

Agrément Technique Suisse
(version originale en allemand)

STA-01/007 E2

Nom Commercial

Trade name

Détenteur de l'ATS

Holder of approval

Type générique et utilisation prévue
du produit de construction

*Generic type and use
of construction product*

Durée de validité du
Validity *from*
 au
 to

Producteur du procédé
Manufacturing plant

**Procédés de précontrainte VSL avec et
sans adhérence**

*VSL Bonded and Unbonded Post-
tensioning Systems*

**VSL (Schweiz) AG
Dahlienweg 23
CH-4553 Subingen**

**Procédés de précontrainte des
structures au moyen de câbles
internes adhérents et de câbles pour
dalles avec et sans adhérence
constitués de torons**

*Post-tensioning kits for prestressing of
structures with internal, bonded tendons
and bonded and unbonded slab tendons
consisting of strands*

10.07.2014

30.06.2015

**VSL (Schweiz) AG
Dahlienweg 23
CH-4553 Subingen**

Cet Agrément Technique Suisse (STA)
contient

*This Swiss Technical Approval (STA)
contains*

**10 pages ainsi que l'Annexe 1 (50
pages) et l'Annexe 2 (17 pages)**

*10 pages and annex 1 (50 pages) and
annex 2 (17 pages)*

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
I. BASES JURIDIQUES ET CONDITIONS GENERALES	3
II. CONDITIONS PARTICULIERES DE L'AGREMENT TECHNIQUE.....	4
1 Description du système et usage prévu	4
1.1 Description du système	4
1.2 Usage prévu	5
2 Caractéristiques du système et méthodes de vérification	5
2.1 Caractéristiques du système	5
2.2 Méthodes de vérification.....	6
2.3 Substances dangereuses	6
3 Attestation de conformité et marquage	6
3.1 Système d'attestation de conformité	6
3.2 Responsabilités	7
3.2.1 Tâches du producteur (contrôle de la production en usine)	7
3.2.2 Tâches de l'organisme de certification (surveillance externe)	8
3.3 Marquage.....	8
4 Hypothèses permettant d'évaluer l'aptitude des produits à l'utilisation prévue.....	8
4.1 Fabrication	8
4.2 Etude de projet et dispositions constructives.....	8
4.2.1 Généralités	8
4.2.2 Documentation technique du procédé de précontrainte	8
4.3 Dispositions pour l'exécution	9
4.3.1 Généralités	9
4.3.2 Entreprises adéquates	9
4.3.3 Indications pour l'exécution.....	9
5 Obligations du détenteur de l'agrément (producteur)	10
5.1 Généralités	10
5.2 Marquage	10
5.3 Indications pour l'exécution	10

Annexe 1: Documentation technique

Annexe 2: Indications pour l'exécution

I. BASES JURIDIQUES ET CONDITIONS GENERALES

1. Cet Agrément technique suisse est délivré par l'Organisme d'agrément de l'Empa (nommé par la suite Organisme d'agrément) selon :
 - Bases légales :
 - Loi fédérale du 8 octobre 1999 sur les produits de construction (LPCo) (AS 2000 3104/SR 933.0)
 - Ordonnance sur les produits de construction du 27 novembre 2000 (AS 2001 100/SR 933.01)
 - Accord intercantonal sur l'élimination des entraves techniques au commerce (AIETC) du 23 octobre 1998 (AS 2003 270 et AS 2004 2765/SR 946.513);
 - Accord entre la Confédération suisse et la Communauté européenne relatif à la reconnaissance mutuelle en matière d'évaluation de la conformité (Mutual Recognition Agreement, MRA, AS 2002 1803/SR 0.946.526.81) du 21 juin 1999.
 - Bases techniques :
 - Norme SIA 260:2013 Bases pour l'élaboration des structures porteuses
 - Norme SIA 261:2003 Actions sur les structures porteuses
 - Norme SIA 262:2013 Construction en béton
 - Norme SIA 262/1:2013 Construction en béton - Dispositions complémentaires
 - ASTRA 12 010 - Directive de l'Office fédéral des routes et des CFF - Dispositions pour garantir la durabilité des câbles de précontrainte dans les ouvrages d'art (Edition 2007)
 - EOTA ETAG 013 "Guideline for European Technical Approval of Post-tensioning Kits for Prestressing of Structures" (Edition June 2002)
 - CWA 14646, CEN Workshop Agreement "Requirements for the installation of post-tensioning kits for prestressing of structures and qualification of the specialist company and its personal" (January 2003)
 - Guide pour l'Agrément technique de systèmes de précontrainte (organisme d'agrément et groupe d'experts des systèmes de précontrainte, 2ème version du 15 août 2008)
2. L'organisme d'agrément délivre un agrément technique pour des produits de construction si l'aptitude à l'usage du produit quant au respect des principales exigences demandées des ouvrages où le produit doit être utilisé a été constatée. Il est habilité à vérifier ultérieurement si les dispositions de cet Agrément technique sont remplies. Cette vérification peut s'effectuer sur le site de production. Néanmoins, la responsabilité quant à la conformité des produits par rapport à l'Agrément technique et leur aptitude à l'usage prévu relève du détenteur de l'Agrément technique.
3. Cet Agrément technique ne peut pas être transféré à des producteurs ou leurs agents autres que celui mentionné en page 1 ou à des usines de production autres que celle figurant en page 1.

4. Cet Agrément technique s'applique pendant la période indiquée en page 1. Il peut être prolongé plusieurs fois sur demande écrite.
5. Cet Agrément technique est délivré par l'organisme d'agrément dans une langue officielle. Des traductions dans d'autres langues seront signalées comme telles par l'organisme d'agrément.
6. Cet Agrément technique doit - aussi en cas de transmission électronique - être reproduit dans son entier. Cependant, une reproduction partielle peut être admise moyennant accord écrit de l'organisme d'agrément. Une reproduction partielle doit être signalée comme telle. Les textes et les dessins dans des brochures publicitaires ne doivent ni être en contradiction avec l'Agrément technique ni l'utiliser abusivement.
7. L'organisme d'agrément peut révoquer l'Agrément technique conformément à l'article 11 alinéa 2 de l'ordonnance sur les produits de construction du 27 novembre 2000.
8. Pour clore, nous mentionnons explicitement que cet Agrément technique ne contient aucune obligation juridique ni reprise de responsabilité de la part de l'organisme d'agrément. A cet égard, les dispositions légales sont applicables.

II. CONDITIONS PARTICULIERES DE L'AGREMENT TECHNIQUE

1 Description du système et usage prévu

1.1 Description du système

L'Agrément technique s'applique aux procédés de précontrainte VSL composés de torons de précontrainte en acier, de gaines, d'ancrages et de coupleurs, qui sont mis en tension au moyen de vérins hydrauliques et bloqués. Les systèmes de précontrainte VSL avec adhérence sont ensuite injectés au moyen d'un coulis spécial à base de ciment. Dans le cas des câbles sans adhérence, les torons sont enduits en usine d'un film de graisse de protection contre la corrosion et sont recouverts par extrusion d'une gaine en polyéthylène ; ils sont placés directement dans le béton.

Sont homologués les câbles intérieurs avec adhérence des catégories a, b, et c ainsi que les câbles internes sans adhérence de catégorie b. Les câbles sont constitués des éléments suivants :

Câbles

- Câbles de 1 à 55 torons Y1860S7-15.7 (section nominale 150 mm²)

Ancrages et coupleurs pour les catégories a et b

- Ancrages mobiles type GC, type EC, type E, type CS 2000 (STANDARD et PLUS), type S
- Ancrages fixes type GC, type EC, type E, type CS 2000 (STANDARD et PLUS), type H, type P, type L (catégorie a uniquement)
- Ancrages intermédiaires type Z
- Coupleurs fixes type K, type SK
- Coupleur mobile type V

Ancrages et coupleurs pour la catégorie c

- Ancrage mobile type CS 2000 (SUPER)
- Ancrage fixe type CS 2000 (SUPER)
- Coupleur fixe type K EIT

Gaines

- Gaines métalliques selon la norme EN 523:2003 (câbles de précontrainte de catégorie a)
- Gaines en matière synthétique type PT-PLUS (câbles de précontrainte de catégories b et c)

Coulis

- Coulis VSL à base de ciment selon la norme EN 447:2007.

Autres éléments du système

- Clavettes de type W6S pour torons de 150 mm²
- Douilles de compression de type CFE pour torons de 150 mm²
- Spirales et étriers pour l'armature de la zone d'ancrage
- Capots de protection
- Tuyaux d'injection et événements avec fermeture

1.2 Usage prévu

Les procédés de précontrainte sont destinés à la précontrainte de structures en béton normal. Ils peuvent être utilisés comme câbles intérieurs avec adhérence de catégories a, b, et c ou comme câbles intérieurs sans adhérence de catégorie b.

Les procédés de précontrainte sont le plus fréquemment utilisés dans les ouvrages suivants:

- Ponts (superstructure de pont)
- Bâtiments (dalles, fondations, cadres)
- Réservoirs et silos (parois, radiers, dalles, toitures)
- Ouvrages offshore
- Plates-formes flottantes
- Conduites forcées et tuyaux de grand diamètre (câbles annulaires)

Les exigences de cet agrément se basent sur l'hypothèse d'une durée d'utilisation du procédé de précontrainte de 100 ans. Les indications sur la durée d'utilisation ne peuvent pas être interprétées comme une garantie du fabricant. Elles servent uniquement à choisir les composants et les matériaux appropriés, en fonction de la durée d'utilisation prévue et raisonnable du point de vue économique de l'ouvrage.

2 Caractéristiques du système et méthodes de vérification

2.1 Caractéristiques du système

Les systèmes de précontrainte sont décrits à l'Annexe 1 de la Documentation technique des Procédés de précontrainte. Seuls des câbles, des composants du système et des accessoires correspondant aux indications de la Documentation technique dans l'Annexe 1 et des normes SIA 262 et SIA 262/1 (Edition ayant cours) peuvent être utilisés.

2.2 Méthodes de vérification

L'appréciation de l'aptitude du procédé de précontrainte pour l'usage prévu (sécurité structurale, aptitude au service et durabilité) a été effectuée conformément à l'EOTA ETAG 013 "Guideline for European Technical Approval of Post-tensioning Kits for Prestressing of Structures" (Edition June 2002) et conformément aux dispositions pour les méthodes de vérification des câbles internes avec ou sans adhérence. Les compléments rassemblés dans le "Guide pour l'agrément technique de procédés de précontrainte" s'appliquent également.

L'Agrément technique pour les procédés de précontrainte VSL a été délivré sur la base des documents déposés auprès de l'organisme d'agrément. Des modifications dans la fabrication ou l'exécution des procédés de précontrainte, qui ont pour conséquence que les documents déposés ne s'appliquent plus, doivent être communiquées à l'Institut d'homologation en temps utile, avant que les modifications ne soient utilisées. L'organisme d'agrément évalue si ces modifications influencent l'Agrément technique et par suite sa validité et juge si une nouvelle appréciation ou modification de l'Agrément technique est nécessaire.

2.3 Substances dangereuses

Le dégagement de substances dangereuses est déterminé selon ETAG 013, point 5.3.1. Le procédé de précontrainte répond aux dispositions de la directive H¹⁾ sur les substances dangereuses.

Une déclaration a été remise par le producteur à cet égard.

Outre les clauses spécifiques relatives aux substances dangereuses figurant dans cet Agrément technique suisse, il peut exister d'autres exigences, applicables au produit visé par son domaine d'application (par ex. droit européen et national et directives législatives et administratives). Afin de satisfaire aux prescriptions de la directive sur les produits de construction, ces exigences doivent également être remplies dans tous les cas où elles s'appliquent.

3 Attestation de conformité et marquage

3.1 Système d'attestation de conformité

Le système d'attestation de la conformité est le système 1+²⁾. Celui-ci inclut les dispositions suivantes:

- a) Obligations du producteur (surveillance interne):
 - (1) Contrôle de la production en usine,
 - (2) Essai complémentaire sur des échantillons prélevés à l'usine par le producteur conformément à un programme d'essais préétabli³⁾.

1) Directive H: Une proposition harmonisée sur les substances dangereuses selon la directive sur les produits de construction, Rév. septembre 2002

2) Voir site web de la commission fédérale des produits de construction (<http://www.bbl.admin.ch/baupk>: Tableau pour évaluation de conformité)

3) Le plan d'essai défini et le plan de contrôle sont déposés auprès de l'Institut d'homologation et ils ne sont remis qu'aux organes impliqués par la procédure d'évaluation de conformité.

- b) Obligations de l'organisme de certification (surveillance externe):
 - (3) Essais initiaux du système
 - (4) Inspection initiale de l'usine et du contrôle de la production en usine
 - (5) Surveillance périodique, évaluation et approbation du contrôle de la production en usine selon un plan de contrôle défini³⁾
 - (6) Contrôles par pointage selon plan de contrôle

Pour maintenir la validité de l'Agrément, une surveillance périodique extérieure, réglée par contrat, par un organe d'évaluation de conformité est nécessaire. La surveillance et les contrôles par pointage doivent avoir lieu au moins une fois par année sur la base du plan de contrôle.

3.2 Responsabilités

3.2.1 Tâches du producteur (contrôle de la production en usine)

Le producteur du procédé a établi un contrôle permanent de la production en usine et effectue des contrôles réguliers. Toutes les exigences et prescriptions formulées par le producteur sont transcrites systématiquement sous forme de documents et de procédures écrites. Le contrôle de la production en usine garantit que le produit est conforme à cet Agrément technique.

Les particularités concernant l'étendue, le genre et la fréquence des essais et contrôles à effectuer dans le cadre du contrôle de la production en usine doivent correspondre au plan d'essais défini, qui fait partie intégrante de cet Agrément technique. Le producteur ne doit utiliser que des matières avec attestation d'essai correspondant au plan d'essais défini. Il doit contrôler le matériel à sa réception (certificats, attestations d'usine). Les particularités concernant l'étendue, le genre et la fréquence des essais et contrôles à effectuer sur les éléments fabriqués du système sont indiquées dans le plan d'essais défini.

Les éléments du système achetés à des tiers (torons, clavettes, etc.) doivent répondre aux exigences du détenteur de l'agrément, respectivement correspondre aux normes et également être soumises à une surveillance extérieure.

Les résultats du contrôle de la production en usine doivent être collectés et évalués. Les rapports doivent contenir au moins les indications suivantes:

- Désignation de l'élément du système, respectivement des matières premières
- Genre de contrôle ou d'essai
- Date de fabrication et d'essai du composant
- Résultats des contrôles et essais
- Signature du responsable du contrôle de la production en usine.

Les relevés de résultats doivent être conservés pendant au moins 10 ans et être présentés à l'organisme de certification à l'occasion de la surveillance externe annuelle.

Si les résultats d'essais sont insuffisants, le fabricant doit prendre immédiatement les mesures nécessaires pour éliminer le défaut. Après élimination du défaut, l'essai correspondant doit être répété immédiatement. Les éléments du système qui ne répondent pas aux exigences doivent être retirés.

Les éléments essentiels du plan d'essais sont conformes à ETAG 013, Annexe E.1 et ils sont ancrés dans le plan QM pour le système de précontrainte.

3.2.2 Tâches de l'organisme de certification (surveillance externe)

Après l'inspection initiale de l'usine, l'organisme de certification effectue au moins une fois par année une surveillance de l'usine de fabrication. Il doit s'assurer que le contrôle de la production en usine et la fabrication des éléments du système correspondent au plan d'essais prescrit. Il entreprend en outre les contrôles par pointage conformément au plan de contrôle. Les résultats sont consignés chaque fois dans un rapport d'essais.

Les résultats de la surveillance externe doivent être conservés pendant 10 ans au moins et doivent être présentés sur demande à l'organisme d'agrément.

Si les dispositions de l'Agrément technique et du plan d'essais prescrit ne sont plus satisfaites, l'organisme d'agrément doit être avisé immédiatement.

3.3 Marquage

Les éléments du système sont identifiés sur les documents de livraison avec les indications suivantes:

- Nom ou logo du producteur et de l'usine de fabrication,
- Désignation de l'organisme de certification correspondant,
- Identification de l'élément du système (désignation commerciale),
- Numéro de l'Agrément technique et fin de la durée de validité.

4 Hypothèses permettant d'évaluer l'aptitude des produits à l'utilisation prévue

4.1 Fabrication

Les composants des systèmes de précontrainte VSL sont fabriqués conformément aux dispositions de l'Agrément technique au moyen de procédés décrits dans les documents techniques remis (dessins d'usine). La conformité sera vérifiée lors de l'inspection initiale de l'usine de fabrication par l'organisme de certification. Ces documents sont déposés auprès de l'organisme d'agrément.

4.2 Etude de projet et dispositions constructives

4.2.1 Généralités

Pour l'étude et la construction d'ouvrages en béton précontraint avec le système de précontrainte VSL, on applique les dispositions correspondantes des normes SIA 260, 261, 261/1, SIA 262 et SIA 262/1.

4.2.2 Documentation technique du procédé de précontrainte

Selon la norme SIA 262, chiffre 3.4.1.4, la documentation technique du système de précontrainte doit contenir toutes les indications nécessaires à l'élaboration du projet et à la construction. En font partie entre autres:

- Type et propriétés de l'acier de précontrainte

- Formes d'utilisation des unités de précontrainte
- Type et dimensions des ancrages, coupleurs et gaines
- Tables des forces de précontrainte et types de câbles
- Disposition et détails constructifs des supports de câble
- Distances minimales admissibles entre les axes respectivement entre l'axe et le bord en fonction de la résistance du béton
- Exigences pour le tracé des câbles (rayons de courbure minimaux admissibles et longueurs droites minimales)
- Coefficients de frottement
- Mesures de protection contre la corrosion
- Composants du système et matériaux

La documentation technique des systèmes de précontrainte VSL est contenue dans l'annexe 1 de cet Agrément technique.

4.3 Dispositions pour l'exécution

4.3.1 Généralités

La mise en œuvre de procédés de précontrainte s'opère conformément aux dispositions de la norme SIA 262.

4.3.2 Entreprises adéquates

Les travaux de précontrainte (mise en place, mise en tension, injection, etc.) ne peuvent être exécutés que par des entreprises dont le personnel dispose des connaissances professionnelles et de l'expérience nécessaires avec ce système et qui remplissent les exigences selon CWA 14646. Le responsable de l'exécution doit posséder une attestation du détenteur de l'Agrément indiquant qu'il a été instruit par ce dernier et qu'il dispose des connaissances professionnelles nécessaires.

4.3.3 Indications pour l'exécution

Les indications relatives à la mise en œuvre de procédés de précontrainte sont contenues dans l'annexe 2. En font entre autres partie:

- Transport et stockage
- Mise en place des câbles
- Mise en tension
- Coulis et injection
- Travaux finaux

Les câbles sont soit fabriqués en usine et amenés sur chantier, soit fabriqués sur chantier par assemblage des composants du système.

Lors de travaux de soudage et d'autres travaux dangereux (par ex. avec meule à disque) au voisinage des câbles, il faut s'assurer que tant les torons, les gaines que les composants des ancrages et des coupleurs sont suffisamment protégés.

5 Obligations du détenteur de l'agrément (producteur)

5.1 Généralités

Il appartient au détenteur de l'Agrément de s'assurer que toutes les indications pour l'élaboration du projet, l'étude des détails constructifs et l'exécution d'un ouvrage avec les procédés de précontrainte VSL soient transmises aux personnes concernées. Cela peut se réaliser en transmettant cet Agrément technique, y compris les annexes 1 et 2.

5.2 Marquage

Chaque livraison des composants du système mentionnés sous le chiffre 1.1 doit être accompagnée d'un bulletin de livraison où il est indiqué entre autre à quels types de câbles sont destinées les pièces et où sont mentionnées les indications définies sous le chiffre 3.3.

5.3 Indications pour l'exécution

Les prescriptions de mise en œuvre édictées par le détenteur de l'Agrément doivent être observées, voir ETAG 013, annexe D.3.

Pour l'Organisme d'Agrément de l'Empa
Le directeur

Dr. G. Spescha

Procédés de précontrainte VSL

Procédés de précontrainte des structures au moyen de câbles internes adhérents (Chap. 1) et de câbles pour dalles avec et sans adhérence (Chap.2) constitués de torons de 150 mm²

Annexe 1: Documentation technique

VSL (Suisse) SA

Route Industrielle 2
1806 Saint-Légier

Tel: +41 (0)58 456 30 00
Fax: +41 (0)58 456 30 95

VSL (Schweiz) AG

Dahlienweg 23
4553 Subingen

Tel: +41 (0)58 456 30 30
Fax: +41 (0)58 456 30 15

TABLE DES MATIÈRES

1. Câbles internes adhérents.....	4
1.1 Câbles VSL	4
1.1.1 Acier de précontrainte	4
1.1.2 Ancrages VSL	4
1.1.3 Forces de précontrainte et unités de câbles	5
1.1.4 Gaines	6
1.1.4.1 Gaines métalliques	6
1.1.4.2 Gaine en matière synthétique VSL PT-PLUS.....	6
1.1.5 Valeurs indicatives pour les câbles de catégorie c (Capacité C et facteur de perte D)	8
1.1.6 Coulis et injection des câbles	8
1.1.7 Protection temporaire contre la corrosion	8
1.1.8 Acier d'armature passive pour les zones d'ancrage	8
1.2 Ancrages et coupleurs VSL	9
1.2.1 Ancrage mobile VSL Type GC 25, GC 30 et GC 40	9
1.2.2 Ancrage mobile VSL Type EC 25 et EC 30	13
1.2.3 Ancrage mobile VSL Type E 25 et E 30.....	15
1.2.4 Ancrage mobile VSL Type CS 2000-30 et CS 2000-40	17
1.2.5 Ancrage fixe VSL Type H 30	20
1.2.6 Ancrage fixe VSL Type P 30	21
1.2.7 Ancrage fixe VSL Type L 25.....	22
1.2.8 Coupleur fixe VSL Type K	23
1.2.9 Coupleur fixe VSL Type K EIT (pour câbles Cat. c).....	24
1.2.10 Coupleur mobile VSL Type V	25
1.2.11 Ancrage intermédiaire VSL Type Z	26
1.2.12 Ancrage mobile VSL Type S 6-4 / 20.....	27
1.2.13 Coupleur fixe VSL Type SK 6-4 / 20	29
1.3 Dispositions constructives.....	30
1.3.1 Supports de câbles.....	30
1.3.1.1 Supports de câbles pour gaines en matière synthétique PT-PLUS.....	30
1.3.1.2 Supports de câbles pour gaines métalliques	30
1.3.1.3 Montage.....	31
1.3.2 Disposition des gaines et des ancrages.....	32
1.3.2.2 Disposition des ancrages	32
1.3.3 Rayon de courbure minimal	33
1.4 Coefficients de frottement et rentrée des clavettes	34
1.4.1 Coefficients de frottement	34

1.4.2	Rentrée des clavettes	34
1.5	Eléments du système et matériaux	35
1.5.1	Eléments du système	35
1.5.2	Matériaux et références aux normes.....	36
2.	Systèmes de précontrainte pour dalles	37
2.1	Système de précontrainte pour dalles sans adhérence	37
2.1.1	Câbles VSL.....	37
2.1.2	Ancrages VSL – Dimensions, résistance minimale du béton et armature des zones d'ancrage	38
2.1.3	Dispositions constructives	42
2.1.4	Coefficients de frottement et rentrée des clavettes	42
2.1.5	Eléments du système et matériaux	42
2.2	Système de précontrainte pour dalles avec adhérence	43
2.2.1	Câbles VSL.....	43
2.2.2	Ancrages et coupleurs VSL – Dimensions, résistance minimale du béton et armature des zones d'ancrages	44
2.2.3	Dispositions constructives	50
2.2.4	Coefficients de frottement et rentrée des clavettes	50
2.2.5	Eléments du système et matériaux	50

1. Câbles internes adhérents

1.1 Câbles VSL

1.1.1 Acier de précontrainte

Les câbles VSL sont constitués de torons Y1860S7-15.7. Les valeurs du tableau ci-dessous se réfèrent aux normes SIA 262 et 262/1:

Caractéristiques de l'acier (toron)		Unité	Y1860
Résistance à la traction	f_{pk}	N/mm ²	1860
Diamètre nominal	\varnothing	mm	15.7
Section nominale	A_p	mm ²	150
Force de rupture	P_{pk}	kN	279
Limite élastique	$f_{p0,1k}$	N/mm ²	1600
Allongement à la rupture (min.)	ε_{uk}	%	3.5
Module d'élasticité (moyenne)	E_p	kN/mm ²	195
Résistance à la fatigue ($N_{fat} = 2 \cdot 10^6$, $\sigma_O = 70\% f_{pk}$)	$\Delta\sigma_{p,fat}$	N/mm ²	190
Relaxation à 1000 h, 20° C, 0.70 f_{pk}		%	max. 2.5
Poids		kg/m	1.18

1.1.2 Ancrages VSL

En fonction de leur degré de protection anticorrosion, les ancrages VSL sont utilisables comme suit:

Ancrages mobiles					Ancrages fixes					Coupleurs / Ancrages intermédiaires				
Type	Catégorie			Chap.	Type	Catégorie			Chap.	Type	Catégorie			Chap.
	a	b	c			a	b	c			a	b	c	
GC	*	*		1.2.1	GC	*	*		1.2.1	K	*	*	*	1.2.8/9
EC	*	*		1.2.2	EC	*	*		1.2.2	V	*	*		1.2.10
E	*	*		1.2.3	E	*	*		1.2.3	Z	*	*		1.2.11
CS 2000	*	*	*	1.2.4	CS 2000	*	*	*	1.2.4	SK	*	*		1.2.13
S	*	*		1.2.12	H	*	*		1.2.5					
					P	*	*		1.2.6					
					L	*			1.2.7					
					S	*	*		1.2.12					

Le choix du degré de protection anticorrosion et la définition des catégories a, b et c est effectué conformément à la directive OFROU/CFF « Dispositions pour garantir la durabilité des câbles de précontrainte dans les ouvrages d'art ». Les catégories sont définies de la manière suivante:

- Catégorie a : Câble de précontrainte avec gaine métallique
 Catégorie b : Câble de précontrainte avec gaine en matière synthétique
 Catégorie c : Câble de précontrainte isolé électriquement avec gaine en matière synthétique

1.1.3 Forces de précontrainte et unités de câbles

Torons 0.6", $A_p = 150 \text{ mm}^2$, $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$ ($P_{pk} = 279 \text{ kN}$)

Y 1860 S7-15.7

Force de rupture	Surtension	Force initiale	Gaine métallique		Gaine en matière synthétique PT-PLUS		Poids des torons	Section d'acier	Nombre de torons	Unité
$P_{pk} = A_p f_{pk}$	$P_0 = 0.75 P_{pk}$	$P_0 = 0.70 P_{pk}$	$\varnothing/\varnothing_a$	Excentricité	$\varnothing/\varnothing_a$	Excentricité		A_p		
[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm ²]		
279	209	195	25/30	5	22/25	4	1.18	150	1	6-1
558	419	391	40/45 *	9	58/63 **	21	2.4	300	2	6-2
837	628	586	40/45 *	6	58/63 **	19	3.5	450	3	6-3
1116	837	781	45/50 *	7	58/63 **	15	4.7	600	4	6-4
1395	1046	977	50/57	8	58/63	13	5.9	750	5	6-7
1674	1256	1172	55/62	9	58/63	11	7.1	900	6	6-7
1953	1465	1367	55/62	7	58/63	9	8.2	1050	7	6-7
2232	1674	1562	65/72	11	76/81	18	9.4	1200	8	6-12
2511	1883	1758	65/72	9	76/81	16	10.6	1350	9	6-12
2790	2093	1953	70/77	11	76/81	15	11.8	1500	10	6-12
3069	2302	2148	70/77	9	76/81	13	13.0	1650	11	6-12
3348	2511	2344	75/82	11	76/81	12	14.1	1800	12	6-12
3627	2720	2539	80/87	13	100/106	25	15.3	1950	13	6-15
3906	2930	2734	80/87	11	100/106	24	16.5	2100	14	6-15
4185	3139	2930	80/87	10	100/106	23	17.7	2250	15	6-15
4464	3348	3125	85/92	12	100/106	22	18.8	2400	16	6-19
4743	3557	3320	85/92	11	100/106	20	20.0	2550	17	6-19
5022	3767	3515	90/97	13	100/106	19	21.2	2700	18	6-19
5301	3976	3711	90/97	12	100/106	18	22.4	2850	19	6-19
5580	4185	3906	100/107	17	100/106	17	23.6	3000	20	6-22
5859	4394	4101	100/107	16	100/106	16	24.7	3150	21	6-22
6138	4604	4297	100/107	15	100/106	15	25.9	3300	22	6-22
6417	4813	4492	100/107	14	115/121	22	27.1	3450	23	6-27
6696	5022	4687	100/107	13	115/121	22	28.3	3600	24	6-27
6975	5231	4883	110/117	18	115/121	21	29.4	3750	25	6-27
7254	5441	5078	110/117	17	115/121	21	30.6	3900	26	6-27
7533	5650	5273	110/117	16	115/121	20	31.8	4050	27	6-27
7812	5859	5468	110/117	15	130/136	27	33.0	4200	28	6-31
8091	6068	5664	120/127	21	130/136	27	34.1	4350	29	6-31
8370	6278	5859	120/127	20	130/136	26	35.3	4500	30	6-31
8649	6487	6054	120/127	19	130/136	25	36.5	4650	31	6-31
8928	6696	6250	120/127	18	130/136	24	37.7	4800	32	6-37
9207	6905	6445	120/127	17	130/136	23	38.9	4950	33	6-37
9486	7115	6640	120/127	16	130/136	22	40.0	5100	34	6-37
9765	7324	6836	130/137	22	130/136	22	41.2	5250	35	6-37
10044	7533	7031	130/137	21	130/136	21	42.4	5400	36	6-37
10323	7742	7226	130/137	20	130/136	20	43.6	5550	37	6-37
10602	7952	7421	140/147	25	150/157	31	44.8	5700	38	6-43
10881	8161	7617	140/147	24	150/157	30	46.0	5850	39	6-43
11160	8370	7812	140/147	23	150/157	29	47.2	6000	40	6-43
11439	8579	8007	140/147	23	150/157	29	48.3	6150	41	6-43
11718	8789	8203	140/147	22	150/157	28	49.5	6300	42	6-43
11997	8998	8398	140/147	21	150/157	27	50.7	6450	43	6-43

Suite à la page suivante

Force de rupture	Surtension	Force initiale	Gaine métallique		Gaine en matière synthétique PT-PLUS		Poids des torons	Section d'acier	Nombre de torons	Unité
$P_{pk} =$ $A_p f_{pk}$ [kN]	$P_u =$ $0.75 P_{pk}$ [kN]	$P_0 =$ $0.70 P_{pk}$ [kN]	$\varnothing/\varnothing_a$ [mm]	Excentricité [mm]	$\varnothing/\varnothing_a$ [mm]	Excentricité [mm]	[kg/m]	A_p [mm ²]		
12276	9207	8593	150/157	27	150/157	27	51.9	6600	44	6-55
12555	9416	8789	150/157	27	150/157	27	53.1	6750	45	
12834	9626	8984	150/157	26	150/157	26	54.2	6900	46	
13113	9835	9179	150/157	25	150/157	25	55.4	7050	47	
13392	10044	9374	150/157	24	150/157	24	56.6	7200	48	
13671	10253	9570	150/157	23	150/157	23	57.8	7350	49	
13950	10463	9765	160/167	29	150/157	24	59.0	7500	50	
14229	10672	9960	160/167	28	150/157	23	60.1	7650	51	
14508	10881	10156	160/167	27	150/157	22	61.3	7800	52	
14787	11090	10351	160/167	27	150/157	22	62.5	7950	53	
15066	11300	10546	160/167	27	150/157	22	63.7	8100	54	6-55
15345	11509	10742	160/167	26	150/157	21	64.9	8250	55	

*) Dans le cas de gaine plate métallique, dimensions extérieures 75/21 mm

**) Gaine plate en matière synthétique PT-PLUS avec dimensions extérieures 76/25 mm (Epaisseur 2 mm; voir Section 1.1.4)

1.1.4 Gaines

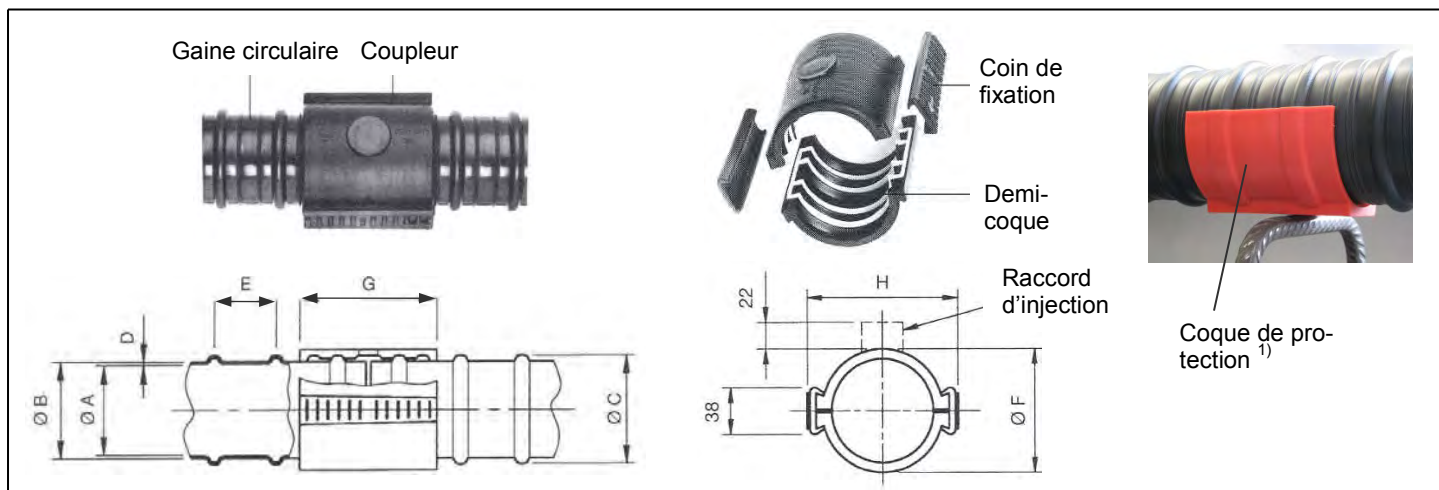
Le choix du type de gaine est effectué conformément à la directive OFROU/CFF « Dispositions pour garantir la durabilité des câbles de précontrainte dans les ouvrages d'art », voir ASTRA 12 010.

1.1.4.1 Gaines métalliques

- Gaines nervurées en feillard d'acier, selon normes EN 523 / SIA 262
- Dimensions selon 1.1.3

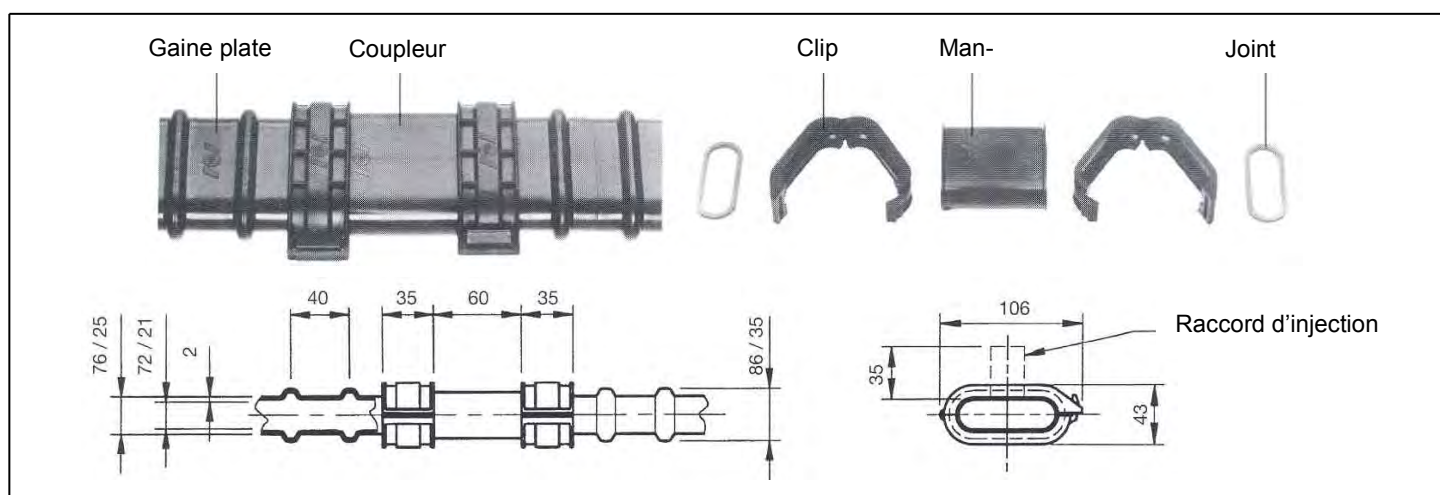
1.1.4.2 Gaine en matière synthétique VSL PT-PLUS

- Gaines nervurées en polypropylène (PP)
N.B. : Les gaines en PE ne sont pas autorisées



- 1) A chaque gaine circulaire PT-PLUS correspond une coque de protection assortie en matière synthétique (voir les détails au chapitre 1.3.1.1)

Type	Unité de câble	Ø A [mm]	Ø B [mm]	Ø C [mm]	D [mm]	E [mm]	Ø F [mm]	G [mm]	H [mm]	Poids	
										Gaine [kg/m]	Coupleur [kg/pce]
22	6-1	22	25	31	1.5	55	27.5	80	-	0.100	0.007
59	6-7	58	63	73	2.5	42	82	108	106	0.480	0.200
76	6-12	76	81	91	2.5	52.5	100	116	124	0.620	0.250
100	6-15/19/22	100	106	116	3.0	60	123	126	147	0.980	0.270
115²⁾	6-27	115	121	131	3.0	60	138	127	162	1.120	0.320
130²⁾	6-31/37	130	136	146	3.0	52	153	134	176	1.200	0.380
150²⁾	6-55	150	157	167	3.5	60	175	126	198	1.620	0.420
72/21	6-4	Dimensions voir schéma ci-dessous								0.460	0.110



- 2) Les coupleurs du type 115, 130 et 150 peuvent uniquement être utilisés dans la plage Lmin (Gaine PT-PLUS – ancrage selon chapitre 1.3.3). Dans l'intervalle libre, lorsque les câbles présentent une courbure, seul le soudage bout à bout est autorisé, les coupleurs servant alors d'évent. Dans le cas de câbles droits, les coupleurs et le soudage bout à bout sont permis.

1.1.5 Valeurs indicatives pour les câbles de catégorie c (Capacité C et facteur de perte D)

Sur la base de mesures en laboratoire et sur chantier et des expériences pratiques, on obtient pour le système agréé de gaine en matière synthétique PT-PLUS, avec les événements, raccords d'injection et raccords de gaine correctement exécutés, les valeurs indicatives de la capacité C et du facteur de perte D suivantes:

	Valeurs indicatives (28 jours après injection)	
PT-PLUS Type	Capacité C	Facteur de perte D
59	$\leq 2.35 \text{ nF/m}$	≤ 0.2
76	$\leq 3.05 \text{ nF/m}$	≤ 0.2
100	$\leq 3.35 \text{ nF/m}$	≤ 0.2
115	$\leq 3.80 \text{ nF/m}$	≤ 0.2
130	$\leq 4.30 \text{ nF/m}$	≤ 0.2

1.1.6 Coulis et injection des câbles

Les exigences relatives au coulis et à l'injection des câbles de précontrainte sont définies dans les normes SN EN 445:2007, SN EN 446:2007 et SN EN 447:2007, ainsi que dans les Avant-propos nationaux et Annexes nationales correspondants (2008).

1.1.7 Protection temporaire contre la corrosion

Les indications relatives à la protection temporaire de l'acier de précontrainte sont données dans l'Annexe 2, section 3.6.

1.1.8 Acier d'armature passive pour les zones d'ancrage

Pour les armatures des zones d'ancrage on utilise l'acier d'armature passive B500B selon la norme SIA 262.

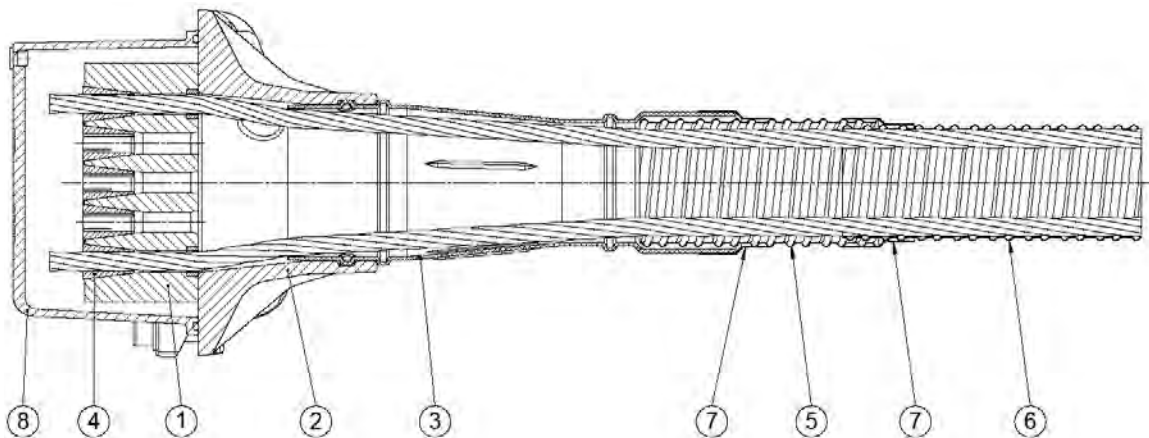
1.2 Ancrages et coupleurs VSL

Dimensions, résistance minimale du béton et armature des zones d'ancrage

La résistance à la fatigue des ancrages et coupleurs a été testée pour $2 \cdot 10^6$ cycles de charge avec une valeur supérieure de la force égale à $0.65 \cdot P_{pk}$ et une variation de contraintes de 80 N/mm^2 .

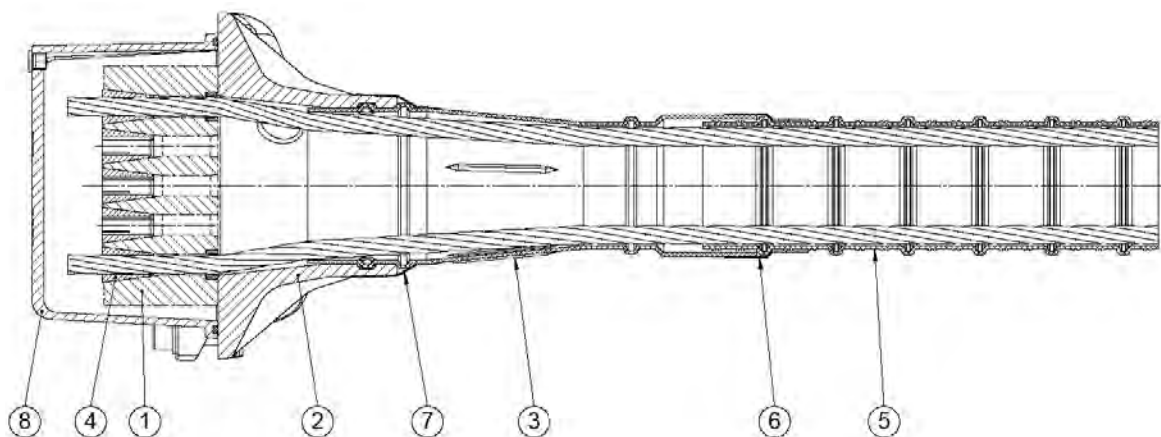
1.2.1 Ancrage mobile VSL Type GC 25, GC 30 et GC 40

Ancrage GC-Standard

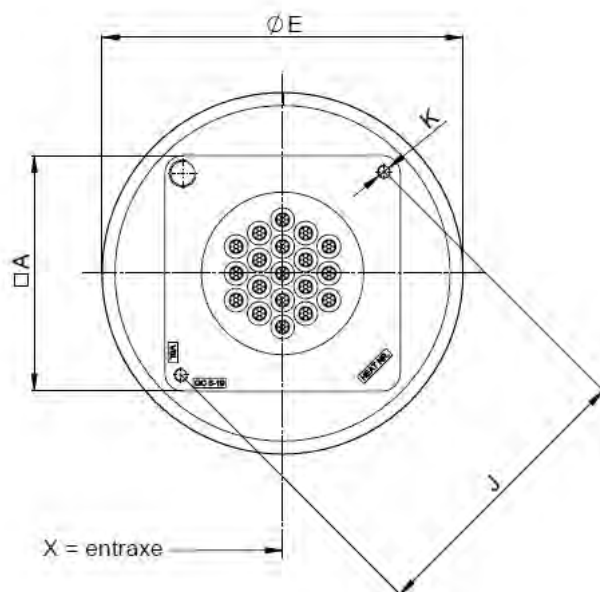
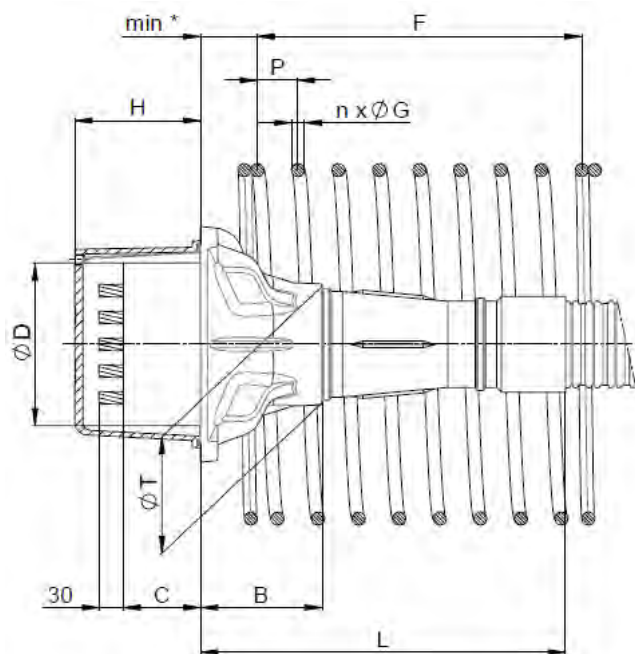


- | | |
|---|-------------------------------|
| 1) Tête d'ancrage | 5) Gaine métallique (Manchon) |
| 2) Casting | 6) Gaine métallique |
| 3) Trompette (uniquement pour les unités 6-19 à 6-37) | 7) Bande d'étanchéité |
| 4) Clavettes | 8) Capot de protection |

Ancrage GC-PLUS



- | | |
|---|------------------------------|
| 1) Tête d'ancrage | 5) Gaine PT-PLUS |
| 2) Casting | 6) Manchon thermorétractable |
| 3) Trompette (uniquement pour les unités 6-19 à 6-37) | 7) Bande d'étanchéité |
| 4) Clavettes | 8) Capot de protection |



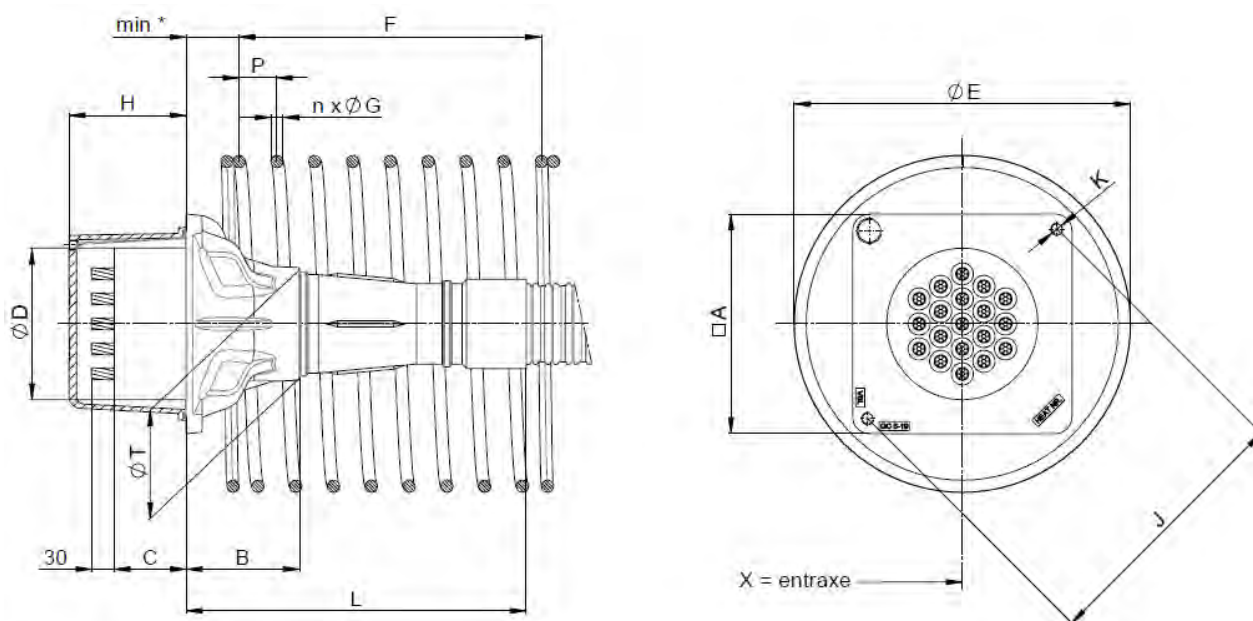
GC 25, pour béton normal de classe C 25/30

($f_{c,min}(t) = 25 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$)

	6-3	6-4	6-7	6-12	6-15	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37
□A	130	140	180	230	260	290	320	350	375	410
B	120	120	135	220	240	150	150	170	170	170
C	50	55	60	75	85	95	100	110	120	135
ØD	95	110	135	170	190	200	220	240	260	280
L	120 ⁴⁾	120 ⁴⁾	135 ⁴⁾	220 ⁴⁾	240 ⁴⁾	450	640	620	580	770
ØT	50	60	76	92	113	131	153	164	173	196
ØE	190	220	300	395	445	505	545	605	650	710
ØG	12	14	16	18	18	20	20	20	22	22
P	60	65	70	65	60	65	60	55	65	60
n ¹⁾	5	6	6	8	9	9	11	12	12	13
F ²⁾	180	260	280	390	420	455	540	550	650	660
J	140	154	210	264	316	354	400	430	470	524
K	M12	M12	M12	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M16
H	106	111	118	134	145	155	162	173	183	200
X ³⁾	210	240	320	415	465	525	565	625	670	730

Dimensions en mm

- 1) n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
- 2) F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frettage (spirale)
- 3) Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords, voir section 1.3.2.2
- 4) Ces unités n'ont pas de trompette en matière plastique
- *) La distance entre la spirale et la surface de béton doit être réduite au minimum (conditionnée par la géométrie du coin de l'ancrage ou par l'enrobage)



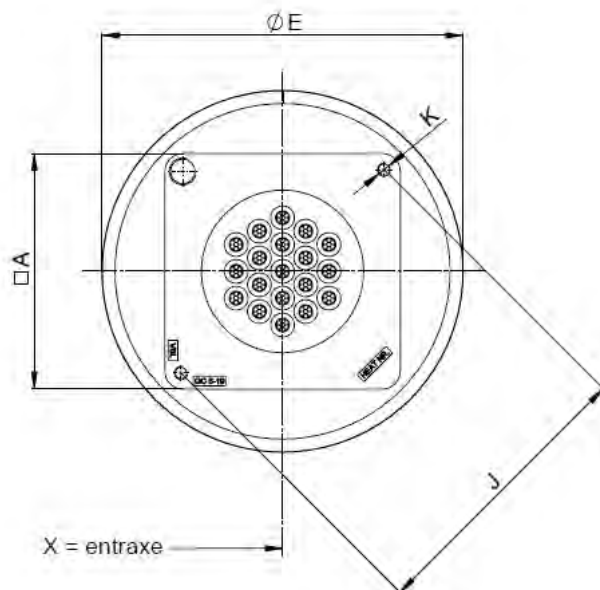
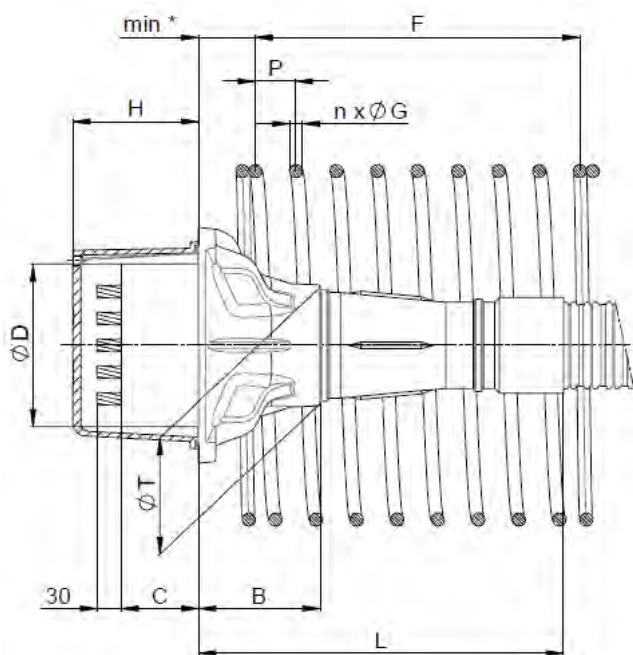
GC 30, pour béton normal de classe C 30/37

($f_{c,min}(t) = 28 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$)

	6-3	6-4	6-7	6-12	6-15	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37
□A	130	140	180	230	260	290	320	350	375	410
B	120	120	135	220	240	150	150	170	170	170
C	50	55	60	75	85	95	100	110	120	135
ØD	95	110	135	170	190	200	220	240	260	280
L	120 ⁴⁾	120 ⁴⁾	135 ⁴⁾	220 ⁴⁾	240 ⁴⁾	450	640	620	580	770
ØT	50	60	76	92	113	131	153	164	173	196
ØE	165	195	260	350	390	440	475	530	570	635
ØG	12	14	16	18	18	20	20	22	22	22
P	55	65	65	65	55	60	55	60	55	55
n ¹⁾	5	5	6	7	9	9	10	10	12	13
F ²⁾	165	195	260	325	385	420	440	480	550	605
J	140	154	210	264	316	354	400	430	470	524
K	M12	M12	M12	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M16
H	106	111	118	134	145	155	162	173	183	200
X ³⁾	185	215	280	370	410	460	495	550	590	655

Dimensions en mm

- 1) n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
- 2) F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frettage (spirale)
- 3) Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords, voir section 1.3.2.2
- 4) Ces unités n'ont pas de trompette en matière plastique
- *) La distance entre la spirale et la surface de béton doit être réduite au minimum (conditionnée par la géométrie du coin de l'ancrage ou par l'enrobage)



GC 40, pour béton normal de classe C 40/50

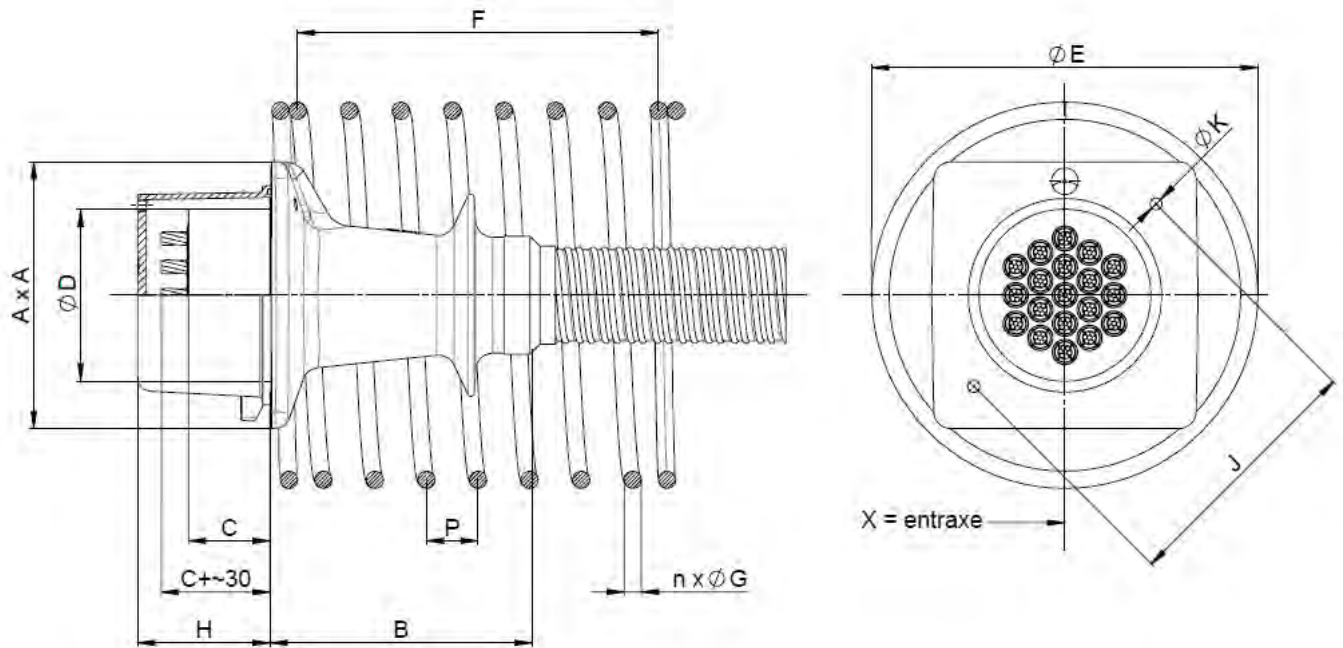
($f_{c,min}(t) = 36 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$)

	6-3	6-4	6-7	6-12	6-15	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37
□A	130	140	180	230	260	290	320	350	375	410
B	120	120	135	220	240	150	150	170	170	170
C	50	55	60	75	85	95	100	110	120	135
ØD	95	110	135	170	190	200	220	240	260	280
L	120 ⁴⁾	120 ⁴⁾	135 ⁴⁾	220 ⁴⁾	240 ⁴⁾	450	640	620	580	770
ØT	50	60	76	92	113	131	153	164	173	196
ØE	145	170	230	305	345	390	420	465	500	570
ØG	12	14	16	18	18	20	20	22	22	22
P	55	60	65	60	55	60	55	60	55	55
n ¹⁾	5	5	6	7	8	8	9	9	11	12
F ²⁾	165	180	260	300	330	360	385	420	495	550
J	140	154	210	264	316	354	400	430	470	524
K	M12	M12	M12	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M16
H	106	111	118	134	145	155	162	173	183	200
X ³⁾	165	190	250	325	365	410	440	485	520	590

Dimensions en mm

- 1) n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
- 2) F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frettage (spirale)
- 3) Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2
- 4) Ces unités n'ont pas de trompette en matière plastique
- *) La distance entre la spirale et la surface de béton doit être réduite au minimum (conditionnée par la géométrie du coin de l'ancrage ou par l'enrobage)

1.2.2 Ancrage mobile VSL Type EC 25 et EC 30



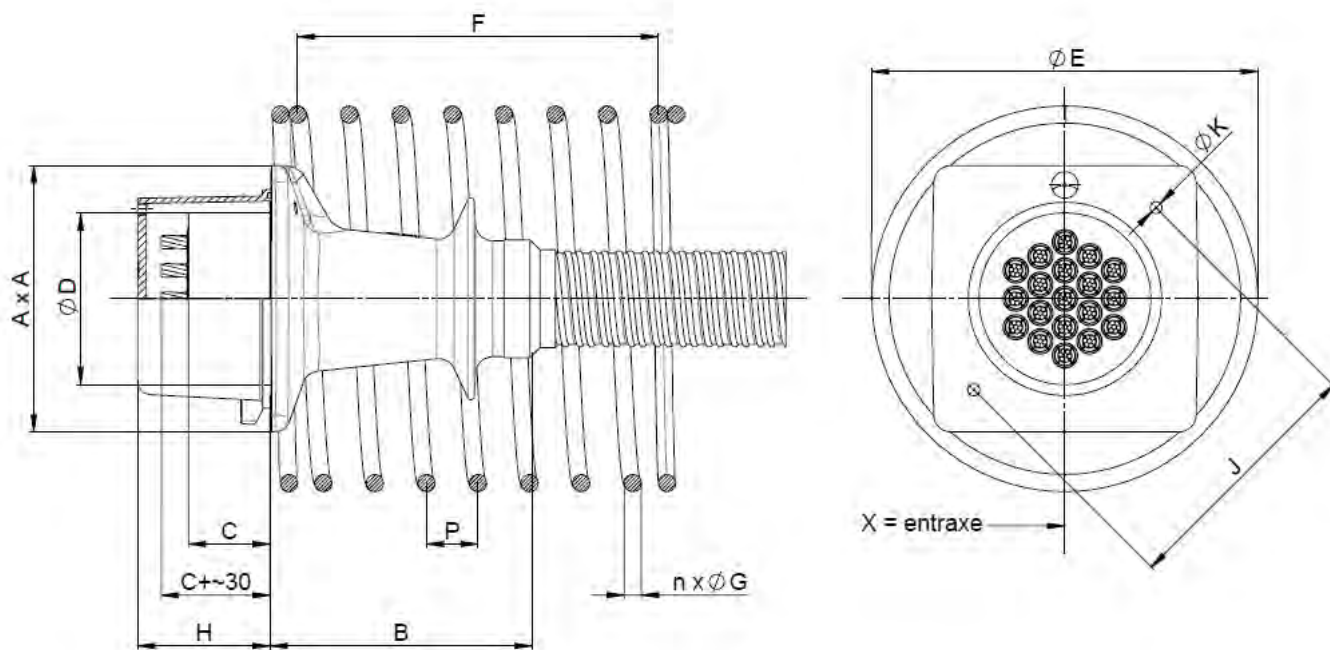
EC 25, pour béton normal de classe C 25/30

($f_{c,min}(t) = 22 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$)

	6-3	6-4	6-7	6-12	6-19	6-22	6-31	6-37
A	135	150	190	250	310	340	390	430
B	125	155	170	245	305	365	350	450
C	50	55	60	75	95	100	120	135
ØD	95	110	135	170	200	220	260	280
ØE	190	220	300	400	505	545	650	710
ØG	12	14	16	18	20	20	22	22
P	60	65	65	70	70	65	65	60
n ¹⁾	6	6	7	8	10	11	12	14
F ²⁾	240	260	325	420	560	585	650	720
J	125	150	190	250	300	340	410	420
K	M10	M10	M10	M16	M16	M16	M16	M16
H	110	115	120	135	155	160	180	195
X ³⁾	210	240	320	420	525	565	670	730

Dimensions en mm

- 1) n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
- 2) F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frette (spirale)
- 3) Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2



EC 30, pour béton normal de classe C 30/37

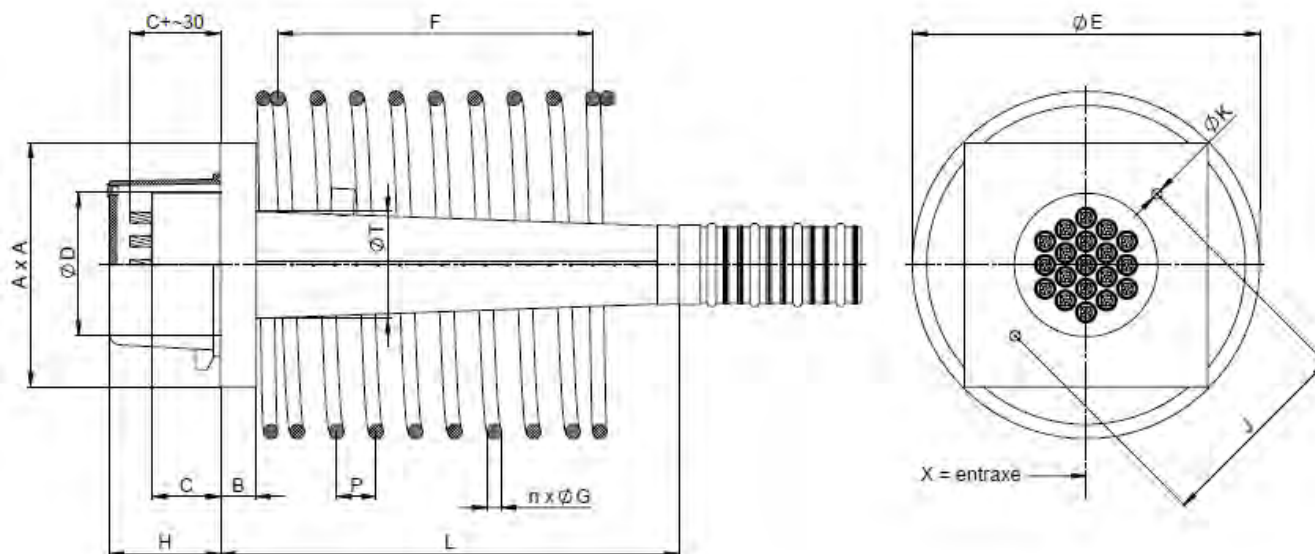
($f_{c,min}(t) = 28 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$)

	6-3	6-4	6-7	6-12	6-19	6-22	6-31	6-37
A	135	150	190	250	310	340	390	430
B	125	155	170	245	305	365	350	450
C	50	55	60	75	95	100	120	135
ØD	95	110	135	170	200	220	260	280
ØE	165	195	260	350	440	475	570	625
ØG	12	14	16	18	20	20	22	22
P	55	65	65	65	65	60	60	60
n ¹⁾	5	5	6	8	9	10	12	13
F ²⁾	165	195	260	390	455	480	600	660
J	125	150	190	250	300	340	410	420
K	M10	M10	M10	M16	M16	M16	M16	M16
H	110	115	120	135	155	160	180	195
X ³⁾	185	215	280	370	460	495	590	645

Dimensions en mm

- 1) n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
- 2) F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frettage (spirale)
- 3) Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2

1.2.3 Ancrage mobile VSL Type E 25 et E 30



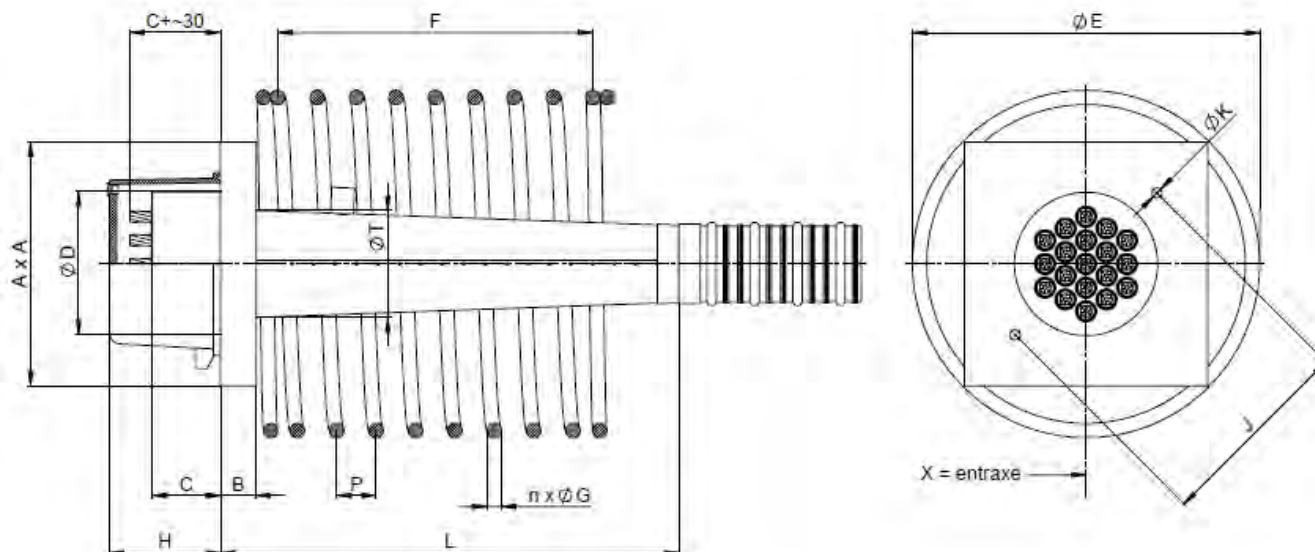
E 25, pour béton normal de classe C 25/30

($f_{c,min}(t) = 22 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$)

	6-1	6-2	6-3	6-4	6-7	6-12	6-15	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37	6-43	6-55
A	75	110	135	160	205	270	305	340	370	410	435	480	520	580
B	10	10	15	20	30	40	45	50	55	60	65	75	80	95
C	50	50	50	55	60	75	85	95	100	110	120	135	145	160
ØD	53	90	95	110	135	170	190	200	220	240	260	280	300	340
L	155	205	210	215	325	500	585	640	745	690	755	905	1030	1045
ØT	18	50	56	65	84	118	143	150	172	185	192	215	248	255
ØE	105	155	190	220	300	395	445	505	545	605	650	710	765	870
ØG	10	12	12	14	16	18	18	20	20	20	22	22	26	26
P	70	65	60	65	70	65	60	65	60	55	65	60	75	70
n ¹⁾	4	5	5	6	6	8	9	9	11	12	12	13	12	14
F ²⁾	140	195	180	260	280	390	420	455	540	550	650	660	750	840
J	86	136	135	150	210	265	275	280	310	330	360	370	400	452
K	Ø5	Ø5	M12	M12	M12	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M20	M20
H	110	110	110	115	120	135	145	155	160	170	180	195	210	225
X ³⁾	125	175	210	240	320	415	465	525	565	625	670	730	785	890

Dimensions en mm

- 1) n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
- 2) F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frettage (spirale)
- 3) Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2



E 30, pour béton normal de classe C 30/37

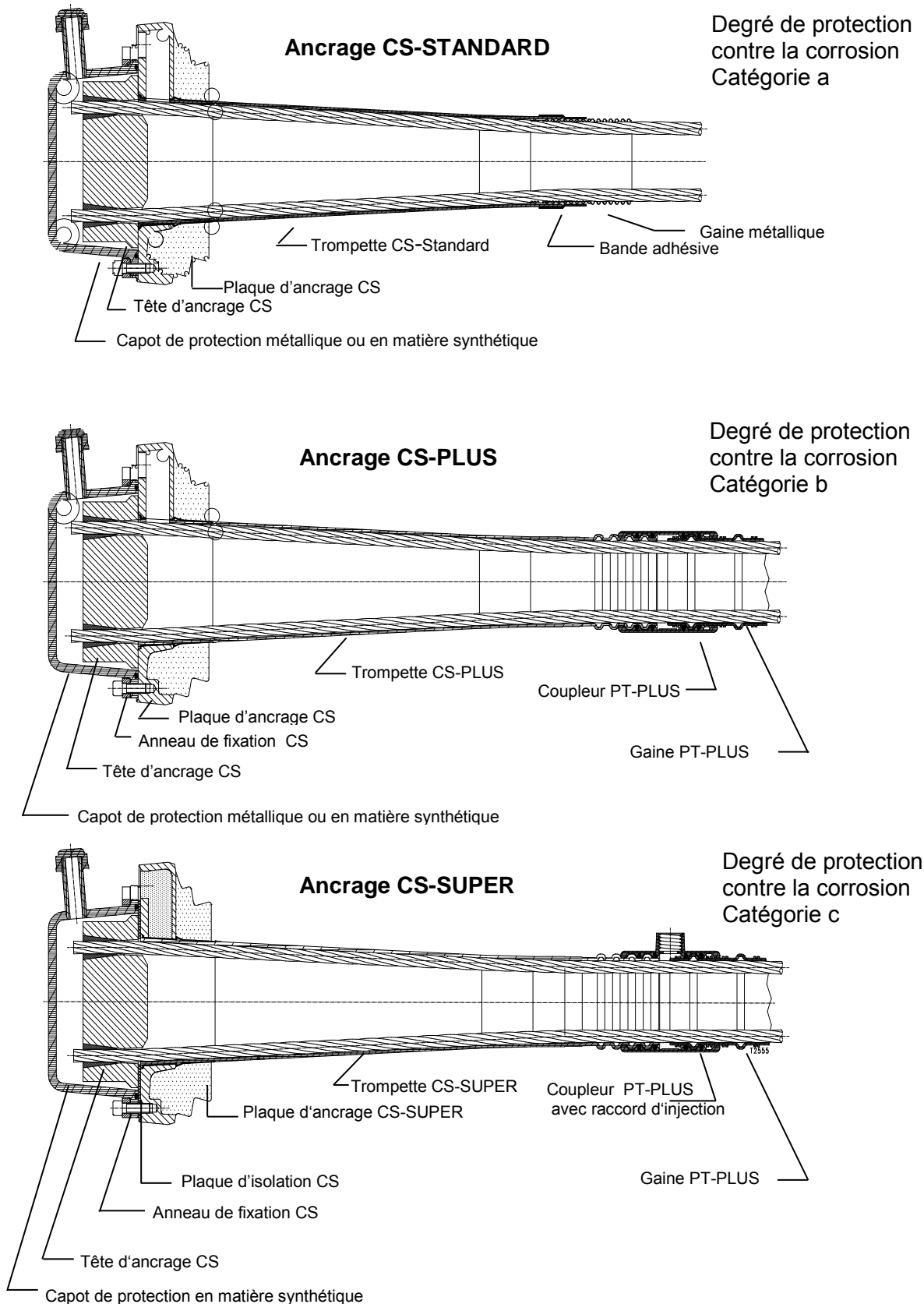
($f_{c,min}(t) = 28 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$)

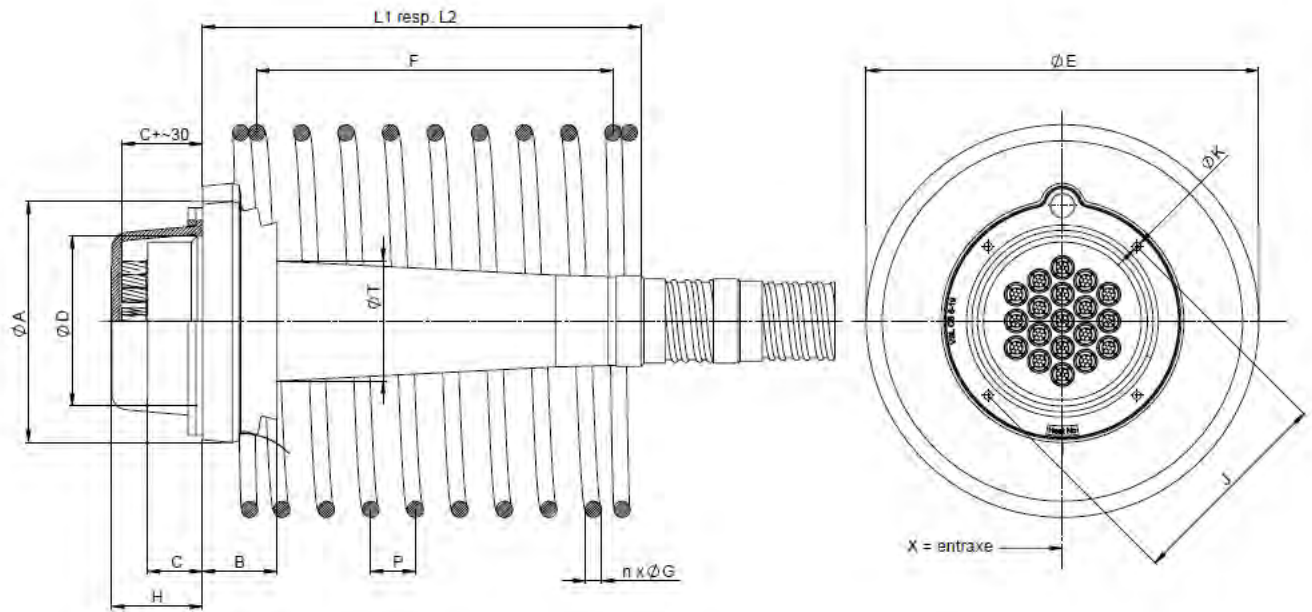
	6-1	6-2	6-3	6-4	6-7	6-12	6-15	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37	6-43	6-55
A	75	110	135	160	205	270	305	340	370	410	435	480	520	580
B	10	10	15	20	30	40	45	50	55	60	65	75	80	95
C	50	50	50	55	60	75	85	95	100	110	120	135	145	160
ØD	53	90	95	110	135	170	190	200	220	240	260	280	300	340
L	155	205	210	215	325	500	585	640	745	690	755	905	1030	1045
ØT	18	50	56	65	84	118	143	150	172	185	192	215	248	255
ØE	90	135	165	195	260	350	390	440	475	530	570	625	675	765
ØG	10	12	12	14	16	18	18	20	20	22	22	22	26	26
P	70	65	55	65	65	65	55	60	55	60	55	55	70	65
n ¹⁾	4	4	5	5	6	7	9	9	10	10	12	13	11	13
F ²⁾	140	130	165	195	260	325	385	420	440	480	550	605	630	715
J	86	136	135	150	210	265	275	280	310	330	360	370	400	452
K	Ø5	Ø5	M12	M12	M12	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M20	M20
H	110	110	110	115	120	135	145	155	160	170	180	195	210	225
X ³⁾	110	155	185	215	280	370	410	460	495	550	590	645	695	785

Dimensions en mm

- 1) n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
- 2) F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frettage (spirale)
- 3) Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2

1.2.4 Ancrage mobile VSL Type CS 2000-30 et CS 2000-40





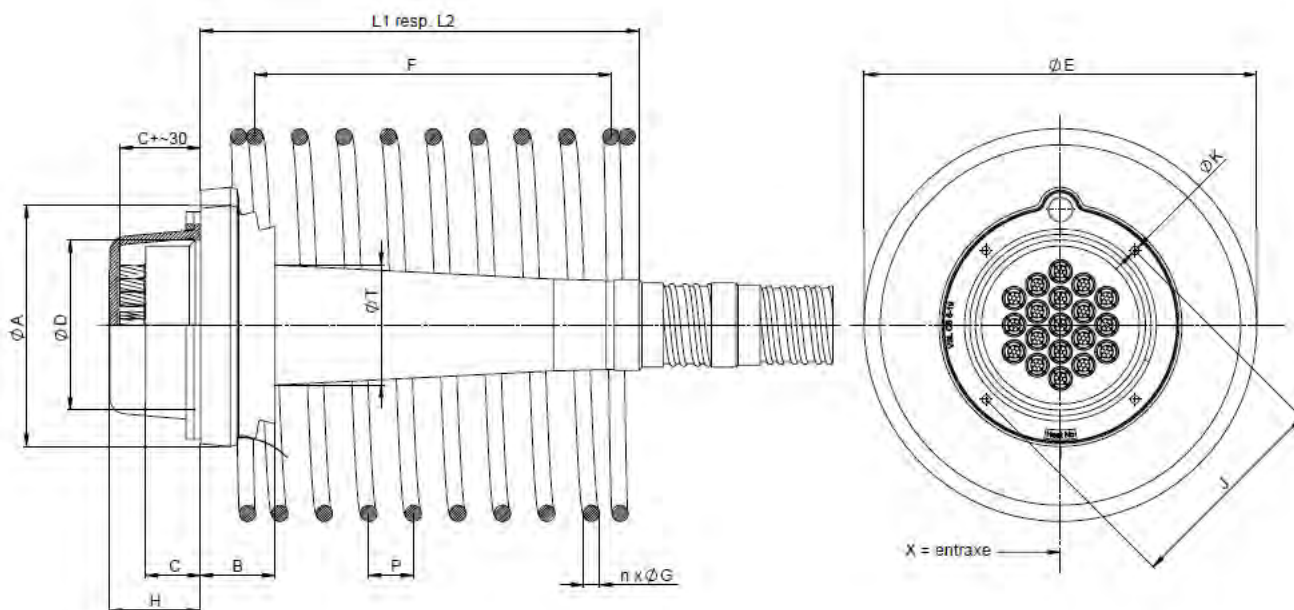
CS 2000-30, pour béton normal de classe C 30/37

($f_{c,min}(t) = 28 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\dot{u}} = 0.75 P_{pk}$)

	6-7	6-12	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37
ØA	222	258	300	320	360	390	420
B	60	80	90	100	110	122	130
C	50	60	70	70	69	69	82
ØD	143	178	210	228	256	274	300
L ₁ ¹⁾	225	392	540	570	660	620	805
L ₂ ¹⁾	360	530	660	740	810	740	925
ØT	85	117	148	165	181	188	211
ØE	290	390	495	530	590	635	695
ØG	16	18	20	22	22	22	26
P	65	60	55	60	55	55	65
n ²⁾	6	8	11	10	12	13	12
F ³⁾	260	360	495	480	550	605	650
J	188	220	260	274	310	330	357
K	M12	M12	M12	M12	M16	M16	M16
H	112	113	114	115	140	150	160
X ⁴⁾	310	410	515	550	610	655	715

Dimensions en mm

- 1) L₁ pour CS-STANDARD, L₂ pour CS-PLUS et CS-SUPER
- 2) n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
- 3) F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frette (spirale)
- 4) Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2



CS 2000-40, pour béton normal de classe C 40/50

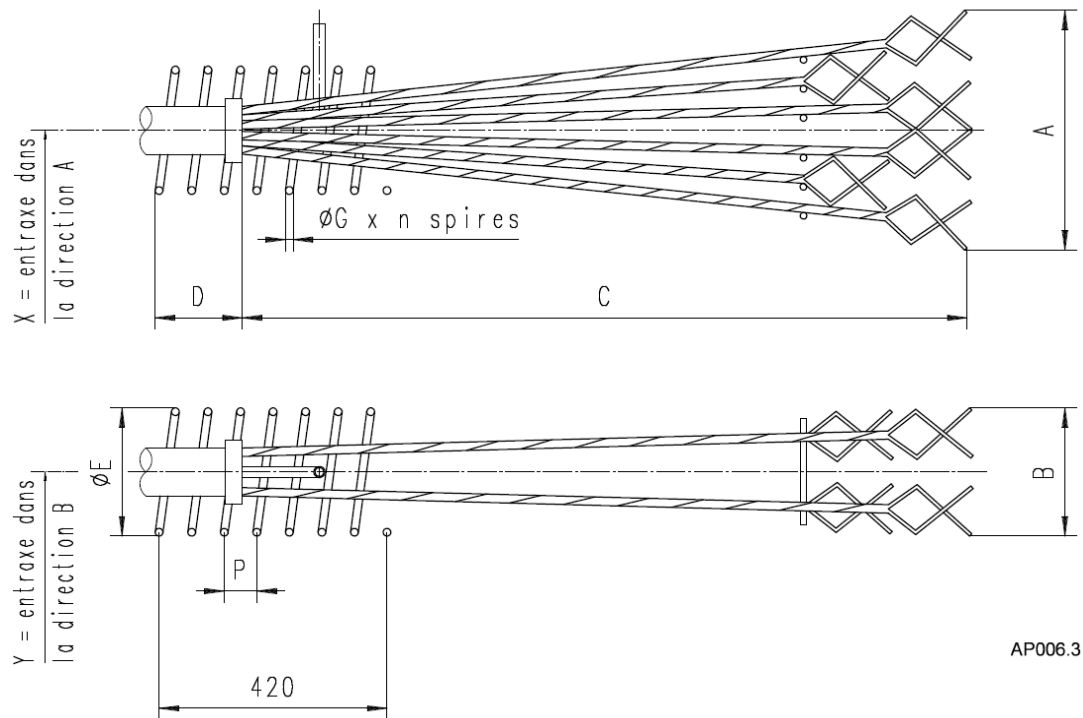
($f_{c,min}(t) = 36 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_u = 0.75 P_{pk}$)

	6-7	6-12	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37
ØA	222	258	300	320	360	390	420
B	60	80	90	100	110	122	130
C	50	60	70	70	69	69	82
ØD	143	178	210	228	256	274	300
L ₁ ¹⁾	225	392	540	570	660	620	805
L ₂ ¹⁾	360	530	660	740	810	740	925
ØT	85	117	148	165	181	188	211
ØE	270	355	455	490	545	590	645
ØG	16	18	20	22	22	22	26
P	65	55	55	60	55	55	65
n ²⁾	6	8	10	10	11	12	11
F ³⁾	260	330	440	480	495	550	585
J	188	220	260	274	310	330	357
K	M12	M12	M12	M12	M16	M16	M16
H	112	113	114	115	140	150	160
X ⁴⁾	290	375	475	510	565	610	665

Dimensions en mm

1. L₁ pour CS-STANDARD, L₂ pour CS-PLUS et CS-SUPER
2. n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
3. F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frettage (spirale)
4. Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2

1.2.5 Ancrage fixe VSL Type H 30



H 30, pour béton normal de classe C 30/37

($f_{c,min}(t) = 28 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_u = 0.75 P_{pk}$)

	6-1	6-2	6-3	6-4	6-7	6-12	6-15	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37	
A	-	-	-	210	230	390	370	470	490	530	570	690	Type H (q) (quadratique)
B	-	-	-	190	210	330	370	390	470	510	510	510	
C	-	-	-	950	1300	1150	1300	1300	1300	1600	1700	2000	
X ¹⁾	-	-	-	260	290	440	420	520	540	580	620	740	
Y ¹⁾	-	-	-	240	280	380	420	440	520	560	560	560	
A	90	190	290	390	450	430	450	570	690	690	810	1050	Type H (r) (rectangulaire)
B	90	90	90	90	90	230	230	230	230	260	260	370	
C	950	950	950	950	1300	1300	1300	1300	1600	1650	1900	2550	
X ¹⁾	140	240	340	440	500	600	550	720	760	880	860	1100	
Y ¹⁾	140	140	140	140	220	280	320	320	370	370	420	420	
D	-	-	-	-	155	155	155	155	155	155	165	175	
ØE	-	-	-	-	200	230	300	300	350	350	400	400	
ØG	-	-	-	-	16	16	16	16	16	16	20	20	
P	-	-	-	-	60	60	60	60	60	60	60	60	
n	-	-	-	-	7	7	7	7	7	7	7	7	

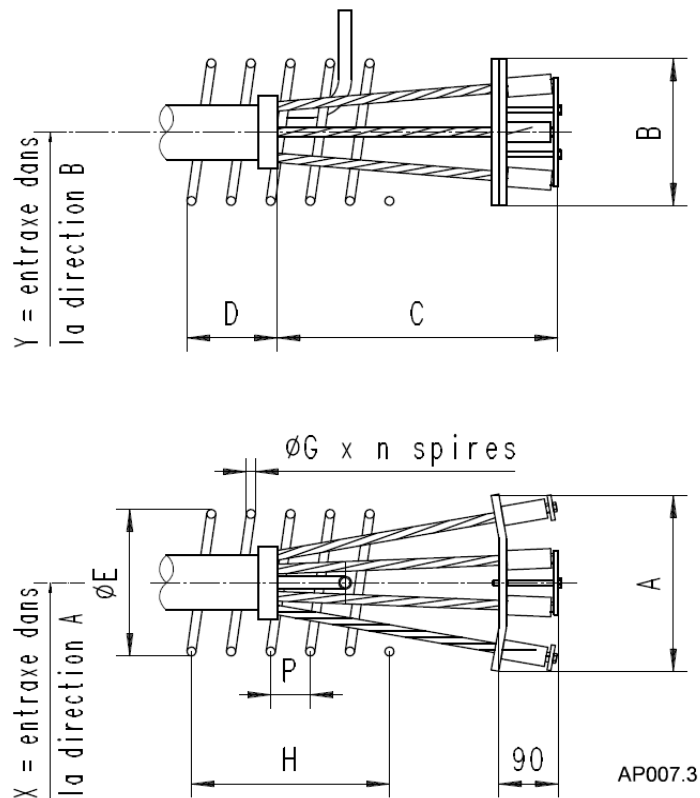
Dimensions en mm

1) Entraxes minimaux. Distances aux bords voir section 1.3.2.2

Remarques:

- Les torons traités avec un produit de protection contre la corrosion ne peuvent être utilisés dans des ancrages de type H.
- L'ancrage H 6-4 utilisé dans les câbles à gaine plate correspond au type rectangulaire défini ci-dessus.

1.2.6 Ancrage fixe VSL Type P 30



P 30, pour béton normal de classe C 30/37

($f_{c,min}(t) = 28 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_u = 0.75 P_{pk}$)

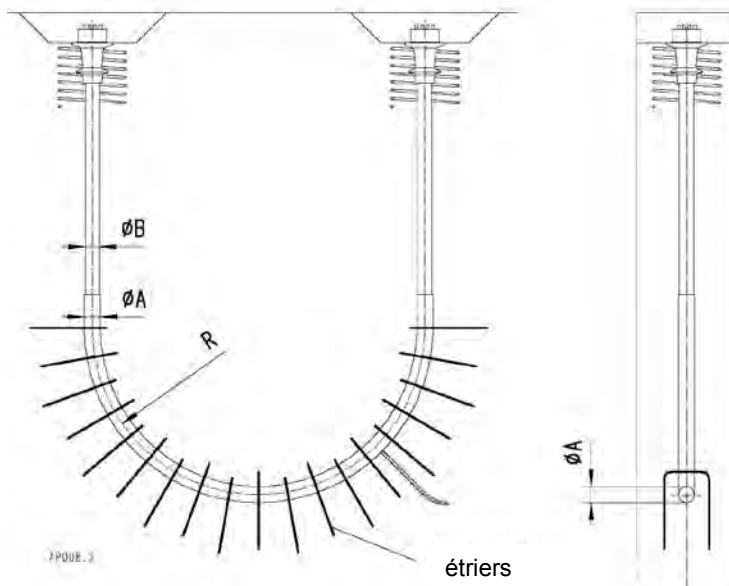
	6-2	6-3	6-4	6-7	6-12	6-19	6-22	6-31	6-37	
A	-	-	150	-	-	-	-	480	560	Typ P (q) (quadratique)
B	-	-	150	-	-	-	-	340	340	
C	-	-	380	-	-	-	-	780	980	
X ¹⁾	-	-	215	-	-	-	-	660	780	
Y ¹⁾	-	-	215	-	-	-	-	530	530	
A	180	230	260	270	280	370	420	600	720	Typ P (r) (rectangulaire)
B	60	70	90	140	230	270	270	270	270	
C	280	330	430	430	430	630	730	980	1180	
X ¹⁾	200	250	280	360	500	550	650	810	960	
Y ¹⁾	150	200	200	220	270	390	380	430	430	
H	-	-	-	300	300	300	300	360	360	
D	-	-	-	140	140	140	140	170	170	
ØE	-	-	-	200	230	300	350	400	400	
ØG	-	-	-	16	16	16	16	20	20	
P	-	-	-	60	60	60	60	60	60	
n	-	-	-	5	5	5	5	6	6	

Dimensions en mm

1) Entraxes minimaux. Distances aux bords voir section 1.3.2.2

1.2.7 Ancrage fixe VSL Type L 25

Sollicitations principalement statiques



L 25, pour béton normal de classe C 25/30

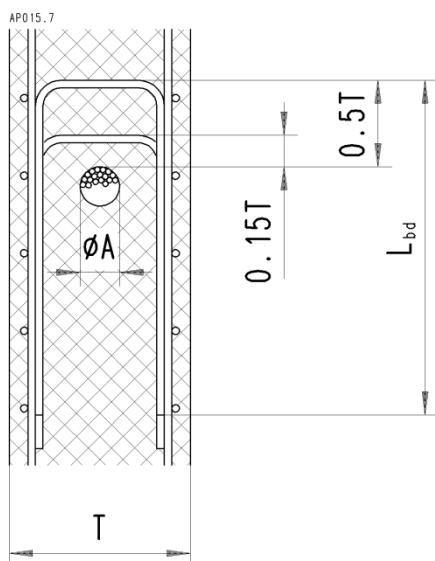
($f_{c,min}(t) = 22 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_u = 0.75 P_{pk}$)

	6-2	6-3	6-4	6-7	6-12	6-19	6-22
ØA	50/55	50/55	55/60	75/82	90/97	110/117	120/127
ØB	45/50	45/50	50/55	60/67	80/87	95/102	110/117
R _{min}	600	600	650	850	1100	1400	1500

Dimensions en mm

L'armature d'éclatement représentée ci-dessus est constituée d'étriers disposés dans la zone de déviation et peut également être remplacée par une armature orthogonale équivalente.

Section d'armature nécessaire (pour l'armature d'éclatement représentée ci-dessus):



$$A_{s,tot} = \frac{0.25 P_d \pi}{f_{sd}} \left(1 - \frac{0.87 \text{ØA}}{T} \right)$$

$A_{s,tot}$ = Section totale d'armature

f_{sd} = Valeur de calcul de la limite d'écoulement de l'acier d'armature

T = Epaisseur de l'élément

ØA = Diamètre extérieur de la gaine

P_d = Valeur de dimensionnement de la force de précontrainte ($P_d = \gamma_P P_0 = 1.5 P_0$)

L_{bd} = Longueur d'ancrage selon la norme SIA 262

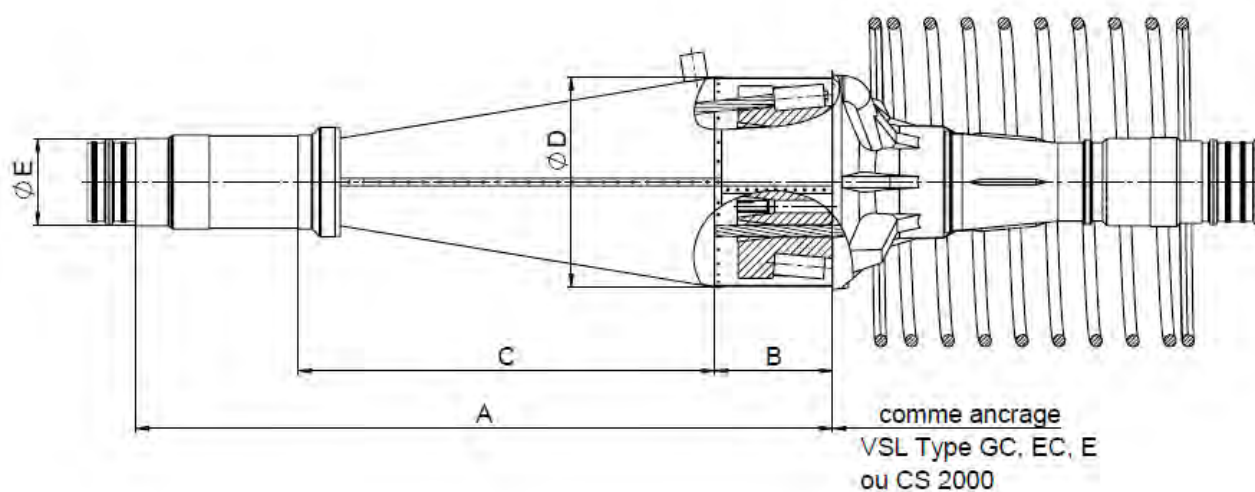
Pour $P_0 = 0.7 P_{pk}$, $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$ et $T \approx 3 \text{ØA}$ la formule se simplifie en:

$$A_{s,tot} = A_s [\text{mm}^2] \cdot n \approx P_0 [\text{kN}] \cdot 2$$

A_s = Section d'un étrier en $\text{mm}^2 = \text{Ø}_s^2 \pi / 4$

n = Nombre d'étriers

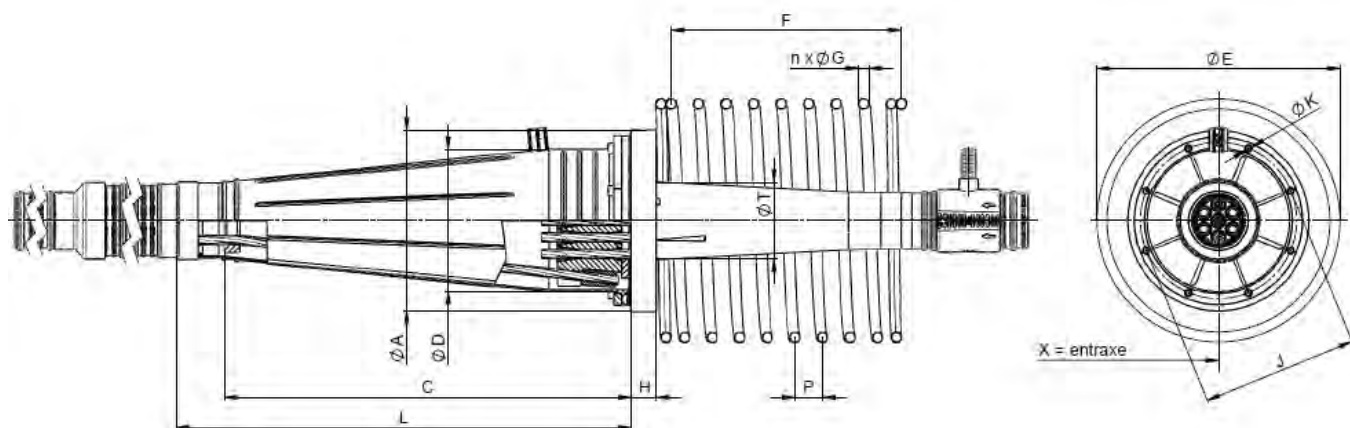
1.2.8 Coupleur fixe VSL Type K



	6-3	6-4	6-7	6-12	6-15	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37
A	430	440	560	660	770	770	910	980	970	1200
B	160	160	160	160	160	160	160	180	180	200
C	200	210	310	410	520	520	620	670	640	850
ØD	150	160	190	240	270	280	310	350	360	400
ØE	62	67	77	97	102	112	122	132	142	155

Dimensions en mm

1.2.9 Coupleur fixe VSL Type K EIT (pour câbles Cat. c)



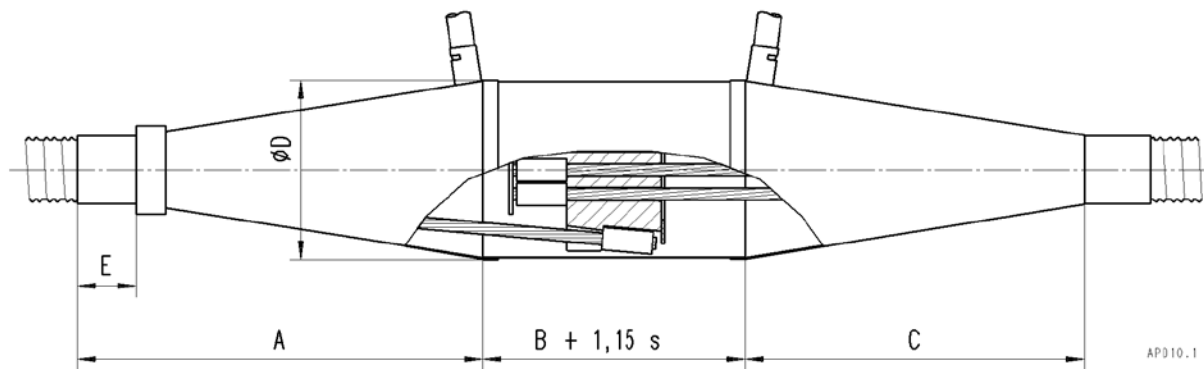
Pour béton normal de classe C 30/37 et C40/50

($f_{c,min}(t) = 28 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_u = 0.75 P_{pk}$)

	6-7	6-12	6-19	6-22	6-27	6-31	6-37
ØA	260	300	360	385	430	460	500
C	450	550	635	780	795	795	955
ØD	201	242	283	313	340	353	380
L	750	820	890	1040	1080	1140	1320
H	40	40	50	55	60	65	75
ØT	86	119	153	167	187	194	217
ØE	260	350	440	475	530	570	635
ØG	16	18	20	20	22	22	22
P	65	65	60	55	60	55	55
n ¹⁾	6	7	9	10	10	12	13
F ²⁾	260	325	420	440	480	550	605
J	232	272	312	342	377	387	422
K	M12	M12	M12	M12	M12	M12	M12
X ³⁾	280	370	460	495	550	590	655

- 1) n inclut la première et la dernière spire servant à l'ancrage de la frette
- 2) F couvre la zone devant être renforcée par l'armature de frettage (spirale)
- 3) Entraxe minimal X. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2

1.2.10 Coupleur mobile VSL Type V

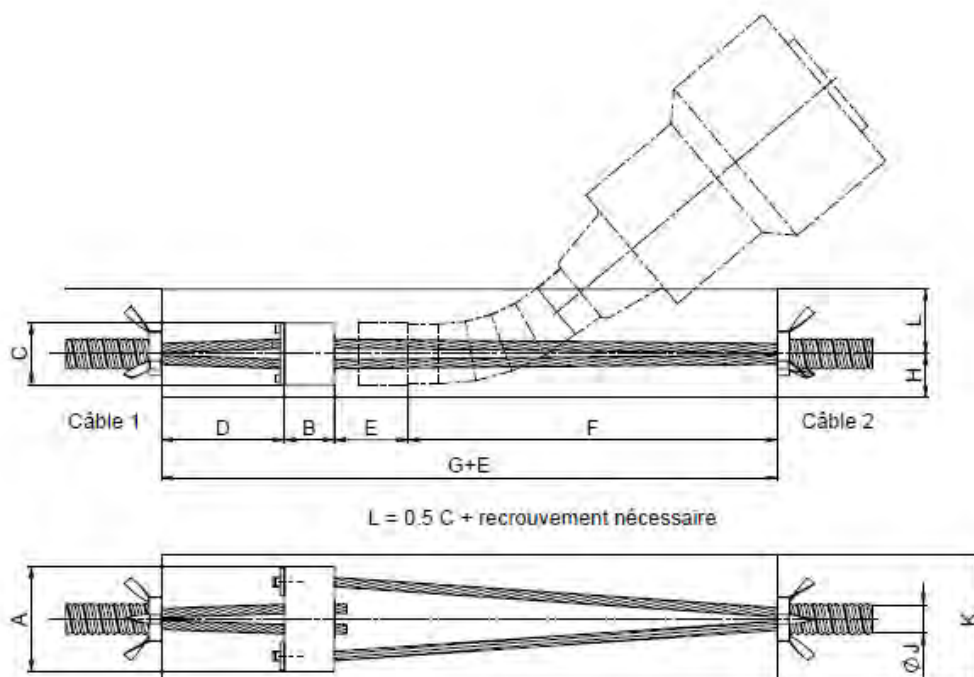


	6-3	6-4	6-7	6-12	6-19
A	330	360	470	570	700
B	205	205	205	205	205
C	250	280	370	460	570
ØD	150	160	190	240	280
E	60	60	75	80	95

Dimensions en mm

s = Déplacement à l'endroit du coupleur suite à la mise en tension

1.2.11 Ancrage intermédiaire VSL Type Z



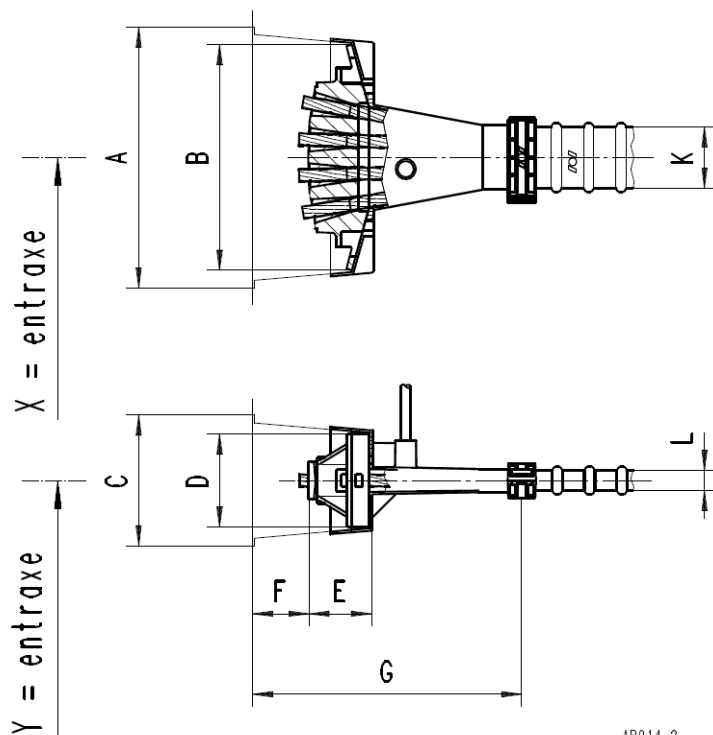
	6-2	6-4	6-6	6-8	6-10	6-12	6-18	6-22
A	140	170	210	210	260	300	380	400
B	70	80	100	100	140	160	180	180
C	90	100	140	160	160	160	200	250
D	100	200	300	400	450	450	650	700
E	Allongement du câble 2							
F	450	900	1000	1100	1100	1350	1450	1500
G	620	1180	1400	1600	1690	1960	2280	2380
H	65	70	90	100	100	100	120	145
ØJ	40/45	50/57	55/62	65/72	70/77	80/87	90/97	100/107
K	180	210	250	250	300	340	420	440

Dimensions en mm

Remarques:

- Pour des surfaces de béton courbées, les dimensions G et H doivent être modifiées. Données sur demande.
- Pour ne pas dépasser les contraintes admissibles, on choisira en règle générale pour ce type d'ancrage une contrainte initiale de $\sigma_0 \leq 0.65 f_{pk}$ (conditionnée par le frottement dans les appareils; détails sur demande).

1.2.12 Ancrage mobile VSL Type S 6-4 / 20



	6-4
A	330
B	280
C	168
D	115
E	75
F	52
G	300
K	76
L	25
X ¹⁾	400
Y ¹⁾	220

Dimensions en mm

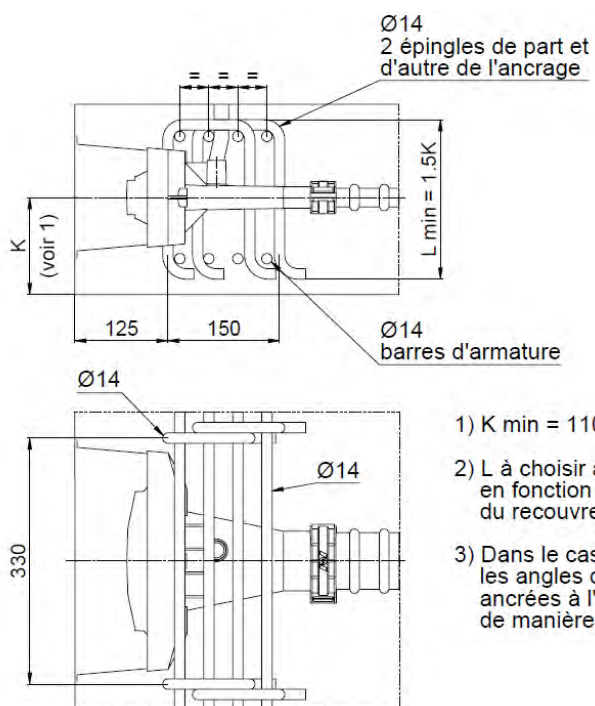
1) Entraxes minimaux X, Y. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2

AP014.2

S 6-4 / 20, pour béton normal de classe C 20/25

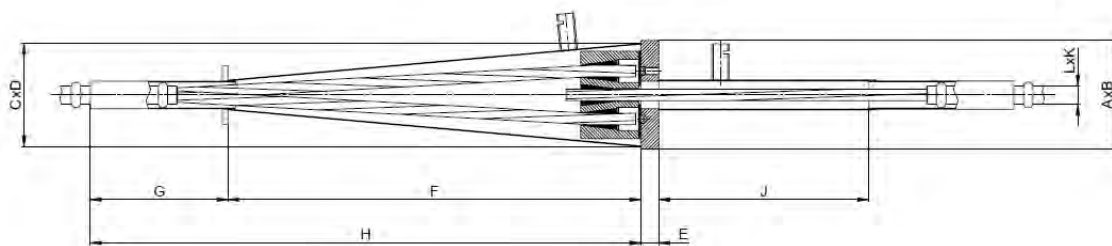
($f_{c,min}(t) = 16 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\dot{u}} = 0.75 P_{pk}$) ;
La combinaison avec un ancrage fixe de type H ou P nécessite des résistances du béton plus élevées au moment de la mise en tension

Disposition possible de l'armature d'éclatement (à superposer à l'armature générale de la dalle):



- 1) $K_{min} = 110\text{mm}$
- 2) L à choisir aussi grand que possible en fonction de l'épaisseur de la dalle et du recouvrement ($L_{min} = 1.5K$)
- 3) Dans le cas d'ancrages situés dans les angles de dalles, les barres seront ancrées à l'aide de crochets ou façonnées de manière à équilibrer la force.

1.2.13 Coupleur fixe VSL Type SK 6-4 / 20



SK 6-4 / 20, pour béton normal de classe C 20/25

($f_{c,min}(t) = 16 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$)

	6-4
A	150
B	220
C	140
D	193
E	25
F	570
G	190
H	760
J	300
K	76
L	25
X ¹⁾	400
Y ¹⁾	220

Dimensions en mm

1) Entraxes minimaux X, Y. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2

Même armature d'éclatement que pour l'ancrage S 6-4 / 20,

1.3 Dispositions constructives

1.3.1 Supports de câbles

1.3.1.1 Supports de câbles pour gaines en matière synthétique PT-PLUS

Les distances entre les supports doivent être comprises entre les valeurs suivantes:

pour la gaine type 72/21 et 22: 0.6 - 1.0 m
pour les gaines type 59, 76, 100, 115, 130 et 150: 10 – 12 x diamètre intérieur

Type	Distance entre supports	
59	0.60	0.70
76	0.75	0.90
100	1.00	1.20
115	1.15	1.40
130	1.30	1.55
150	1.50	1.80

Dimensions en m

Des cassures le long de la gaine ne sont pas admissibles.

Les supports de câbles doivent être suffisamment rigides (Indication : Diamètre de la barre de support $\geq 16 - 20$ mm).

Dans les zones à faibles rayons de courbure ($R \leq 2 R_{\min}$, R_{\min} selon section 1.4.3), des coques de protection en matière synthétique doivent être disposées du côté intérieur de la courbure, entre les supports de câbles et les gaines circulaires en PT-PLUS. Ces coques de protection servent à éviter des déformations locales de la gaine ainsi que des dommages pendant les opérations de mise en tension (blessure intérieure par frottement). Les coques de protection doivent également être montées là où les gaines PT-PLUS peuvent être mises en danger par l'armature environnante lors de la fermeture du coffrage (p.ex. coffrage intérieur des âmes dans les caissons).

L'épaisseur de 8 mm des coques de protection doit être prise en compte lors de la détermination des hauteurs des supports. Cette épaisseur est valable pour tous les types de gaines PT-PLUS.

1.3.1.2 Supports de câbles pour gaines métalliques

La distance entre les supports doit être comprise entre 10 et 12 fois le diamètre intérieur de la gaine. Des cassures le long de la gaine ne sont pas admissibles.

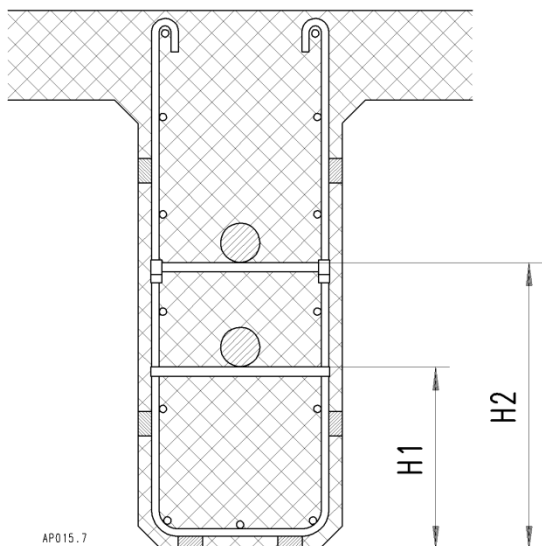
Les supports de câbles doivent être suffisamment rigides (Indication : Diamètre de la barre de support $\geq 16 - 20$ mm).

Dans le cas de faibles rayons de courbure, des coques de protection doivent être montées entre l'appui du câble et la gaine (analogue au paragraphe 1.3.1.1).

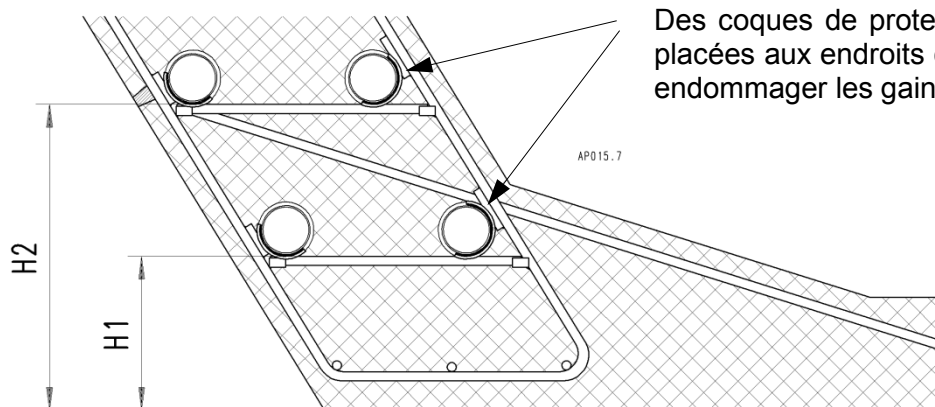
L'épaisseur de 8 mm des coques de protection doit être prise en compte lors de la détermination des hauteurs des supports.

1.3.1.3 Montage

Les dimensions H se rapportent toujours à la distance entre le niveau supérieur du coffrage et le bord inférieur de la gaine.



Barres de support Ø 16 - 20 mm

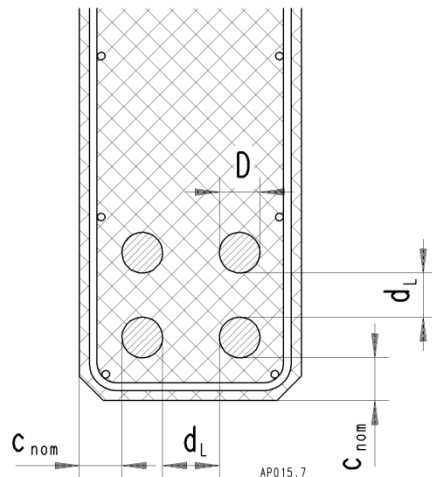


Des coques de protection sont également placées aux endroits où l'armature pourrait endommager les gaines.

1.3.2 Disposition des gaines et des ancrages

1.3.2.1 Espaces minimaux entre gaines

Les dimensions indiquées dans le schéma ci-dessous sont à considérer comme des valeurs minimales.



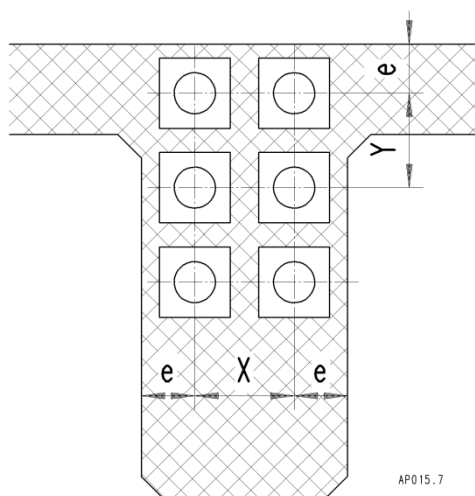
$$d_L \geq \varnothing D \text{ et } \geq \text{diamètre max. des granulats}$$

$$c_{nom} \geq \varnothing D/2 \text{ et } \geq \text{diamètre max. des granulats}$$

Il s'agit en outre de garantir une mise en place et un compactage corrects du béton. Les dispositions de la norme SIA 262 doivent être respectées, en particulier les chapitres 5.2.2 (Enrobage de l'armature) et 5.2.3 (Espaces minimaux).

1.3.2.2 Disposition des ancrages

L'entraxe des ancrages peut être réduit dans une direction (jusqu'à env. 15% au maximum) pour autant qu'il soit augmenté du même pourcentage dans la direction perpendiculaire. Lors d'une diminution de l'entraxe des ancrages, il faut veiller à ce que l'entraxe réduit ne soit pas inférieur au diamètre extérieur de la frette. Il est en outre possible – si cela s'avère nécessaire pour un projet particulier – d'adapter l'armature de confinement dans la zone d'introduction des efforts (frette). La distance au bord e des ancrages est à déterminer conformément aux indications ci-dessous:



- Les entraxes X resp. Y des ancrages sont donnés dans les tableaux des différents ancrages.

- Distance au bord e :

$$e = \frac{\text{Entraxe}}{2} + \text{enrobage nécessaire} - 10 \text{ mm}$$

Note: Les 10 mm de déduction correspondent à l'enrobage considéré dans les blocs d'essai.

Lors de la mise en tension à $0.75 f_{pk}$ le béton doit avoir atteint la résistance minimale à la compression sur cylindre définie pour chaque ancrage. Pour une classe de béton donnée, le moment de la mise en tension peut, si nécessaire, être avancé en utilisant les ancrages GC 25, E 25, EC 25 ou CS 2000-30 à la place des ancrages GC 30, E 30, EC 30 ou CS 2000-40.

Lorsqu'un câble est muni de deux ancrages différents, l'ancrage avec la classe de béton la plus élevée est déterminant pour le choix de la classe de béton, respectivement pour le moment de la mise en tension.

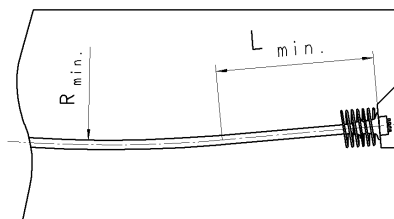
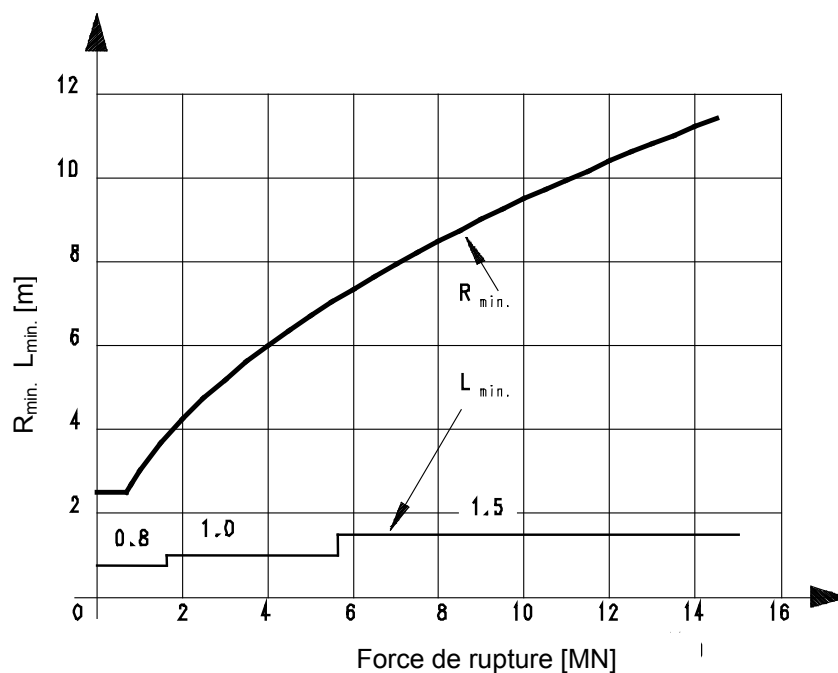
1.3.3 Rayon de courbure minimal

Les rayons minimaux R_{min} et le tronçon rectiligne minimal derrière l'ancrage ne doivent pas être inférieurs aux valeurs données dans le diagramme ci-dessous. Les valeurs R_{min} sont basées sur la formule:

$$R_{min} = k \sqrt{P_{pk}} \geq 2.5 \text{ m}$$

Où : P_{pk} = Force de rupture du câble (en MN), voir 1.1.3
 $k = 3 \text{ m/MN}^{0.5}$ = facteur de proportionnalité (valeur d'expérience)

Les valeurs sont valables aussi bien pour les gaines métalliques que pour les gaines en matière synthétique PT-PLUS



Pour le système 6-4 avec gaines plates, les valeurs applicables sont $R_{min} = 2.5 \text{ m}$ (autour de l'axe faible) et $R_{min} = 6.0 \text{ m}$ (autour de l'axe fort, courbures admissibles dans une seule direction).

1.4 Coefficients de frottement et rentrée des clavettes

1.4.1 Coefficients de frottement

En raison du frottement dans la gaine, la force de précontrainte diminue le long du câble. Cette perte peut être estimée de la manière suivante:

$$P(x) = P_{\max} e^{-\mu(\varphi_x + \Delta\varphi x)}$$

Les coefficients de frottement varient entre les valeurs suivantes:

	Fourchette	Valeur nominale
Gaine métallique	$\mu = 0.16 \text{ à } 0.22$ $\Delta\varphi = 0.004 \text{ à } 0.008 \text{ m}^{-1}$	$\mu = 0.18$ $\Delta\varphi = 0.005 \text{ m}^{-1}$
Gaine en matière synthétique PT-PLUS	$\mu = 0.10 \text{ à } 0.14$ $\Delta\varphi = 0.004 \text{ à } 0.010 \text{ m}^{-1}$	$\mu = 0.12$ $\Delta\varphi = 0.005 \text{ m}^{-1}$

- où
- $P(x)$ = Force de précontrainte à une distance x de l'ancrage mobile
 - P_{\max} = Force maximale dans l'acier de précontrainte lors de la mise en tension
 - μ = Coefficient de frottement (rad^{-1})
 - φ_x = Somme des déviations angulaires du câble (horizontales et verticales) jusqu'à l'abscisse x , en radians
 - $\Delta\varphi$ = Déviations angulaires parasites (en radians) par unité de longueur (rad/m)

Les pertes par frottement dans les ancrages, résultant du frottement des torons déviés sur les parois des pièces constitutives, dépendent entre autre du type d'ancrage. Ces pertes ainsi que les pertes dans le vérin sont prises en compte par VSL dans la procédure de mise en tension.

1.4.2 Rentrée des clavettes

Lors du transfert de la force de précontrainte du vérin à l'ancrage mobile, les clavettes se déplacent d'une cote de 6 mm (rentrée des clavettes + déplacement relatif du toron).

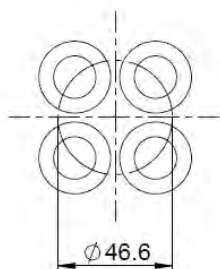
Si nécessaire, la majeure partie de la perte de tension due à la rentrée des clavettes peut être compensée au moyen d'un calage installé entre la tête d'ancrage et la plaque d'appui.

1.5 Eléments du système et matériaux

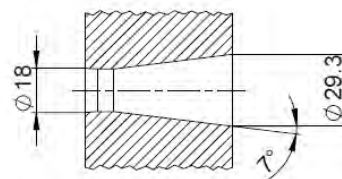
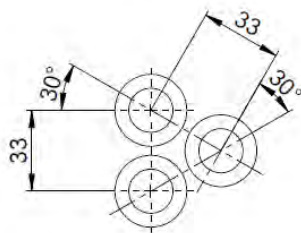
1.5.1 Eléments du système

Tête d'ancrage

Cas particulier 6-4

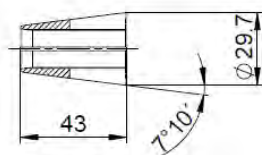


Cas normal

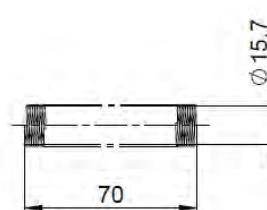
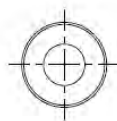
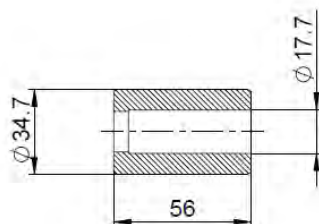


Clavette

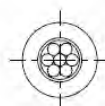
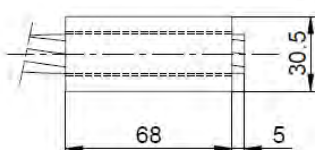
Type W6S



Douille de compression



Douille sertie



1.5.2 Matériaux et références aux normes

Elément du système	Matériau	Numéro	Norme
Tête d'ancrage E ¹⁾	C45 ou C60	1.0503	EN 10083-2
Coupleur K ²⁾ , V		1.0601	
Ancrage intermédiaire Z ²⁾			
Coupleur SK ²⁾			
Tête d'ancrage CS	42CrMoS4 ou 42CrMo4	1.7227 1.7225	EN 10083-1
Clavettes ³⁾	Acier de cémentation		EN 10084
Douilles de compression	C45 + N	1.0503	EN 10083-2
Fonte (Casting) GC, EC	EN-GJL-250	EN-JL1040	EN 1561
Ancrage S	EN-GJS-500-7	EN-JS1050	EN 1563
Plaque d'ancrage CS			
Plaques d'ancrages E	S235JR ou S235JRG2	1.0037 1.0038	EN 10025
Bague de serrage	S235JRH	1.0039	EN 10210-1
Gaine métallique	Tôle d'acier		EN 523
Gaine en matière synthétique PT-PLUS	PP ³⁾		
Capots de protection CS GC, E E	PP ou PA 6 EN-GJL-250	EN-JL1040	EN 1561
Trompette E	Tôle d'acier		
Trompette GC, CS	PP ³⁾		
Plaque d'isolation ³⁾	Plaque stratifiée		
Manchon thermorétractable ³⁾			
Acier d'armature frettes, étriers	B500B		SIA 262

- 1) Avec coussinets en matière synthétique à partir de l'unité de câble 6-7
2) Avec coussinets en matière synthétique pour toutes les unités de câbles
3) Déposé au bureau d'homologation

2. Systèmes de précontrainte pour dalles

Les systèmes de précontrainte pour dalles sont composés d'un ou plusieurs torons en acier à haute résistance. Le système est divisé en deux sous systèmes:

- **sans adhérence**, avec des monotorons individuellement graissés et gainés, disposés directement dans le béton. La protection souple des torons rend ces derniers indépendants de la structure. Dans la suite du texte, il n'est fait mention que des monotorons gainés graissés.

- **avec adhérence**. Dans ce cas les torons sont logés dans une gaine cylindrique ou plate. Les vides sont remplis au moyen d'un produit d'injection conforme à la norme SN EN 447 visant à assurer la liaison avec le béton et la protection contre la corrosion.

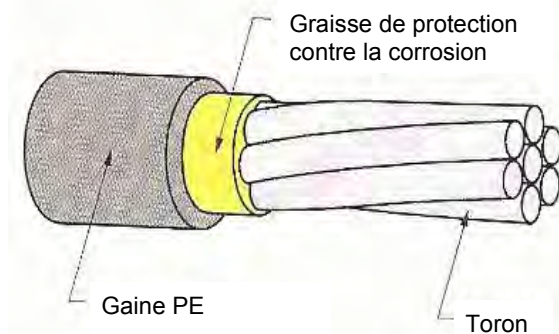
2.1 Système de précontrainte pour dalles sans adhérence

2.1.1 Câbles VSL

2.1.1.1 Acier de précontrainte, graisse de protection et gaine PE

Les monotorons ont les mêmes propriétés mécaniques que les torons utilisés dans les systèmes multitorons. L'acier de précontrainte est défini au chapitre 1 section 1.1.1 Acier de précontrainte. La graisse de protection contre la corrosion et la gaine PE correspondent aux exigences de la Directive ETAG 013, Annexe C.1 et C.4.1.

Diamètre du monotoron: env. 20 mm
Épaisseur de la gaine PE: min. 1.0 mm
Poids du monotoron: 1.3 kg / m



2.1.1.2 Ancrages VSL

L'utilisation de l'ancrage VSL pour dalles sans adhérence est présentée dans le tableau ci-dessous:

Ancrage mobile		Ancrage fixe	
Type	Chap.	Type	Chap.
S 6-1	2.1.2.1	S 6-1	2.1.2.1

2.1.1.3 Forces de précontrainte

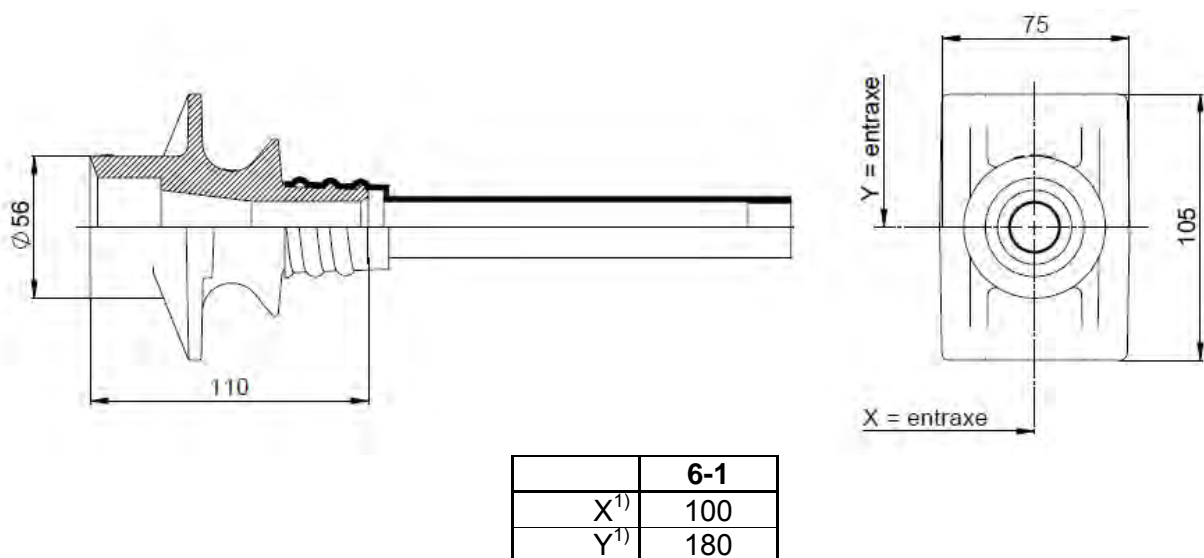
Le tableau du chapitre 1 section 1.1.3 s'applique. La force de rupture du monotoron se monte à 279 kN, la force de surtension à 209 kN et la force de précontrainte initiale à 195 kN.

2.1.2 Ancrages VSL – Dimensions, résistance minimale du béton et armature des zones d'ancrage

2.1.2.1 VSL Type S 6-1

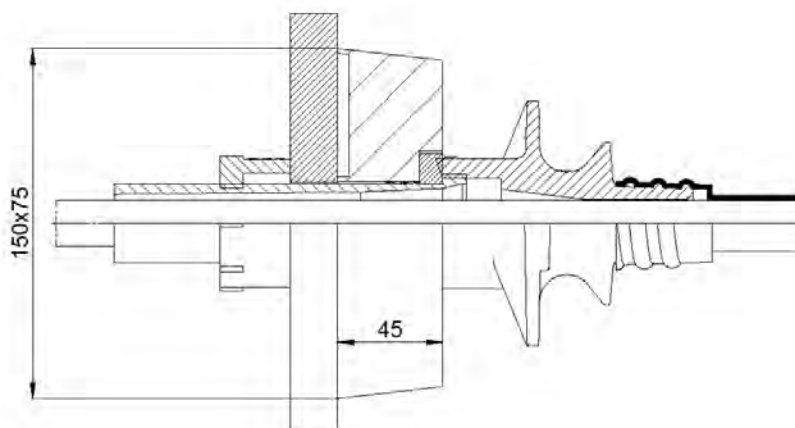
Comme ancrage mobile (avec niche)
ou ancrage fixe (noyé dans le béton).
Un capot de protection est mis en place après
achèvement des travaux de précontrainte.

Corps d'ancrage



1) Entraxes minimaux X, Y. Pour les distances aux bords voir 1.3.2.2; pour les groupes d'ancrages voir 2.1.2.3.

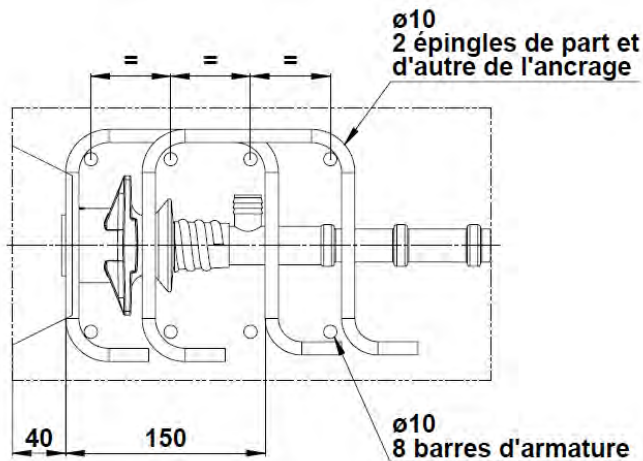
Accessoires pour l'installation (Moule pour coffrage de la niche)



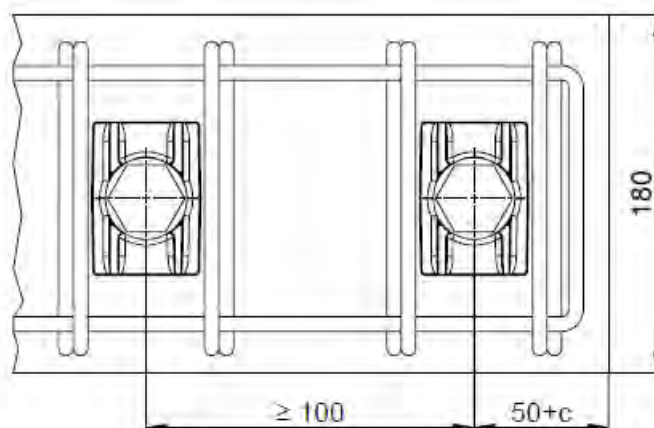
2.1.2.2 Armature dans la zone d'ancrage VSL Type S 6-1

Pour béton normal de classe C 20/25

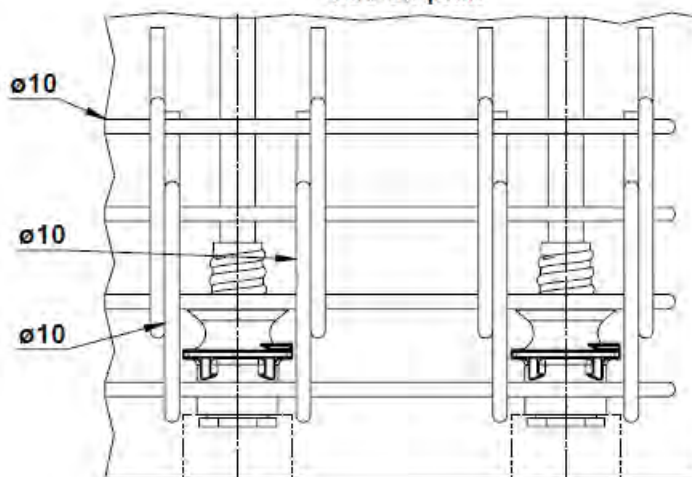
($f_{c,min}(t) = 16 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$)



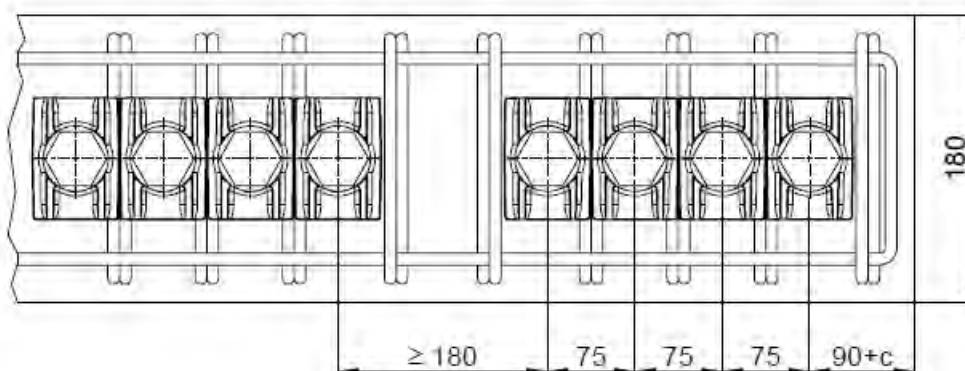
Ancrage isolé

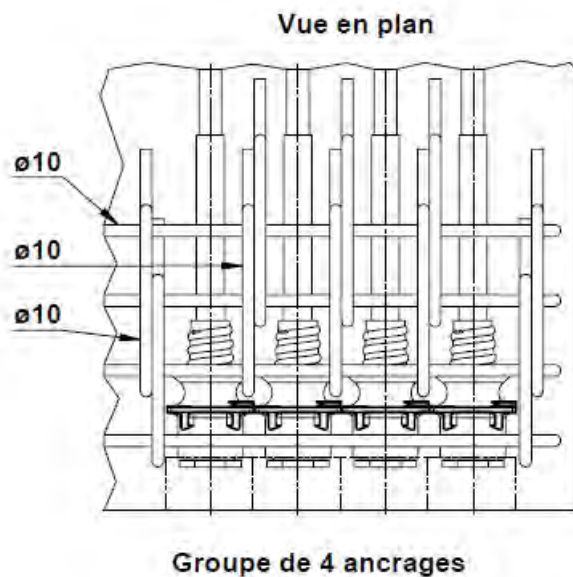


Vue en plan



Groupe d'ancrages (max 4)





c = enrobage nécessaire

2.1.3 Dispositions constructives

2.1.3.1 Supports de câbles

Pour les monotorons, l'espacement entre les étriers de support devrait être de 0.6 à 1,0 m. La limite inférieure s'applique aux points hauts des dalles plates.

Les chevalets d'armature ou des corbeilles de support de faible longueur conviennent très bien dans le cas de dalles précontraintes dans les deux directions. Ce type de support permet de dérouler les monotorons sur l'armature inférieure et de les amener ultérieurement à la hauteur désirée. Pour assurer la stabilité horizontale des monotorons avant et pendant le bétonnage, nous recommandons d'attacher une armature croisée directement aux monotorons (Ø 8 mm, maille 1,20 m).

2.1.3.2 Rayon de courbure minimal

La rigidité propre des monotorons ou des faisceaux de monotorons permet un rayon de courbure minimal de $R = 2,5m$.

Ce rayon peut être obtenu sans effort extérieur.

2.1.4 Coefficients de frottement et rentrée des clavettes

2.1.4.1 Coefficients de frottement

La perte de précontrainte par frottement le long du câble peut être estimée de la même manière qu'au chapitre 1 section 1.5.1. Le coefficient de pertes par frottement μ est fortement diminué par rapport aux câbles injectés grâce à la couche de graisse enveloppant complètement l'acier de précontrainte à l'intérieur de la gaine en polyéthylène.

Pour le calcul des pertes de précontrainte selon la formule

$$P(x) = P_{\max} e^{-\mu(\phi_x + \Delta\phi \cdot x)}$$

les valeurs des coefficients à considérer sont:

	Fourchette	Valeur nominale
Monotoron	$\mu = 0.04 \text{ à } 0.08$ $\Delta\phi = 0.004 \text{ à } 0.015 \text{ m}^{-1}$	$\mu = 0.06$ $\Delta\phi = 0.008 \text{ m}^{-1}$

Pour simplifier le calcul on peut considérer une perte de tension par frottement de 2.5% par 10 m de longueur de monotoron.

Cette valeur s'est pleinement vérifiée dans le cas de dalles plates précontraintes au moyen de monotorons à tracé de câble parabolique.

2.1.4.2 Rentrée des clavettes

Lors du transfert de la force de précontrainte du vérin à l'ancrage mobile, les clavettes se déplacent d'une cote de 6 mm (rentrée des clavettes + déplacement relatif du toron).

2.1.5 Eléments du système et matériaux

Les éléments du système et les matériaux sont décrits au chapitre 1 section 1.5.

2.2 Système de précontrainte pour dalles avec adhérence

2.2.1 Câbles VSL

2.2.1.1 Acier de précontrainte

Voir chapitre 1 section 1.1.1 Acier de précontrainte.

2.2.1.2 Ancrages VSL

L'utilisation de l'ancrage VSL pour dalles avec injection est présentée dans le tableau ci-dessous:

Ancrage mobile		Ancrage fixe		Coupleur	
Type	Chap.	Type	Chap.	Type	Chap.
Si 6-1	2.2.2.1	Si 6-1	2.2.2.1		
S 6-4 / 20	2.2.2.3	S 6-4 / 20	2.2.2.3	SK 6-4 / 20	2.2.2.4
		H 6-(1-4)	1.2.5		
		P 6-(2-4)	1.2.6		

2.2.1.3 Forces de précontrainte et unités de câbles

Les forces de précontrainte et les unités de câbles sont données au chapitre 1 section 1.1.3.

2.2.1.4 Gaine en matière synthétique VSL PT-PLUS

La gaine en matière synthétique est décrite au chapitre 1 section 1.1.4.2.

2.2.1.5 Coulis et injection des câbles

Les exigences relatives au coulis et à l'injection des câbles de précontrainte sont définies dans les normes SN EN 445:2007, SN EN 446:2007 et SN EN 447:2007, ainsi que dans les Avant-propos nationaux et Annexes nationales correspondants (2008).

2.2.1.6 Protection temporaire contre la corrosion

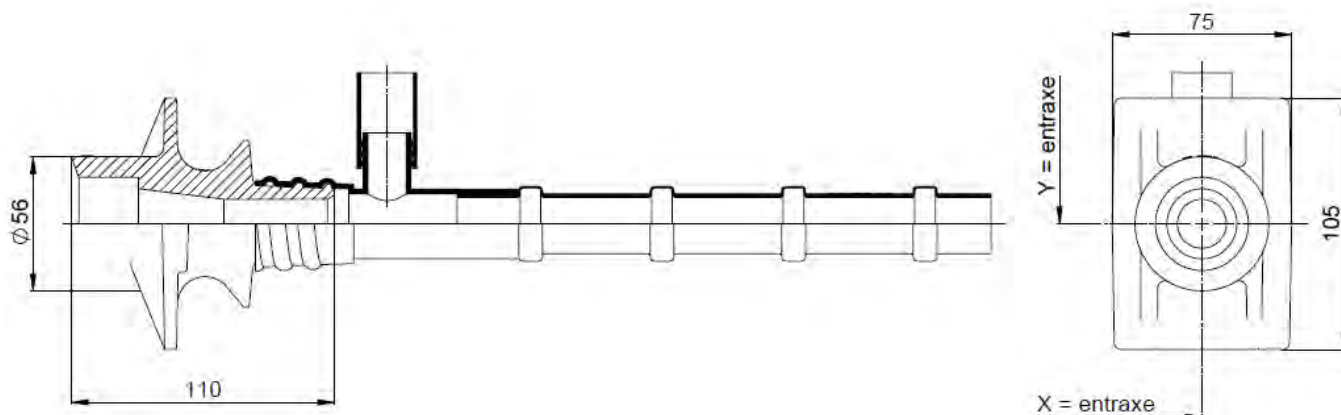
Les indications relatives à la protection temporaire de l'acier de précontrainte sont données à l'Annexe 2, section 3.6.

2.2.2 Ancrages et coupleurs VSL – Dimensions, résistance minimale du béton et armature des zones d'ancrages

2.2.2.1 VSL Type Si 6-1

Comme ancrage mobile (avec niche)
ou ancrage fixe (noyé dans le béton).

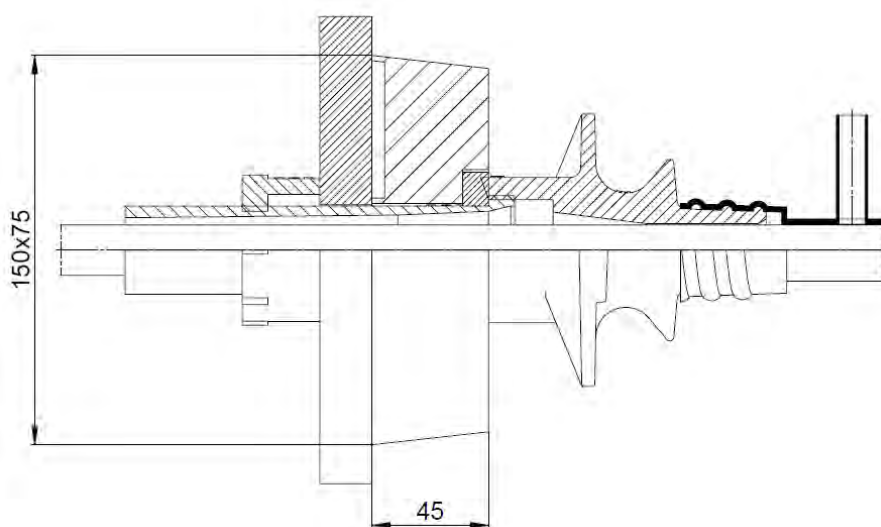
Corps d'ancrage



	6-1
X ¹⁾	100
Y ¹⁾	180

1) Entraxes minimaux X, Y. Pour les distances aux bords voir 1.3.2.2; pour les groupes d'ancrages voir 2.1.2.3.

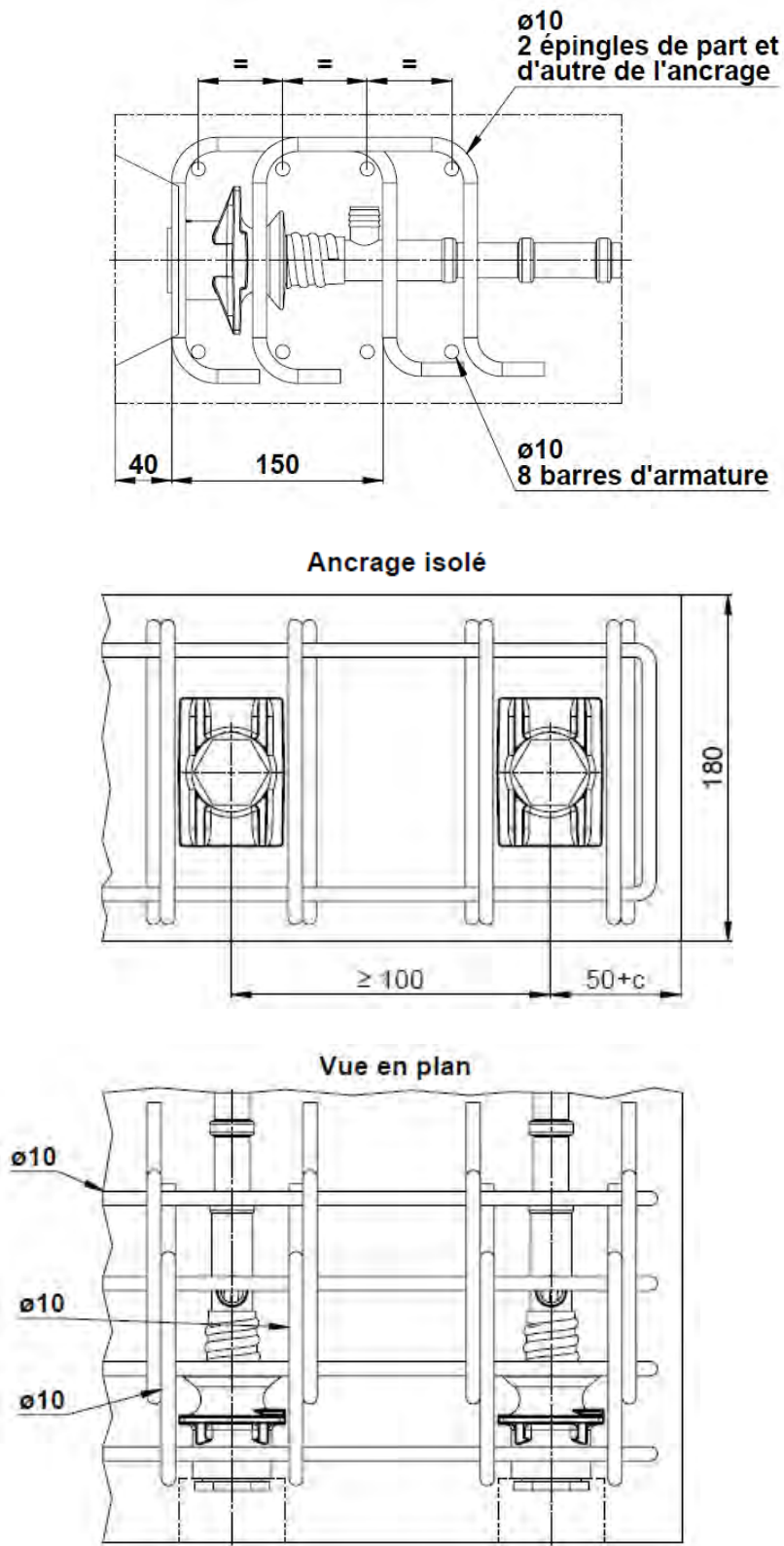
Accessoires pour l'installation (Moule pour coffrage de la niche)



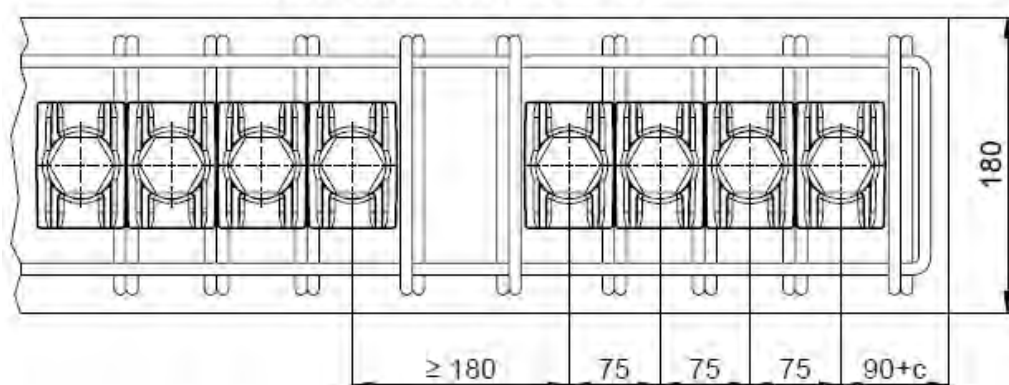
2.2.2.2 Armature dans la zone d'ancrage VSL Type Si 6-1

Pour béton normal de classe C 20/25

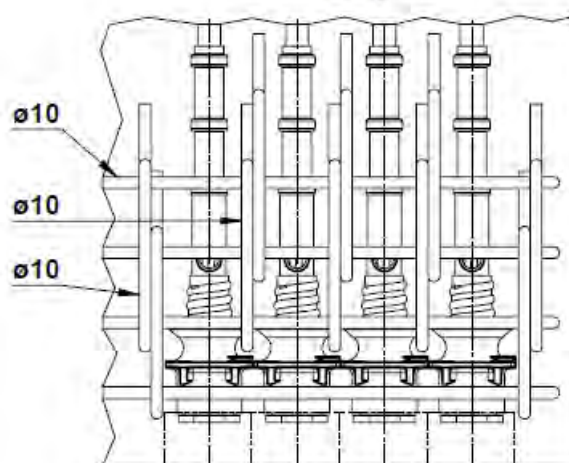
($f_{c,min}(t) = 16 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_u = 0.75 P_{pk}$)



Groupe d'ancrages (max 4)



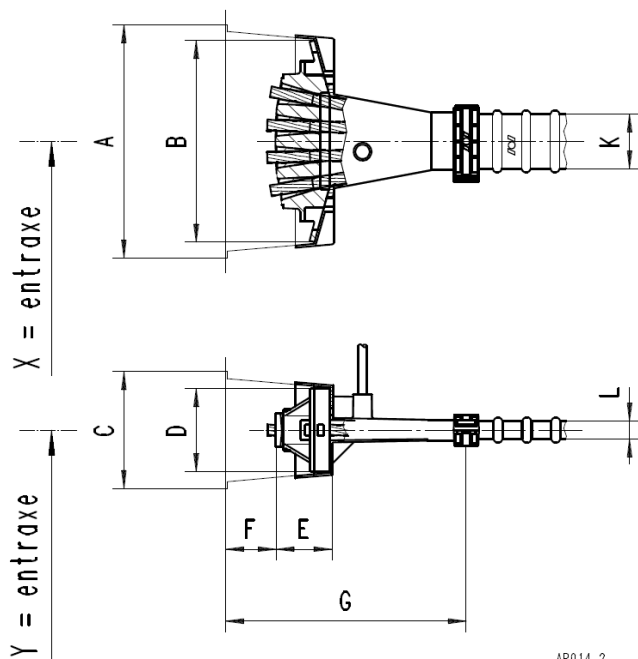
Vue en plan



Groupe de 4 ancrages

c = enrobage nécessaire

2.2.2.3 VSL Type S 6-4 / 20



	6-4
A	330
B	280
C	168
D	115
E	75
F	52
G	300
K	76
L	25
X ¹⁾	400
Y ¹⁾	220

Dimensions en mm

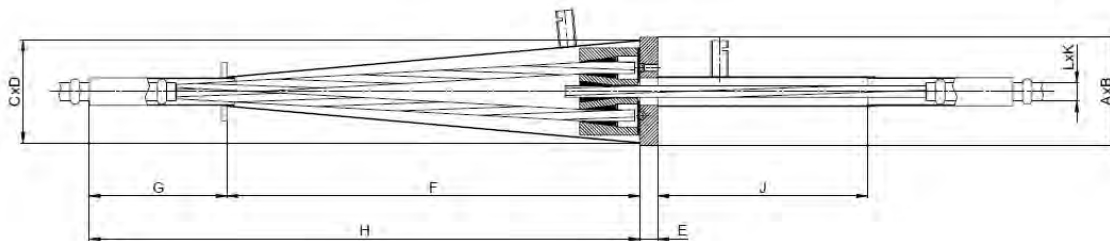
1) Entraxes minimaux X, Y. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2

S 6-4 / 20, pour béton normal de classe C 20/25

($f_{c,min}(t) = 16 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_{\bar{u}} = 0.75 P_{pk}$) ;

La combinaison avec un ancrage fixe de type H ou P nécessite des résistances du béton plus élevées au moment de la mise en tension

2.2.2.4 Coupleur VSL Type SK 6-4 / 20



SK 6-4 / 20, pour béton normal de classe C 20/25

($f_{c,min}(t) = 16 \text{ N/mm}^2$ (sur cylindre) pour une mise en tension à $P_u = 0.75 P_{pk}$)

	6-4
A	150
B	220
C	140
D	193
E	25
F	570
G	190
H	760
J	300
K	76
L	25
X ¹⁾	400
Y ¹⁾	220

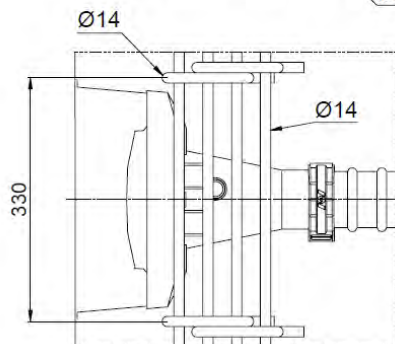
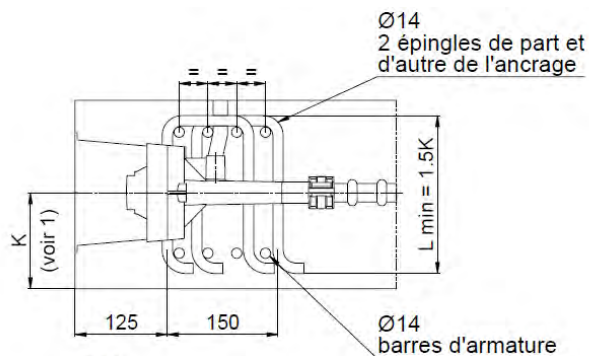
Dimensions en mm

1) Entraxes minimaux X, Y. Pour les distances aux bords voir section 1.3.2.2

Même armature d'éclatement que pour l'ancrage S 6-4 / 20,

2.2.2.5 Armature dans la zone d'ancrage VSL Type S 6-4 / 20

Disposition possible de l'armature d'éclatement (à superposer à l'armature générale de la dalle):



- 1) K min = 110mm
- 2) L à choisir aussi grand que possible en fonction de l'épaisseur de la dalle et du recouvrement (L min = 1.5K)
- 3) Dans le cas d'ancrages situés dans les angles de dalles, les barres seront ancrées à l'aide de crochets ou façonnées de manière à équilibrer la force.

2.2.3 Dispositions constructives

2.2.3.1 Supports de câbles

L'espacement entre les étriers de support des câbles devrait être de 0.6 à 1,0 m. La limite inférieure s'applique aux points hauts des dalles plates.

Les chevalets d'armature ou des corbeilles de support de faible longueur conviennent très bien dans le cas de dalles précontraintes dans les deux directions. Ce type de supports permet de dérouler les câbles sur l'armature inférieure et de les amener ultérieurement à la hauteur désirée. Pour assurer la stabilité horizontale des câbles avant et pendant le bétonnage, nous recommandons d'attacher une armature croisée directement aux câbles (\varnothing 8 mm, maille 1,20 m).

2.2.3.2 Rayon de courbure minimal

La rigidité propre des câbles permet un rayon de courbure minimal de $R = 2,5\text{m}$. Pour le système 6-4 avec gaines plates VSL Typ S 6-4 / 20), les valeurs applicables sont $R_{\min} = 2.5\text{ m}$ (autour de l'axe faible) et $R_{\min} = 6.0\text{ m}$ (autour de l'axe fort). Les courbures autour de l'axe fort ne sont admissibles que dans une seule direction. Ce rayon de $R = 2,5\text{m}$ peut être obtenu sans effort extérieur.

Détails voir chapitre 1 section 1.3.3.

2.2.4 Coefficients de frottement et rentrée des clavettes

2.2.4.1 Coefficients de frottement

La perte de précontrainte par frottement le long du câble peut être estimée de la même manière qu'au chapitre 1 section 1.4.1.

2.2.4.2 Rentrée des clavettes

Lors du transfert de la force de précontrainte du vérin à l'ancrage mobile, les clavettes se déplacent d'une cote de 6 mm (rentrée des clavettes + déplacement relatif du toron).

2.2.5 Eléments du système et matériaux

Les éléments du système et les matériaux sont décrits au chapitre 1 section 1.5.

Procédés de précontrainte VSL

Procédés de précontrainte des structures au moyen de câbles internes adhérents et de câbles pour dalles avec et sans adhérence constitués de torons de 150 mm²

Annexe 2: Données pour l'exécution

VSL (Suisse) SA

Route Industrielle 2
1806 Saint-Légier

Tel: +41 (0)58 456 30 00
Fax: +41 (0)58 456 30 95

VSL (Schweiz) AG

Dahlienweg 23
4553 Subingen

Tel: +41 (0)58 456 30 30
Fax: +41 (0)58 456 30 15

TABLE DES MATIÈRES

1. Généralités.....	3
2. Transport et entreposage	4
2.1 Transport.....	4
2.2. Entreposage.....	5
2.2.1 Acier de précontrainte	5
2.2.2 Gaines.....	5
2.2.3 Protection contre les influences atmosphériques	5
2.2.4 Matériel d'ancrage et équipement	6
3. Mise en place des câbles de précontrainte	7
3.1 Principales méthodes de mise en place des câbles.....	7
3.2 Montage des ancrages et des gaines.....	7
3.3 Niches pour ancrages mobiles	9
3.4 Dégagements autour des vérins.....	11
3.5 Installation des câbles de précontrainte	12
3.6 Protection temporaire contre la corrosion	13
4. Mise en tension	14
5. Coulis et injection	16
6. Travaux finaux.....	17

1. Généralités

L'exécution est réalisée conformément aux dispositions des normes et directives suivantes:

- Norme SIA 262:2013 « Construction en béton »
- Directive « Dispositions pour garantir la durabilité des câbles de précontrainte dans les ouvrages d'art », ASTRA 12 010, Office fédéral des routes et CFF SA, 2007 notamment en ce qui concerne les câbles de précontrainte de la catégorie c
- Norme SN EN 13670 ainsi que l'Avant-propos national correspondant et l'Annexe nationale
- Normes SN EN 445:2007, 446:2007, 447:2007 ainsi que les Avant-propos nationaux correspondants et les Annexes nationales (2008)

Sans mention spéciale, les données qui suivent s'appliquent aussi bien aux câbles avec adhérence qu'aux câbles sans adhérence.

2. Transport et entreposage

L'acier de précontrainte, les gaines, les ancrages, les coupleurs et autres composants du système de précontrainte (également sous la forme de câbles fabriqués en usine) doivent être transportés et entreposés de façon à ce que leur durabilité ne soit pas remise en cause en raison de corrosion ou de dommages mécaniques.

2.1 Transport

Les câbles de précontrainte fabriqués en usine sont enroulés sur des châssis de transport (« corbeilles ») et livrés à pied-d'oeuvre sur chantier. Ils sont alors déroulés en fonction des besoins et directement déposés sur les supports de câbles.

Dans le cas de câbles fabriqués sur chantier, les composants sont transportés en vrac jusqu'au chantier où ils sont entreposés jusqu'à leur utilisation. L'acier de précontrainte est livré en bobines d'un poids de 1.5 à max. 4 tonnes. Les gaines sont généralement livrées en paquets et le reste des composants dans des conteneurs appropriés (palettes).

Pour les câbles de précontrainte fabriqués sur chantier il est important

- que les bobines de torons soient déchargées et stockées de façon à ne pas être déformées ou endommagées
- que les gaines soient déchargées à la main ou à l'aide de bras de levage de façon à ne pas être écrasées ou pliées.

Dans les deux cas, aussi bien le chargement resp. le déchargement que le transport doivent être effectués de sorte que les câbles de précontrainte et les éléments d'ancrage ne subissent aucun dommage.

Lorsque des câbles de précontrainte avec gaines PT-PLUS doivent être enroulés sur des bobines pour le transport, puis être déroulés et posés à basse température, il faut tenir compte du fait que la souplesse et la résilience des gaines en polypropylène PP diminuent à basses températures. Des ruptures de gaines ne sont pas à exclure lors du déroulage. En conséquence:

Il est nécessaire de réchauffer préalablement à +10°C les câbles de précontrainte enroulés sur des bobines et munis de gaines en matière synthétique PT-PLUS, avant de les dérouler et les poser. Le diamètre d'enroulage ne doit pas être inférieur à 1.80 m. Cela vaut pour les diamètres de gaines de 100 mm ou moins. Les gaines d'un diamètre supérieur ne peuvent être enroulées sur des bobines.

Les gaines PT-PLUS en polypropylène PP sont de couleur noire. Les gaines PT-PLUS en polyéthylène PE ne sont pas autorisées.

2.2. Entreposage

Tout le matériel est emballé par VSL et est protégé contre les influences atmosphériques avant d'être livré à destination.

2.2.1 Acier de précontrainte

Les bobines de torons doivent être stockées horizontalement ou verticalement sur des supports tels que des madriers.

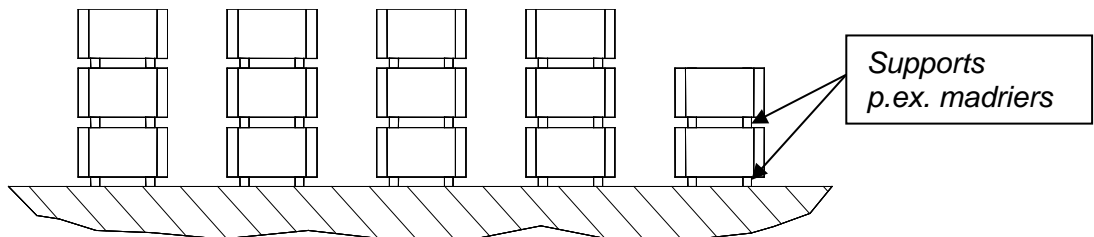


Figure 2.1: Stockage horizontal de bobines de torons

2.2.2 Gaines

Les gaines doivent être rangées par diamètre et stockées sur des madriers ou autres supports.

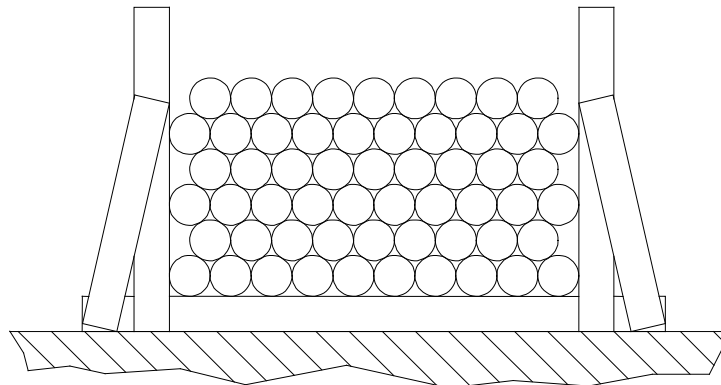


Fig. 2.2: Entreposage de gaines

2.2.3 Protection contre les influences atmosphériques

Les bobines de torons et les gaines métalliques doivent être entreposées à l'abri des influences atmosphériques, dans un local fermé ou en plein air sous un toit ou recouvertes de feuilles de plastique. Dans les deux cas il s'agit d'assurer une circulation d'air suffisante. Les matériaux ne peuvent être entreposés sur le sol que si des supports sont prévus à cet effet. Ceci est également valable pour les torons de précontrainte traités avec un produit de protection contre la corrosion.

Les gaines en matière synthétique PT-PLUS ne demandent pas de mesures de protection particulières. Elles sont suffisamment résistantes aux influences atmosphériques et aux rayons uv.

- Entreposage en local fermé

L'entrepôt doit être bien ventilé et sec. En cas de variations de température et d'hygrométrie, un système de climatisation/chauffage avec ventilateur doit être installé, afin d'éviter la formation d'eau de condensation sur le matériel entreposé.

- Entreposage en plein air

Le matériel stocké à l'air libre doit être protégé par un toit ou recouvert de feuilles de plastique. Il est important de garantir une bonne circulation d'air pour éviter la formation d'eau de condensation. Les feuilles en plastique ne doivent pas être posées directement sur le matériel entreposé. Des cadres de protection recouverts de feuilles en plastique doivent être construits à cet effet. Celles-ci doivent être suffisamment bien fixées pour résister aux effets du vent.

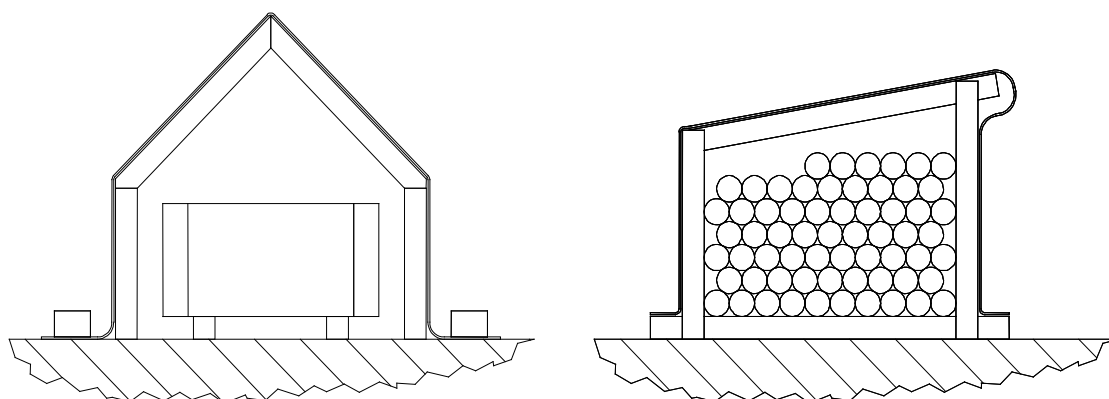


Figure 2.3: Entreposage de bobines de torons et de gaines métalliques

2.2.4 Matériel d'ancrage et équipement

Suivant le mode de livraison (camionnage ou transports publics), le matériel d'ancrage et l'équipement sont livrés dans des containers, des caisses en bois ou sur palettes. Ce matériel doit être déchargé avec soin et être entreposé immédiatement dans un local ventilé et fermant à clé.

3. Mise en place des câbles de précontrainte

La mise en place de câbles de précontrainte fabriqués en usine ou leur assemblage à partir des composants doivent toujours être réalisés avec soin.

Pour les câbles de précontrainte de catégorie c, les instruments de mesures nécessaires doivent être installés conformément à l'Annexe 1 de la Directive OFROU/CFF (ASTRA 12 010).

Sans mesure de protection adéquate, les travaux de soudage et de découpage au chalumeau sont strictement interdits à proximité des ancrages et des gaines, en particulier de celles en matière synthétique (ASTRA 12 010).

3.1 Principales méthodes de mise en place des câbles

La structure du système de précontrainte VSL permet de fabriquer les câbles sur chantier ou dans une unité de production VSL. Les conditions spécifiques à un projet tels que le procédé de construction et le calendrier des travaux décident de l'endroit de fabrication.

Dans le cas de fabrication en usine, les câbles de précontrainte sont façonnés avec leur gaine et sont prêts à être posés.

Dans le cas du système de précontrainte sans adhérence, les monotorons sont coupés en usine à la longueur voulue et sont transportés sur chantier, prêts à être posés. Les monotorons peuvent être livrés isolément ou assemblés en faisceaux de 2 – 4 torons. Dans le cas de faisceaux, les torons individuels sont fixés l'un contre l'autre à distances régulières. Les ancrages fixes sont montés sur les monotorons en usine et les clavettes sont assurées mécaniquement contre tout mouvement de recul.

Lors de fabrication sur chantier, les câbles jusqu'à une longueur de 250 m sont généralement constitués par enfilage, toron par toron, dans les gaines préalablement posées. Ceci peut être réalisé avant ou après bétonnage.

Les gaines plates et celles en PT-PLUS Type 22 doivent être rigidifiées avant bétonnage. Il est dès lors impératif d'enfiler les torons avant bétonnage.

Pour les câbles d'une longueur supérieure à env. 250 m, les faisceaux de torons sont préfabriqués en usine ou sur chantier, enroulés sur bobines et ensuite tractés dans les gaines préalablement posées.

3.2 Montage des ancrages et des gaines

Les corps d'ancrage (plaque d'ancrage avec trompette ou plaque d'ancrage en fonte) et la frette normalement soudée à la plaque sont fixés au coffrage. Ils doivent être installés perpendiculairement à l'axe du câble, conformément au plan de pose. Si elle est mise en place sur chantier (dans le cas du système de précontrainte pour dalles), l'armature de la zone d'ancrage doit être centrée sur l'axe du câble et solidement fixée.

Dans la fabrication des câbles de précontrainte sur chantier, les gaines vides sont couplées, fixées aux supports préalablement posés et raccordées aux corps d'ancrage. Il faut veiller à ce que les gaines ne présentent pas de plis. Les parties endommagées doivent être réparées. Les arrivées d'eau possibles dans la gaine au niveau des ancrages ou des événements doivent être évitées.

Lors du couplage de gaines en matière synthétique PT-PLUS, il faut veiller à ce que les joints d'étanchéité placés dans les demi-coques entourent toujours une nervure de chaque extrémité de gaine. Les demi-coques sont bloquées au moyen de deux coins de serrage. Les coins sont enfoncés à l'aide d'un petit marteau.

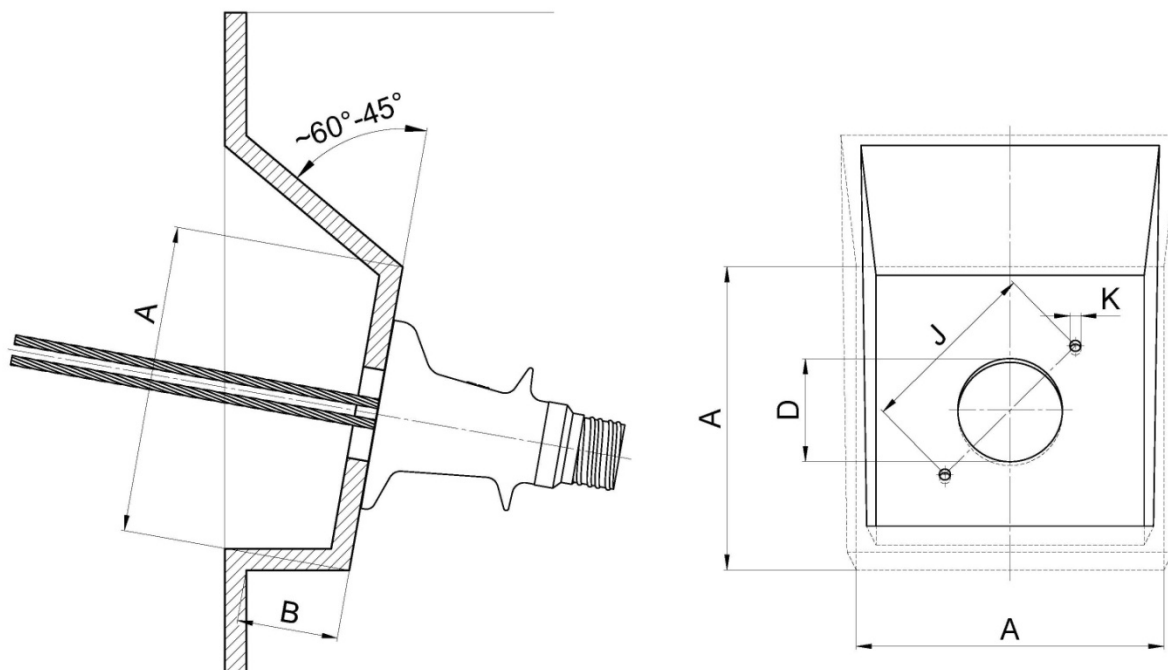
Le raccordement de gaines PT-PLUS peut également être effectué sur chantier par soudage bout à bout.

Le couplage de gaines PT-PLUS n'est pas autorisé pour les câbles de précontrainte fabriqués en usine. Les raccordements doivent être réalisés par soudage bout à bout. La gaine PT-PLUS 22 (pour câbles du type 6-1) fait exception à la règle. Elle est couplée à l'aide d'un manchon entouré de sur-croît d'une bande isolante.

Les rayons de courbure minimaux et les espacements des supports doivent être respectés, conformément au plan de pose et à l'Annexe 1, sections 1.3, 2.1.3 et 2.2.3. Les gaines sont fixées solidement aux supports de câbles et sont contrôlées avant bétonnage.

Pour les câbles des catégories b et c, les coques de protection et les ligatures doivent être en matière synthétique.

3.3 Niches pour ancrages mobiles



Unités	Dimensions	GC	EC	E	CS	S
6-1	A			200		75x150
	B			140		45
	D			20		35
	J			86		
	K			5		
6-2	A			170		
	B			140		
	D			50		
	J			136		
	K			5		
6-3	A	195	195	195		
	B	140	140	140		
	D	55	55	55		
	J	140	125	135		
	K	M12	M10	M12		
6-4	A	220	220	220		165x330
	B	145	145	145		130
	D	65	65	65		30x90
	J	154	150	150		170
	K	M12	M10	M12		M10
6-7	A	305	305	305	305	
	B	150	150	150	150	
	D	85	85	85	70	
	J	210	190	210	188	
	K	M12	M10	M12	M12	
6-12	A	370	370	370	370	
	B	165	165	165	165	
	D	120	120	120	105	
	J	264	250	265	220	
	K	M16	M16	M16	M12	

Suite voir page ci-après

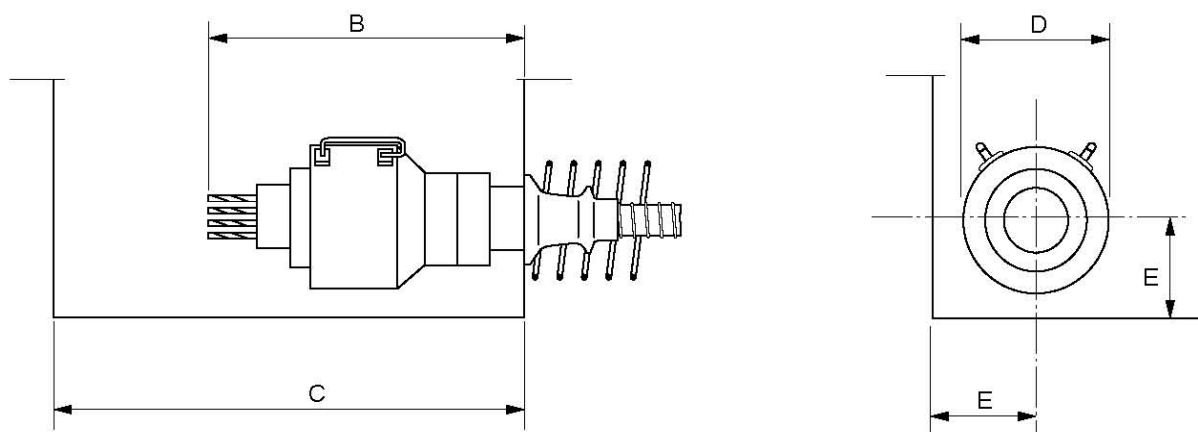
Unités	Dimensions	GC	EC	E	CS	S
6-15	A	460		460		
	B	175		175		
	D	145		145		
	J	316		275		
	K	M16		M16		
6-19	A	460	460	460	460	
	B	185	185	185	185	
	D	150	150	150	135	
	J	354	300	280	260	
	K	M16	M16	M16	M12	
6-22	A	460	460	460	460	
	B	190	190	190	190	
	D	170	170	170	150	
	J	400	340	310	274	
	K	M16	M16	M16	M12	
6-27	A	595		595	595	
	B	200		200	200	
	D	180		185	165	
	J	430		330	310	
	K	M16		M16	M16	
6-31	A	595	595	595	595	
	B	210	210	210	210	
	D	190	190	190	175	
	J	470	410	360	330	
	K	M16	M16	M16	M16	
6-37	A	640	640	640	640	
	B	225	225	225	225	
	D	215	215	215	195	
	J	524	420	370	357	
	K	M16	M16	M16	M16	
6-43	A			680		
	B			235		
	D			250		
	J			400		
	K			M20		
6-55	A			760		
	B			250		
	D			255		
	J			452		
	K			M20		

Dimensions en mm

Pour les systèmes de précontrainte pour dalles avec ancrages S 6-4 / 20 et S 6-1 resp. Si 6-1, VSL fournit des moules réutilisables en matière synthétique pour le coffrage des niches (Dimensions dans la colonne S du tableau ci-dessus).

3.4 Dégagements autour des vérins

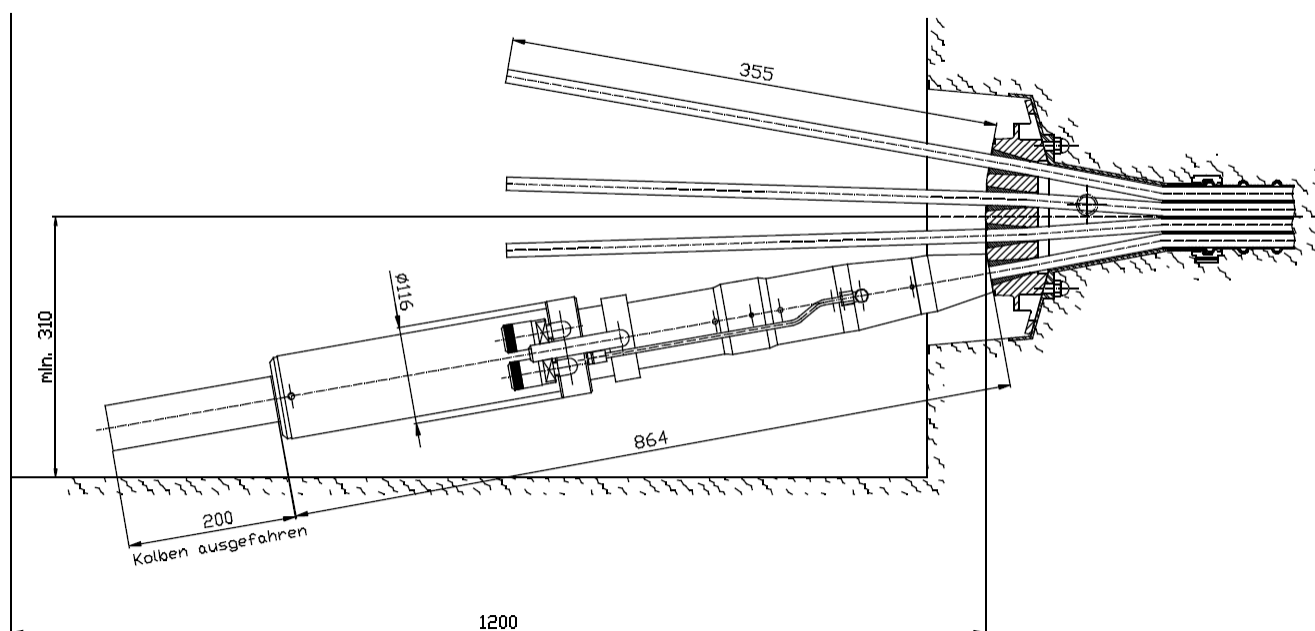
Les dégagements nécessaires autour des vérins ont les dimensions suivantes:



Unités	B	C	D	E	Poids du vérin [kg]
6-1	600	1200	140	100	28
6-2	650	1100	180	140	74
6-3	650	1100	180	140	74
6-4	700	1200	280	200	140
6-7	670	1300	310	200	151
6-12	850	1500	390	250	294
6-15	850	1600	450	270	385
6-19	850	1600	450	270	385
6-22	700	1500	485	300	435
6-27	1400	2300	520	365	1100
6-31	1400	2300	520	365	1100
6-37	1350	2250	620	375	1745
6-43	1350	2250	620	375	1745
6-55	1350	2250	620	375	1745

Dimensions en mm

Cas spécial, ancrage VSL Type S 6-4 / 20:



Dimensions en mm

3.5 Installation des câbles de précontrainte

Dans le cas de fabrication sur chantier, l'installation des torons peut être réalisée de deux façons:

- Enfilage toron par toron dans la gaine, avant ou après bétonnage, à l'aide d'une machine à enfiler spécialement conçue à cet effet.
- Traction du faisceau de torons complet au moyen d'un treuil après bétonnage de l'ouvrage.

Les deux méthodes conviennent pour les câbles de précontrainte présentant un ancrage mobile VSL type GC, EC, E, CS ou Z aux deux extrémités. Il est cependant également possible de fabriquer un ancrage fixe (type H ou P) sur chantier en cas d'enfilage avant bétonnage.

Les câbles de précontrainte fabriqués en usine (câbles multitorons dans des gaines ou monotorons gainés graissés isolés ou en faisceaux) sont posés sur les supports et fixés solidement à ces derniers. Les gaines en matière synthétique PT-PLUS doivent être raccordées par soudage bout à bout, le couplage de telles gaines n'étant pas autorisé (exception PT-PLUS 22).

Pour les câbles fabriqués sur chantier ainsi que pour ceux préfabriqués en usine, les rayons de courbure minimaux et les espacements des supports doivent être respectés, conformément au plan de pose et à l'Annexe 1 Sections 1.3, 2.1.3 et 2.2.3. Les gaines ne doivent pas présenter de coudes et les dommages éventuels doivent être réparés.

Toutes les ouvertures, comme p. ex. les événements, doivent être protégées contre la pénétration de lait de ciment et d'eau durant le bétonnage. Les sections de monotorons dénudées doivent être protégées contre la pénétration d'eau.

Pour les catégories b et c, les coques de protection et les ligatures doivent être en matière synthétique.

3.6 Protection temporaire contre la corrosion

Respecter les dispositions de la norme SIA 262, chiffre 6.3.

Si nécessaire, une protection temporaire du faisceau de torons contre la corrosion est assurée par l'application en usine d'un produit de protection autorisé sur les torons. Il n'est pas nécessaire d'éliminer cette émulsion anticorrosive avant d'injecter les câbles de précontrainte. Une protection temporaire contre la corrosion au moyen d'émulsions n'est pas autorisée dans le cas des ancrages VSL type H.

Les agents anticorrosion testés et autorisés par l'EMPA sont:

- Rostschutz 310
- NOX-RUST X-703-D
- ARC FLUID TK

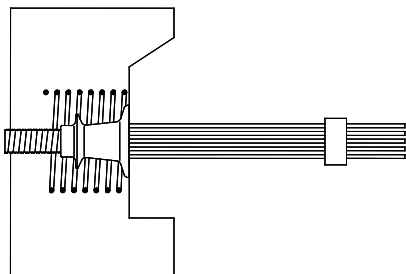
Les travaux d'exécution directement liés au chantier, en particulier le stockage, la pose, la mise en tension et l'injection des câbles sont les mêmes, que les câbles soient protégés ou non contre la corrosion.

L'acier de précontrainte placé dans des gaines sans avoir été protégé peut également être protégé temporairement par insufflation continue d'air sec dans les gaines.

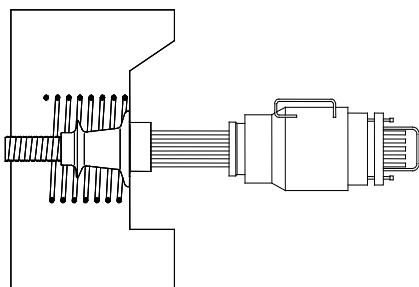
Les ancrages et surlongueurs de torons peuvent être protégés au moyen de bâches en plastique. Les terminaisons de monotorons peuvent être protégées au moyen de bandes isolantes.

4. Mise en tension

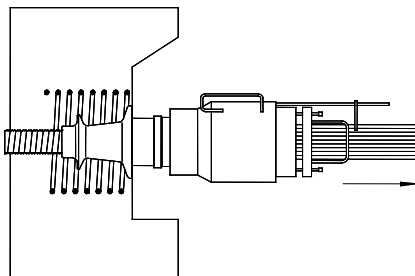
La mise en tension (force et allongement) doit être reportée dans un procès-verbal. Les paliers de mise en tension et les allongements calculés sont définis dans le programme de mise en tension qui doit être disponible sur chantier.



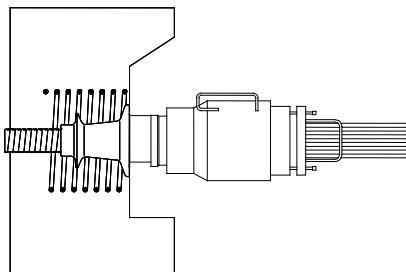
Pose de la tête d'ancrage et des clavettes



Application du vérin



Mise en tension



Blocage par clavettes

1) Préparation

- Décoffrage de l'emplacement de mise en tension et de la niche.
- Pose de la tête d'ancrage et des clavettes.
L'ancrage de monotorons S 6-1 n'a pas de tête d'ancrage

2) Mise en place du vérin

Application du vérin avec chaise et ancrage auxiliaire. Le vérin pour monotoron n'a pas de chaise.

3) Mise en tension

Le vérin à double effet avec trou axial est alimenté par une pompe électrique à haute pression. Durant la mise en tension, les torons sont bloqués dans l'ancrage auxiliaire. Les pressions au manomètre et les allongements mesurés avec précision sont consignés dans le protocole de mise en tension.

Les résistances exigées du béton selon l'Annexe 1 doivent être respectées. Lors de la détension ou retension d'un câble, l'empreinte des clavettes doit présenter un décalage d'au moins 15 mm.

4) Blocage par clavettes

- Lorsque le vérin est en fin de course ou la force désirée atteinte, la pression est relâchée. Les torons se bloquent alors uniformément dans la tête d'ancrage resp. dans l'ancrage S 6-1 et S 6-4. La rentrée des clavettes se monte à environ 6 mm.
- Retour du piston du vérin.
- Si la force requise n'est pas encore atteinte, le processus de mise en tension est répété.

5) Compensation de la rentrée des clavettes

La rentrée des clavettes peut être compensée par une surtension de 6 mm ou par l'introduction de cales métalliques entre la tête d'ancrage et la plaque d'appui. Le calage au moyen de cales métalliques n'est pas possible avec les ancrages S 6-1 et S 6-4.

Les mesures visant à la protection des personnes doivent être respectées durant l'intégralité des travaux ayant lieu avant, pendant et après le processus de mise en tension.

Pour les câbles de catégorie c, une mesure de la résistance électrique doit être effectuée et consignée après la mise en tension.

La mise en tension est similaire dans le cas des câbles sans adhérence (monotorons) sauf que la pose de la tête d'ancrage est supprimée.

5. Coulis et injection

Après la dernière étape de mise en tension, les câbles adhérents sont injectés pour assurer la liaison entre les torons tendus, la gaine et le béton. Par la même occasion, l'acier de précontrainte est protégé contre la corrosion.

L'exécution des travaux d'injection est réglée, entre autres, par les chapitres 6.3.2 (délais maximaux) et 6.5.2 (injection des unités de précontrainte avec adhérence) de la norme SIA 262.

Les exigences relatives au coulis et à l'injection des câbles sont définies dans les normes SN EN 445:2007, SN EN 446:2007 et SN EN 447:2007 ainsi que dans les Avant-propos nationaux correspondants et les Annexes nationales (2008).

Sur chantier, on effectuera les essais exigés par la norme NA.1 SN EN 446. On fera la distinction entre exigences normales, accrues et élevées.

On utilisera les malaxeurs VSL pour tous les travaux d'injection.

Le coulis d'injection est contrôlé périodiquement durant le déroulement des travaux. A la fin du processus d'injection une pression maximale de 5 bar est appliquée en recomprimant à plusieurs reprises. Ensuite, tous les points hauts sont contrôlés et si nécessaire remplis.

Un procès-verbal d'injection doit être établi.

Les dispositions relatives à la protection des personnes doivent être observées.

6. Travaux finaux

6.1 Câbles avec adhérence

Finalement on exécutera les travaux suivants:

- Après injection, obturation de tous les orifices d'entrée et de sortie et de tous les événements
- Recépage de la surlongueur des torons après approbation du protocole de mise en tension
- Dans le cas des ancrages mobiles, installation et remplissage des capots de protection
- Cachetage des niches d'ancrage avec un béton resp. un mortier approprié.

Pour les câbles de catégorie c, finalisation du système de mesures. Exécution des mesures nécessaires, établissement des procès verbaux et analyse des résultats.

6.2 Câbles sans adhérence

Finalement on exécutera les travaux suivants:

- Recépage de la surlongueur des torons après approbation du protocole de mise en tension
- Colmatage des ancrages mobiles avec de la graisse et pose du couvercle de protection
- Cachetage des niches d'ancrage avec un béton resp. un mortier approprié.