place



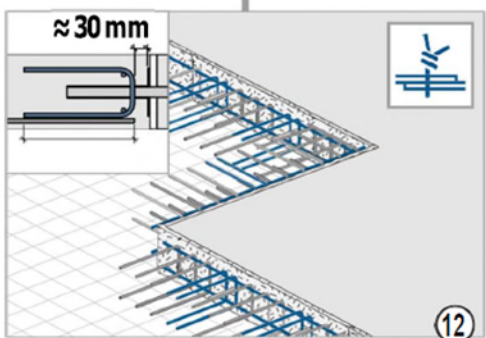
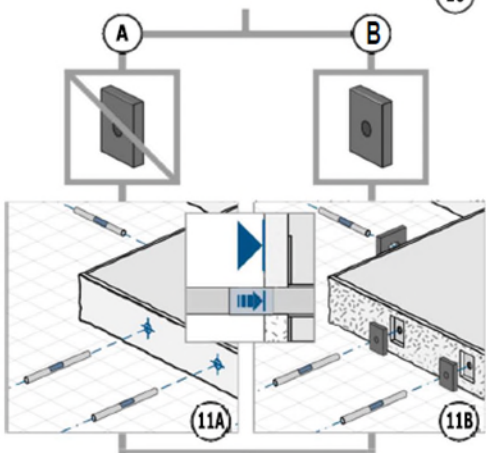


Goujon I/G

Manchette feu



Pour le cas (B), il convient de se reporter au §2.10.5 du DTA



5.2 Autocontrôle des la mise en œuvre

Fiche d'autocontrôle Mise en œuvre DIRAX PLUS en DALLE

Informations générales :

Entreprise :

(Nom, adresse)

Référence du Projet :

(Nom, adresse)

Désignation de la liaison à traiter :

(Niveau, localisation)

Etapas pour l'autocontrôle :

Documents de référence disponibles :

Note de calculs TAM GROUPE	☐ oui	☐ non
DTA 3.1/15-817_V3-E1	☐ oui	☐ non
Plan de ferrailage établi par le bureau d'études structure incluant goujons et armatures	☐ oui	☐ non
Instructions TAM GROUPE	☐ oui	☐ non

Document de référence

Contrôle des caractéristiques des éléments :

Classe de résistance du béton :

Epaisseur de la dalle :

Référence goujons :

(acier Inox/galva ; diamètre)

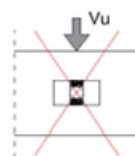
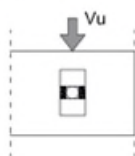
Référence gaines :

(inox/plastique ; bi-axiale/mono-axiale ; diamètre)

Largeur du joint de dilatation

Contrôle du positionnement des goujons :

Orientation gaine Bi-Axiale



Entraxe horizontal 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 :

Vérification positionnement des gaines :

Vérification orientation si gaines bi-axial :

e=

b1=

b2=

h1=

h2=

☐ oui

☐ non

☐ oui

☐ non

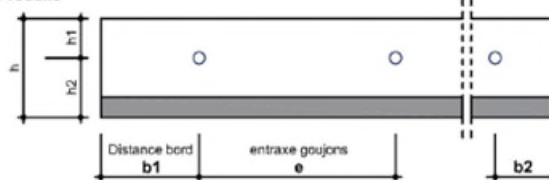
☐ oui

☐ non

Dalle Pleine ou Prédalle appuyée sur BN



Prédalle



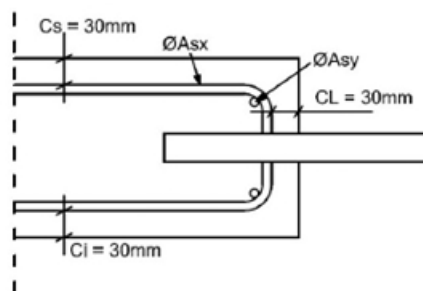
Bilan :

☐ OK

☐ PAS OK

Vérification des armatures :

Nombre/goujon & diamètre
Asx
Nombre & diamètre
Asy

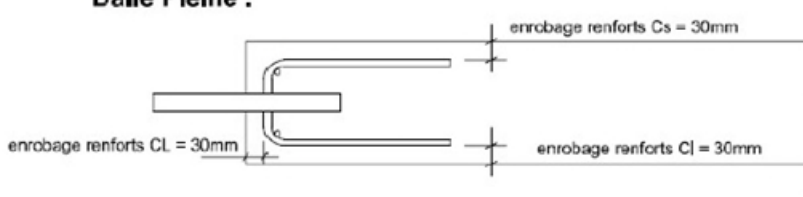


Vérification enrobages des armatures de renfort :

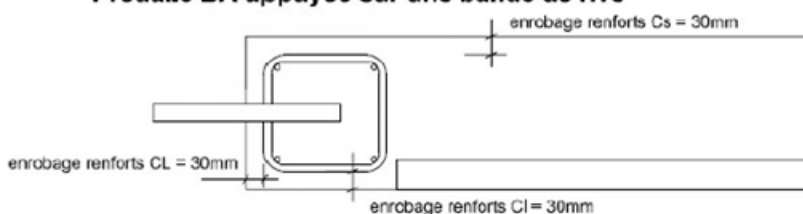
Latéral CL = ...
Supérieur Cs = ...
Inférieur Ci = ...

Bilan : ☐ OK
☐ PAS OK

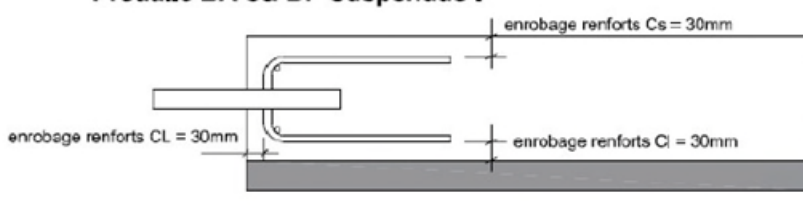
Dalle Pleine :



Prédalle BA appuyée sur une bande de rive

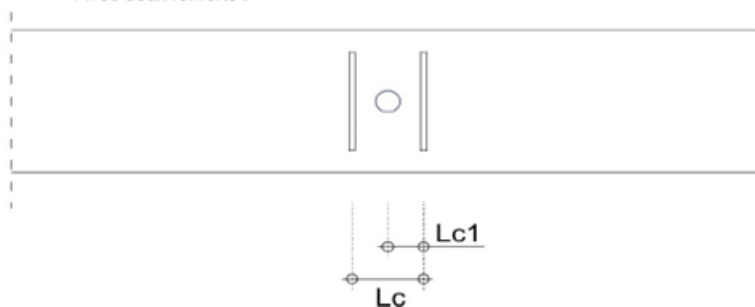


Prédalle BA ou BP Suspendue :



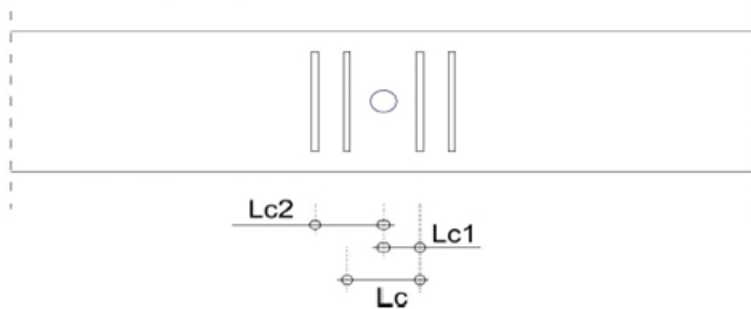
Vérification distance entraxes des renforts :

Avec deux renforts :



Distance Lc = ...
Distance Lc 1 = ...

Avec quatre renforts :



Distance Lc :
Distance Lc1 :
Distance Lc2 :

Bilan : ☐ OK
☐ PAS OK

Contrôle du joint après coulage :

Largeur du joint de dilatation :

Classement feu nécessaire :

☐ oui ☐ non

si oui : positionnement manchettes coupe-feu ☐ OK ☐ PAS OK

Signature des intervenants

Nom du vérificateur :

Date :

Visa :

Fiche d'autocontrôle
Mise en œuvre DIRAX PLUS
en POUTRE

Informations générales :

Entreprise :

(Nom, adresse)

Référence du Projet :

(Nom, adresse)

Désignation de la liaison à traiter :

(Niveau, localisation)

Etapes pour l'autocontrôle :

Documents de référence disponibles :

Note de calculs TAM GROUPE	☐ oui	☐ non
DTA 3.1/15-817_V3-E1	☐ oui	☐ non
Plan de ferrailage établi par le bureau d'études structure incluant goujons et armatures	☐ oui	☐ non
Instructions TAM GROUPE	☐ oui	☐ non

Contrôle des caractéristiques des éléments :

Classe de résistance du béton :

Epaisseur de la dalle :

Référence goujons :

(acier Inox/galva ; diamètre)

Référence gâches :

(inox/plastique ; bi-axiale/mono-axiale ; diamètre)

Nombre de goujons : Nh (nombre de rangées horizontales) = ...

Nv (nombre de rangées verticales) = ...

Ntot (nombre total de goujons) = ...

Largeur du joint de dilatation :

Contrôle du positionnement des goujons :

Entraxe vertical goujons :

(ev1 ; ev2, etc...)

Distance au bord verticale :

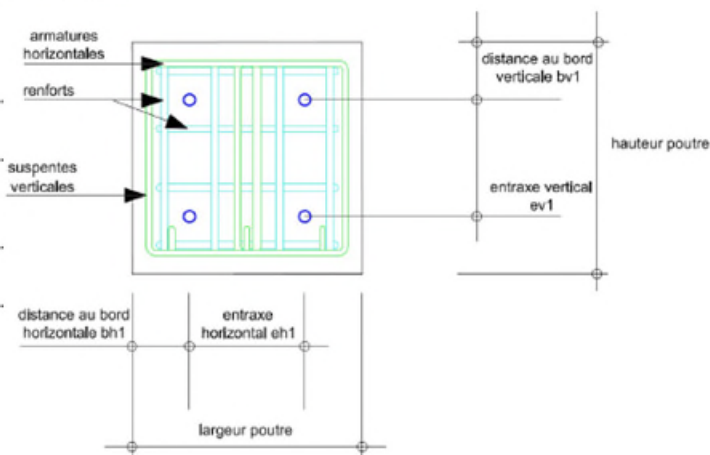
(bv1 ; bv2)

Entraxe horizontal goujons :

(eh1 ; eh2, etc...)

Distance au bord horizontale :

(bh1 ; bh2)



Bilan :

☐ OK
☐ PAS OK

Vérification des armatures :

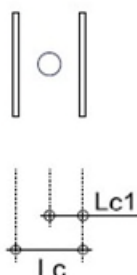
Nombre/goujon & diamètre
Asx
Nombre & diamètre
Asy

Vérification enrobages des armatures :

Latéral :
(vis-à-vis du parement du joint)

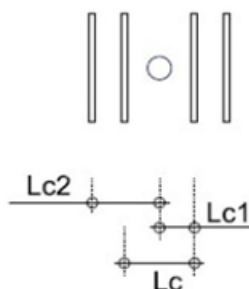
Vérification distance entraxe des renforts :

Avec deux renforts :



Distance Lc :
Distance Lc1 :

Avec quatre renforts :



Distance Lc :
Distance Lc1 :
Distance Lc2 :

Contrôle armatures horizontales : ☐ oui ☐ non
(présence/section/longueur):
Contrôle armatures de suspente : ☐ oui ☐ non
(présence/section/longueur):
Renforts à égale distance de l'axe du goujon : ☐ oui ☐ non

Bilan : ☐ OK
☐ PAS OK

Contrôle du joint après coulage :

Largeur du joint de dilatation :

Classement feu nécessaire :

☐ oui ☐ non

si oui : positionnement manchettes Coupe-feu ☐ OK ☐ PAS OK

Signature des intervenants

Nom du vérificateur :

Date :

Visa :

Les renseignements contenus dans ce document sont donnés à titre indicatif et correspondent à nos connaissances actuelles. Ils ne peuvent en aucun cas engager notre responsabilité en cas d'utilisation non conforme ou inadaptée de nos produits.

Etant donné les multiples possibilités d'emploi, nos recommandations ne dispensent pas les utilisateurs d'effectuer leurs propres essais. Notre laboratoire et le service technique vous fourniront les renseignements que vous désirez et se tiennent à votre entière disposition.

TAM Groupe Z.I. Avenue Albert Einstein.
CS 90043 - 77555 Moissy Cramayel Cedex - France
S.A.S. au capital de 883 332 € RCS Melun B
SIRET 313 659 674 00029 - FR 76 313 659 674

Tél. : + 33 1 64 13 30 00 – tamgroupe@tamgroupe.fr – www.tamgroupe.fr