

**Agrément Technique Suisse    STA - 02/002**  
**(Version originale en allemand)**

Nom commercial

*Trade name*

**Système de tirants d'ancrage VSL**

*VSL – Ground anchor system*

Détenteur de l'ATS

*Holder of approval*

**VSL (Suisse) SA**

**Rte Industrielle 2**

**CH-1806 St-Légier**

Type générique et utilisation prévue  
du produit de construction

*Generic type and use  
of construction product*

**Système de tirants précontraints  
pour l'ancrage de structures au  
moyen de câbles constitués de to-  
rons**

*Prestressed ground anchor system for  
the anchoring of structures with tendons  
consisting of strands.*

Durée de validité        du

*Validity                    from*

au

to

**16.07.2012**

**15.07.2017**        (*Durée: 5 ans*)

Producteur du procédé

*Manufacturing plant*

**VSL (Suisse) SA**

**Rte Industrielle 2**

**CH-1806 St-Légier**

Cet Agrément Technique Suisse  
contient

*This Swiss Technical Approval (STA)  
contains*

**10 pages ainsi que l'Annexe 1 (24  
pages) et l'Annexe 2 (31 pages)**

*10 pages and annex 1 (24 pages) and annex  
2 (31 pages)*

**TABLE DES MATIERES**

<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>2</b>
<b>I. BASES JURIDIQUES ET CONDITIONS GENERALES.....</b>	<b>3</b>
<b>II. CONDITIONS PARTICULIERES DE L'AGREMENT TECHNIQUE.....</b>	<b>4</b>
<b>1 Description du système et usage prévu.....</b>	<b>4</b>
1.1 Description du système .....	4
1.2 Usage prévu .....	5
<b>2 Caractéristiques du système et méthodes de vérification .....</b>	<b>6</b>
2.1 Caractéristiques du système .....	6
2.2 Méthodes de vérification.....	6
2.3 Substances dangereuses .....	6
<b>3 Attestation de conformité et marquage.....</b>	<b>7</b>
3.1 Système d'attestation de conformité .....	7
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
<b>4 Conditions sous lesquelles il est possible d'utiliser le système .....</b>	<b>8</b>
4.1 Fabrication .....	8
4.2 Etude de projet et dispositions constructives.....	9
4.2.1 Généralités.....	9
4.2.2 Documentation technique du système de tirants .....	9
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 .....	10
<b>5 Obligations du détenteur de l'agrément (producteur).....</b>	<b>10</b>
5.1 Généralités .....	10
5.2 Marquage .....	10
5.3 Indications pour l'exécution.....	10

## **I. BASES JURIDIQUES ET CONDITIONS GENERALES**

1. Cet Agrément technique suisse est délivré par l'Organisme d'agrément pour les produits de construction 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); entrée en vigueur le 1 janvier 2001
    - Ordonnance sur les produits de construction (OPCo, RS 933.01) du 27 novembre 2000 (AS 2001 100/SR 933.01); entrée en vigueur le 1 janvier 2001
    - 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); entrée en vigueur le 4 février 2003
    - Accord entre la Confédération suisse et la Communauté européenne relatif à la reconnaissance mutuelle en matière d'évaluation de la conformité (avec annexes et acte final) (Mutual Recognition Agreement, MRA, AS 2002 1803/SR 0.946.526.81) du 21 juin 1999.
  - Bases techniques:
    - Norme SIA 260: 2003 "Bases pour l'élaboration des structures porteuses"
    - Norme SIA 261: 2003 "Actions sur les structures porteuses"
    - Norme SIA 262: 2003 "Construction en béton"
    - Norme SIA 262/1: 2003 " Construction en béton – Dispositions complémentaires"
    - Norme SIA 267: 2003 "Géotechnique"
    - Norme SIA 267/1: 2003 "Géotechnique – Dispositions complémentaires"
    - Directive 12005 de l'Office fédéral des routes OFROU "Tirants d'ancrage" (Edition 2007 V3.11)
    - 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 personnel" (January 2003)
    - " Guide pour l'Agrément technique de systèmes de tirants d'ancrage selon norme SIA 267 » (organisme d'agrément et groupe d'experts tirants d'ancrage, version du 29 janvier 2004)
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 (OPCo, RS 933.01) 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 au système de tirants d'ancrage VSL composés de torons de précontrainte en acier, d'ancrages, de gaines avec leurs pièces de raccordements, de systèmes de fermeture et d'étanchéité et de matériaux de remplissage à base de ciment et de produits souples. Les tirants sont testés, mis en tension et bloqués au moyen de vérins hydrauliques. La zone de la tête (ancrage mobile) est ensuite injectée avec différents produits de remplissage, recouverte d'un produit de protection contre la corrosion et munie d'un capot de protection.

Sont homologués les systèmes de tirants avec degrés de protection PL1, PL2 et PL3 avec des torons de précontrainte en acier Y1860S7-12.9 (section nominale de 100 mm<sup>2</sup>) ou Y1860S7-15.7 (section nominale de 150 mm<sup>2</sup>), composés des éléments de système suivants:

#### **Armature**

2 à 19 torons de 100 mm<sup>2</sup>

13 à 27 torons de 150 mm<sup>2</sup>

2 à 12 torons de 150 mm<sup>2</sup> réduits à 107.14 mm<sup>2</sup> (tirants extractibles)

### **Ancrages pour les degrés de protection PL1 et PL2**

- Tête de tirant standard type E
- Tête pour tirant de contrôle type EG

### **Ancrages pour le degré de protection PL3 avec plaque d'isolation et manchon intérieur**

- Tête de tirant standard type E
- Tête pour tirant de contrôle type EG
- Têtes réglables pour tirant de contrôle types ER et EA
- Têtes pour tirant de mesure types ER-D et EA-D

### **Gaines**

- Gaines pour torons uniques: HDPE type monotoron
- Gaines pour longueur de scellement: tubes ondulés en HDPE type tube hélicoïdal
- Gaines pour longueur libre: tubes lisses en HDPE

### **Matériaux de remplissage**

- Matériau de remplissage plastique pour les monotorons
- Coulis à base de ciment pour injection intérieure et extérieure primaire ainsi que pour réinjection dans la zone de la longueur de scellement
- Matériau de remplissage plastique pour injection intérieure de la tête de tirant
- Coulis à base de ciment pour injection extérieure de la tête de tirant

### **Autres éléments du système**

- Clavettes type W5S et W6S
- Manchon extérieur avec tôle extérieure, frette (spirale) et tubes d'injection
- Système de fermeture inférieur gaine ondulée (PL3)
- Connexion tube nervuré – gaine lisse (PL3)
- Etanchéité entre gaine lisse et manchon intérieur (PL3)
- Tubes d'injection et de réinjection
- Ecarteurs
- Enduit de protection contre la corrosion pour la plaque d'appui
- Matériau de protection contre la corrosion pour la tête de tirant
- Capot de protection avec couche de protection

## **1.2 Usage prévu**

Le système de tirants est destiné à assurer la sécurité d'ouvrages au moyen de tirants précontraints et peut être utilisé pour des ouvrages permanents (PL 3) ou temporaires (PL 1 et PL 2).

Les tirants d'ancrage précontraints sont le plus fréquemment utilisés dans les ouvrages suivants:

- Enceintes de fouille
- Murs de soutènement (tranchées)
- Stabilisation de talus et de parois rocheuses
- Stations de téléphérique et mâts

- Reprises de pressions hydrostatiques
- Galeries anti-avalanches
- Culées de ponts haubanés et de ponts suspendus

Les exigences de cet agrément se basent sur l'hypothèse d'une durée d'utilisation du système de tirants de 100 ans (PL3). 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**

Le système de tirants est décrit à l'Annexe 1 de la Documentation technique du système de tirants VSL. Seuls des armatures, des composants du système et des accessoires qui correspondent aux indications de la documentation technique dans l'annexe 1 et les normes SIA 262:2003 et SIA 262/1:2003, SIA 267:2003 et SIA 267/1:2003 peuvent être utilisés.

### **2.2 Méthodes de vérification**

L'appréciation de l'aptitude du système de tirants pour l'usage prévu (sécurité structurale, aptitude au service et durabilité) a été effectuée conformément au "Guide pour l'agrément technique de systèmes de tirants" et aux données mentionnées dans celui-ci.

L'Agrément technique pour le système de tirants VSL a été délivré sur la base des documents qui sont déposés auprès de l'organisme d'agrément. Des modifications dans la fabrication ou la mise en œuvre du système de tirants 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 système de tirants répond aux dispositions de la directive H<sup>1)</sup> 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**

L'évaluation de la conformité s'effectue selon système 1+<sup>2)</sup>. Elle 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 préétabli<sup>3)</sup>.
  
- b) Obligations de l'organisme de certification (surveillance externe):
  - (3) Essais initiaux du système de tirants
  - (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 défini<sup>3)</sup>
  - (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 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 matériaux avec attestations d'essai correspondant au plan d'essai défini. Il doit contrôler le matériel à sa réception (certificats, attestations d'usine) et le contrôler le cas échéant. Les particularités concernant l'étendue, le genre et la fréquence des essais et contrôles à effectuer sur les éléments fabriqués du système de tirants sont indiqués dans le plan d'essai 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.

---

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.

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

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'essai sont conformes à ETAG 013, Annexe E.1 et ils sont définis dans le plan QM pour le système de tirants.

### **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 Conditions sous lesquelles il est possible d'utiliser le système**

### **4.1 Fabrication**

Les composants des systèmes de tirants VSL sont fabriqués conformément aux dispositions de l'Agrément technique au moyen de procédés décrits dans les documents techniques re-



mis (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 ancrés avec le système de tirants VSL, on applique les dispositions correspondantes des normes SIA 260:2003, 261:2003, 261/1:2003, SIA 262:2003, SIA 262/1:2003, SIA 267:2003 et SIA 267/1:2003.

### **4.2.2 Documentation technique du système de tirants**

Selon la norme SIA 267:2003, chiffre 10.6.1.5, la documentation technique du système de tirants 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
- Tableaux des forces de précontrainte et types de tirants
- Type et dimensions des ancrages et gaines
- Longueur de scellement minimale
- Distances minimales admissibles entre les axes respectivement entre l'axe et le bord en fonction de la résistance du béton
- Déviations angulaires admissibles dans la zone de la tête de tirant
- Coefficients de frottement dans la zone de la longueur libre
- Valeur de la rentrée des clavettes
- Dimensions minimales des niches
- Place requise pour les travaux de mise en tension
- Mesures pour la protection contre la corrosion
- Eléments du système et matériaux

La documentation technique du système de tirants 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 du système de tirants s'opère conformément aux dispositions des normes SIA 267:2003 et SIA 267/1:2003.

### **4.3.2 Entreprises adéquates**

Les travaux avec le système de tirants (mise en place, injection, essais, blocage, etc.) ne peuvent être exécutés que par des entreprises dont le personnel dispose des connaissances professionnelles et de l'expérience nécessaires avec ce système. 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 du système de tirants sont contenues dans l'annexe 2. En font entre autres partie:

- Prescriptions de mise en œuvre pour les travaux au système de tirants exécutés par des entreprises tiers (réglementation des interfaces)
- Mesures de protection à observer par les entreprises tierces lors de travaux à proximité des ancrages
- Eventuellement indications pour le projeteur relatives au dimensionnement et à la construction, par exemple pour ce qui concerne l'appui et l'introduction de force dans le cas de tirants sans manchon avec frette (spirale).

Les instructions relatives à tous les travaux exécutés sur chantier par le personnel du détenteur de l'agrément sont rassemblées dans un document séparé et déposées auprès de l'organisme d'agrément.

## **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 le système de tirants 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 tirants 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.

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

Dr. Georg Spescha

### **Annexe 1:**

Documentation technique

### **Annexe 2:**

Données pour l'exécution



# **Système de tirants d'ancrage VSL**

**Système de tirants précontraints pour l'ancrage de structures au moyen de câbles constitués de torons**

## **Annexe 1: Documentation technique du système de tirants VSL**

### **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 35

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. Eléments des tirants VSL.....</b>	<b>3</b>
1.1 Acier de précontrainte.....	3
1.2 Protection contre la corrosion.....	3
1.3 Bases de dimensionnement.....	3
1.4 Tableau des forces et unités de la tête des tirants.....	4
1.5 Structure générale d'un tirant précontraint.....	6
1.6 Réinjection.....	6
<b>2. Tirants VSL temporaires (PL 1 et PL 2).....</b>	<b>8</b>
2.1 Généralités.....	8
2.2 Diamètre des tirants et trous de forage des tirants VSL temporaires (PL 1 et PL 2).....	9
2.3 Sections.....	10
2.4 Elements standards des tirants VSL temporaires (PL 1 et PL 2).....	11
2.5 Options pour les tirants standards selon 2.4.....	12
<b>3. Tirants VSL permanents (PL 3).....</b>	<b>13</b>
3.1 Généralités.....	13
3.2 Diamètres des tirants, gaines et trous de forages des tirants VSL permanents (PL 3).....	14
3.3 Sections.....	15
3.4 Tête de tirant VSL type EF.....	16
3.5 Tête de tirant VSL type EG.....	17
3.6 Tête de tirant VSL type ER.....	18
3.7 Tête de tirant VSL type ER-D.....	19
3.8 Tête de tirant VSL type EA.....	20
<b>4. Données constructives.....</b>	<b>21</b>
4.1 Corps d'ancrage.....	21
4.2 Longueur libre.....	21
4.3 Tête de tirant.....	21
<b>5. Pertes par frottement et tolérances.....</b>	<b>22</b>
5.1 Frottement dans la longueur libre.....	22
5.2 Rentrée des clavettes.....	22
5.3 Déviation angulaire admissible dans la zone de la tête de tirant.....	22
5.4 Déplacement de l'appui.....	22
<b>6. Eléments du système et matériaux.....</b>	<b>23</b>
6.1 Eléments du système 0.5".....	23
6.2 Eléments du système 0.6".....	23
6.3 Matériaux et références aux normes.....	24

## 1. Eléments des tirants VSL

### 1.1 Acier de précontrainte

Les tirants précontraints VSL sont constitués de torons Y1860S7-12.9 (0.5“) ou Y1860S7 – 15.7 (0.6“). Les valeurs du tableau ci-dessous se réfèrent aux normes SIA 262 et 262/1:

Caractéristiques de l'acier (toron)		Unité	Toron 0.5“ Y1860S7-12.9	Toron 0.6“ Y1860S7-15.7
Résistance à la traction	$f_{pk}$	N/mm <sup>2</sup>	1'860	1'860
Diamètre nominal	$\varnothing$	mm	12.9	15.7
Section nominale	$A_p$	mm <sup>2</sup>	100	150
Force de rupture	$P_{pk}$	kN	186	279
Limite élastique	$f_{p0.1k}$	N/mm <sup>2</sup>	1'600	1'600
Allongement sous charge maximale	$\epsilon_{uk}$	%	3.5	3.5
Module d'élasticité (moyenne)	$E_p$	kN/mm <sup>2</sup>	195	195
Résistance à la fatigue ( $N_{fat} = 2 \times 10^6$ , $\sigma_O = 70\% f_{pk}$ )	$\Delta\sigma_{p,fat}$	N/mm <sup>2</sup>	190	190
Relaxation à 1000 h, 20° C, 0.70 $f_{pk}$		%	max. 2.5	max 2.5
Poids		kg/m	0.79	1.18

### 1.2 Protection contre la corrosion

En adéquation avec les normes SIA 267 et 267/1, les tirants VSL se répartissent dans les trois catégories de protection contre la corrosion définies ci-dessous et nommées Protection Levels PL:

- **PL 1:** Pas de protection spéciale pour les tirants ayant une durée d'utilisation inférieure à 6 mois et dont la défaillance aurait des conséquences minimales et ne nuirait pas à la sécurité publique.
- **PL 2:** Protection limitée pour les tirants temporaires dont la durée d'utilisation ne dépasse pas 2 ans. Les tirants temporaires mis en place en milieu agressif seront pourvus d'une protection contre la corrosion de degré PL3.
- **PL 3:** Protection poussée pour tous les tirants permanents dont la durée d'utilisation est supérieure à 2 ans et pour les tirants temporaires mis en place en milieu agressif et/ou soumis à un niveau critique de courants vagabonds.

### 1.3 Bases de dimensionnement

Les frettes font partie intégrante du système de tirants VSL et reprennent les forces de traction transversales de la zone d'ancrage. Toutes les autres forces agissant dans les zones de diffusion (p. ex. les efforts d'éclatement) sont par principe à traiter et à contrôler par l'auteur du projet sur la base des normes en vigueur (voir SIA 162, chiffre 4.1.5.1.7).

## 1.4 Tableau des forces et unités de la tête des tirants

Torons 0.5",  $A_p = 100\text{mm}^2$ ,  $f_{pk} = 1860\text{ N/mm}^2$ , ( $P_{pk} = 186\text{ kN}$ )

**Y 1860S7-12.9**

Force de rupture	Force à la limite élastique	Force de blocage	Force d'épreuve lors d'épreuves de mise en tension	Force d'épreuve lors d'essais de traction	Poids des torons	Section d'acier	Nombre de torons	Unité de la tête d'ancrage
$P_{pk} = A_p \times f_{pk}$ [kN]	$P_{p0,1k} = A_p \times f_{p0,1k}$ [kN]	$P_0 \leq 0.6 \times P_{pk}$ [kN]	$P_p \leq 0.75 \times P_{pk}$ [kN]	$P_{pv} \leq 0.95 \times P_{p0,1k}$ [kN]	[kg/m]	$A_p$ [mm <sup>2</sup> ]		
372	320	<b>223</b>	279	304	1.6	200	2	5-3
558	480	<b>335</b>	419	456	2.4	300	3	
744	640	<b>446</b>	558	608	3.1	400	4	5-4
930	800	<b>558</b>	698	760	3.9	500	5	5-7
1'116	960	<b>670</b>	837	912	4.7	600	6	
1'302	1'120	<b>781</b>	977	1'064	5.5	700	7	5-7
1'488	1'280	<b>893</b>	1'116	1'216	6.3	800	8	5-12
1'674	1'440	<b>1'004</b>	1'256	1'368	7.1	900	9	
1'860	1'600	<b>1'116</b>	1'395	1'520	7.9	1'000	10	
2'046	1'760	<b>1'228</b>	1'535	1'672	8.6	1'100	11	5-12
2'232	1'920	<b>1'339</b>	1'674	1'824	9.4	1'200	12	
2'418	2'080	<b>1'451</b>	1'814	1'976	10.2	1'300	13	5-19
2'604	2'240	<b>1'562</b>	1'953	2'128	11.0	1'400	14	
2'790	2'400	<b>1'674</b>	2'093	2'280	11.8	1'500	15	
2'976	2'560	<b>1'786</b>	2'232	2'432	12.6	1'600	16	
3'162	2'720	<b>1'897</b>	2'372	2'584	13.3	1'700	17	
3'348	2'880	<b>2'009</b>	2'511	2'736	14.1	1'800	18	
3'534	3'040	<b>2'120</b>	2'651	2'888	14.9	1'900	19	5-19

Remarque concernant les tirants extractibles (Page 5 en bas):

- L'agrément se rapporte à l'utilisation de tirants extractibles avant achèvement des travaux. L'extractibilité en tant que tel n'est pas l'objet de l'agrément.
- Le dimensionnement s'effectue avec  $A_p$ , le calcul de l'allongement de la longueur libre avec  $A_p$ .

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

**Y 1860S7-15.7**

Force de rupture	Force à la limite élastique	Force de blocage	Force d'épreuve lors d'épreuves de mise en tension	Force d'épreuve lors d'essais de traction	Poids des torons	Section d'acier	Nombre de torons	Unité de la tête d'ancrage
$P_{pk} = A_p \times f_{pk}$ [kN]	$P_{p0,1k} = A_p \times f_{p0,1k}$ [kN]	$P_0 \leq 0.6 \times P_{pk}$ [kN]	$P_p \leq 0.75 \times P_{pk}$ [kN]	$P_{pv} \leq 0.95 \times P_{p0,1k}$ [kN]	[kg/m]	$A_p$ [mm <sup>2</sup> ]		
3627	3120	<b>2176</b>	2720	2964	15.3	1950	13	6-19
3906	3360	<b>2344</b>	2930	3192	16.5	2100	14	
4185	3600	<b>2511</b>	3139	3420	17.7	2250	15	
4464	3840	<b>2678</b>	3348	3648	18.9	2400	16	
4743	4080	<b>2846</b>	3557	3876	20.1	2550	17	
5022	4320	<b>3013</b>	3767	4104	21.2	2700	18	
5301	4560	<b>3181</b>	3976	4332	22.4	2850	19	6-19
5580	4800	<b>3348</b>	4185	4560	23.6	3000	20	6-22
5859	5040	<b>3515</b>	4394	4788	24.8	3150	21	6-22
6138	5280	<b>3683</b>	4604	5016	26.0	3300	22	
6417	5520	<b>3850</b>	4813	5244	27.1	3450	23	6-27
6696	5760	<b>4018</b>	5022	5472	28.3	3600	24	
6975	6000	<b>4185</b>	5231	5700	29.5	3750	25	
7254	6240	<b>4352</b>	5441	5928	30.7	3900	26	
7533	6480	<b>4520</b>	5650	6156	31.9	4050	27	

Tirants VSL extractibles

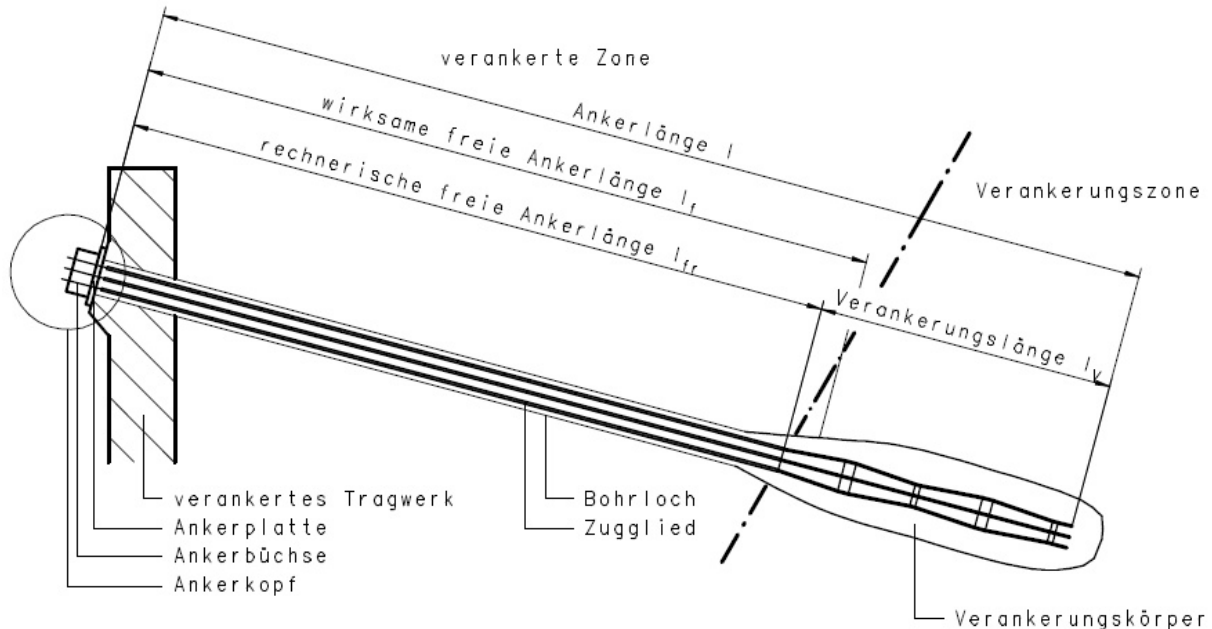
Torons 0.6",  $A_p = 150\text{mm}^2$ ,  $f_{pk} = 1860\text{ N/mm}^2$ , section effective  $A_{p'} = 107.14\text{ mm}^2$

Force de rupture	Force à la limite élastique	Force de blocage	Force d'épreuve lors d'épreuves de mise en tension	Force d'épreuve lors d'essais de traction	Poids des torons	Section d'acier	Section d'acier effective	Nombre de torons	Unité de la tête d'ancrage
$P_{pk} = A_p \times f_{pk}$ [kN]	$P_{p0,1k} = A_p \times f_{p0,1k}$ [kN]	$P_0 \leq 0.6 \times P_{pk}$ [kN]	$P_p \leq 0.75 \times P_{pk}$ [kN]	$P_{pv} \leq 0.95 \times P_{p0,1k}$ [kN]	[kg/m]	$A_p$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{p'}$ [mm <sup>2</sup> ]		
399	343	<b>239</b>	299	326	2.4	300	214	2	6-2
598	514	<b>359</b>	448	489	3.5	450	321	3	6-3
797	686	<b>478</b>	598	651	4.7	600	429	4	6-4
996	857	<b>598</b>	747	814	5.9	750	536	5	6-7
1196	1029	<b>717</b>	897	977	7.1	900	643	6	
1395	1200	<b>837</b>	1046	1140	8.3	1050	750	7	6-7
1594	1371	<b>957</b>	1196	1303	9.4	1200	857	8	6-12
1794	1543	<b>1076</b>	1345	1466	10.6	1350	964	9	
1993	1714	<b>1196</b>	1495	1629	11.8	1500	1071	10	
2192	1886	<b>1315</b>	1644	1791	13.0	1650	1179	11	
2391	2057	<b>1435</b>	1794	1954	14.2	1800	1286	12	

Voir également la remarque en page 4

## 1.5 Structure générale d'un tirant précontraint

La structure générale d'un tirant précontraint ainsi que les désignations importantes sont illustrées dans la figure ci-dessous. Les désignations sont définies aux chapitres 1.1 et 1.2 de la SIA 267.



Sans indication contraire, le terme tirant s'applique aussi bien aux tirants en terrain meuble (corps d'ancrage dans un sol meuble) qu'à ceux en rocher (corps d'ancrage en roches cohérentes/rocher). Les tirants peuvent être aussi bien inclinés vers le bas que vers le haut sauf que les tirants inclinés vers le haut ne peuvent être mis en place que dans des terrains rocheux ou dans la roche.

## 1.6 Réinjection

Suivant la nature des sols, des tirants de même type peuvent présenter des résistances ultimes différentes. Dans la plupart des cas, cette résistance peut être améliorée en effectuant une réinjection. Les tirants VSL peuvent être équipés des différents systèmes de réinjection mentionnés ci-dessous :

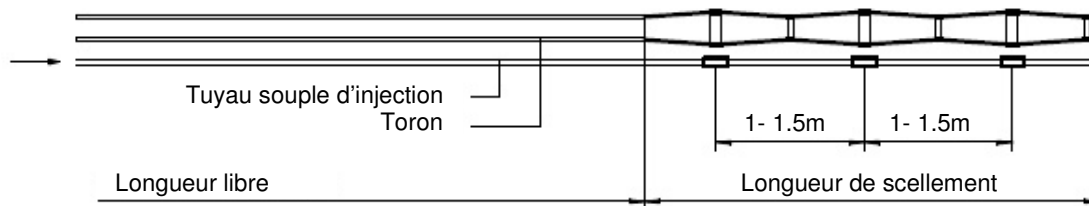
- Réinjection simple
- Réinjection répétée avec conduite de retour
- Plusieurs systèmes (2-3) de réinjection simple avec manchettes décalées
- Réinjection par passes avec obturateur double

Les tubes d'injection et de réinjection utilisés dans les systèmes de réinjection simple et répétée ont un diamètre intérieur resp. extérieur de  $\varnothing_i / \varnothing_a = 12 / 16$  mm.



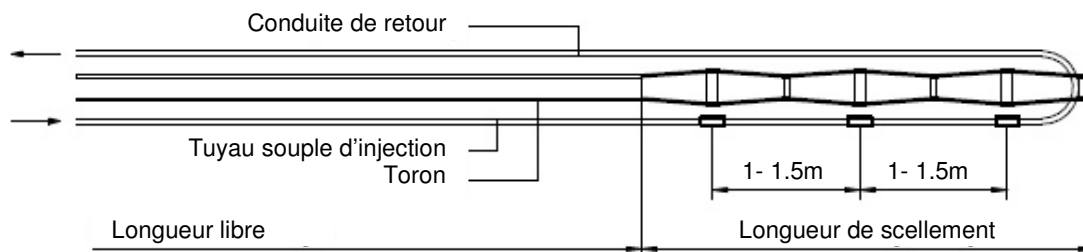
### Réinjection simple

Un tuyau souple d'injection équipé de manchettes sur la longueur de scellement permet en principe une seule réinjection. Jusqu'à une longueur libre de 12 m, ce système peut également être réutilisé plusieurs fois après un rinçage soigné.



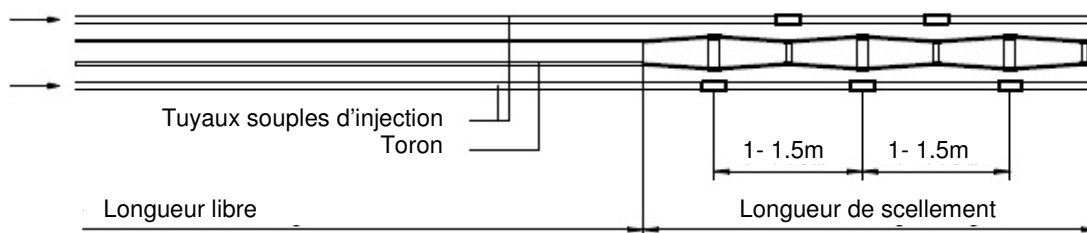
### Réinjection répétée avec conduite de retour

Le tube de réinjection avec manchettes dans la zone de scellement est prolongé par une conduite de retour permettant, après réinjection, d'évacuer le coulis d'injection encore liquide. Ce procédé permet de réaliser plusieurs réinjections.



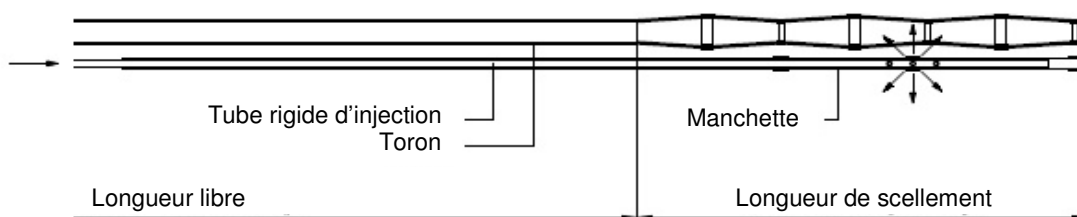
### Plusieurs systèmes de réinjection simple avec manchettes décalées

Deux ou trois tubes de réinjection simple avec manchettes décalées dans la zone de scellement permettent un nombre équivalent de réinjections simples. Jusqu'à une longueur libre de 12 m, ce système peut également être réutilisé plusieurs fois après un nettoyage soigné des tubes.



### Réinjection par passes avec double obturateur

Un piston à deux obturateurs coulissant à l'intérieur du tube d'injection (normalement en acier) permet de réaliser des réinjections ciblées au droit de chaque manchette. La difficulté réside dans le fait que ce système doit être assemblé sur chantier en raison du tube d'injection rigide et qu'il nécessite une augmentation du diamètre de forage.



## 2. Tirants VSL temporaires (PL 1 et PL 2)

### 2.1 Généralités

Les tirants temporaires VSL faisant partie des catégories de protection contre la corrosion PL1 et PL2 sont constitués sur leur longueur libre de torons graissés et gainés individuellement d'un tube en polyéthylène PE (monotorons). Dans la zone de scellement, les torons nus sont légèrement écartés au moyen d'écarteurs (écartement forcé) de façon à assurer une répartition optimale de la force. De plus, pour les tirants avec PL2, cette zone est pourvue de distanceurs garantissant un recouvrement de coulis de ciment de 20 mm.

**Tirant de l'ouvrage:** La tête du tirant est constituée des éléments standards, tête d'ancrage et plaque d'appui à fente. Dans le cas d'appui sur béton elle est en règle générale également constituée du manchon de réservation et de la frette.  
Pour les tirants de la catégorie de protection PL2, les parties du tirant exposées aux intempéries sont protégées par application superficielle de produits adéquats.

**Tirant de mesure:** Le tirant devient un tirant de mesure par la mise en place d'une cale dynamométrique électrique entre la tête d'ancrage et la plaque d'appui.

**Tirant de contrôle:** Aussi longtemps que les surlongueurs des torons ne sont pas coupées après la mise en tension, chaque tirant peut être utilisé comme tirant de contrôle. La vérification de la force se fait par décollement de la tête d'ancrage au moyen du vérin de mise en tension. Une variante consiste à installer une tête d'ancrage filetée (contrôle de la force à l'aide d'un vérin de mesure hydraulique (vérin ambulante)).

Tous les tirants VSL temporaires peuvent être équipés des systèmes de réinjection mentionnés au chapitre 1.6.

Les têtes d'ancrage pour tirants temporaires peuvent s'appuyer par exemple sur du béton, sur des longrines métalliques (éventuellement avec coins métalliques) et sur des plaques de base (avec coins métalliques).

**Moment de la mise en tension:** Les dimensions des plaques d'ancrage et des frettes données aux chapitres 2.4 et 2.5 sont valables pour une résistance minimale du béton sur cube de  $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$  au moment de l'application de la force d'épreuve  $P_p$  lors d'épreuves de mise en tension resp.  $P_{pv}$  lors d'essais de traction et pour les diamètres des manchons de réservation indiqués (appui sur béton) respectivement pour les espacements maximaux indiqués entre longrines ou coins métalliques (appui sur longrines ou coins métalliques).

## 2.2 Diamètre des tirants et trous de forage des tirants VSL temporaires (PL 1 et PL 2)

Diamètre des tirants pour tirants PL 1 et PL 2

Unité de la tête d'ancrage	Nombre de torons	Diamètre maximum du tirant <sup>1)</sup> (avec ou sans réinjection)	
		PL 1 <sup>2)</sup> [mm]	PL 2 (avec écarteurs) [mm]
5-3	2	48 / 64	86
	3	48 / 64	86
5-4	4	48 / 64	86
5-7 	5	48 / 64	86
	6	48 / 64	86
5-7	7	64 / 64	86
5-12 	8	71 / 71	90
	9	64 / 80	99
	10	80 / 80	99
	11	74 / 74	109
5-12	12	74 / 74	109
5-19 	13	74 / 90	109
	14	90 / 90	109
	15	84 / 84	119
	16	84 / 84	119
	17	84 / 84	119
	18	84 / 84	119
	19	84 / 100	119

Diamètre des tirants pour tirants extractibles

Unité de la tête d'ancrage	Nombre de torons	Diamètre maximum du tirant <sup>1)</sup> PL 1 et PL 2 (avec réinjection) [mm]
6-2	2	90
6-3	3	90
6-4	4	90
6-7 	5	90
	6	100
6-7	7	100
6-12 	8	130
	9	130
	10	140
	11	140
	12	140

- 1) Les valeurs données ci-dessus ne s'appliquent pas aux tirants inclinés vers le haut et aux tirants avec réinjection par passes; valeurs sur demande
- 2) Première valeur dans le cas de réinjection simple, deuxième valeur dans le cas de réinjection répétée et deux systèmes simples.
- 3) Pour tirant à chaussette, diamètre du tirant sur demande

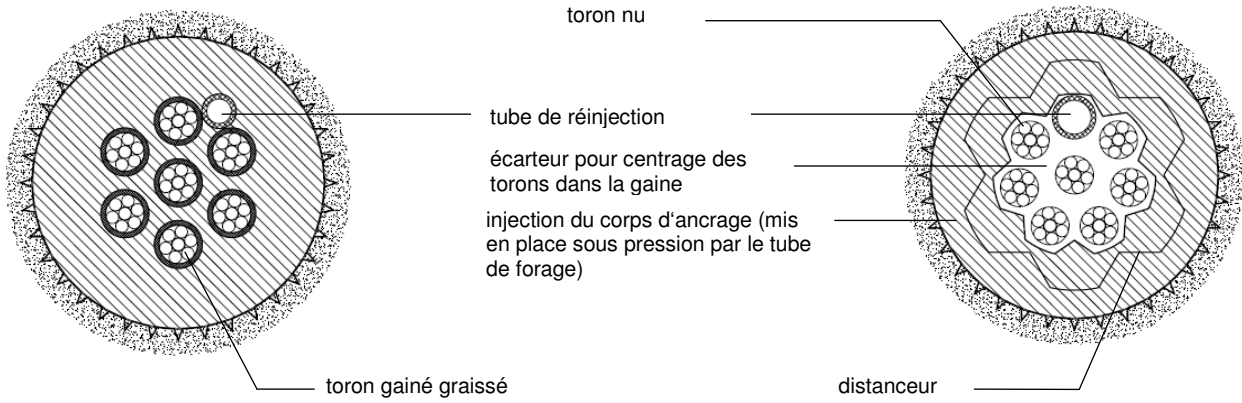
Remarque: Le diamètre de forage (méthode d'exécution de tirants sans tubage) respectivement le diamètre intérieur du tubage (méthode d'exécution de tirants avec tubage) doit être supérieur d'au moins 20 mm au diamètre maximum du tirant pour permettre une mise en place aisée de celui-ci.

## 2.3 Sections

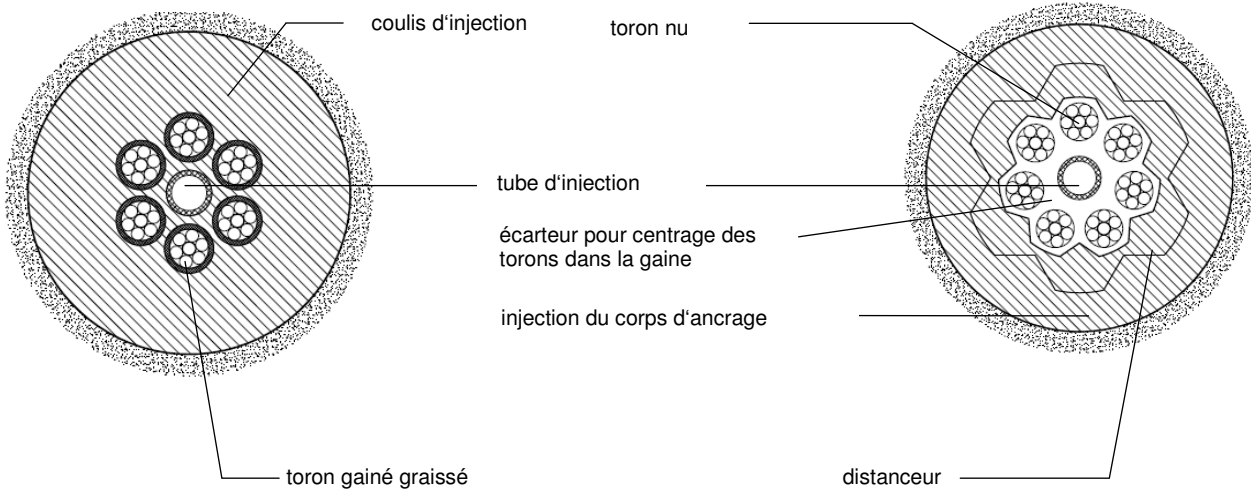
### Longueur libre ( $l_{fr}$ )

### Longueur de scellement ( $l_v$ )

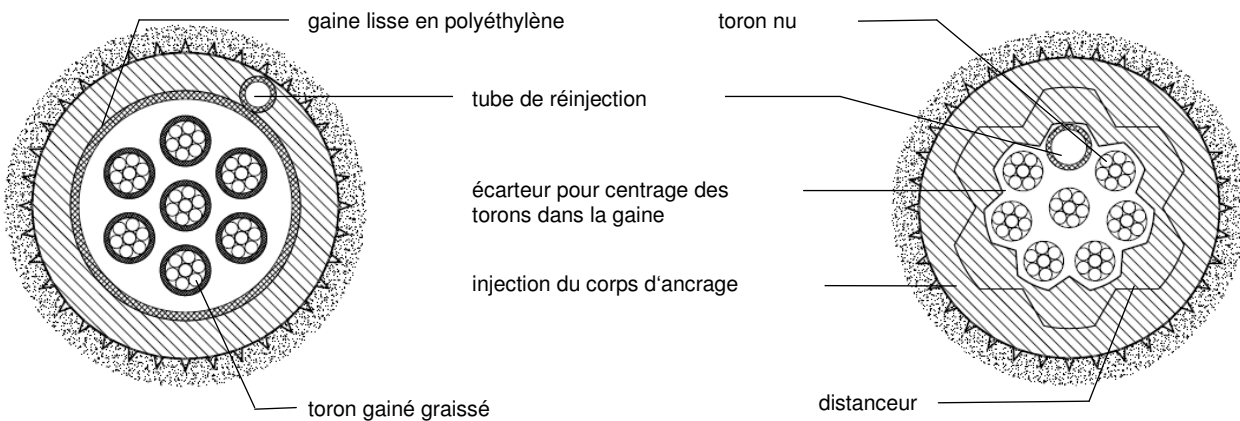
#### Tirant en terrain meuble:



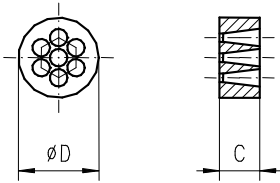
#### Tirant en rocher:



#### Tirant extractible:

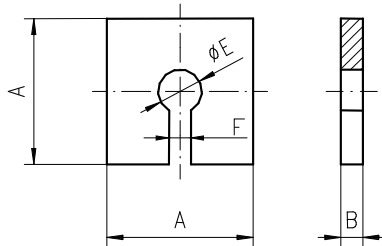


## 2.4 Eléments standards des tirants VSL temporaires (PL 1 et PL 2)



Tête d'ancrage

L'ancrage de l'armature de traction est normalement réalisé avec une tête d'ancrage type E.



Plaque d'appui à fente

En règle générale, les plaques d'ancrage VSL sont fendues. Elles sont entre autre utilisées pour les ancrages sur longrines, sur béton et sur appuis constitués de coins métalliques et éventuellement plaques de base. Dans le cas d'un appui sur béton (lit de mortier) la plaque d'appui à fente permet de détendre le tirant, après recépage des surlongueurs de torons, en coupant les torons derrière la tête au moyen d'un chalumeau. En outre, la fente permet une installation simplifiée des tubes de réinjection.

Mesure de la force, mise en tension:

Le fait de laisser les surlongueurs permet d'effectuer un contrôle de la force par décollement de la tête à l'aide du vérin de mise en tension. La mise en place d'une cale dynamométrique électrique entre la tête et la plaque d'appui fait du tirant un tirant de mesure.

Dimensions pour les ancrages (pour tirants PL 1 et PL 2)

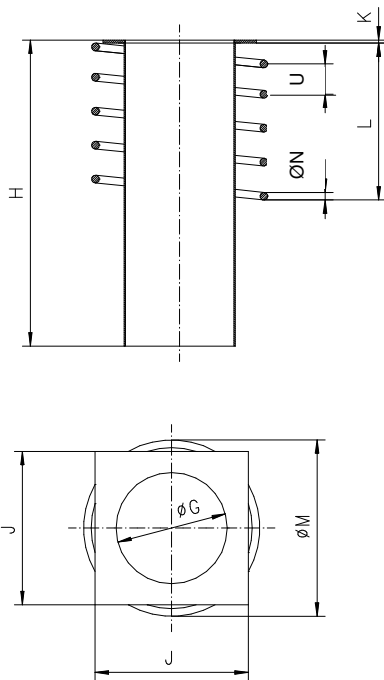
Dimensions pour les ancrages des tirants extractibles

		5-3	5-4	5-7	5-12	5-19	6-2	6-3	6-4	6-7	6-12
Plaque d'appui à fente	A	190	220	250	300	350	190	220	230	290	350
	B	35	40	40	45	45	35	40	40	45	50
	ØE	50	56	74	104	135	50	56	64	84	118
	F	30	30	35	40	40	30	30	30	35	40
Tête d'ancrage	C	50	50	55	60	75	50	50	55	60	75
	ØD	90	95	110	150	180	90	95	110	135	170
Espacement longrines resp. coins métalliques	S <sub>max</sub>	120	120	120	150	150	120	120	120	150	150
	S <sub>min</sub>	50	56	74	104	135	50	56	64	84	118

Dimensions en mm

Résistance minimale du béton sur cube lors de la mise en tension à P<sub>p</sub> resp. P<sub>pv</sub>: f<sub>ck,cube</sub> = 30 N/mm<sup>2</sup>

## 2.5 Options pour les tirants standards selon 2.4



### Manchon de réservation et frette

La pose dans la structure à ancrer d'un manchon de réservation permet d'éviter de devoir forer à travers le béton et les armatures. Le manchon sert de passage aux tiges de forage et la tôle d'appui garantit un positionnement perpendiculaire de la plaque d'appui. La frette reprend les forces d'éclatement se développant dans la zone d'ancrage (voir précisions au chapitre 1.3, page 3).

Les dimensions de la plaque d'ancrage et de la tête d'ancrage correspondent à celles données sous 2.4.

		5-3	5-4	5-7	5-12	5-19	6-2	6-3	6-4	6-7	6-12
Manchon de réservation	ØG (intérieur)	145	145	145	145	180	145	145	145	145	180
	H	400	400	400	400	550	400	400	400	400	550
Tôle d'appui	J	230	260	280	330	420	230	260	280	330	420
	K	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Frette	L	225	225	250	350	400	225	225	250	350	400
	ØM	230	230	255	340	410	230	230	255	340	410
	ØN	10	10	16	16	16	10	10	16	16	16
	U	45	45	50	50	50	45	45	50	50	50
Entraxe minimal	$X_{A, \min}$	260	260	285	370	440	260	260	275	360	450

Dimensions en mm

Distance aux bords minimale: voir ch. 4.3 page 21

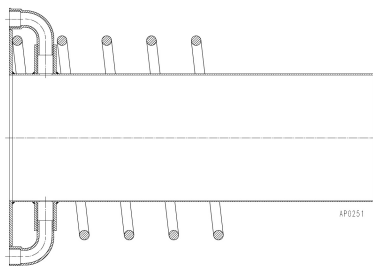
Résistance minimale du béton sur cube lors de la mise en tension à  $P_p$  resp.  $P_{pv}$ :  $f_{ck, \text{cube}} = 30 \text{ N/mm}^2$

### 3. Tirants VSL permanents (PL 3)

#### 3.1 Généralités

Les tirants VSL permanents (catégorie de protection contre la corrosion PL3) sont constitués sur la longueur libre de torons graissés et gainés individuellement d'un tube PE (monotorons). Ces derniers sont en plus entourés d'un tube PE à paroi lisse. Dans la zone de scellement, les torons nus maintenus centrés au moyen d'écarteurs sont entourés d'une gaine ondulée en PE. Les écarteurs assurent le centrage du tirant dans le forage ainsi qu'un recouvrement minimum (injection extérieure). Un capot de protection ferme le pied du tirant.

L'espace entre les torons et la gaine (lisse resp. ondulée) est rempli complètement au moyen d'une suspension de ciment. Le dernier mètre de longueur libre doit être débarrassé par rinçage de tout reste de coulis d'injection. Dans la zone d'ancrage, l'espace annulaire entre les manchons intérieur et extérieur est également injecté au coulis de ciment. Ce coulis d'injection est préparé conformément aux exigences de la norme SN EN 447. En outre, le vide à l'intérieur du manchon intérieur est rempli avec un produit de protection contre la corrosion. Les éléments d'ancrage exposés aux intempéries sont protégés par un enduit. Une plaque isolante placée entre la plaque d'appui et la tête d'ancrage assure l'isolation électrique entre l'ouvrage et le tirant.



Le manchon extérieur et la frette sont incorporés dans la partie d'ouvrage devant être ancrée. Ce faisant, le manchon extérieur sert également de passage pour les outils de forage. La tôle d'appui fixée au manchon extérieur garantit un positionnement exact de la plaque d'appui, perpendiculairement à l'axe du tirant.

S'il n'est pas possible pour des raisons pratiques de mettre en place un manchon extérieur avec frette, l'introduction de la force doit être assurée au moyen d'une plaque de base (plaque de répartition). Les dimensions de cette dernière dépendent de la qualité du béton et du diamètre du trou de forage. Elles sont déterminées par l'auteur du projet en fonction des normes applicables. Sur demande, les ingénieurs de VSL peuvent fournir des indications. Les valeurs suivantes s'appliquent aux cas fréquents :

**Plaques de base** (pour mise en tension à  $P_p$  resp.  $P_{pv}$  avec  $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$ ):

Type de tirant	5-3	5-4	5-7	5-12	5-19
Dimensions: AxA [mm]	240x240	270x270	340x340	430x430	530x530
Epaisseur: B [mm]	10	20	30	35	45
Ø Trou de forage max. [mm]	145	145	165	200	200

Tous les tirants permanents VSL peuvent être équipés des systèmes de réinjection mentionnés à la section 1.6.

Les dimensions des plaques d'appui et des frettes données dans les sections 3.4 à 3.8 pour les différents types de têtes de tirants sont valables pour une résistance minimale à la compression sur cube de  $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$  lors d'une mise en tension du tirant à la force d'épreuve  $P_p$  resp.  $P_{pv}$ .

### 3.2 Diamètres des tirants, gaines et trous de forage des tirants VSL permanents (PL 3)

Tirants avec torons de 0.5"

Unité de la tête d'ancrage	Nombre de torons	Gaine PE lisse	Gaine PE ondulée	Diamètre maximum du tirant pour PL 3 <sup>1)</sup>		
				Tirant en terrain meuble sans réinjection	Tirant en terrain meuble avec réinjection / tirant en rocher sans réinjection	Tirant en rocher avec réinjection
		$\varnothing_i / \varnothing_a$	$\varnothing_i / \varnothing_a$	[mm]	[mm]	[mm]
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
5-3	2	50 / 56	50 / 60	85	90	95
	3	50 / 56	50 / 60	85	90	95
5-4	4	50 / 56	50 / 60	85	90	95
5-7	5	57 / 63	60 / 70	95	100	105
	6	57 / 63	60 / 70	95	100	105
5-7	7	57 / 63	60 / 70	95	100	105
5-12	8	67 / 75	75 / 85	110	115	120
	9	67 / 75	75 / 85	110	115	120
	10	80 / 90	80 / 90	115	120	125
	11	80 / 90	80 / 90	115	120	125
5-12	12	80 / 90	80 / 90	115	120	125
5-19	13	90 / 100	90 / 100	125	130	135
	14	90 / 100	90 / 100	125	130	135
	15	90 / 100	90 / 100	125	130	135
	16	90 / 100	90 / 100	125	130	135
	17	90 / 100	90 / 100	125	130	135
	18	90 / 100	90 / 100	125	130	135
5-19	19	90 / 100	90 / 100	125	130	135

Tirants avec torons de 0.6"

Unité de la tête d'ancrage	Nombre de torons	Gaine PE lisse	Gaine PE ondulée	Diamètre maximum du tirant pour PL 3 <sup>1)</sup>		
				Tirant en terrain meuble sans réinjection	Tirant en terrain meuble avec réinjection / tirant en rocher sans réinjection	Tirant en rocher avec réinjection
		$\varnothing / \varnothing_a$	$\varnothing_i / \varnothing_a$	[mm]	[mm]	[mm]
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
6-19	13	115 / 125	115 / 125	150	155	160
	14	115 / 125	115 / 125	150	155	160
	15	115 / 125	115 / 125	150	155	160
	16	115 / 125	115 / 125	150	155	160
	17	115 / 125	115 / 125	150	155	160
	18	115 / 125	115 / 125	150	155	160
6-19	19	115 / 125	115 / 125	150	155	160
6-22	20	115 / 125	115 / 125	150	155	160
6-22	21	115 / 125	115 / 125	150	155	160
	22	131 / 140	150 / 170	175	200	205
6-27	23	131 / 140	150 / 170	175	200	205
	24	131 / 140	150 / 170	175	200	205
	25	131 / 140	150 / 170	175	200	205
	26	131 / 140	150 / 170	175	200	205
	6-27	27	131 / 140	150 / 170	175	200

1) Les valeurs spécifiées ne s'appliquent pas aux tirants inclinés vers le haut et aux tirants avec réinjection par passes; valeurs sur demande

Remarque: Pour permettre une mise en place aisée du tirant, choisir le diamètre de forage resp. le diamètre intérieur du tubage au min. 20 mm plus grand que le diamètre indiqué pour le tirant.

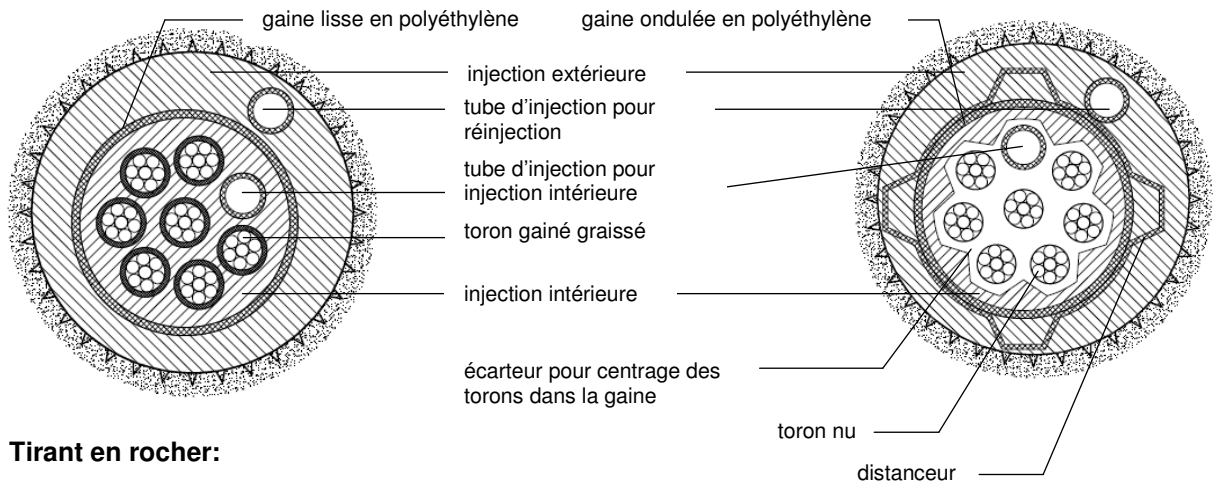


### 3.3 Sections

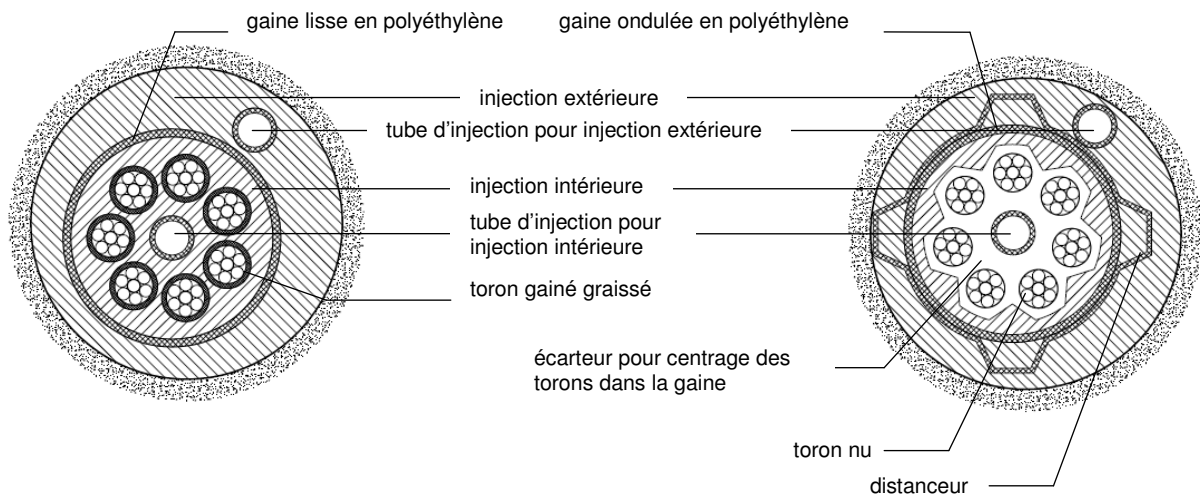
#### Longueur libre ( $l_{fr}$ )

#### Longueur de scellement ( $l_v$ )

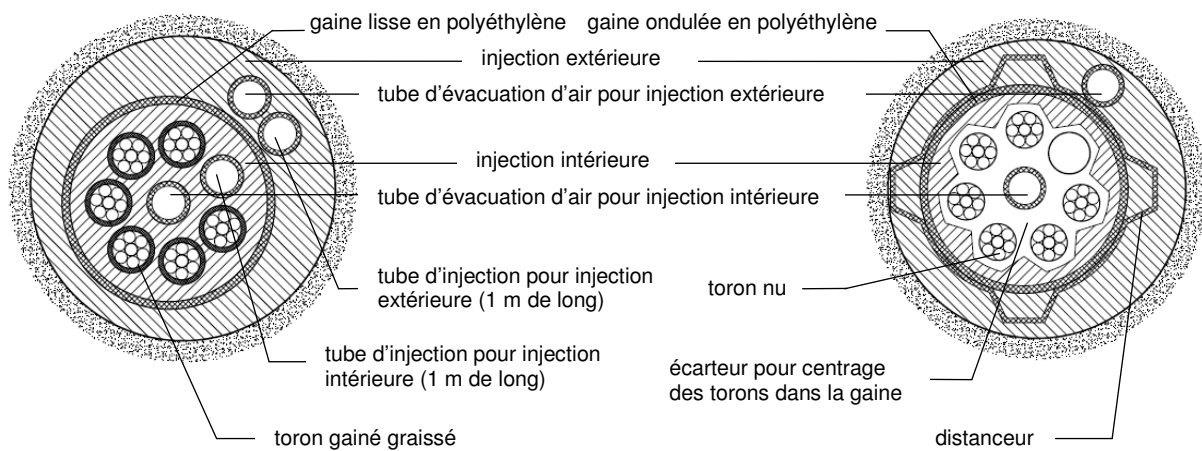
##### Tirant en terrain meuble:



##### Tirant en rocher:



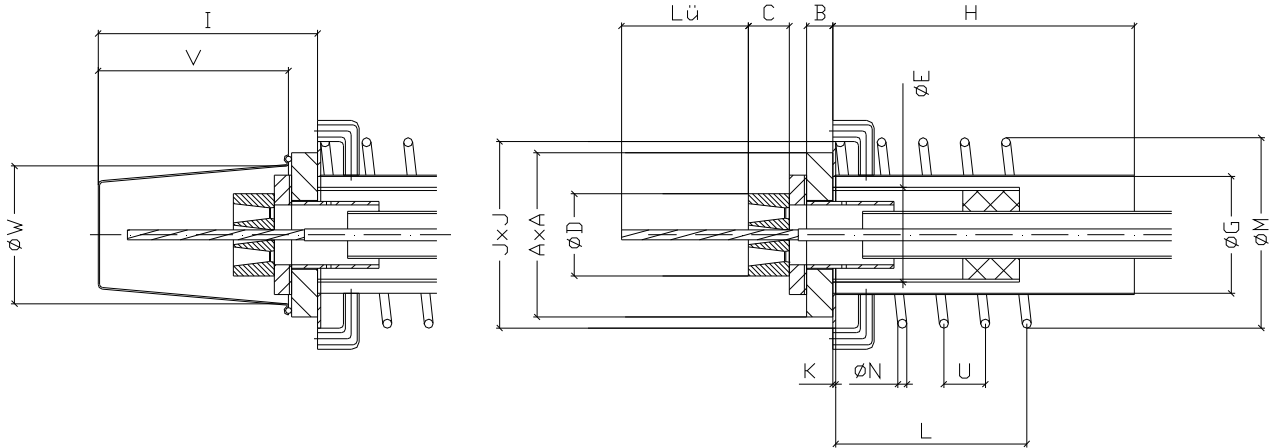
##### Tirant en rocher incliné vers le haut:



### 3.4 Tête de tirant VSL type EF

La tête de tirant type EF constitue le type de tête standard. Elle peut être visible ou bétonnée. Dans le cas où la tête est bétonnée, le capot de protection est rempli de graisse anticorrosive avant bétonnage de la niche. Dans le cas de tête visible, les éléments du tirant sont protégés contre la corrosion par un enduit hydrofuge et résistant aux variations de température et le capot de protection est muni d'un trou d'aération. En conséquence le capot de protection n'est pas injecté.

Une surlongueur minimale permet un contrôle de la force au moyen d'un vérin de mise en tension.



Dimensions de la tête de tirant type EF

		5-3	5-4	5-7	5-12	5-19	6-19	6-22	6-27
Plaque d'appui	A	200	200	230	300	350	410	450	500
	B	30	30	35	45	50	60	60	65
Tête d'ancrage	C	50	50	55	60	75	95	100	110
	ØD	90	95	110	150	180	200	220	240
Manchon intérieur	ØE (extérieur)	114	114	127	152	159	194	194	219
Manchon extérieur	ØG (intérieur)	145	145	165	200	200	225	260	260
	H	400	400	450	550	700	700	700	700
	J	230	230	270	350	400	460	490	550
	K	4	4	4	4	4	4	4	4
Frette	L	225	225	250	350	400	450	495	550
	ØM	230	230	255	340	410	495	535	595
	ØN	10	10	16	16	16	18	20	20
	U	45	45	50	50	50	50	55	55
Capot de protection	V	260	260	260	260	300	350	565	565
	ØW	135	135	185	220	260	345	350	350
Hauteur de la tête de tirant	I	290	290	295	305	350	410	625	630
Surlongueur des torons	Lü	160	160	160	160	180	200	210	220
Entraxe min.	$X_{A, \min}^1$	260	260	285	370	440	525	575	625

Dimensions en mm. / Distance aux bords minimale: voir 4.3 page 21

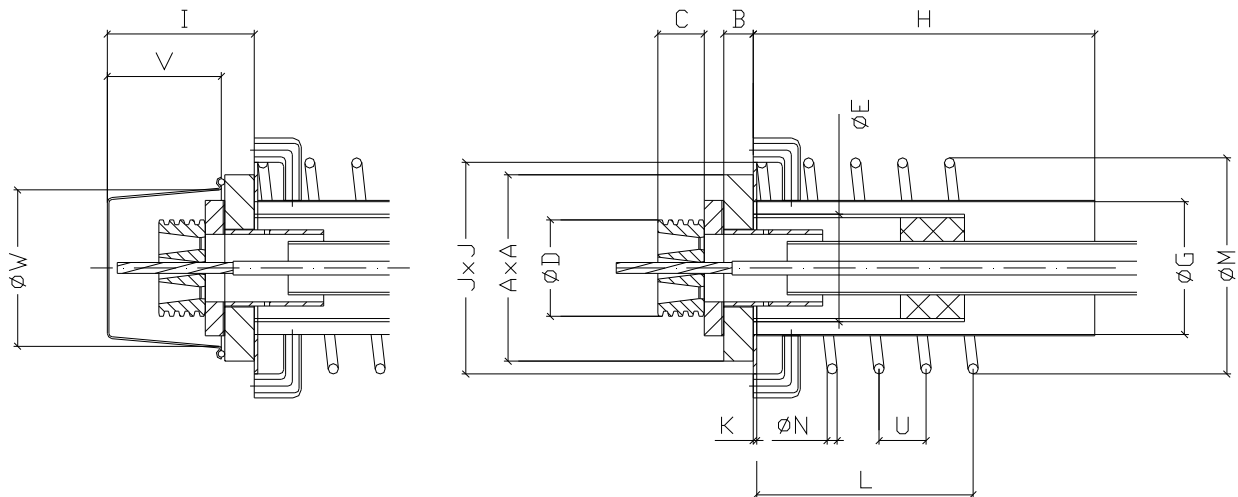
Résistance minimale à la compression sur cube pour une mise en tension à  $P_p$  resp.  $P_{pv}$ :  $f_{ck, \text{cube}} = 30 \text{ N/mm}^2$

<sup>1</sup>: Vérifier également qu'il n'y a pas de conflit dans le sens vertical avec les raccords d'injection

### 3.5 Tête de tirant VSL type EG

La tête de tirant type EG pour tirant de contrôle permet de surveiller périodiquement la force de précontrainte au moyen d'un vérin hydraulique de mesure (vérin ambulant VSL). Elle est semblable à la tête du type EF si ce n'est que sa tête d'ancrage est pourvue d'un filetage extérieur. Pour un réglage fin de la force du tirant, utiliser la tête de tirant type ER.

**La recharge du tirant** à l'aide de cales d'appui est possible dans certaines limites. Lorsque ces éléments sont incorporés au montage, la force peut être réduite d'autant.



Dimensions de la tête de tirant type EG

		5-3	5-4	5-7	5-12	5-19	6-19	6-22	6-27
Plaque d'appui	A	200	200	230	300	350	410	450	500
	B	30	30	35	45	50	60	60	65
Tête d'ancrage	C	50	50	55	60	75	95	100	110
	ØD	90	95	114	150	180	210	230	255
Manchon intérieur	ØE (extérieur)	114	114	127	152	159	194	194	219
Manchon extérieur	ØG (intérieur)	145	145	165	200	200	225	260	260
	H	400	400	450	550	700	700	700	700
	J	230	230	270	350	400	460	490	550
	K	4	4	4	4	4	4	4	4
Frette	L	225	225	250	350	400	450	495	550
	ØM	230	230	255	340	410	495	535	595
	ØN	10	10	16	16	16	18	20	20
	U	45	45	50	50	50	50	55	55
Capot de protection	V	130	130	140	145	145	205	220	235
	ØW	135	135	185	220	260	345	350	350
Hauteur de la tête de tirant	I	160	160	175	190	195	265	280	300
Entraxe min.	$X_{A, \min}^1$	260	260	285	370	440	525	575	625

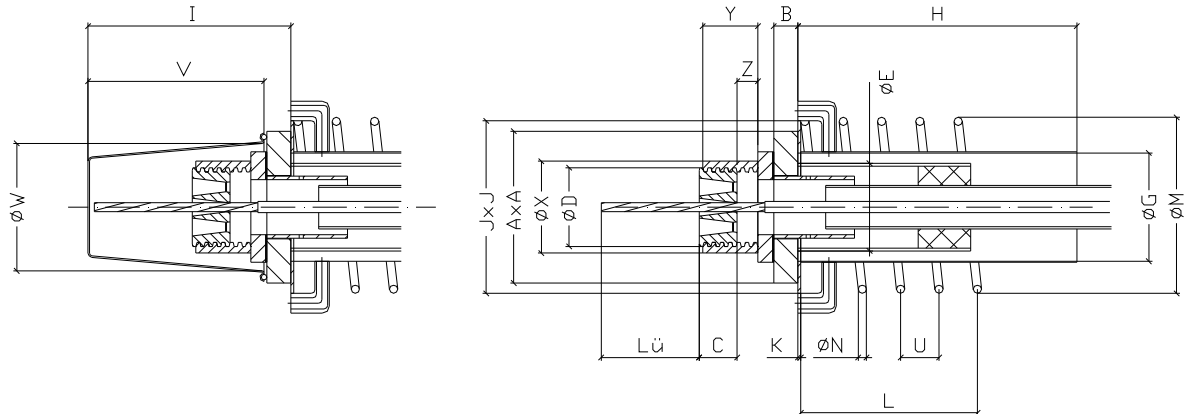
Dimensions en mm. / Distance aux bords minimale: voir 4.3 page 21

Résistance minimale à la compression sur cube pour une mise en tension à  $P_p$  resp.  $P_{pv}$ :  $f_{ck, \text{cube}} = 30 \text{ N/mm}^2$

)<sup>1</sup>: Vérifier également qu'il n'y a pas de conflit dans le sens vertical avec les raccords d'injection

### 3.6 Tête de tirant VSL type ER

La tête de tirant type ER permet un réglage de la force d'ancrage (recharge ou décharge de la valeur Z). Elle est semblable à la tête du type EF, si ce n'est qu'elle comporte une tête d'ancrage fileté et un écrou annulaire. La surlongueur des torons est nécessaire pour le contrôle de la force ou l'ajustement de la force d'ancrage au moyen d'un vérin de mise en tension.



Dimensions de la tête de tirant type ER

		5-3	5-4	5-7	5-12	5-19	6-19	6-22	6-27
Plaque d'appui	A	200	200	230	300	350	410	450	500
	B	30	30	35	45	50	60	60	65
Tête d'ancrage	C	50	50	55	60	75	95	100	115
	ØD	90	95	114	150	180	210	230	255
Ecran annulaire	ØX	108	114	140	178	219	254	279	316
	Y	75	80	90	100	115	130	135	150
Plage de réglage (total)	Z	40	40	40	40	40	40	40	40
Manchon intérieur	ØE (extérieur)	114	114	127	165	159	194	194	219
	ØG (intérieur)	145	145	165	200	200	225	260	260
Manchon extérieur	H	400	400	450	550	700	700	700	700
	J	230	230	270	350	400	460	490	550
	K	4	4	4	4	4	4	4	4
	L	225	225	250	350	400	450	495	550
Frette	ØM	230	230	255	340	410	495	535	595
	ØN	10	10	16	16	16	18	20	20
	U	45	45	50	50	50	50	55	55
	V	260	260	260	260	300	350	565	565
Capot de protection	ØW	135	135	185	220	260	345	350	350
	I	290	290	295	305	350	410	625	630
Surlongueur des torons	Lü	160	160	160	160	180	200	210	220
Entraxe min.	$X_{A, \min}^1$	260	260	285	370	440	525	575	625

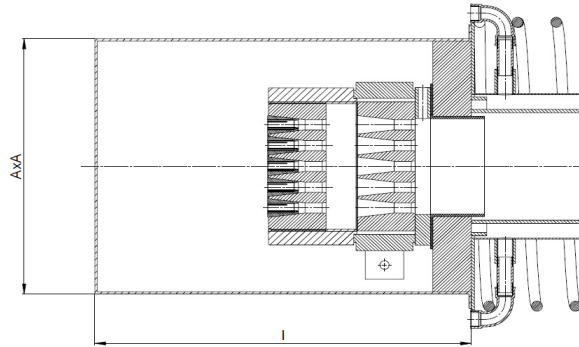
Dimensions en mm. / Distance aux bords minimale: voir 4.3 page 21

Résistance minimale à la compression sur cube pour une mise en tension à  $P_p$  resp.  $P_{pv}$ :  $f_{ck, cube} = 30 \text{ N/mm}^2$

)<sup>1</sup>: Vérifier également qu'il n'y a pas de conflit dans le sens vertical avec les raccords d'injection

### 3.7 Tête de tirant VSL type ER-D

La tête de tirant type ER-D (tirant de mesure) permet une surveillance périodique ou permanente de la force d'ancrage. Elle est constituée d'une tête de type ER et d'un capteur dynamométrique électrique qui est démontable et remplaçable. Le démontage et remplacement du capteur dynamométrique ne nécessitent qu'une détente partielle du tirant.

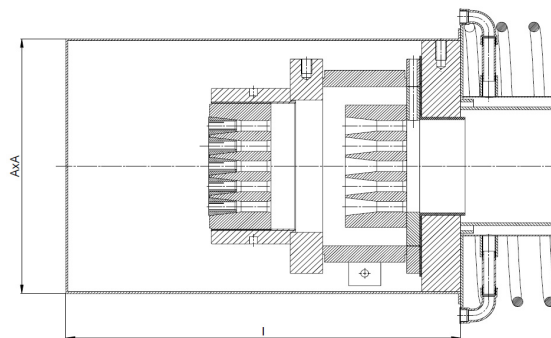


Dimensions de la tête de tirant type ER-D									
		5-3	5-4	5-7	5-12	5-19	6-19	6-22	6-27
Plaque d'appui	A	200	200	230	300	350	-	-	500
Hauteur de la tête de tirant	l	400	400	420	440	460	-	-	620

Dimensions en mm.

Résistance minimale à la compression sur cube pour une mise en tension à  $P_p$  resp.  $P_{pv}$ :  $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$

Autres dimensions selon tête de type ER, page 18



Dimensions de la tête de tirant type ER-D									
		5-3	5-4	5-7	5-12	5-19	6-19	6-22	6-27
Plaque d'appui	A	-	-	-	-	-	410	440	-
Hauteur de la tête de tirant	l	-	-	-	-	-	590	600	-

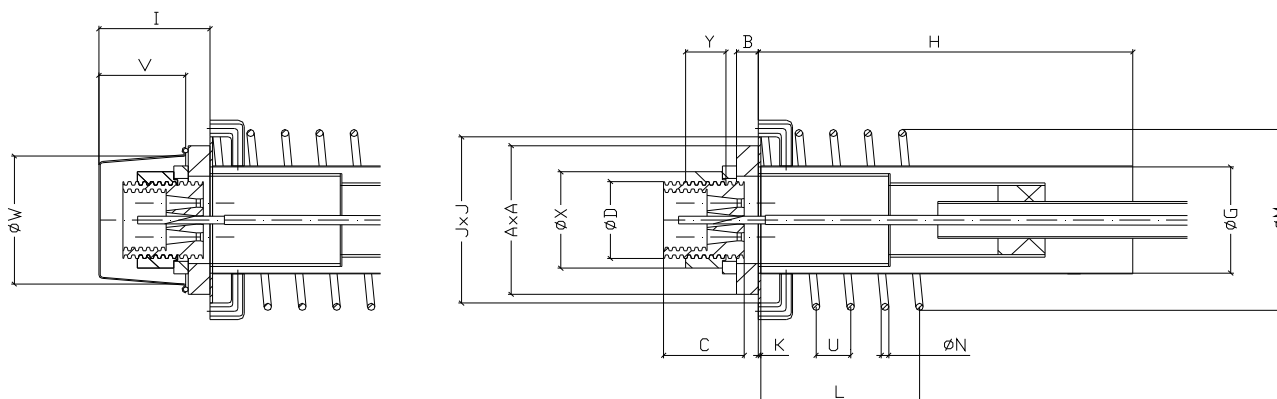
Dimensions en mm.

Résistance minimale à la compression sur cube pour une mise en tension à  $P_p$  resp.  $P_{pv}$ :  $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$

Autres dimensions selon tête de type ER, page 18

### 3.8 Tête de tirant VSL type EA

La tête de tirant type EA permet un ajustement limité de la force d'ancrage ainsi qu'une décharge complète de tirants ayant une longueur libre effective allant jusqu'à 30 m.



Dimensions de la tête de tirant type EA					
		5-3	5-7	5-12	5-19
Plaque d'appui	A	220	260	320	400
	B	30	35	45	50
Tête d'ancrage	C	120	130	130	175
	ØD	97	132	178	226
Ecrou annulaire	ØX	125	165	219	273
	Y	51	65	65	76
Plage de réglage (total)	Z	95	95	80	120
Manchon extérieur	ØG (intérieur)	172	182	247	302
	H	600	600	650	800
	J	260	300	370	460
	K	4	4	4	4
Frette	L	250	250	300	400
	ØM	255	310	365	465
	ØN	12	12	16	16
	U	50	50	50	50
Capot de protection	V	140	145	145	205
	ØW	185	220	260	345
Hauteur de la tête de tirant	I	170	180	190	255
Entraxe min.	$X_{A, \min}^1$	285	340	395	495

Dimensions en mm

Distance aux bords minimale: voir 4.3 page 21

Résistance minimale à la compression sur cube pour une mise en tension à  $P_p$  resp.  $P_{pv}$ :  $f_{ck, cube} = 30 \text{ N/mm}^2$   
<sup>1)</sup>: Vérifier également qu'il n'y a pas de conflit dans le sens vertical avec les raccords d'injection

## 4. Données constructives

### 4.1 Corps d'ancrage

Une longueur de scellement minimale de 3 m est nécessaire pour garantir la résistance ultime interne (transmission des efforts des torons au coulis d'injection). La longueur de scellement effectivement nécessaire  $l_v$  est déterminée sur la base d'essais de traction (SIA 267, chiffre 10.5.2.3.3).

Selon la SIA 267 chiffre 10.2.2.6 l'entraxe entre les corps d'ancrage de tirants voisins doit être d'au moins 1.5 m.

### 4.2 Longueur libre

Selon la SIA 267, chiffre 10.5.2.3.2 des longueurs libres théoriques  $l_{fr}$  inférieures à 7 m doivent être évitées.

La longueur libre effective  $l_f$  déterminée sur la base des épreuves de mise en tension resp. des essais de traction doit satisfaire aux conditions de la SIA 267 (en particulier chiffre 10.5.5.8) et de la SIA 267/1 (en particulier chiffre 6.2.2.3).

Pour des raisons liées à la technique de fabrication, la longueur libre est limitée à env. 40 m.

### 4.3 Tête de tirant

Les entraxes minimaux  $X_{A,min}$  indiqués aux chapitres 2 et 3 sont valables au niveau des têtes de tirant pour les dimensions de tête données. Les distances aux bords minimales  $e_{min}$  y correspondant se déterminent sur la base de la relation:

$$e_{min} = \frac{X_{A,min}}{2} + \text{enrobage nécessaire}$$

## 5. Pertes par frottement et tolérances

### 5.1 Frottement dans la longueur libre

Au cours de la mise en tension, l'allongement des torons dans la longueur libre  $l_{fr}$  est entravé par le frottement dans la gaine. La force de frottement effective est déterminée lors de l'essai de traction ou lors de l'épreuve poussée de mise en tension. La force de frottement admissible  $R_{adm}$  se monte à (Cf. en particulier SIA 267/1 Figure 5):

$$R_{adm} = 15 \text{ kN} + 0.75 \text{ kN/m} \cdot l_{fr}$$

Des écarts sont possibles pour des tirants de grosse unité ou des tirants longs.

### 5.2 Rentrée des clavettes

Lors du blocage de la force, la rentrée des clavettes de 6 mm provoque une perte d'effort. Cette perte est compensée par une surtension momentanée.

### 5.3 Déviation angulaire admissible dans la zone de la tête de tirant

Les éléments de l'ancrage doivent être dimensionnés de manière à pouvoir reprendre un écart angulaire maximal de 3° par rapport à l'axe du tirant.

### 5.4 Déplacement de l'appui

Le déplacement maximal admissible du support de la tête dans la direction de l'axe du tirant est de 30 mm.

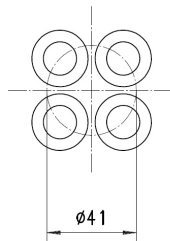


## 6. **Éléments du système et matériaux**

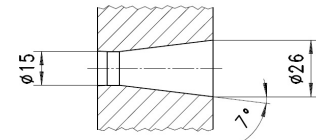
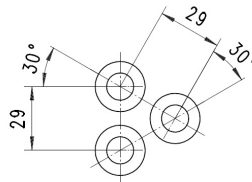
### 6.1 **Éléments du système 0.5"**

#### Tête d'ancrage

Cas particulier 5-4

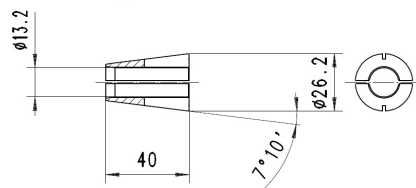


Cas normal



#### Clavette

Type W5S

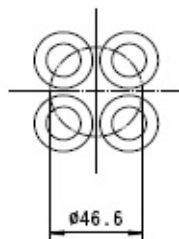


AP0241

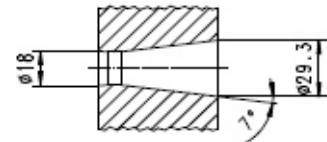
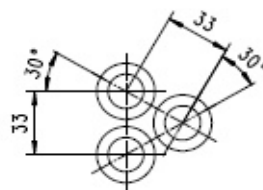
### 6.2 **Éléments du système 0.6"**

#### Tête d'ancrage

Cas particulier 6-4

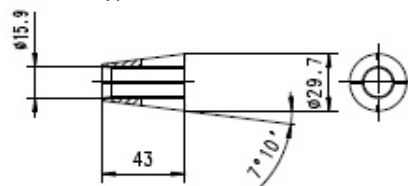


Cas normal



#### Clavette

Type W6S



### 6.3 Matériaux et références aux normes

Elément du système	Matériau	Numéro	Norme
Tête d'ancrage E	C45	1.0503	EN 10083-2:1996-10
Clavettes	Acier de cémentation		EN 10084:1998-06
Plaque d'appui	S235JR ou S235JRG2	1.0037 1.0038	EN 10025:1994-03
Manchon extérieur	Tôle d'acier	Spécification du produit	
Frette	B500B		SIA 262:2003
Ecrou annulaire	S355JOH	1.0547	EN 10210:1994-09
Plaque d'isolation	Hgw EPGC	Spécification du produit	
Gaine lisse	HDPE	Spécification du produit	
Gaine ondulée	HDPE	Spécification du produit	
Capot de protection	Tôle d'acier ou PE	Spécification du produit	
Manchon intérieur	Tube en acier	Spécification du produit	
Torons	Acier de précontrainte Y1860S7-12.9 ou 15.7		SIA 262:2003
Ecarteur	PE	Spécification du produit	

# **Système de tirants d'ancrage VSL**

**Système de tirants précontraints pour l'ancrage de structures au moyen de câbles constitués de torons**

## **Annexe 2: Données pour l'exécution (Interface entre intervenants)**

### **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 35

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Interfaces lors de la mise en œuvre de tirants VSL de catégories de protection contre la corrosion PL 1 et PL 2 ....</b>	<b>4</b>
2.1 Installation du support pour les ancrages VSL .....	4
2.1.1 Directives constructives pour tirants et ancrages .....	4
2.1.2 Encombrement des vérins (dimensions des niches) et surlongueurs des torons .....	6
2.1.2.1 Epreuve simple de mise en tension .....	6
2.1.2.2 Epreuve poussée de mise en tension; essai de traction .....	7
2.1.2.3 Détente de tirants extractibles .....	8
2.1.3 Montage des ancrages sur des longrines .....	9
2.1.4 Montage des ancrages sur des parois berlinoises sans longrine .....	10
2.1.5 Montage des ancrages dans des constructions sans manchon de réservation .....	11
2.1.6 Pose de manchons de réservation .....	14
2.2 Pose des tirants .....	15
2.2.1 Transport et déchargement .....	15
2.2.2 Réception .....	15
2.2.3 Entreposage intermédiaire .....	16
2.2.4 Mise en place des tirants .....	16
2.2.5 Injection .....	17
2.2.6 Délais de mise en tension .....	17
2.2.7 Mise en tension des tirants .....	17
2.2.8 Travaux finaux .....	18
<b>3. Interfaces lors de la mise en œuvre de tirants VSL de catégorie de protection contre la corrosion PL 3 .....</b>	<b>19</b>
3.1 Montage du manchon extérieur pour ancrages VSL .....	19
3.1.1 Directives constructives .....	19
3.1.2 Encombrement des vérins (dimensions des niches) et surlongueurs des torons .....	20
3.1.2.1 Epreuve simple de mise en tension .....	20
3.1.2.2 Mise en tension avec épreuve poussée ; essai de traction .....	21
3.1.3 Cas spécial: Montage dans des structures en béton existantes .....	22
3.2 Pose des tirants .....	23
3.2.1 Transport et déchargement .....	23
3.2.2 Réception .....	24
3.2.3 Entreposage intermédiaire .....	24
3.2.4 Mesure de la résistance électrique comme critère final de réception .....	25
3.2.5 Mise en place des tirants .....	26
3.2.6 Injection par l'entreprise de forage .....	27
3.2.7 Réinjection .....	28
3.2.8 Délais de mise en tension .....	28
3.2.9 Préparations pour les travaux de mise en tension .....	28
3.2.10 Travaux de mise en tension .....	29
3.2.11 Contrôle de la protection poussée contre la corrosion (PL 3) .....	30
3.2.12 Garantie .....	31
3.2.13 Travaux finaux .....	31

## 1. Introduction

L'annexe 2 contient les exigences nécessaires à une installation des tirants conforme à l'agrément et les instructions inhérentes au respect de ces consignes. Elle règle également les responsabilités de toutes les entreprises participantes et définit en particulier les **interfaces** liées au processus.

Ce document d'interface fait partie intégrante de l'agrément VSL. Il constitue une partie intégrante du contrat entre VSL et l'entreprise de forage.

## 2. Interfaces lors de la mise en œuvre de tirants VSL de catégories de protection contre la corrosion PL 1 et PL 2

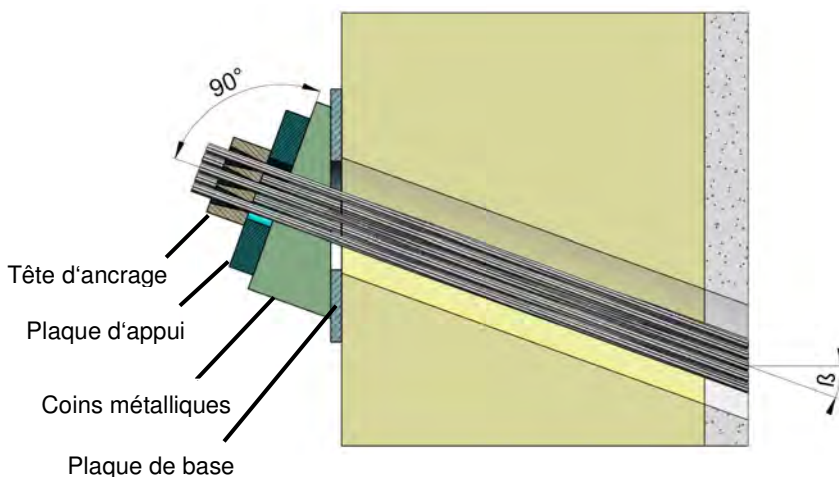
Dans ce chapitre sont définies les responsabilités entre VSL (Suisse) SA et l'entreprise de forage (= mandant de VSL) lors de la mise en œuvre de tirants VSL temporaires de catégories de protection contre la corrosion PL 1 et PL 2.

### 2.1 Installation du support pour les ancrages VSL

L'entreprise de forage ou en règle générale l'entreprise principale exécutant les travaux pour le compte de la première est responsable pour la préparation en temps opportun des supports adéquats pour la mise en œuvre du système de tirants VSL. Le dimensionnement et les détails constructifs des supports resp. de la zone d'introduction des forces ainsi que l'élaboration des plans sont du ressort de l'auteur du projet.

#### 2.1.1 Directives constructives pour tirants et ancrages

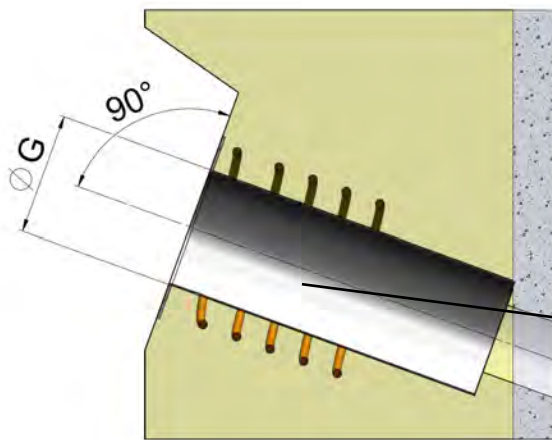
##### Angle p.r. à l'horizontale



##### Inclinaison

- $\beta$  très faible  $\rightarrow$  Injection problématique (selon SIA 267 des précautions particulières sont nécessaires pour des angles entre 5° vers le bas et 10° vers le haut);
- $\beta$  grand: Risque que le tirant tombe dans le trou de forage (pour cette raison, des mesures particulières sont prévues à partir d'angles vers le bas > 25°).

### Perpendicularité de la plaque p.r. à l'axe



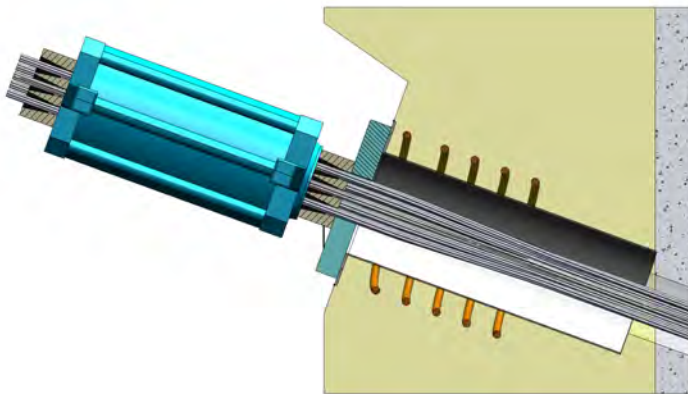
Le support (plaque d'appui, tôle d'appui du manchon de réservation) doit former un angle droit avec l'axe du forage.

Ø B = diamètre du trou de forage ou du tubage

Ø G = diamètre du manchon de réservation

Manchon de réservation  
avec frette et tôle d'appui

### Béton

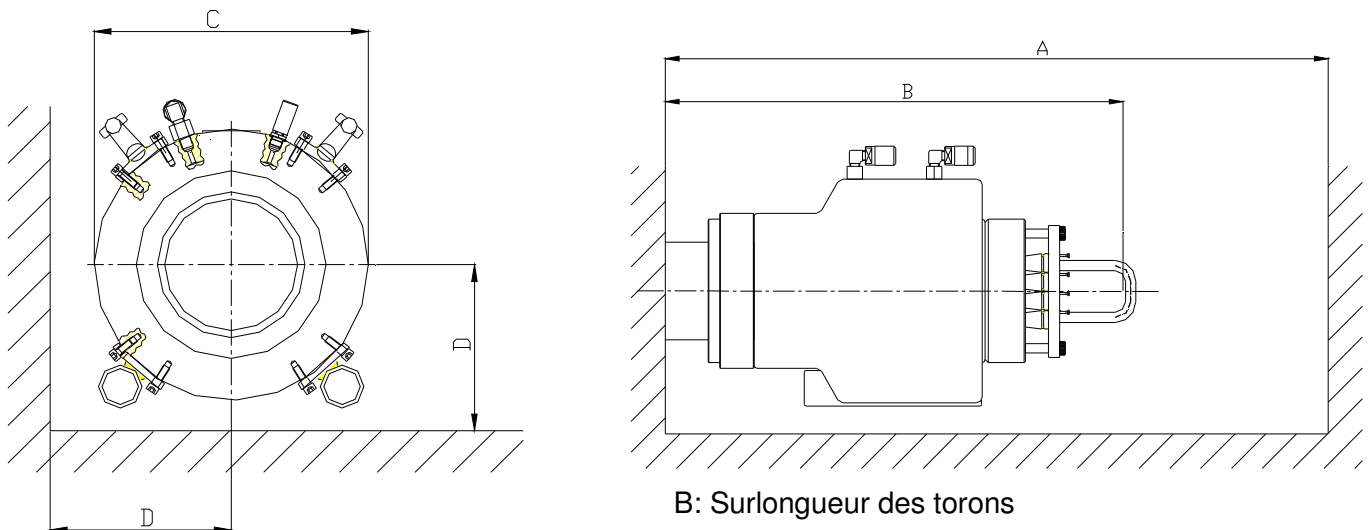


- Résistance min. du béton sur cube lors de la mise en tension à  $P_p$  resp.  $P_{pv}$  :  
 $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$

## 2.1.2 Encombrement des vérins (dimensions des niches) et surlongueurs des torons

### 2.1.2.1 Epreuve simple de mise en tension

Lors de la mise en tension avec épreuve simple, la force est mesurée au manomètre. Jusqu'à un allongement de 200 resp. 300 mm, la mise en tension de zéro à  $P_p$  peut s'effectuer sans palier intermédiaire. Pour des cas spéciaux il est recommandé de consulter notre service technique.



La cote D ci-dessous est également déterminante pour les dimensions des niches.

Tirant	A	B	C	D	Poids
	mm	mm	mm	mm	kg
5-2	1310	860	200	190	40
5-3	1310	860	200	190	40
5-4	1380	920	190	190	40
5-7(5)*	1380	980	300	215	50
5-7	1350	890	235	235	50
5-12	2100	980	330	260	280
5-19	2100	1100	410	260	500
6-3	1380	920	190	190	50
6-4	1350	890	235	235	50
6-7	1350	890	260	260	60
6-12	2100	1100	410	260	500

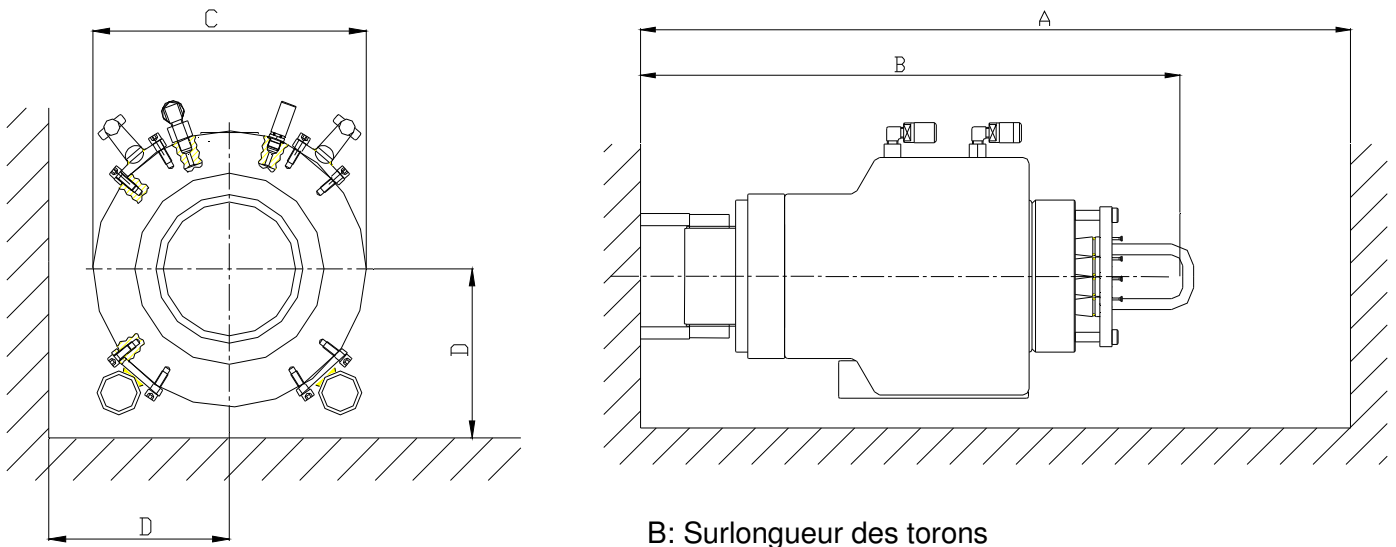
\* En règle générale, la mise en tension de 5 torons est effectuée avec un vérin ayant les dimensions A à D données ici et non pas avec celui ayant une capacité jusqu'à 7 torons et des dimensions comparativement plus petites.

Il est donc impératif, dans le cas de tirants avec 5 torons, de prévoir les cotes A, B, C et D spécifiées ici.



### 2.1.2.2 Epreuve poussée de mise en tension; essai de traction

Les essais de traction et les épreuves poussées de mise en tension sont réalisés avec des vérins à longue course, un blocage intermédiaire n'étant pas possible. Les vérins employés ici permettent un allongement maximal de 200 mm resp. 300 mm. Pour des cas spéciaux il est recommandé de consulter notre service technique.



La cote D ci-dessous est également déterminante pour les dimensions des niches.

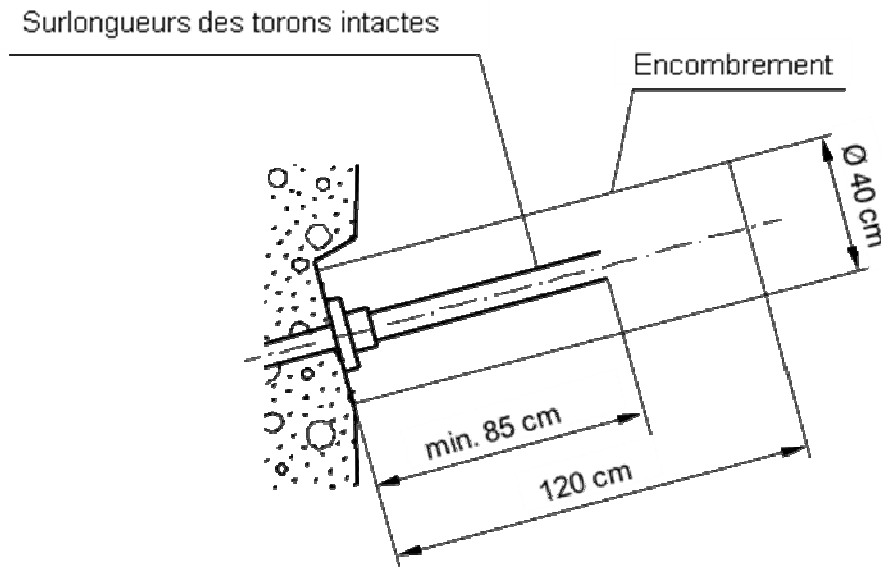
Tirant	A	B	C	D	Poids
	mm	mm	mm	mm	kg
5-2	1510	1060	200	190	40
5-3	1510	1060	200	190	40
5-4	1580	1120	190	190	40
5-7(5)*	1580	1180	300	215	50
5-7	1550	1090	235	235	50
5-12	2300	1180	330	260	280
5-19	2350	1350	410	260	500
6-3	1580	1120	190	190	50
6-4	1550	1090	235	235	50
6-7	1550	1090	260	260	60
6-12	2350	1350	410	260	500

\* En règle générale, la mise en tension de 5 torons est effectuée avec un vérin ayant les dimensions A à D données ici et non pas avec celui ayant une capacité jusqu'à 7 torons et des dimensions comparativement plus petites.

Il est donc impératif, dans le cas de tirants avec 5 torons, de prévoir les cotes A, B, C et D spécifiées ci-dessus.

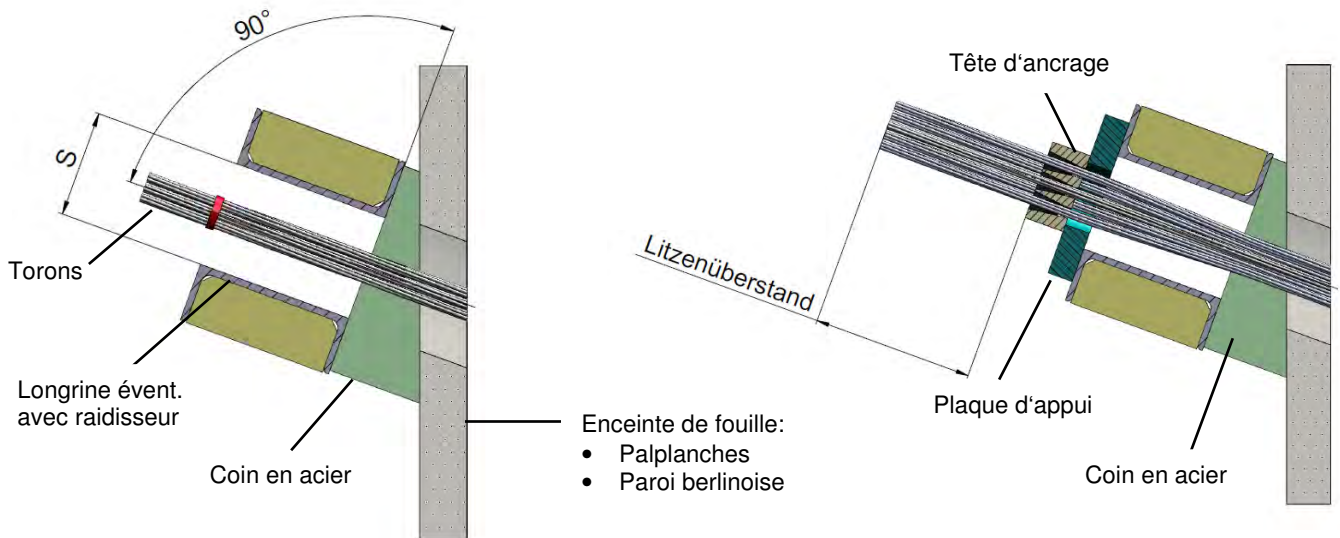
### 2.1.2.3 Détente de tirants extractibles

Après la mise en tension des tirants il est impératif de conserver les extrémités des torons en parfait état. En particulier elles doivent être protégées contre les dégâts mécaniques, piqûres de soudure, déformations ou cassures. Des extrémités de torons endommagées ne permettent plus de démonter les tirants.



### 2.1.3 Montage des ancrages sur des longrines

Des coins en acier généralement fixés à l'enceinte de fouille (soudés dans le cas de palplanches) font office de supports pour les longrines. Les longrines forment ainsi un support pour la plaque d'appui perpendiculaire à l'axe du tirant. Le dimensionnement de ce support est de la responsabilité de l'auteur du projet. Le montage est effectué en règle générale par l'entreprise de forage. Pour que les plaques d'appui VSL standard puissent être utilisées, les écartements S minimaux et maximaux donnés à l'annexe 1 doivent être respectés.

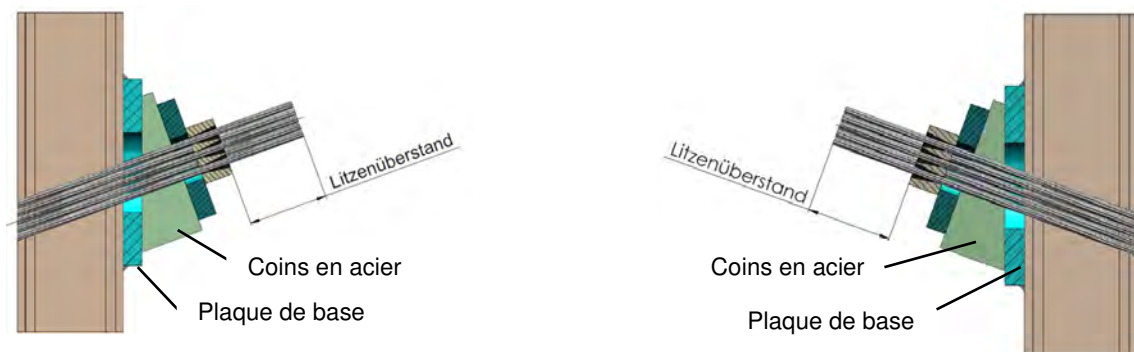
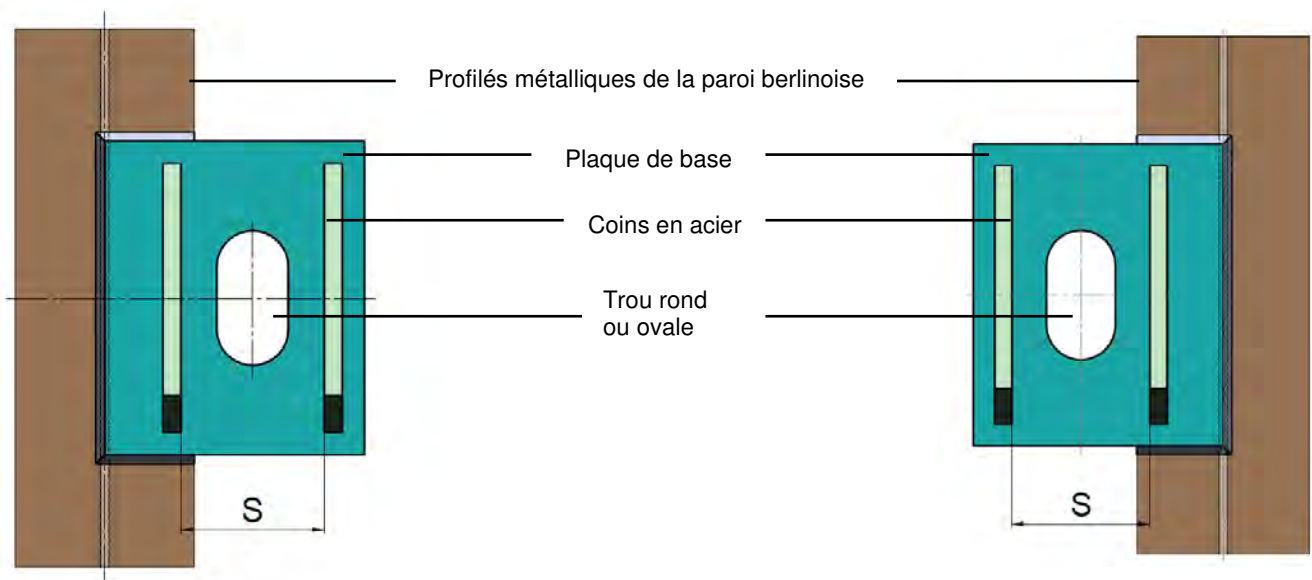


S: selon Annexe 1



### 2.1.4 Montage des ancrages sur des parois berlinoises sans longrine

La force est transmise à la plaque de base et à la paroi par l'intermédiaire de la plaque d'appui et des coins en acier. La structure peut être placée aussi bien à gauche qu'à droite du montant de la paroi berlinoise. Le dimensionnement du support est de la responsabilité de l'auteur du projet. La responsabilité du montage incombe généralement à l'entreprise de forage. En accord avec l'entreprise de forage, le fournisseur des tirants peut livrer les coins en acier et les plaques de base. Les écartements  $S$  minimaux et maximaux à prendre en compte sont donnés à l'annexe 1.

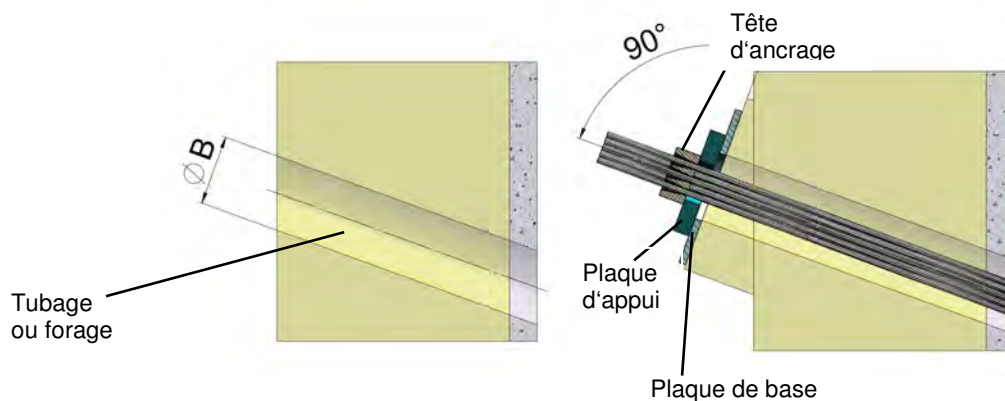


### 2.1.5 Montage des ancrages dans des constructions sans manchon de réservation

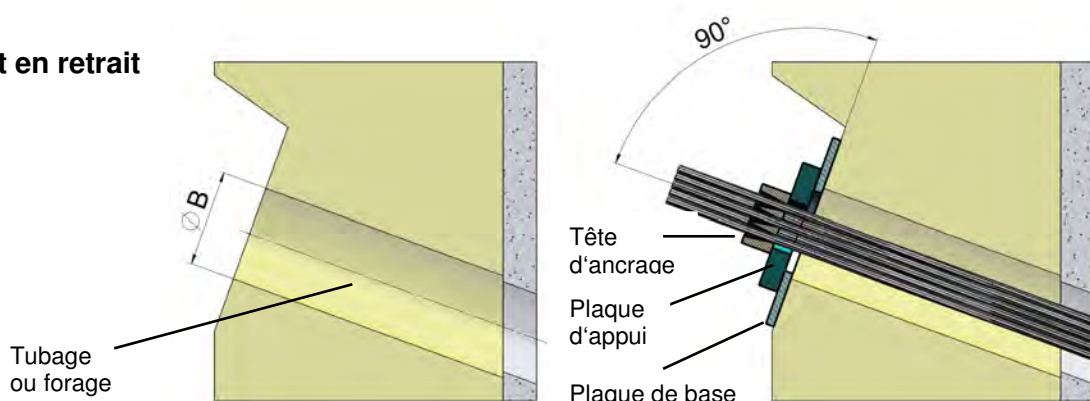
Lorsqu'aucun manchon de réservation n'est prévu par l'auteur du projet, la force est introduite uniquement par la plaque d'appui dans le béton. Vu l'absence de frette, la surface d'introduction de la force doit être augmentée en conséquence. Dans ce but on utilise des plaques de base supplémentaires. Ces dernières peuvent être livrées avec le reste des composants de l'ancrage VSL par le fournisseur des tirants. Les dimensions des plaques de base – dépendantes de la qualité du béton et du diamètre du trou de forage - doivent être déterminées par l'auteur du projet en fonction des normes applicables (voir 3.1 dans l'Annexe 1).

Le montage peut être effectué de différentes manières:

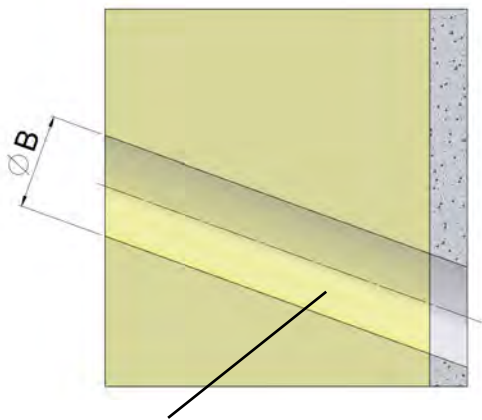
#### Support en saillie



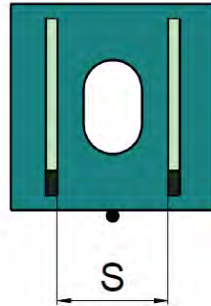
#### Tête de tirant en retrait



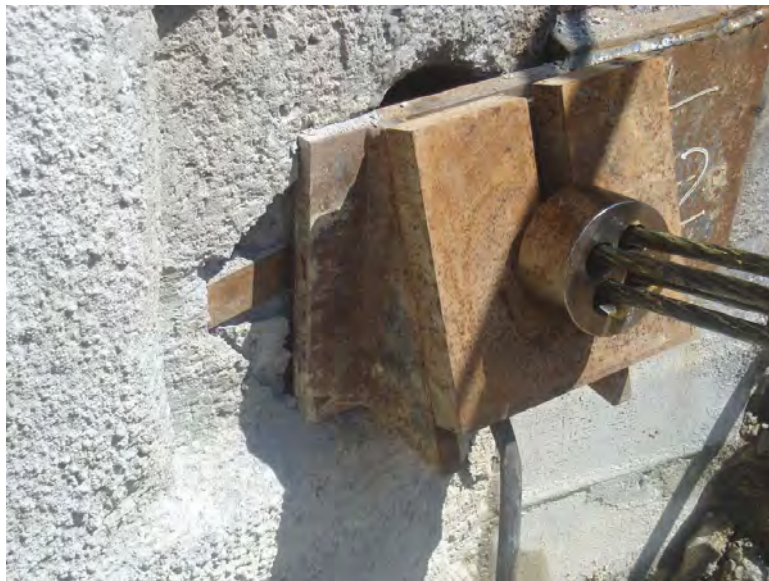
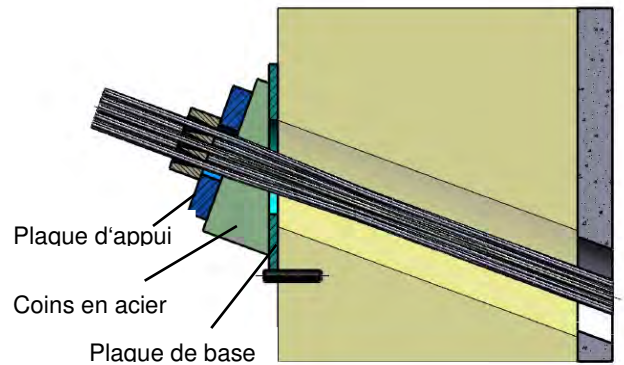
Supports avec coins en acier



Tubage ou forage

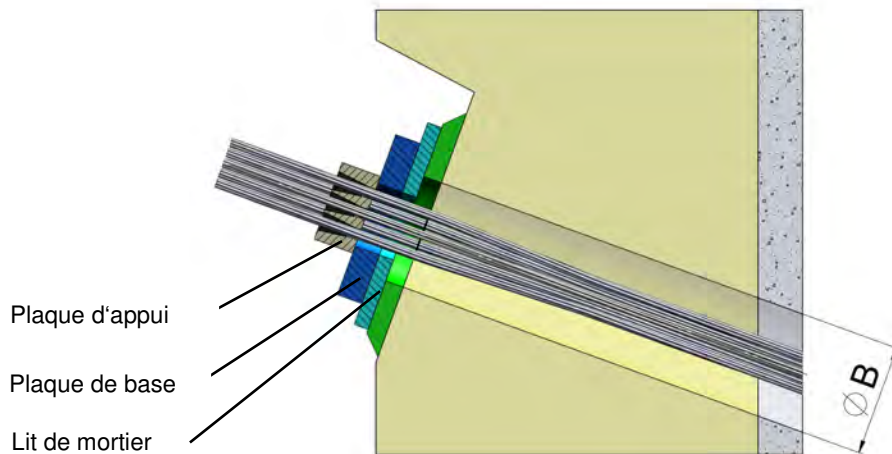


S: selon Annexe 1



Support avec plaque de base, coins en acier et plaque d'appui

Dans les cas standards présentés ci-dessus, la plaque de base repose directement sur le béton. Cette disposition n'est possible que lorsque la surface de béton est plane et lisse et lorsque le diamètre de forage  $\varnothing B$  n'est pas supérieur au diamètre intérieur  $\varnothing E$  de la plaque d'appui ( $\varnothing E$ , voir Annexe 1). Lorsque ceci n'est pas le cas, il faut réaliser un lit de mortier (par l'entreprise de forage resp. l'entreprise de génie civil) et/ou placer une plaque de base.

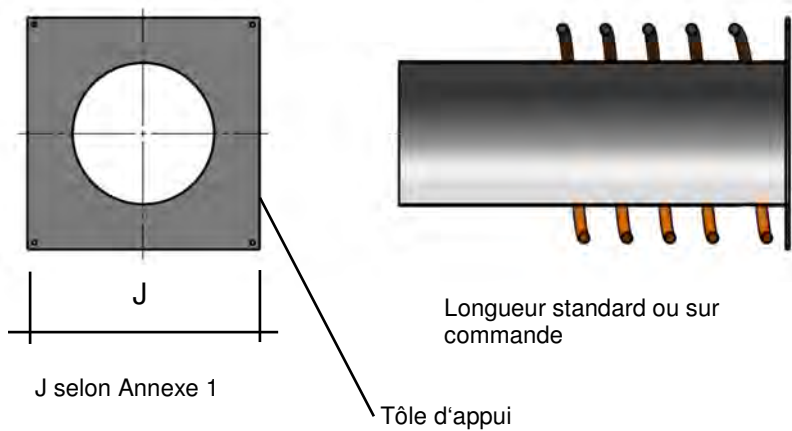


Support en saillie avec lit de mortier, avant pose des plaques de base et d'appui



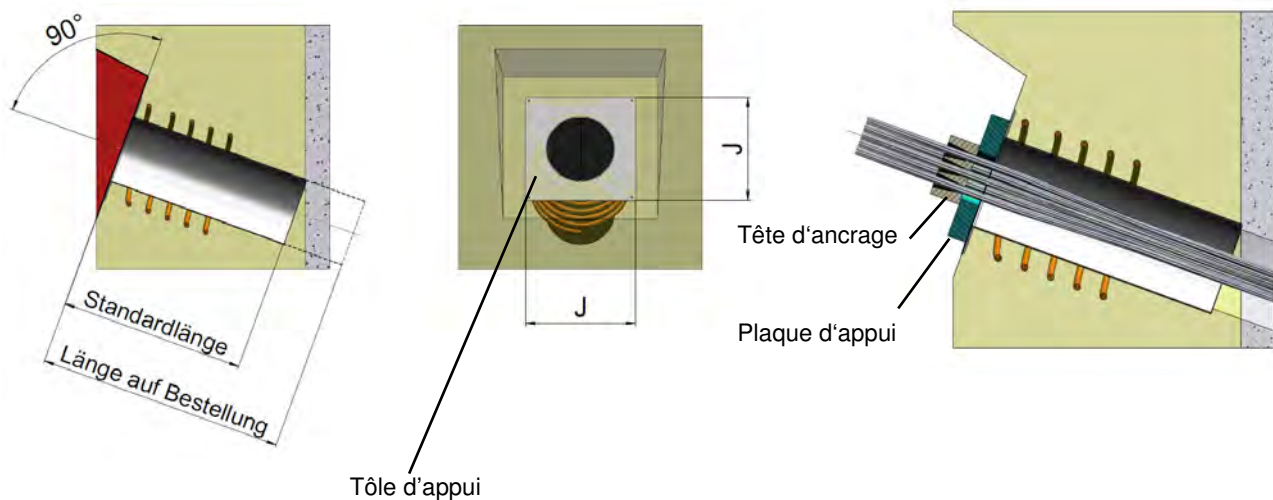
Tirant avec lit de mortier, plaque de base et plaque d'appui VSL

### 2.1.6 Pose de manchons de réservation



Le manchon de réservation doit être livré suffisamment tôt par le fournisseur des tirants s'il fait partie intégrante de l'ancrage de tirants provisoires. Il est souvent utilisé dans les constructions en béton. Il forme le support de la plaque de base et permet le passage des tiges de forage. Le forage à travers le béton et les armatures est supprimé. La frette reprend les forces de traction transversales dans la zone d'ancrage. La longueur du tube peut être adaptée aux conditions spécifiques du chantier. La commande doit être passée suffisamment tôt auprès du fournisseur de tirants.

La mise en place du manchon de réservation est généralement effectuée par l'entreprise de génie civil. Il est important que la tôle d'appui soit posée perpendiculairement à l'axe de forage.





## 2.2 Pose des tirants

### 2.2.1 Transport et déchargement

La livraison du matériel constituant les tirants et le transport de retour des châssis de transport, appelés corbeilles, sont de la responsabilité de VSL.

Sur chantier, tirants et ancrages doivent être transportés et entreposés par l'entreprise de forage de manière à ce que leur durabilité ne soit altérée ni par de la corrosion ni par des dégâts mécaniques. Les tirants VSL jusqu'à 19 torons Y 1860S7-12.9 et les tirants extractibles jusqu'à 12 torons Y 1860S7 - 15.7 sont fabriqués en usine, enroulés dans des corbeilles et transportés ainsi sur chantier. En principe ces corbeilles VSL permettent si nécessaire de dérouler les tirants et de les déposer directement dans le trou de forage. Les composants VSL des ancrages sont transportés en vrac ou dans des conteneurs appropriés (palettes) jusqu'au chantier où ils sont entreposés jusqu'au moment de leur utilisation.



Tirants enroulés dans des corbeilles à l'usine

### 2.2.2 Réception

Avec le déchargement des corbeilles, les tirants passent sous la responsabilité de l'entreprise de forage. Il s'agit de prendre les précautions nécessaires pour éviter des dégâts aux tirants.

### 2.2.3 Entreposage intermédiaire

Tirants et ancrages doivent être entreposés par l'entreprise de forage de manière à ce que leur durabilité ne soit altérée ni par de la corrosion ni par des dégâts mécaniques. Les tirants sont stockés dans leurs corbeilles à un endroit plat et propre. Les corbeilles sont construites de façon à pouvoir être superposées. Aucun autre matériau ne doit être déposé sur les tirants. Les composants des ancrages sont également stockés sur la place d'entreposage des tirants. La place de stockage doit être séparée du reste du chantier par des barrières. Les travaux de soudage et de découpage au chalumeau sont interdits à proximité des tirants.



Corbeilles superposées sur chantier, sur un espace propre et plat

### 2.2.4 Mise en place des tirants

L'entreprise de forage est responsable de la mise en place des tirants. Elle doit prendre les mesures nécessaires pour éviter que les tirants ne soient endommagés lors de la mise en œuvre. Entre autre :

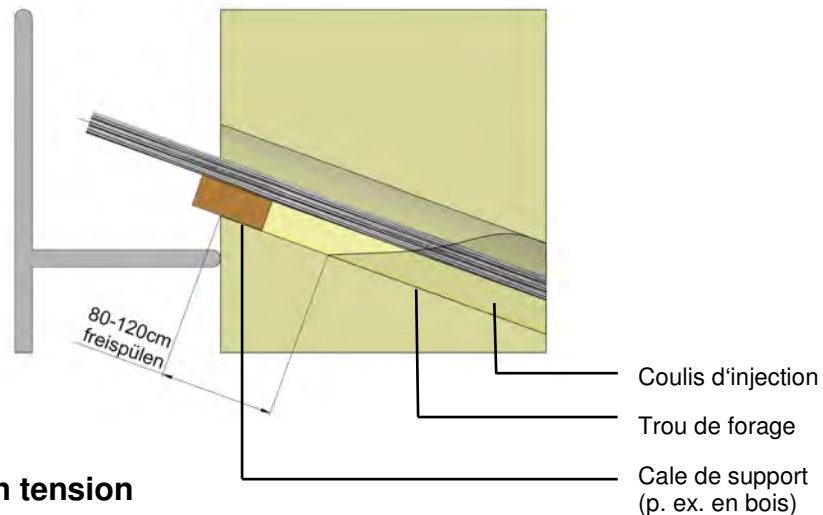
- Les tirants ne doivent pas être pliés ou déformés plastiquement. Les tirants ainsi que les ancrages doivent être transportés localement de manière à ce que leur durabilité ne soit en aucune façon altérée par des dégâts mécaniques.
- Les tirants ne doivent pas frotter contre des arêtes vives.
- Les tubes de forage ne doivent présenter aucune bavure.

Il est interdit de procéder à des modifications sur les tirants livrés conformément à l'agrément technique. En particulier, écarteurs et centreurs ne peuvent être enlevés avant la mise en place du tirant. Lors de températures extérieures inférieures à +5° C, les gaines des tirants extractibles doivent être chauffées à env. 10° - 20° C.

### 2.2.5 Injection

Dans le cas de températures extérieures inférieures à +5 °C, l'entreprise de forage doit veiller, par des contrôles et en tous les cas par des mesures appropriées, à ce que le coulis de ciment présente toujours une température supérieure à +5 °C entre le malaxeur et l'entrée du trou de forage.

Après injection, l'entreprise de forage doit rincer la zone proche de la tête d'ancrage selon le schéma ci-dessous et la débarrasser des résidus de ciment. Placer également une cale de support pour centrer le faisceau de torons dans le trou de forage.



### 2.2.6 Délais de mise en tension

Pour la reconsolidation des sols après l'injection il faut respecter les délais minimaux suivants entre l'injection et les travaux de mise en tension:

- Tirants en rocher et tirants ancrés dans des sols non cohérents : 7 jours
- Tirants ancrés dans des roches marneuses et dans des sols cohérents : 10 jours

### 2.2.7 Mise en tension des tirants

VSL (Suisse) SA est responsable pour les travaux de mise en tension. L'entreprise de forage conviendra aussi vite que possible des dates de mise en tension avec le conducteur de travaux de VSL.



Processus de mise en tension avec mesure de l'allongement

### 2.2.8 Travaux finaux

Pour assurer la protection contre la corrosion, les parties métalliques exposées, y compris celles des torons de l'arrière de la tête d'ancrage jusqu'à gaine PE sont graissées resp. aspergées au moyen d'un produit anticorrosion. De surcroît, les surlongueurs des torons doivent être protégées contre les dommages mécaniques.

### 3. Interfaces lors de la mise en œuvre de tirants VSL de catégorie de protection contre la corrosion PL 3

Dans ce chapitre sont définies les responsabilités entre VSL (Suisse) SA et l'entreprise de forage (= mandant de VSL) lors de la mise en œuvre de tirants VSL permanents de catégorie de protection contre la corrosion PL 3.

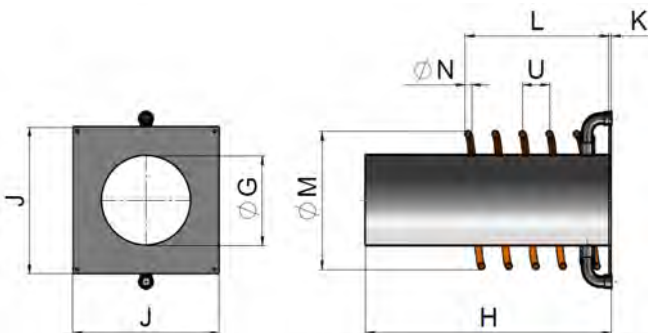
#### 3.1 Montage du manchon extérieur pour ancrages VSL

L'entreprise de forage est responsable pour le montage des manchons extérieurs (y.c. frette soudée, tôle d'appui zinguée et deux raccords d'injection/d'évent). Ceux-ci font partie intégrante de l'ancrage VSL pour la catégorie de protection contre la corrosion PL3. Ils doivent être commandés suffisamment tôt par l'entreprise de forage auprès de VSL (Suisse) SA. VSL les livre sur chantier ou à l'entreprise de forage. La mise en place est généralement effectuée par l'entreprise de génie civil.

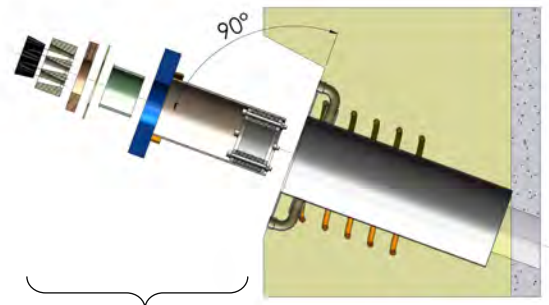
Le dimensionnement et les détails constructifs des supports resp. de la zone d'introduction des forces ainsi que l'élaboration des plans sont du ressort de l'auteur du projet.

##### 3.1.1 Directives constructives

- La tôle d'appui doit être montée perpendiculairement à l'axe de forage.
- Le manchon doit être mis en place de manière à avoir les raccords des tubes d'injection et d'évent l'un sur l'autre dans le plan vertical, voir figures ci-dessous.
- Mise en tension avec une résistance du béton sur cube  $f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$  ;
- La longueur H du manchon peut être adaptée aux données spécifiques du projet.



Dimensions selon Annexe 1



Ces éléments sont mis en place par VSL

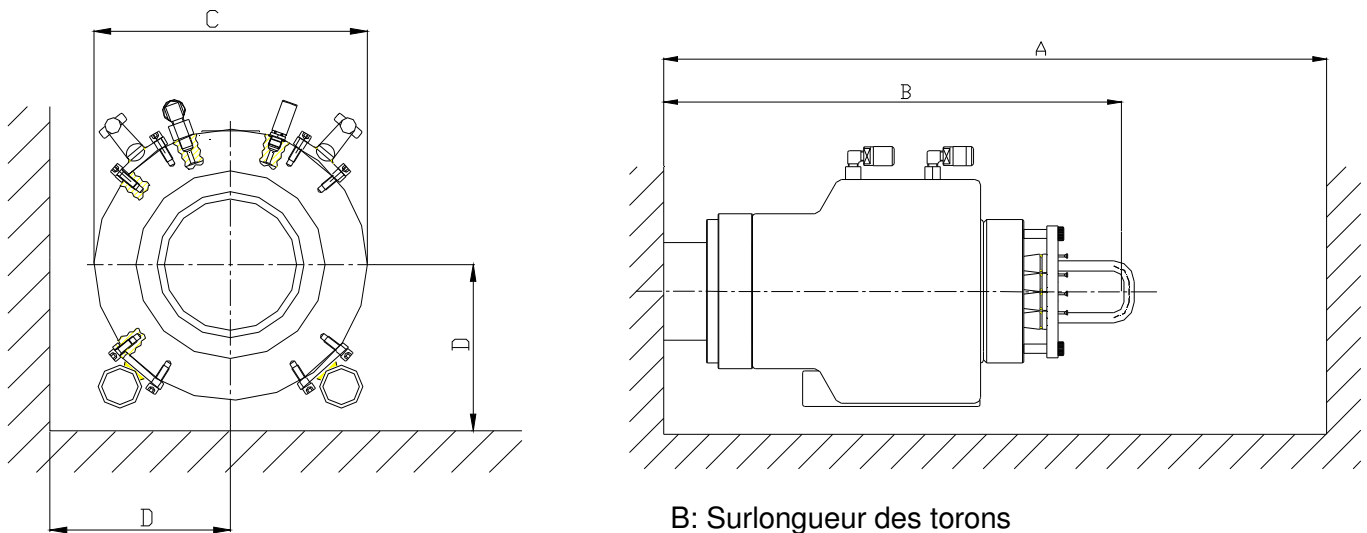
##### Angle d'inclinaison de l'axe de forage

- $\beta$  très faible  $\rightarrow$  injection problématique (selon SIA 267 des précautions particulières sont nécessaires pour des angles entre  $5^\circ$  vers le bas et  $10^\circ$  vers le haut);
- $\beta$  grand: Risque que le tirant tombe dans le trou de forage (pour cette raison, des mesures particulières sont prévues à partir d'angles vers le bas  $> 25^\circ$ ).

### 3.1.2 Encombrement des vérins (dimensions des niches) et surlongueurs des torons

#### 3.1.2.1 Epreuve simple de mise en tension

Lors de la mise en tension avec épreuve simple, la force est mesurée au manomètre. Jusqu'à un allongement de 200 resp. 300 mm, la mise en tension de zéro à  $P_p$  peut s'effectuer sans palier intermédiaire. Pour des cas spéciaux il est recommandé de consulter notre service technique.



La cote D ci-dessous est également déterminante pour les dimensions des niches.

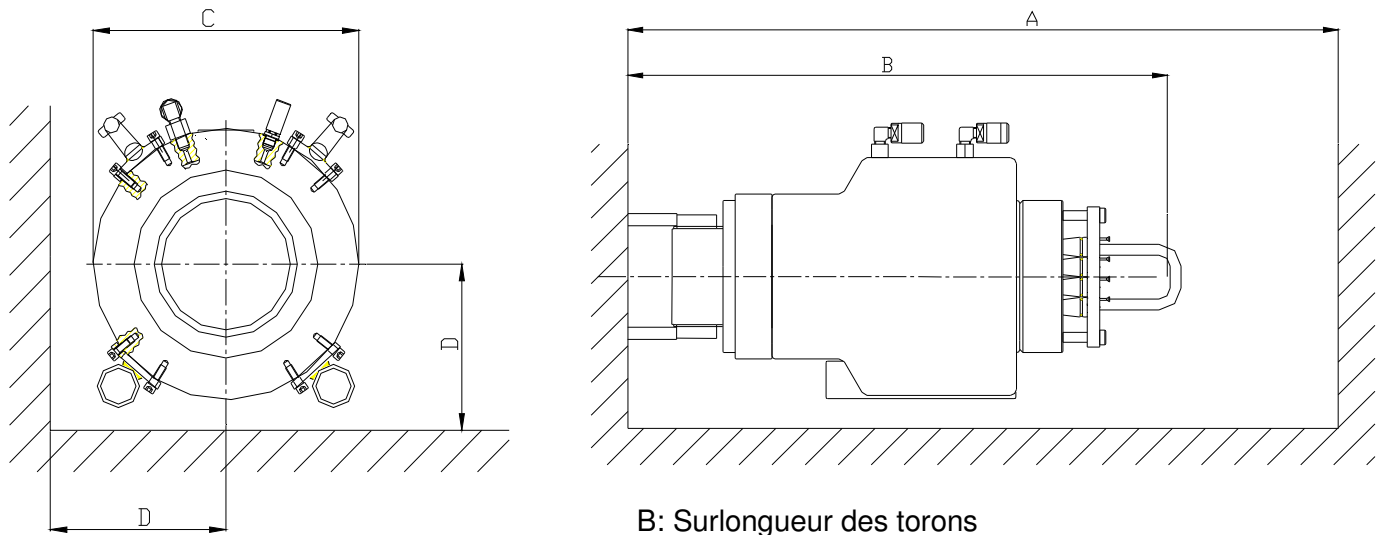
Tirant	A mm	B mm	C mm	D mm	Poids kg
5-2	1310	860	200	190	40
5-3	1310	860	200	190	40
5-4	1380	920	190	190	40
5-7(5)*	1380	980	300	215	50
5-7	1350	890	235	235	50
5-12	2100	980	330	260	280
5-19	2100	1100	410	260	500
6-19	2400	1250	500	295	750
6-22	2400	1250	500	295	750
6-27	2500	1350	645	370	1300

\* En règle générale, la mise en tension de 5 torons est effectuée avec un vérin ayant les dimensions A à D données ici et non pas avec celui ayant une capacité jusqu'à 7 torons et des dimensions comparativement plus petites.

Il est donc impératif, dans le cas de tirants avec 5 torons, de prévoir les cotes A, B, C et D spécifiées ici.

### 3.1.2.2 Mise en tension avec épreuve poussée ; essai de traction

Les essais de traction et les mises en tension avec épreuve poussée sont réalisés avec des vérins à longue course, un blocage intermédiaire n'étant pas possible. Les vérins employés ici permettent un allongement maximal de 200 mm resp. 300 mm. Pour des cas spéciaux il est recommandé de consulter notre service technique.



La cote D ci-dessous est également déterminante pour les dimensions des niches.

Tirant	A	B	C	D	Poids
	mm	mm	mm	mm	kg
5-2	1510	1060	200	190	40
5-3	1510	1060	200	190	40
5-4	1580	1120	190	190	40
5-7(5)*	1580	1180	300	215	50
5-7	1550	1090	235	235	50
5-12	2300	1180	330	260	280
5-19	2350	1350	410	260	500
6-19	2650	1500	500	295	750
6-22	2650	1500	500	295	750
6-27	2800	1650	645	370	1300

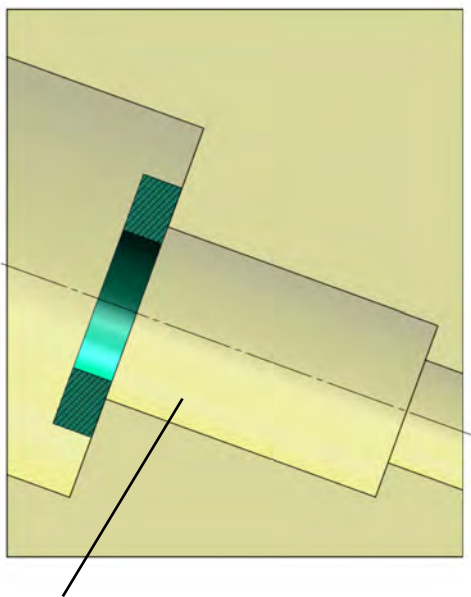
\* En règle générale, la mise en tension de 5 torons est effectuée avec un vérin ayant les dimensions A à D données ici et non pas avec celui ayant une capacité jusqu'à 7 torons et des dimensions comparativement plus petites.

Il est donc impératif, dans le cas de tirants avec 5 torons, de prévoir les cotes A, B, C et D spécifiées ci-dessus.

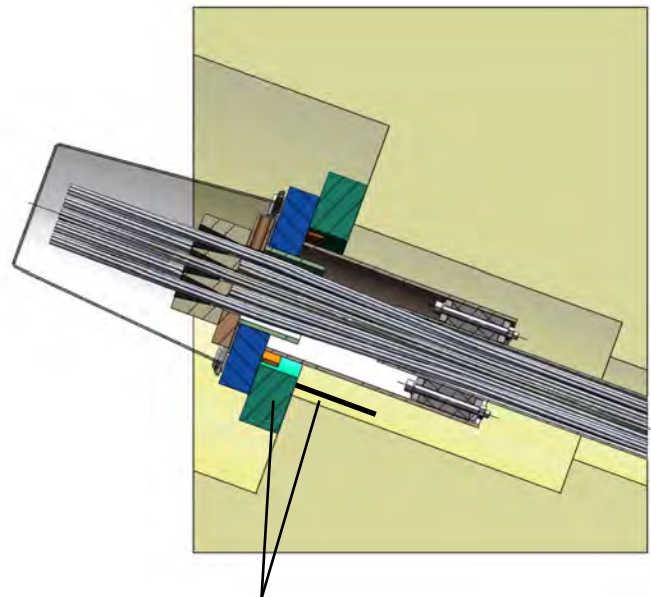
### 3.1.3 Cas spécial: Montage dans des structures en béton existantes

Lorsque des tirants sont prévus dans des structures en béton existantes, il n'est généralement pas possible de poser des manchons extérieurs. Pour compenser le frettage manquant, on utilise des plaques de base spéciales. Leurs dimensions – dépendantes de la qualité du béton et du diamètre du trou de forage - doivent être déterminées par l'auteur du projet en fonction des normes applicables (voir 3.1 dans l'Annexe 1).

De telles plaques de base peuvent être livrées par le fournisseur de tirants. Le montage y.c l'éventuelle réalisation du lit de mortier est effectué par l'entreprise de forage.



Carottage



Plaque de base avec manchon court

En règle générale on met en place une tôle d'appui standard avec un manchon d'env. 10 cm de longueur sur un lit de mortier. Cela permet entre autre d'injecter le vide entre le manchon intérieur et le trou de forage.



## 3.2 Pose des tirants

### 3.2.1 Transport et déchargement

La livraison du matériel constituant les tirants et le transport de retour des châssis de transport, appelés corbeilles, sont de la responsabilité du fournisseur de tirants.

Sur chantier, tirants et ancrages doivent être transportés et entreposés par l'entreprise de forage de manière à ce que leur durabilité ne soit altérée ni par de la corrosion ni par des dégâts mécaniques. Les tirants VSL jusqu'à 19 torons Y 1860S7-12.9 sont fabriqués en usine, enroulés dans des corbeilles et transportés ainsi sur chantier. En principe ces corbeilles VSL permettent si nécessaire de dérouler les tirants et de les déposer directement dans le trou de forage. Les composants VSL des ancrages sont transportés en vrac ou dans des conteneurs appropriés (palettes) jusqu'au chantier où ils sont entreposés jusqu'au moment de leur utilisation.

Les tirants VSL avec 13 à 27 torons Y 1860S7-15.7 sont généralement fabriqués sur le chantier ou à proximité de celui-ci (Raison : A cause du risque de flambage, les gaines correspondantes ne peuvent être enroulées sur le rayon imposé par les corbeilles). Les composants sont transportés en vrac. L'installation de fabrication des tirants est organisée et construite par VSL. Il est important que la planification de la fabrication soit faite suffisamment tôt par les intervenants.



Tirants enroulés dans une corbeille à l'usine

### 3.2.2 Réception

Avec le déchargement des corbeilles, les tirants passent sous la responsabilité de l'entreprise de forage. Celle-ci prend les précautions nécessaires pour éviter des dégâts aux tirants.

Pour les tirants fabriqués sur chantier, la réception des tirants par l'entreprise de forage a lieu au moment du transport de l'aire de fabrication jusqu'au trou de forage. Pour le transport jusqu'au trou de forage et la mise en place, les moyens suivants ont fait leurs preuves:

- Grue de forte capacité
- Hélicoptère
- Selle de montage

Le cas échéant, VSL équipe les tirants de dispositifs de levage adéquats.



Fabrication sur chantier....

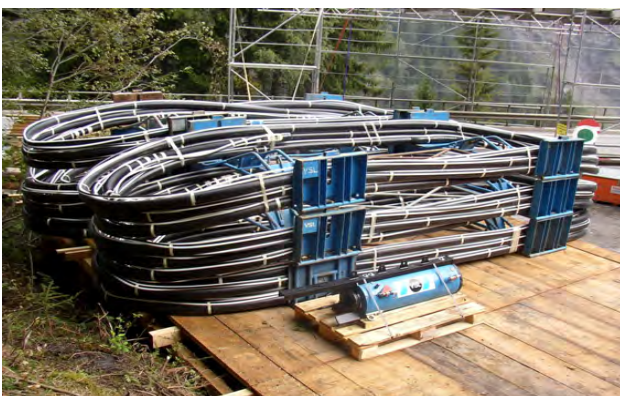


et transport

### 3.2.3 Entreposage intermédiaire

Les tirants sont stockés dans leurs corbeilles à un endroit plat et propre. Les corbeilles sont construites de façon à pouvoir être superposées. Les tirants fabriqués sur chantier sont entreposés par l'entreprise de forage sur une surface appropriée (p.ex. carrelets) de manière à ne pas être en contact avec le sol. Aucun autre matériau ne doit être déposé sur les tirants. Les composants des ancrages sont également stockés sur la place d'entreposage des tirants. La place de stockage doit être séparée du reste du chantier par des barrières. Les travaux de soudage et de découpage au chalumeau sont interdits à proximité des tirants. La température de l'air ne doit pas dépasser 40 °C dans le tirant. Pour cette raison, les tirants doivent être protégés contre une exposition directe au soleil, par exemple en les recouvrant de bâches.

En cas de basses températures, les tirants PL3 stockés dans les corbeilles doivent être chauffés à env. 10° - 20°C avant la mise en œuvre, c.-à-d. avant le déroulage. La température de l'air à l'intérieur du tirant doit atteindre au moins 5 °C.



Corbeilles superposées sur une surface plate et propre du chantier

### 3.2.4 Mesure de la résistance électrique comme critère final de réception

#### a) tirants fabriqués en usine

La réception des tirants par l'entreprise de forage consiste en une mesure de la résistance électrique lors de l'arrivée sur chantier. La mesure est effectuée avec le tirant placé dans un bain d'eau. Le test est exécuté et consigné par l'entreprise de forage. Une copie du rapport d'essai est à remettre à VSL.

Les résistances électriques sont données dans le tableau du chapitre 3.2.11, la tension de mesure entre câble et mise à terre s'élève à 500 V en courant continu avec une plage de mesure  $> 10 \text{ k}\Omega$ . Comme instrument de mesure on peut citer p.ex. le METRISO 1000 A ou un appareil équivalent.

En cas de non-exécution de tels tests de réception, les tirants sont considérés comme étant acceptés sans réserve par l'entreprise de forage.

Les tirants, qui à ce stade n'atteignent pas la résistance recommandée de  $R \sim 200 \text{ M}\Omega$ , sont réparés sans frais par VSL.

#### b) tirants fabriqués sur chantier

VSL teste chaque tirant fabriqué sur chantier dans un bain d'eau installé par VSL près du lieu de fabrication. La résistance recommandée est de  $R \sim 200 \text{ M}\Omega$ , avec une tension de mesure entre câble et mise à terre de 500 V en courant continu.

Après réception du tirant par l'entreprise de forage, cette dernière procède à une première mesure de résistance électrique. La procédure peut être la même que celle décrite sous 3.2.4 a).

Les tirants, qui à ce stade n'atteignent pas la résistance recommandée de  $R \sim 200 \text{ M}\Omega$ , sont réparés sans frais par VSL.



Fabrication avec bain d'eau (tube)



Tirant complet testé dans le bain d'eau

En cas de non-exécution de tels tests de réception, les tirants sont considérés comme étant acceptés sans réserve par l'entreprise de forage.

### 3.2.5 Mise en place des tirants

L'entreprise de forage est responsable de la mise en place des tirants. Elle doit prendre les mesures nécessaires pour éviter que les tirants ne soient endommagés lors de la mise en œuvre. Entre autre :

- Les tirants ne doivent pas être pliés ou déformés plastiquement. Les tirants ainsi que les ancres doivent être transportés localement de manière à ce que leur durabilité ne soit en aucune façon altérée par des dégâts mécaniques.
- Les tirants ne doivent pas frotter contre des arêtes vives.
- Les tubes de forage ne doivent présenter aucune bavure.

Il convient d'utiliser un entonnoir pour permettre d'engager facilement le tirant dans le trou de forage à travers le manchon.



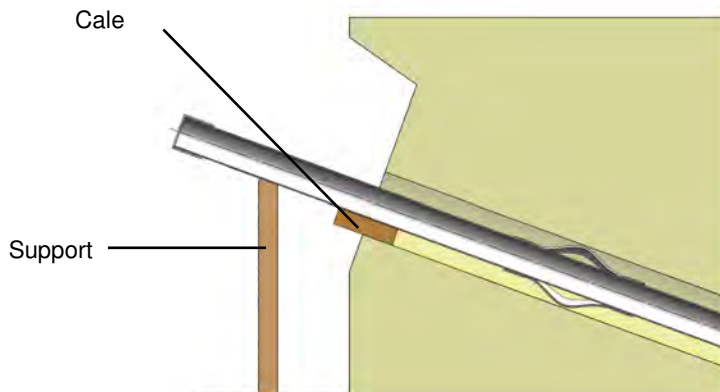
- Les tirants doivent être introduits lentement et de manière contrôlée dans le trou de forage.

Il est interdit de procéder à des modifications sur les tirants livrés conformément à l'agrément technique. En particulier, écarteurs, centreurs etc. ne peuvent être enlevés avant la mise en place du tirant.

Autres mesures:

- En cas de basses températures : La température à l'intérieur du tirant doit atteindre au moins 5 °C. Avant déroulage le tirant doit être chauffé à env. 10° - 20°C ;
- En cas de températures élevées: La température ne doit pas dépasser 40 °C à l'intérieur du tirant. Le cas échéant, les tirants doivent être protégés contre une exposition directe au soleil;
- Des dispositions particulières doivent être prises dans le cas de tirants de grande longueur (> 30 m) et de forte capacité (tous les tirants PL 3 avec torons de 0.6"). Celles-ci doivent être discutées suffisamment tôt entre VSL et l'entreprise de forage;
- Les tirants qui sont mis en place dans un trou de forage fortement incliné doivent être suspendus par les torons;
- Les tirants qui ne peuvent être mis en place à bras d'homme doivent être suspendus par les torons (c.-à-d. ne fixer en aucun cas le système de suspension à la gaine).

Immédiatement après la mise en place du tirant, la partie à l'extrémité supérieure doit être ramenée à l'axe du trou de forage et être bloquée dans cette position. Le dispositif est décrit dans le schéma ci-dessous.



### 3.2.6 Injection par l'entreprise de forage

#### Avant l'injection:

- Le coulis utilisé pour l'injection intérieure (vide à l'intérieur de la gaine) doit satisfaire aux exigences des normes SIA 262 et SN EN 447;
- Dans le cas de températures extérieures inférieures à +5 °C, on veillera par des contrôles et en tous les cas par des mesures appropriées à ce que le coulis de ciment présente toujours une température supérieure à +5 °C entre le malaxeur et l'entrée du trou de forage resp. le tirant.

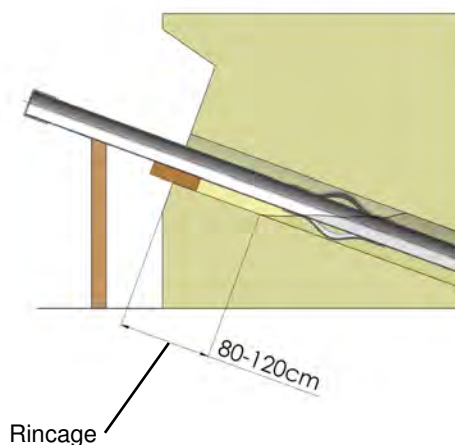
#### Pendant l'injection:

Lors de l'exécution des injections intérieure et extérieure, les différences de pression doivent être limitées comme suit:

- Pression intérieure: max. +3 bars pendant le processus de prise;
- Pression extérieure: max. + 1 bar durant un court instant (max. 30 min).

#### Après l'injection:

Après injection, la zone supérieure du tirant doit tout de suite être rincée, à l'intérieur et à l'extérieur de la gaine. La zone proche de la tête d'ancrage doit être débarrassée des résidus de ciment.



### 3.2.7 Réinjection

Des réinjections à pressions élevées peuvent altérer la protection contre la corrosion du tirant. En cas de réinjections, les pressions d'injection doivent être limitées à 25 bars.

### 3.2.8 Délais de mise en tension

Pour la reconsolidation des sols après l'injection il faut respecter les délais minimaux suivants entre l'injection et les travaux de mise en tension:

- Tirants en rocher et tirants ancrés dans des sols non cohérents : 7 jours
- Tirants ancrés dans des roches marneuses et dans des sols cohérents : 10 jours

En respectant les délais indiqués, l'entreprise de forage convient avec VSL d'une date de mise en tension.

### 3.2.9 Préparations pour les travaux de mise en tension

L'entreprise de forage met à disposition de VSL l'engin de levage, en règle générale la grue, et la place nécessaire pour les travaux de mise en tension:

- Engin de levage pour le déchargement et le chargement ainsi que pour l'installation et le déplacement nécessaire d'un ancrage à l'autre des appareils de mise en tension (pompe hydraulique et vérin);
- Place dégagée et propre pour l'installation des appareils de mesure et de la pompe hydraulique;
- Echafaudages stables, sans vibrations et conformes aux directives de la SUVA pour les opérations de mise en tension à plus de 1.2 m au-dessus du niveau du sol.



### 3.2.10 Travaux de mise en tension

Une prudence accrue s'impose lors de l'opération de mise en tension. Bien qu'extrêmement rare, une défaillance du câble, de l'ancrage ou du vérin peut conduire à de graves accidents.

**Soit: Durant la mise en tension, personne ne se trouve à l'arrière ou à côté du vérin.  
On se conformera aux instructions du personnel de VSL.**

L'auteur du projet remettra suffisamment tôt les données relatives à la procédure de mise en tension à VSL. Ce sont:

- Nombre de paliers et durées d'observation correspondantes à chaque palier dans le cas d'essais sur tirants;
- Critères de fluage pour les tirants d'ouvrage;
- Désignation des tirants pour épreuves simples et poussées de mise en tension;
- Autres données nécessaires pour la mise en tension des tirants (SIA 267, données spécifiques au projet, marche à suivre dans le cas de tirants ne satisfaisant pas aux exigences, etc.);
- Données relatives aux vérins de mesure.

VSL prépare les procès-verbaux de mise en tension correspondants et exécute les travaux de mise en tension. Le document de base pour les travaux de mise en tension (essai de traction, épreuves de mise en tension) est la norme SIA 267.

Immédiatement après les épreuves de mise en tension, VSL remet les procès-verbaux complètement remplis à l'entreprise de forage (la plupart du temps également à l'auteur du projet sous forme de copie). Si les valeurs satisfont aux directives des normes, VSL effectue alors les travaux suivants:

- Blocage du tirant à la force  $P_0$ ;
- Recépage de la surlongueur des torons (après approbation de la direction des travaux);
- Travaux finaux dans la zone d'ancrage (→ 3.2.13).

### 3.2.11 Contrôle de la protection poussée contre la corrosion (PL 3)

VSL recommande les mesures et valeurs de résistance données dans le tableau ci-dessous. Elles permettent d'atteindre avec une grande probabilité la valeur exigée par la SIA 267 de  $RI > 0.1 \text{ M}\Omega$  (Mesure ID). Il faut tenir compte dans l'interprétation des valeurs atteintes que les valeurs mesurées peuvent varier en fonction de l'humidité de l'air.

Mesure	Instant / Essai	Responsable	Valeur recommandée en $\text{M}\Omega$
	Bain d'eau dans le cas de tirants fabriqués sur chantier / Gaine	VSL	~ 200
	Tirant dans trou de forage / Gaine	EF	~ 200
	Après injection / Gaine	EF	> 100
	Après réinjections / Gaine	EF	> 100
I A	Avant essai de mise en tension, tirant non tendu / Gaine	VSL	> 5
I B	Après essai de mise en tension, tirant non tendu / Gaine	VSL	> 0.1
I C	Après essai de mise en tension, tirant tendu, avant injection de la tête de tirant / Gaine et tête de tirant	VSL	> 0.1
I D	Comme I C, après injection de la tête de tirant / Gaine et tête de tirant	VSL	> 0.1 Condition de la norme

EF = Entreprise de forage



Les procès-verbaux des mesures de résistance effectuées par l'entreprise de forage sont à remettre à VSL. Les procès-verbaux complets sont remis à l'entreprise de forage pour transmission au maître de l'ouvrage.

Si des tirants isolés sont acceptés avec une résistance électrique  $RI$  insuffisante (maximum 10 % des tirants), il faut fournir la preuve avec une mesure de résistance électrique  $II$  que la tête de tirant n'est pas en contact avec l'armature de l'ouvrage. La mesure est effectuée par VSL. L'exigence relative à



la mesure de résistance Il est satisfaite si la résistance électrique entre la tête de tirant et l'armature de l'ouvrage se monte à  $R_{II} \geq 100$  Ohm sous une tension de mesure d'env. 40 V en courant alternatif. Comme instrument de mesure on peut citer p.ex. le Fluke 1621 ou un appareil équivalent.

### 3.2.12 Garantie

La réparation ou le remplacement de tirants qui sont endommagés après réception et qui n'atteignent pas les valeurs exigées de la mesure de résistance électrique I est à la charge de l'entreprise de forage. La norme SIA 267 règle à l'article 10.7.4.2 à quelles conditions il est possible de renoncer au remplacement de tirants insuffisants ou quand le remplacement est à la charge du maître d'ouvrage.

**La capacité des tirants ne peut pas être influencée par VSL. Elle est fonction des propriétés du sol, des techniques de forage et d'injection, du diamètre de forage, etc. En conséquence, VSL décline toute responsabilité dans le cas où des tirants ont une capacité insuffisante.**

### 3.2.13 Travaux finaux

#### a) Injection de la tête de tirant et capot de protection

L'injection de la tête de tirant, c.-à-d. l'injection au coulis de ciment de l'espace entre les manchons intérieur et extérieur et le remplissage du manchon intérieur avec de la graisse est effectuée par VSL. Le montage du capot de protection et l'application de l'enduit de protection sur les surfaces exposées à l'air des composants de l'ancrage sont effectués par VSL.

#### b) Niches

Le remplissage des niches avec un mortier sans retrait ou la mise en place d'un couvercle de protection est en général effectué par l'entreprise de génie civil.

#### c) Equipements de mesure

Pour autant que cela soit prévu dans le projet, aussi bien les câbles de mesure de la résistance électrique que ceux d'éventuels vérins de mesure peuvent être reliés à un coffret central. Ces câbles de mesure sont placés dans des tubes de protection préalablement noyés dans le béton ou montés ultérieurement en saillie par l'entreprise de forage ou l'entreprise générale.

L'emplacement du coffret de mesure doit être fixé par l'auteur du projet. Les coffrets sont généralement en acier résistant à la corrosion et sont verrouillables.

Les raccordements des câbles de mesure aux têtes de tirants et au coffret de mesure sont effectués par VSL.