

Avis Technique 3/02-378

Annule et remplace l'Avis Technique 3/98-314 et son modificatif 3/98-314*01 Mod

Composants structuraux
Structural components

GOUJONS CRET(*SERIE SIMPLE*)

Titulaires :

- F.J. ASCHWANDEN A.G.
Postfach. CH 3250 LYS
SUISSE.
- MANDELLI SETRA.
39, rue Edmont Fariat
F-10000 TROYES
FRANCE.

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 3

Structures, planchers et autres composants structuraux

Vu pour enregistrement le 20 novembre 2002

Pour le CSTB : J.-D. Merlet, Directeur Technique



Secrétariat de la commission des Avis Techniques CSTB, 4, avenue du Recteur-Poincaré, 75782 Paris Cedex 16
Tél. : 01 40 50 28 28 - Fax : 01 45 25 61 51 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé N° 3 " Structures, planchers et autres composants structuraux " de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné le 10 juillet 2002 le procédé de composants de construction portant la dénomination commerciale GOUJONS CRET présenté par les sociétés ASCHWANDEN et MANDELLI-SETRA. Il a formulé sur ces composants l'Avis Technique ci-après, qui annule et remplace l'Avis Technique 3/98-314 et son modificatif 3/98-314*01 Mod.

1 Définition succincte

1.1 Description succincte

Les goujons CRET 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 (ou seulement l'une des deux) directions perpendiculaires à l'axe du goujon.

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 de section cylindrique, réalisé en acier inoxydable ou galvanisé à chaud.

Ce goujon est enfilé dans un fourreau 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 appropriés à cette fonction.

1.2 Identification

Ces goujons sont commercialisés en France par la Société MANDELLI-SETRA, 39 rue Edmont Fariat, 10000 TROYES, qui vend ces goujons en qualité de « Société de commercialisation pour le marché français ». Chaque fourreau CRET est identifié par une étiquette autocollante indiquant la dénomination commerciale du goujon de telle sorte que la vérification de la compatibilité des goujons avec les fourreaux peut être effectuée à tout moment.

2 Avis

2.1 Domaine d'emploi accepté

Ouvrages de bâtiment en béton armé ou 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.

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.

Les utilisations en zones sismiques sont possibles dans les seules utilisations pour lesquelles on peut montrer que la largeur du joint n'excède jamais 50 mm au cours de la durée du séisme, dans la limite autorisée par les Règles Parasismiques.

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 au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

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 CRET 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 CRET, dans le cadre du présent Avis, sauf pour les modèles pour lesquels le jeu entre goujon et fourreau ne dépasse pas 1 mm, et sous certaines conditions (voir remarques complémentaires du Groupe Spécialisé).

L'Avis est émis pour les utilisations en France européenne.

Les utilisations autres que celles prévues au présent domaine d'emploi sortent du champ du présent Avis et font l'objet d'une étude particulière.

2.2 Appréciation sur le procédé

L'appréciation sur le procédé vise l'ensemble des goujons décrits dans le Dossier Technique.

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Stabilité

Les composants mis en oeuvre 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 oeuvre et d'autocontrôle prévues dans le Dossier Technique sont respectées. Compte tenu de l'autocontrôle exercé en usine sur la qualité des aciers constitutifs des goujons, la résistance des composants est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté.

Sécurité au feu

Les goujons étant à nu dans la largeur du joint, une étude au cas par cas est à entreprendre pour la stabilité en cas 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 aux règles FB87 en ce qui concerne l'appréciation des températures atteintes. L'obtention d'un degré coupe-feu de plancher ne peut être obtenu que lorsqu'une protection rapportée est disposée dans le joint.

Lorsqu'il est fait usage de fourreaux en matière synthétique ou plastique (polyéthylène ou P.V.C.), il sera tenu compte d'un affaissement des éléments supportés égal à l'épaisseur des fourreaux (de l'ordre de 3 mm) pour la vérification à chaud de ces éléments. En pratique, l'influence de cet affaissement pourra être négligé 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).

Sécurité du travail sur chantier

La mise en oeuvre des composants est comparable à celle de tous les petits inserts utilisés dans les structures en béton et n'a aucune influence spécifique sur la sécurité du personnel de chantier.

2.2.2 Durabilité / Entretien

Compte tenu des conditions de fabrication des composants CRET dans une usine spécialisée et des contrôles 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.

2.2.3 Mise en oeuvre

Les goujons et les fourreaux sont livrés avec une notice de pose indiquant la procédure de vérification de la compatibilité entre eux. Les renforts ne sont pas livrés, conformément au paragraphe 1.3 du Dossier Technique établi par le demandeur.

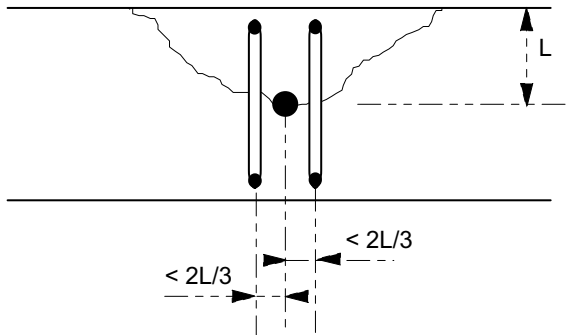
Effectuée par les entreprises de bâtiments, la mise en oeuvre ne présente pas de difficulté particulière; néanmoins, le contrôle de la perpendicularité entre l'axe du goujon et le plan du joint doit être effectué par l'entreprise de pose pour assurer la libre dilatation du joint. De même, le bon positionnement des aciers de renfort étant essentiel, un contrôle particulier sur site est indispensable sur ce point. Enfin, pour les séries 300 et 500 qui présentent une section rectangulaire, un contrôle systématique du bon positionnement du goujon autour de son axe doit être effectué.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

2.3.1 Conception et calcul des ouvrages

Le concepteur doit tenir compte des prescriptions particulières suivantes :

- L'écartement maximal entre deux goujons successifs destinés à s'opposer au même mouvement relatif est fixé à 8 fois l'épaisseur des éléments en béton reliés par les goujons. Pour l'application de cette prescription, l'épaisseur se mesure selon le sens de l'effort tranchant transmis par le goujon.
- 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 cotés horizontaux du cadre (ou les branches du U) soient voisins des parements inférieurs et supérieurs de la dalle; leur façonnage doit être tel que les enrobages (supérieurs vis-à-vis de la surface de dalle, inférieur vis-à-vis de la sous-face de dalle et latéral vis-à-vis du parement vertical de bord de dalle) n'excèdent jamais 3 cm.
- De plus, ces renforts ne peuvent être considérés comme utiles du point de vue mécanique que si leur distance d'axe à axe au goujon n'excède pas les deux tiers de la distance au parement le plus proche dans le sens de l'effort tranchant transmis par les goujons.



- Aucun écartement minimal entre deux goujons 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 goujons voisins, une pénalisation est opérée dans le cas des utilisations en dalle pour les écartements inférieurs à 2,5 fois l'épaisseur de l'élément en béton relié par les goujons. Cette pénalisation consiste:
 - soit à frapper les efforts tranchants capables d'un coefficient minorateur pris égal à $0,4e/h$.
 - soit à augmenter la section des armatures de renfort en la frappant d'un coefficient majorateur égal à $(2-0,4e/h)^3$
 - Dans ces expressions e est l'écartement de deux goujons successifs et h l'épaisseur de la pièce.
 - Les goujons des séries autres que la série simple doivent être utilisés tels que décrits dans le Dossier Technique sans aucune modification de géométrie ni de positionnement.
 - Les goujons de la série simple (CRET 20 à CRET 40) peuvent à l'inverse être utilisés avec une longueur d'ancrage quelconque et l'effort capable est alors déterminé comme suit en fonction de la longueur d'ancrage retenue:
 - L'ancrage minimal nécessaire du goujon pour que son bon fonctionnement puisse être assuré est de 6,5 fois son diamètre Φ . 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 $6,5\Phi$. Un ancrage de moins de 5Φ doit être considéré comme sans résistance utile ;
 - ainsi, en cas d'accrochage d'about de poutre sur un voile perpendiculaire, on doit s'assurer que l'ancrage nécessaire est obtenu dans l'épaisseur du voile, ce qui peut conduire dans le cas de voile peu épais à préférer des goujons plus nombreux et de diamètre moindre.

- Les goujons CRET ne doivent pas être incorporés dans les dalles de 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 capables de l'annexe "Valeurs d'utilisation" puissent être retenues. Concernant les goujons CRET 40, l'attention de l'utilisateur est attirée sur le fait que les essais effectués ont montré une fissuration prématurée dans le cas d'une dalle d'épaisseur 30 cm. En conséquence, le présent Avis n'autorise l'utilisation de goujons CRET 40 dans des dalles d'épaisseur 30 cm que dans le cas de fissuration peu préjudiciable au sens des Règles BAEL91 (il est notamment précisé que la présence de revêtements fragiles constitue un cas de fissuration préjudiciable ou très préjudiciable).

Type de goujon	Epaisseurs H de dalle compatibles (cm).
CRET 20	$H \geq 15$
CRET 22	$H \geq 16$
CRET 24	$H \geq 18$
CRET 25	$H \geq 18$
CRET 26	$H \geq 19$
CRET 30	$H \geq 20$
CRET 40	$H \geq 30$

L'épaisseur H de la dalle à considérer dans ce tableau comme dans les tableaux des valeurs d'effort tranchant résistant donnés en annexe "Valeurs d'utilisation" est prise égale au double de la distance au parement le plus rapproché (surface ou sous-face de la dalle). Dans le cas de plancher avec prédalles, 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 oeuvre, la prédalle étant suspendue au béton coulé en oeuvre.

- 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:

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

- 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.
- $-\Delta a_d$ 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 5 mm. Dans les autres cas, Δa_d est nul et les déformations correspondantes sont comptabilisées dans Δa_s .
- Δa_e est l'ouverture résultant de la tolérance de positionnement du goujon et du renfort associé. Elle est prise égale à 10 mm sauf maintien individuel rigide de chaque acier de renfort garantissant un enrobage par rapport au parement d'au plus 20 mm, cas pour lequel elle peut être prise égale à 5 mm.
- Δa_f est destiné à la prise en compte des incertitudes propres au partage des efforts entre les goujons dans le cas d'éléments peu flexibles. Sa valeur est nulle dans le cas où au moins l'un des deux éléments reliés par les goujons est une dalle de plancher. Elle est prise égale à la moitié du diamètre ou de la hauteur de la section du goujon dans les autres cas.
- Le domaine d'emploi permet l'utilisation des goujons CRET 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 sont implantés les goujons CRET. 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 d'utilisation" comporte des tableaux qui indiquent les valeurs des efforts tranchants résistants V_{Ru} , V_{Rs} et V_{Ra} pour les diverses configurations de goujons et de dalles les plus souvent utilisés. Les interpolations sont possibles dans l'utilisation des tableaux mais les extrapolations sont interdites.
- Les valeurs indiquées ne peuvent être utilisées que dans les ouvrages en béton d'une résistance caractéristique à la compression au moins égale à 25 MPa.
- La section des aciers verticaux complémentaires de bordure uniformément répartis doit être au moins égale à 3.33 cm^2 d'acier Fe E 500 par mètre linéaire de bord de dalle; l'utilisation des valeurs indiquées suppose l'existence d'un tel ferrailage (ou d'un ferrailage équivalent) en bordure des dalles en sus des renforts associés à chacun des goujons.
- Ces efforts tranchants résistants V_{Ru} , V_{Rs} et V_{Ra} doivent être frappés du coefficient réducteur suivant, 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 sont alors déterminés à partir d'une hauteur H égale à la plus faible des deux distances suivantes:
 - l'écartement entre les deux goujons superposés.
 - le double de la distance au parement le plus proche dans le sens de l'effort tranchant transmis par les goujons.
- Le dimensionnement des goujons doit être effectué par la vérification de chacune des trois inégalités suivantes correspondant aux combinaisons d'actions fondamentales, de service et accidentelle :

$$V_u \leq V_{Ru}$$

$$V_s \leq V_{Rs}$$

$$V_a \leq V_{Ra}$$

Ces inégalités comparent les efforts tranchants agissants V_u , V_s et V_a aux efforts tranchants résistants V_{Ru} , V_{Rs} et V_{Ra} . La première est à vérifier dans tous les cas. La vérification de la seconde n'est exigée que dans les cas pour lesquels la fissuration est jugée préjudiciable (par exemple, eu égard au comportement des revêtements de sols). La troisième ne s'impose qu'aux cas de situations accidentelles.

- Les renforts doivent présenter une section utile d'ensemble A par goujon déterminée comme suit:

$$A = \text{Max}(A_u; A_s; A_a)$$

avec les détails suivants:

- A_u vaut $2,68 V_u / f_e$
- A_s vaut $5,1 V_s / f_e$ en cas de fissuration jugée préjudiciable et zéro dans les autres cas.
- A_a vaut $2,55 V_a / f_e$ en cas de situation accidentelle et zéro dans les autres cas.

Les sections d'acier A obtenues sont cumulées en cas de goujons superposés. Ces renforts doivent obligatoirement figurer sur les plans d'exécution du gros-œuvre.

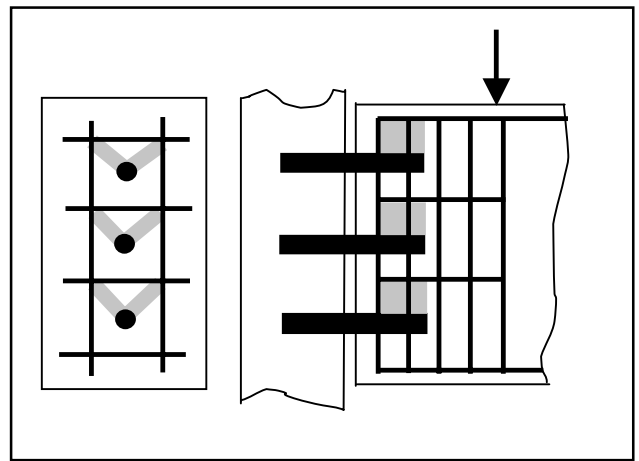
- SYMBOLES Les efforts agissants sont définis par les équations ci-après. Ils sont établis à partir de l'effort tranchant dû aux actions permanentes V_g , celui dû à l'ensemble des actions variables défavorables V_q , celui dû à la valeur fréquente de l'action variable $\psi_1 V_q$ et enfin celui dû à l'action accidentelle V_{Fa}

$$V_u = 1.35V_g + 1.5V_q$$

$$V_s = V_g + V_q$$

$$V_a = V_g + \psi_1 V_q + V_{Fa}$$

- Dans le cas des abouts de poutres où les goujons sont superposés, les charges se transmettent aux goujons par des bielles supposées inclinées à 45° et étagées sur chaque goujon. Il convient donc de prévoir des suspentes verticales et des armatures horizontales équilibrant les charges correspondantes.



2.32 Fabrication

La fabrication doit respecter l'ensemble des conditions de contrôle suivantes:

- L'acier des goujons est livré aux sociétés ASCHWANDEN et MANDELLI-SETRA accompagné d'un certificat de coulée, mentionnant les caractères mécaniques contrôlés (limite d'élasticité et de rupture, module d'Young et allongement à rupture) et sa composition chimique. Les valeurs normalisées indiquées dans les normes auxquelles il est fait référence dans le Dossier Technique sont systématiquement comparées dans le cadre de l'autocontrôle interne.
- Ces certificats sont corroborés par des essais de réception effectués par ASCHWANDEN et MANDELLI-SETRA périodiquement (2 fois par an au moins).
- Les comptes rendus de ces essais et les certificats de coulée sont communiqués au fur et à mesure au rapporteur du Groupe Spécialisé N°3. De même, toute modification du contenu ou de la fréquence des contrôles extérieurs confiés à l'EMPA au titre du contrôle externe doit être spontanément déclarée au rapporteur du Groupe Spécialisé.

2.33 Mise en oeuvre

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 produits 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.

Conclusions

Appréciation globale

Le présent Avis annule et remplace l'Avis Technique 3/98-314 et son modificatif 3/98-314*Mod.

L'utilisation des GOUJONS CRET dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

Cinq ans, jusqu'au 31 juillet 2007.

Pour le Groupe Spécialisé n° 3
Le Président

J.P. BRIN

3 Remarques complémentaires du groupe spécialisé.

Le Groupe Spécialisé a exprimé l'intérêt d'attirer l'attention sur le fait que l'utilisation en zone sismique des Goujons CRET implique le respect des règles de conception d'ensemble des bâtiments regroupées dans les Règles Parasismiques en vigueur. Ces règles imposent en particulier l'interdiction des reports de charges entre blocs distincts du point de vue de la stabilité d'ensemble. Le domaine d'emploi des goujons dans le cadre du respect de ces règles se limite donc de facto au cas des liaisons entre deux éléments de structure appartenant à un même bloc.

De même, il souligne la nécessité de prendre en compte en tant qu'actions les déplacements imposés générés par les tassements différentiels dans le cas d'utilisation des goujons au niveau d'un joint de structure entre deux blocs adjacents. En présence d'éléments très raides, les efforts ainsi engendrés peuvent être considérables et ne doivent pas être omis dans l'analyse de Vg.

Le Groupe Spécialisé a exprimé la nécessité d'attirer l'attention du concepteur de la structure dans laquelle sont incorporés les goujons sur l'importance primordiale de vérifier le bon transit des efforts apportés par l'ouvrage jusqu'aux points d'appuis que constituent les goujons. Ce transit nécessite, en particulier dans le cas des dalles, la réalisation de chaînages de bordure importants (qui peuvent être organisés en poutre noyée) conformément aux règles du béton armé. Ces règles, qui relèvent de la conception et du dimensionnement des ouvrages, sortent du domaine du CPTP du présent avis dans la mesure où elles concernent l'ouvrage en béton. Leur respect est néanmoins rigoureusement indispensable du fait de l'incorporation des goujons qui modifient le cheminement des charges en concentrant les réactions de liaison dans les zones de chacun des goujons. Il s'agit donc d'ouvrages à considérer sur appuis concentrés et non pas répartis.

La même remarque a été exprimée dans le cas des goujons utilisés en about de poutre. Dans ce cas spécifique, les armatures générales de la poutre doivent être conçues en tenant compte de ce que l'appui de la poutre se trouve concentré au droit de chacun des goujons et que les concentrations d'efforts résultants de cette discrétisation imposent dans la conception du ferrailage transversal de l'about de poutre (tant horizontal que vertical) la vérification du bon cheminement des efforts tranchants.

En ce qui concerne les modèles pour lesquels le jeu entre goujon et fourreau ne dépasse pas 1 mm, il peut être envisagé d'utiliser ces goujons en contreventement (hors zone sismique) lorsque les configurations horizontales des structures sont simples, et 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, et enfin si la reprise des efforts est correctement assurée compte tenu de leur cheminement imposé par les dispositions adoptées.

Le Rapporteur du Groupe spécialisé n°3

Ménad CHENAF

ANNEXE A L'AVIS TECHNIQUE

La présente annexe est partie intégrante de l'Avis Technique ; le respect des valeurs indiquées est une condition impérative de la validité de l'Avis.

Tableaux de valeurs en KN des efforts tranchants résistants VRu, VRs et VRa

H = 15 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	36.3	36.3	36.3	33.9	30.1	27.0	44.0	44.0	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	20.2	20.2	20.2	18.1	16.0	14.4	23.6	23.6	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	39.8	39.8	39.8	36.6	32.4	29.1	48.9	48.9	41.9	36.6	32.4	29.1
H = 16 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	40.9	40.9	38.9	33.9	30.1	27.0	49.6	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	22.8	22.8	20.7	18.1	16.0	14.4	26.7	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	44.9	44.9	41.9	36.6	32.4	29.1	55.2	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	40.9	40.9	40.9	40.9	38.5	34.8	49.6	49.6	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	22.8	22.8	22.8	22.8	20.5	18.5	26.7	26.7	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	44.9	44.9	44.9	44.9	41.5	37.4	55.2	55.2	52.9	46.5	41.5	37.4
H = 17 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	45.9	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	25.6	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	50.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	45.9	45.9	45.9	43.2	38.5	34.8	55.6	55.6	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	25.6	25.6	25.6	23.0	20.5	18.5	29.9	29.9	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	50.3	50.3	50.3	46.5	41.5	37.4	61.8	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
H = 18 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	51.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	28.5	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	56.0	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	51.1	51.1	49.1	43.2	38.5	34.8	62.0	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	28.5	28.5	26.2	23.0	20.5	18.5	33.3	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	56.0	56.0	52.9	46.5	41.5	37.4	68.9	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	51.1	51.1	51.1	51.1	48.2	43.6	62.0	62.0	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	28.5	28.5	28.5	28.5	25.6	23.2	33.3	33.3	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	56.0	56.0	56.0	56.0	51.9	47.0	68.9	68.9	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	51.1	51.1	51.1	51.1	51.1	48.5	62.0	62.0	62.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	28.5	28.5	28.5	28.5	28.4	25.8	33.3	33.3	33.3	31.6	28.4	25.8
	VRa	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	52.3	68.9	68.9	68.9	64.0	57.5	52.3

H = 19 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	56.6	56.6	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	31.5	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	62.0	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	56.6	56.6	56.6	53.7	48.2	43.6	68.6	68.6	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	31.5	31.5	31.5	28.6	25.6	23.2	36.9	36.9	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	62.0	62.0	62.0	57.8	51.9	47.0	76.2	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	56.6	56.6	56.6	56.6	53.4	48.5	68.6	68.6	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	31.5	31.5	31.5	31.5	28.4	25.8	36.9	36.9	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	62.0	62.0	62.0	62.0	57.5	52.3	76.2	76.2	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	56.6	56.6	56.6	56.6	56.6	53.7	68.6	68.6	68.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	31.5	31.5	31.5	31.5	31.4	28.6	36.9	36.9	36.9	34.9	31.4	28.6
	VRa	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	57.9	76.2	76.2	76.2	70.5	63.6	57.9
H = 20 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	62.3	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	34.7	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	68.3	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	62.3	62.3	60.7	53.7	48.2	43.6	75.5	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	34.7	34.7	32.3	28.6	25.6	23.2	40.6	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	68.3	68.3	65.4	57.8	51.9	47.0	83.9	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	62.3	62.3	62.3	59.4	53.4	48.5	75.5	75.5	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	34.7	34.7	34.7	31.6	28.4	25.8	40.6	40.6	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	68.3	68.3	68.3	64.0	57.5	52.3	83.9	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	62.3	62.3	62.3	62.3	59.0	53.7	75.5	75.5	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	34.7	34.7	34.7	34.7	31.4	28.6	40.6	40.6	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	68.3	68.3	68.3	68.3	63.6	57.9	83.9	83.9	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	62.3	62.3	62.3	62.3	62.3	62.3	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5
	VRs	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6
	VRa	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	68.3	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.5

H = 22 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	74.5	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	41.5	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	81.7	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	74.5	74.5	67.0	59.4	53.4	48.5	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	41.5	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	81.7	81.7	72.1	64.0	57.5	52.3	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	74.5	74.5	73.6	65.5	59.0	53.7	90.3	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	41.5	41.5	39.2	34.9	31.4	28.6	48.5	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	81.7	81.7	79.2	70.5	63.6	57.9	100.4	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	90.3	90.3	90.3	90.3	84.6	77.6
	VRs	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.3	48.5	48.5	48.5	48.5	45.0	41.3
	VRa	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7	100.4	100.4	100.4	100.3	91.1	83.5
H = 24 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	87.8	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	96.2	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	87.8	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	48.9	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	96.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	87.8	87.8	87.8	87.8	84.6	77.6	106.4	106.4	103.5	93.1	84.6	77.6
	VRs	48.9	48.9	48.9	48.9	45.0	41.3	57.2	57.2	55.1	49.6	45.0	41.3
	VRa	96.2	96.2	96.2	96.2	91.1	83.5	118.3	118.3	111.4	100.3	91.1	83.5

H = 26 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	102.0	102.0	102.0	93.1	84.6	77.6	123.7	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6
	VRs	56.8	56.8	55.1	49.6	45.0	41.3	66.5	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3
	VRa	111.9	111.9	111.4	100.3	91.1	83.5	137.5	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5
H = 28 cm													
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	117.3	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6
	VRs	65.3	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3
	VRa	128.6	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5

H = 30 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6
	VRs	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3
	VRa	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5
40	VRu	133.5	133.5	133.5	133.5	133.5	133.5	161.9	161.9	161.9	161.9	161.9	159.9
	VRs	74.4	74.4	74.4	74.4	74.4	74.4	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0	85.1
	VRa	146.4	146.4	146.4	146.4	146.4	146.4	179.9	179.9	179.9	179.9	179.9	172.2

H = 35 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6
	VRs	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3
	VRa	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5
40	VRu	178.4	178.4	178.4	178.4	172.0	159.9	216.3	216.3	202.9	186.2	172.0	159.9
	VRs	99.4	99.4	99.4	99.1	91.5	85.1	116.2	116.2	108.0	99.1	91.5	85.1
	VRa	195.6	195.6	195.6	195.6	185.3	172.2	240.4	240.1	218.5	200.5	185.3	172.2

H = 40 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6
	VRs	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3
	VRa	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5
40	VRu	229.3	222.9	202.9	186.2	172.0	159.9	247.3	222.9	202.9	186.2	172.0	159.9
	VRs	127.7	118.6	108.0	99.1	91.5	85.1	131.6	118.6	108.0	99.1	91.5	85.1
	VRa	251.4	240.1	218.5	200.5	185.3	172.2	266.3	240.1	218.5	200.5	185.3	172.2

H = 45 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6
	VRs	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3
	VRa	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5
40	VRu	247.3	222.9	202.9	186.2	172.0	159.9	247.3	222.9	202.9	186.2	172.0	159.9
	VRs	131.6	118.6	108.0	99.1	91.5	85.1	131.6	118.6	108.0	99.1	91.5	85.1
	VRa	266.3	240.1	218.5	200.5	185.3	172.2	266.3	240.1	218.5	200.5	185.3	172.2

H = 50 cm		fc28= 25 MPa						fc28= 35 MPa					
Goujon	a	5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
20	VRu	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0	55.1	45.6	38.9	33.9	30.1	27.0
	VRs	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4	29.3	24.3	20.7	18.1	16.0	14.4
	VRa	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1	59.3	49.1	41.9	36.6	32.4	29.1
22	VRu	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8	67.9	57.0	49.1	43.2	38.5	34.8
	VRs	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5	36.1	30.3	26.2	23.0	20.5	18.5
	VRa	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4	73.1	61.4	52.9	46.5	41.5	37.4
24	VRu	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6	82.0	69.8	60.7	53.7	48.2	43.6
	VRs	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2	43.7	37.1	32.3	28.6	25.6	23.2
	VRa	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0	88.4	75.1	65.4	57.8	51.9	47.0
25	VRu	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5	89.7	76.7	67.0	59.4	53.4	48.5
	VRs	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8	47.7	40.8	35.6	31.6	28.4	25.8
	VRa	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3	96.6	82.6	72.1	64.0	57.5	52.3
26	VRu	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7	97.6	83.9	73.6	65.5	59.0	53.7
	VRs	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6	52.0	44.7	39.2	34.9	31.4	28.6
	VRa	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9	105.2	90.4	79.2	70.5	63.6	57.9
30	VRu	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6	133.1	116.4	103.5	93.1	84.6	77.6
	VRs	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3	70.8	62.0	55.1	49.6	45.0	41.3
	VRa	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5	143.4	125.4	111.4	100.3	91.1	83.5
40	VRu	247.3	222.9	202.9	186.2	172.0	159.9	247.3	222.9	202.9	186.2	172.0	159.9
	VRs	131.6	118.6	108.0	99.1	91.5	85.1	131.6	118.6	108.0	99.1	91.5	85.1
	VRa	266.3	240.1	218.5	200.5	185.3	172.2	266.3	240.1	218.5	200.5	185.3	172.2

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

0 Classe du système

Le système CRET est un procédé constructif destiné à la réalisation de joints de dilatation dans les ouvrages en béton armé.

Les goujons CRET peuvent reprendre d'importants efforts transversaux tout en autorisant les mouvements de dilatation des ouvrages.

Ce système a donc été conçu dans le but de se substituer aux solutions traditionnelles de transfert de charges sur joint de dilatation (corbeaux, double ossatures, etc...), des exemples d'application sont donnés à la fin du présent dossier.

Le système CRET est destiné aux applications courantes suivantes :

- reprise de toutes charges statiques, y compris en zones sismiques ;
- reprise de charges roulantes jusqu'à 30 kN par essieu + véhicules sapeurs pompiers ;
- reprise de charges avec désolidarisations entre 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 des goujons CRET en inox est prévue pour des milieux très agressifs compte tenu de la composition chimique des aciers inoxydables choisis pour leur fabrication. Les alliages Chrome, Nickel, Molybdène, et Azote ainsi que les contrôles continus de fabrication, permettent d'escompter une durabilité exceptionnelle du système CRET, dans les ouvrages à ambiance chimique normale.

En cas d'agressivité particulière du milieu, une étude particulière des performances de durabilité peut être conduite en tenant compte de la nature de l'agression eu égard à la composition chimique de l'acier.

1 Description des éléments constitutifs

Les goujons sont constitués par des barres en acier inoxydable ou galvanisé à chaud, de sections cylindrique, dont les performances chimiques et mécaniques sont adaptées à l'emploi visé.

1.1 Goujons

Les goujons visés par le présent Avis Technique sont de la série dite « simple », constitués de barres d'acier de longueurs et diamètres variables. Ces goujons sont équipés de gaines de glissement simples. Ils sont repris sous les numéros 20,22,24,25,26,30 et 40.

1.2 Gainés de glissement

Les gaines permettent le glissement du goujon sans autre traitement particulier tout en assurant le transfert des charges ainsi que l'implantation et la réservation pour l'introduction des goujons.

1.3 Renforts

Les zones de béton voisines du goujon mis en œuvre sont armées d'aciers de béton armé, en vue d'obtenir la résistance nécessaire à la reprise de l'effort transmis par le goujon.

Ces aciers de béton armé spécifiquement dévolus à ce rôle sont appelés renforts et sont décrits comme tels dans les dessins données en annexe. Leur dimensionnement et leur positionnement sont adaptés à l'intensité et au sens de l'effort transmis par le goujon. Ils sont fournis et façonnés par l'entreprise de gros œuvre et dimensionnés par l'ingénieur conseil.

Ces renforts sont indispensables au fonctionnement mécanique de l'ensemble et c'est à ce seul titre qu'ils figurent parmi les éléments constitutifs du procédé (cf. Avis).

2 Caractéristiques des matériaux

2.1 Goujons

Pour la série de goujons simples, l'acier peut être de nature inoxydable dans la masse (goujons repérés par I ; exemple : CRET 22 I), ou bien en acier allié galvanisé à chaud (goujons repérés par G ; exemple : CRET 22 G). La galvanisation est réalisée par immersion dans le zinc fondu conformément à la norme NF A 91-121 et au fascicule de documentation A 91-122. L'épaisseur moyenne du revêtement est de 70 µm.

2.2 Gainés de glissement

Les gainés de glissement de la série simple peuvent être soit en acier inoxydable, soit en matière synthétique ou plastique (polyéthylène ou P.V.C.).

2.3 Renforts

Les renforts doivent dans tous les cas être réalisés en acier FeE500.

3 Fabrication et assurance qualité

L'ensemble des opérations de fabrication et le conditionnement des divers composants se fait exclusivement dans les ateliers de la société ASCHWANDEN et MANDELLI-SETRA et de ceux de leurs fournisseurs de matières premières sous leur contrôle.

La société ASCHWANDEN est certifiée ISO 9002 et bénéficie d'une procédure de contrôle externe périodique par le Laboratoire Fédéral d'Essai des Matériaux et de Recherche EMPA qui délivre des attestations pour chaque essai.

Un système de contrôles internes supplémentaires garantit la qualité des articles produits (plans et procédés de fabrication, vérification des matériaux, contrôle des emballages).

Toutes les livraisons d'acier dans les ateliers de la société ASCHWANDEN et MANDELLI-SETRA sont accompagnées d'un certificat de coulée mentionnant les caractéristiques chimiques et mécaniques. Un contrôle de conformité et de qualité est effectué lors de la réception.

4 Règles de conception - Calcul

Les résultats des nombreux essais réalisés depuis 1978 en grandeur nature par l'EMPA et l'EPFL, ainsi que les théories développées par la société ASCHWANDEN, ont permis de déterminer les valeurs des efforts tranchants résistants des goujons CRET. L'essentiel des travaux a consisté en une corrélation des résultats expérimentaux pour établir les lois de comportement des goujons.

Les tableaux de l'annexe « Valeurs d'utilisation » donnent les valeurs pour les goujons les plus couramment utilisés et pour un certain nombre de configurations d'épaisseur de dalle, de résistance des bétons et d'ouverture de joint.

5 Mise en oeuvre

La mise en oeuvre du système ne présente aucune difficulté particulière et ne nécessite pas de main d'oeuvre spécialisée. Elle exige cependant le respect des indications du fabricant en matière de parallélisme entre les goujons pour assurer le bon fonctionnement du joint.

Le procédé de mise en oeuvre et les indications du fabricant pour la pose sont détaillés dans la brochure commerciale délivrée auprès des utilisateurs potentiels.

6 Applications particulières

6.1 Goujons dans une dalle de plancher

Il s'agit d'une utilisation usuelle à laquelle aucune disposition technique spécifique n'est appliquée en sus de celles décrites précédemment.

6.2 Goujons dans un voile mince

Dans certains cas, 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 3 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.

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

6.3 Goujons dans une dalle avec prédalle

Il est recommandé de vérifier la compatibilité des caractéristiques géométriques des goujons avec les épaisseurs de dalles et de prédalles considérées.

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

6.4 Joints en angle

Des goujons placés dans des directions non parallèles empêchent tout mouvement de dilatation. Il convient donc d'utiliser des goujons équipés de gaines de glissement à dilatation latérale au moins dans un sens : leur forme permet une dilatation axiale et latérale, tout en assurant le transfert des efforts tranchants dirigés perpendiculairement au plan moyen de la dalle.

6.5 Goujons dans les joints des planchers CF/SF

Selon la réglementation incendie, lorsqu'un joint de dilatation avec goujons doit être CF/SF (coupe feu ou stable au feu), il faut se référer à la température de sensibilisation du métal et au besoin, reboucher le joint à l'aide d'un matériau coupe feu indépendant du dispositif de dilatation mis en oeuvre.

Les goujons n'ont pas de protection particulière contre le feu. En dehors de la zone d'ouverture du joint, aucune protection particulière n'est à prendre, les goujons étant noyés avec un enrobage toujours important.

Les gaines de glissement n'ont pas non plus de protection particulière contre les fortes élévations de température. Elles peuvent être fournies soit en acier soit en matière synthétique ou plastique. Compte tenu d'une température de transition vitreuse se situant entre 75 et 80°C, il va de soi que les gaines en P.V.C. seront beaucoup plus sensibles aux élévations de température.

Pour les gaines en polyéthylène, la température de transition est sensiblement la même.

Le choix sur la qualité sera donc fonction des exigences du Maître de l'Ouvrage ou de son Maître d'Oeuvre.

6.6 Goujons en extrémités de poutres

Dans le cas des poutres, les goujons s'utilisent toujours avec un renfort adapté aux dimensions de la poutre. L'armature d'extrémité de poutre est alors calculée par le Bureau d'Etudes pour assurer le cheminement des efforts jusqu'aux goujons en tenant compte du caractère ponctuel des efforts transmis par les goujons.

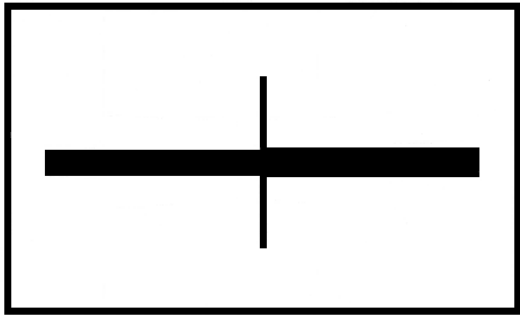
B. Références

Les goujons CRET, fabriqués en Suisse par la Société ASCHWANDEN A-G et en France par MANDELLI-SETRA, sont commercialisés depuis 1979.

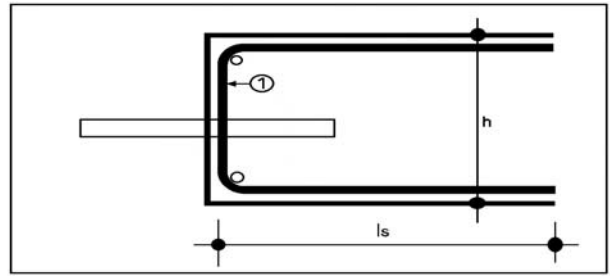
Ces goujons sont aussi commercialisés en Suède, au Danemark, en Norvège, en Hollande, en Angleterre, en Belgique, en Finlande, en Espagne, en Italie et en Autriche.

En France, ce procédé a été exploité entre 1984 et 1995 avec un Cahier des Charges approuvé par SOCOTEC, et depuis 1995 avec un Avis Technique formulé par le GS3.

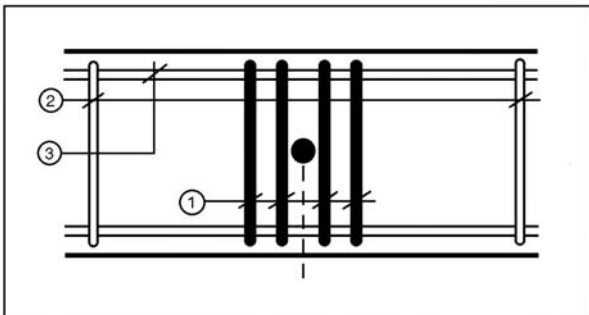
Les références sont très nombreuses : à ce jour, plusieurs millions de goujons ont été vendus dans les pays mentionnés ci-dessus, dont six cent mille environ sur le marché français.



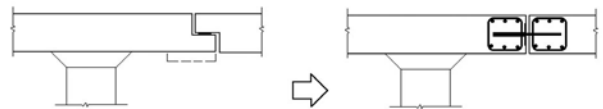
Vue d'un goujon simple et de son fourreau



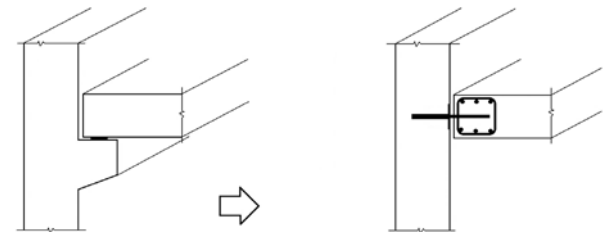
1 – Renforts adaptés sous forme d'épingles ancrées dans le béton, sur une longueur $l_s = 50 \Phi$



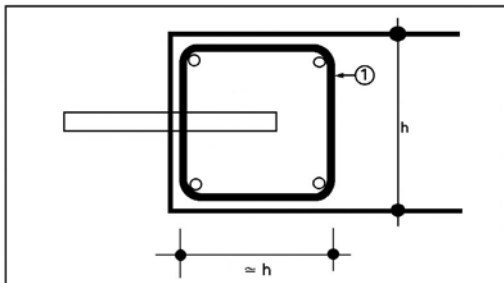
1 – Renforts adaptés.
2 – Etriers courants de chaînage de bord de dalle.
3 – Aciers filants de chaînage de bord de dalle.



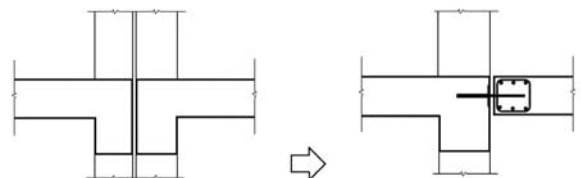
Joint de dilatation dans une dalle. Corbeau avec appui glissant supprimé



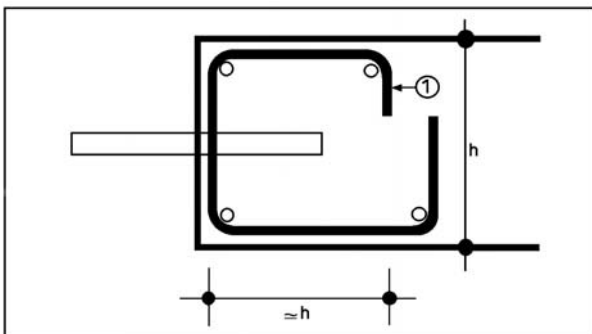
Raccord dalle-voile. Corbeau filant supprimé



1 – Renforts adaptés sous forme de cadres fermés.



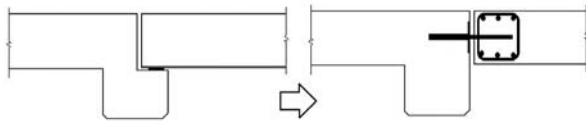
Double-structure et radier



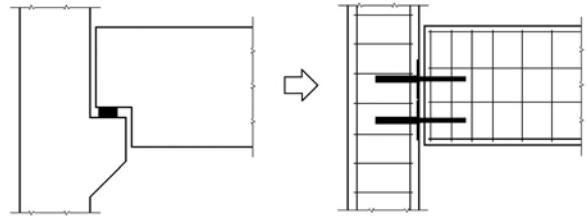
1 – Renforts adaptés sous forme de cadres ouverts.



Dallage et mur de soutènement



Raccord plancher sur poutre.



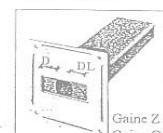
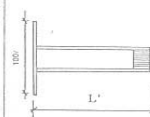
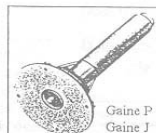
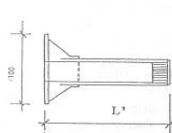
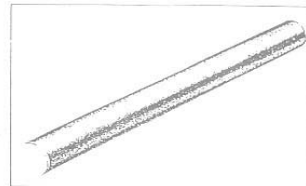
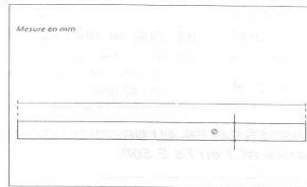
Raccord poutre sur poteau ou voile.

DESCRIPTIF DES MATERIAUX COMPOSANT LES GOUJONS CRET

Série	Types		42CD4	Z6 CN 18.06	Z3 CND 22.05 AZ	Polyéthylène ou P.V.C.
Série Simple	CRET 20-40 I	GOUJON				
	CRET 20-40 I	GAINÉ				
	CRET 20-40 G	GOUJON				
	CRET 20-40 G	GAINÉ				

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET DIMENSIONNELLES DES GOUJONS CRET

SÉRIE SIMPLE



ϕ = diamètre goujon (mm)
 L = longueur goujon (mm)
 L' = longueur gaine (mm)
 R = Renfort adapté (HAFeE500)

Gaine P : gaine P.V.C. cylindrique
 Gaine J : gaine Inox cylindrique
 Gaine Z : gaine polyéthylène à débattement latéral (uniquement ϕ 20)
 Gaine O : gaine inox à débattement latéral

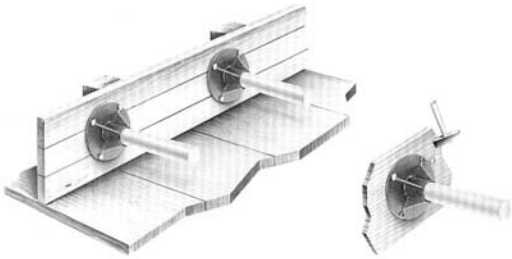
Dénomination des associations : ex :

- CRET 20 G/Z
- CRET 30 I/O
- CRET 40 G/P
- CRET 24 I/J

GOUJONS					GAINES DE GLISSEMENT			
ϕ (mm)	L (mm)	DENOMINATIONS		R	DENOMINATIONS	L' (mm)	ϕ goujon (mm)	DEBATTEMENT LATERAL DL (mm)
20	300	INOX	CRET 20 I	2 ϕ 8	Gaine P 20	160	20	
		GALVA	CRET 20 G		Gaine J 20			
24	360	INOX	CRET 24 I	4 ϕ 8	Gaine Z 20	190	24	+/- 20
		GALVA	CRET 24 G		Gaine O 20			
30	430	INOX	CRET 30 I	4 ϕ 8	Gaine P 24	230	30	+/- 10
		GALVA	CRET 30 G		Gaine J 24			
40	560	INOX	CRET 40 I	4 ϕ 12	Gaine O 24	300	40	+/- 16
		GALVA	CRET 40 G		Gaine P 30			
					Gaine O 30			+/- 12
					Gaine P 40			
					Gaine J 40			
					Gaine O 40			+/- 26

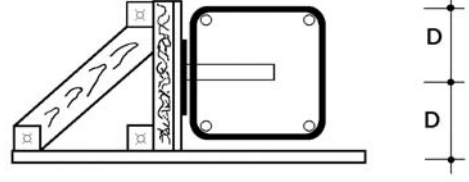
GOUJON CRET : MISE EN ŒUVRE

1



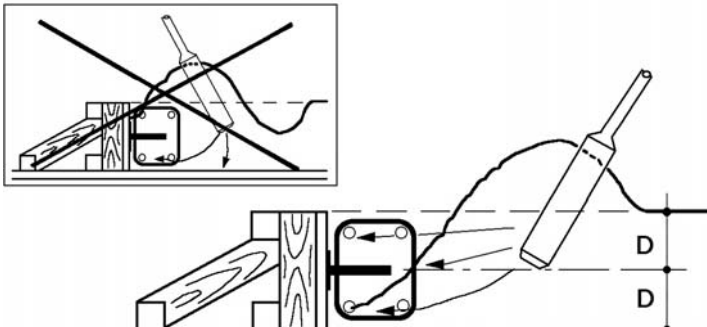
- Tracer l'implantation et l'alignement des gaines de glissement.
- Fixer les gaines CRET sur le coffrage.
- Vérifier la perpendicularité du coffrage.

2



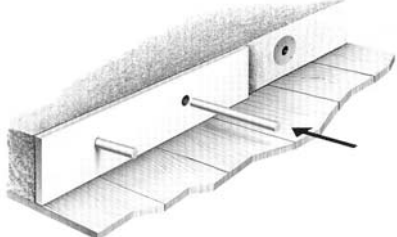
- Mise en place des armatures prescrites sur les plans d'exécution.
- Vérifier leur bonne position par un calage et un ligaturage précis.

3



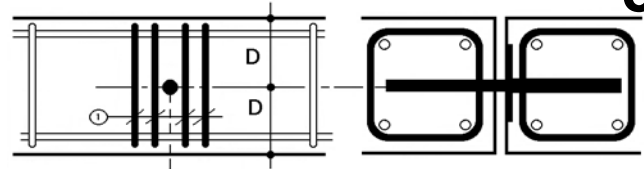
- Coulage du béton du côté des gaines de glissement.
- Lors du coulage du béton, celui-ci doit être vibré en dirigeant le vibreur vers le bord de la dalle, de façon à ce que la gaine soit très bien appliquée contre le coffrage.

4



- Décoffrage.
- Oter les étiquettes de protection du tube.
- Placer le résilient de remplissage du joint.
- Introduire les goujons CRET dans les gaines (jusqu'en butée simple

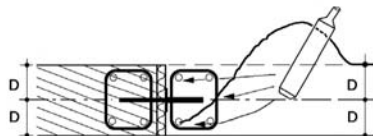
5



- Positionner le ferrailage de bord de dalle suivant plan d'exécution. **NE PAS OUBLIER LES RENFORTS LOCAUX (1) AU DROIT DE CHAQUE GOUJON.**
- Vérifier le bon enrobage de ces armatures en assurant un calage et un ligaturage précis.

Modèle CRET	D mini (cm)
CRET 20	7,5
CRET 24	10
CRET 30	12
CRET 40	15

6



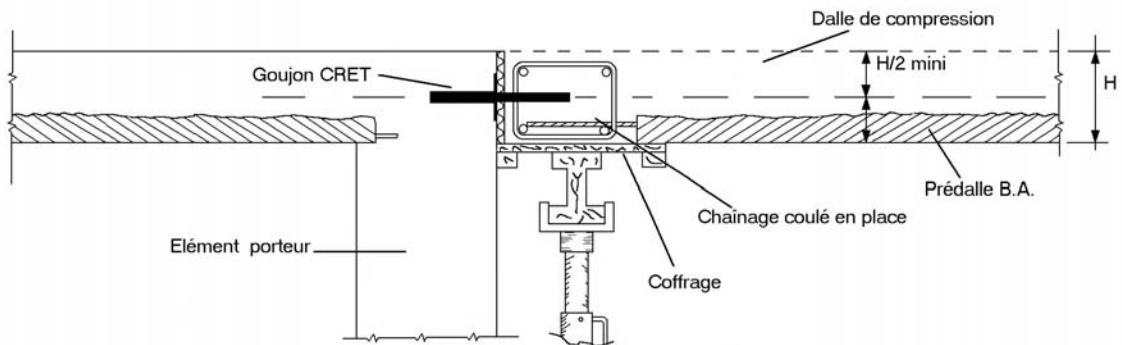
- Coulage du béton à côté des goujons.
- Vibrer le béton vers le bord de la dalle de façon à appliquer les goujons en butée simple.

APPLICATIONS SPECIALES
AUX PREDALLES

1^{er} CAS : Arrêt de la prédalle à 30 cm du joint de dilatation (Montage valable uniquement pour le cas des prédalles en béton armé).

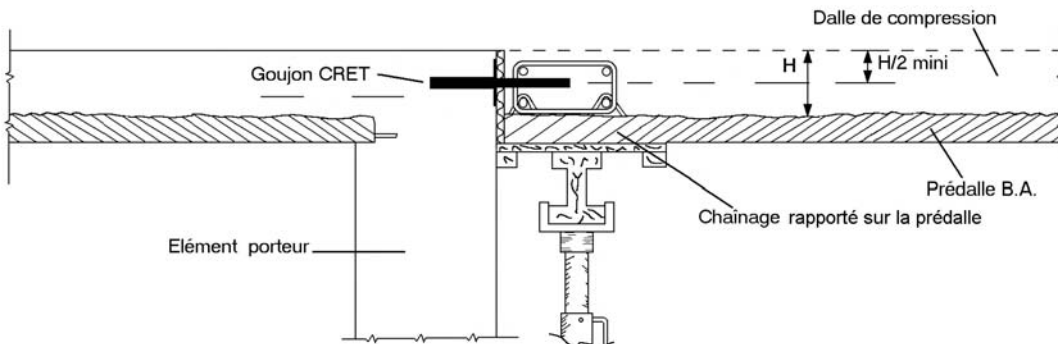
Reconstitution du chaînage de rive de dalle, entièrement coulé en place.

Ancrage de la prédalle par ses armatures dans le chaînage rapporté.



2^{ème} CAS : Prédalle complète sans chaînage incorporé (montage valable dans le cas des prédalle en béton armé ou en béton précontraint).

Il conviendra d'assurer une liaison interne entre la prédalle et le chaînage qui sera alors rapporté au moyen de suspentes d'armatures ou tout autre moyen reconnu approprié.

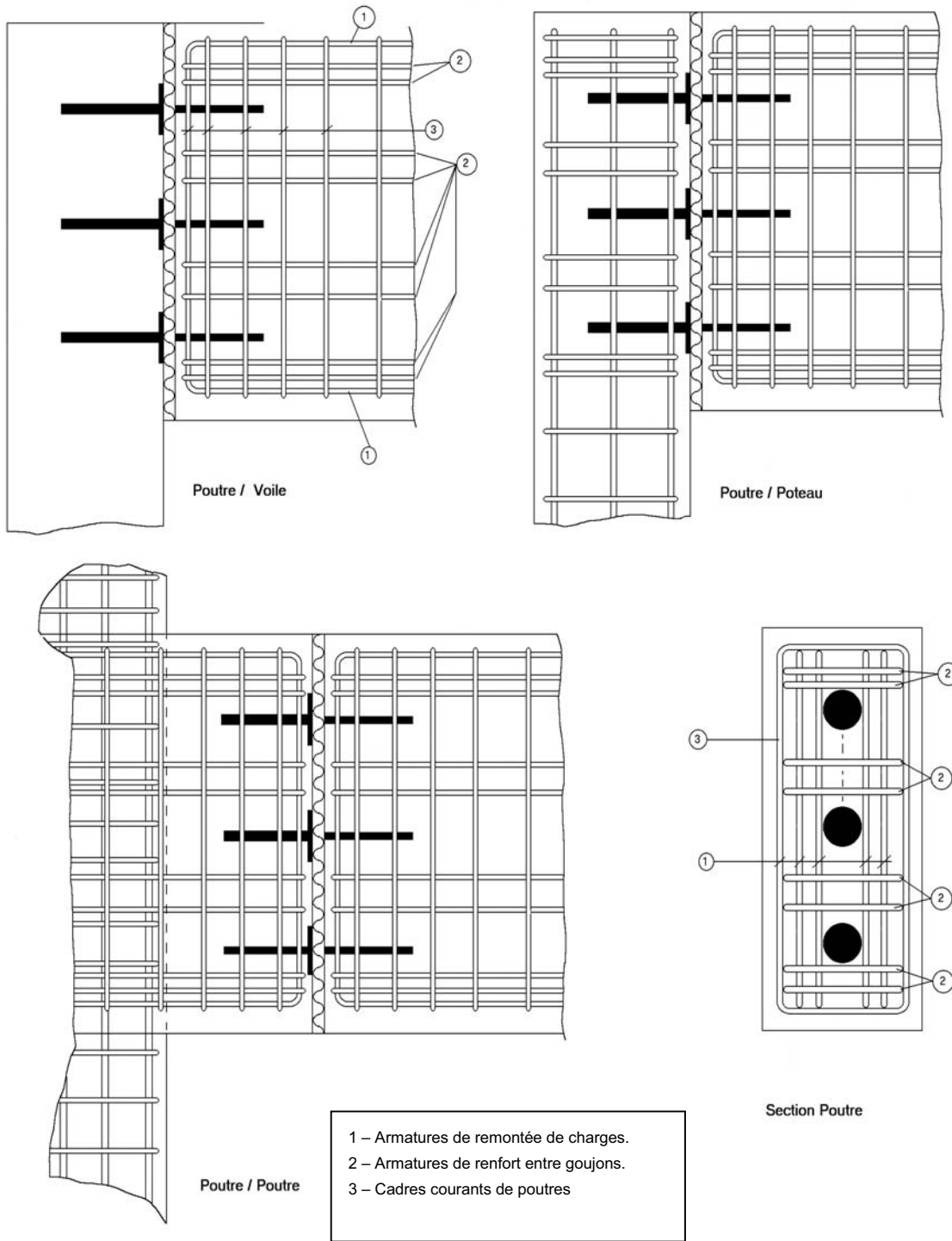


Nota : Ce schéma explique le principe de mise en place du goujon mais ne représente pas les armatures complémentaires qui sont nécessaires à ce type d'appui.

Pour le Cas 2, il est impératif de vérifier que les goujons travaillent bien à l'effort tranchant (moment nul), que leur encombrement n'interfère pas avec l'épaisseur de la prédalle suivant leur position (attention au diamètre et à H/2 mini suivant les modèles).

Il n'est pas indispensable d'avoir le goujon dans l'axe de la dalle.

GOUJONS CRET : TETES DE POUTRES - SCHEMAS DE PRINCIPE



Dans ce schéma, les armatures de remontée de charges (1) sont à ajouter aux cadres courants de poutres (3).