

TULIP Capteur universel

Manuel de l'utilisateur



Document: G116 Rev7
Date révision 31-10-2006

www.flintec.net

SOMMAIRE

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Description | 3 |
| | 1.1 Généralités | 3 |
| | 1.2 Versions | 3 |
| 2. | Fonctionnement | 4 |
| 3. | Données techniques | 5 |
| | 3.1 Caractéristiques | 5 |
| | 3.2 Dimensions | 5 |
| 4. | Construction du capteur | 6 |
| | 4.1 Orientation des axes du capteur | 6 |
| | 4.2 Autres méthodes d'implantation | 6 |
| 5. | Méthodes de mesure | 7 |
| | 5.1 Méthode de mesure: compression | 7 |
| | 5.2 Méthode de mesure: traction | 8 |
| | 5.3 Méthode de mesure: cisaillement | 8 |
| | 5.4 Méthode de mesure: torsion | 8 |
| | 5.5 Autres applications | 8 |
| 6. | Monter au bon endroit | 9 |
| | 6.1 Conditions préliminaires importantes | 9 |
| | 6.2 Degrés de liberté | 9 |
| | 6.3 Discontinuité de la construction | 10 |
| | 6.4 Ensoleillement direct | 10 |
| | 6.5 Autres facteurs | 10 |
| 7. | Montage du capteur | 11 |
| | 7.1 Perçage | 11 |
| | 7.2 Orientation | 12 |
| | 7.3 Profondeur | 12 |
| | 7.4 Montage | 13 |
| | 7.5 Kit de montage TULIP | 14 |
| 8. | Calculs | 16 |
| | 8.1 Généralités | 16 |
| | 8.2 Contraintes de traction / compression | 16 |
| | 8.3 Tension de sortie en traction / compression | 17 |
| | 8.4 Contraintes de cisaillement | 18 |
| | 8.5 Tension de sortie en cisaillement | 19 |
| 9. | Branchement électrique du capteur | 20 |
| 10. | Plans | 21 |
| | Plan n° 1 : Élément de construction en compression | 21 |
| | Plan n° 2 : Élément de construction en traction | 21 |
| | Plan n° 3 : Élément de construction en cisaillement avec un point d'appui | 22 |
| | Plan n° 4 : Élément de construction en cisaillement avec deux points d'appui | 22 |
| | Plan n° 5 : Mesure de la torsion sur un élément de construction | 22 |
| | Plan n° 6 : Mesure verticale dans un silo (compression) | 23 |
| | Plan n° 7 : Mesure horizontale dans un silo (cisaillement) | 24 |
| | Plan n° 8 : Kit de protection du capteur TULIP | 25 |

1. Description

1.1 Généralités

Le capteur universel TULIP offre, de par sa forme spéciale, une solution simple et économique pour toutes les applications nécessitant une mesure de forces mécaniques.

Le capteur a été développé pour s'intégrer facilement dans des constructions mécaniques. L'installation nécessite uniquement un perçage précis dans la structure. Le capteur sera ensuite inséré à la presse dans ce perçage.

Les dimensions du capteur sont extrêmement réduites (seulement Ø19 mm).

Sa précision combinée à sa construction hermétique, produite à partir d'acier inoxydable, garantit un bon fonctionnement même dans les conditions les plus dures.

Le capteur TULIP contient des jauges de contrainte reliées entre elles (Pont de Wheatstone) ce qui optimise la linéarité, la reproductibilité et l'hystérèse. De par sa construction électrique, le capteur est compatible avec la plupart des afficheurs électroniques.

1.2 Versions

Le capteur est disponible en différentes versions:

TULIP

- Avec 8 jauges de contrainte et compensation de température, pour une précision maximale.
- Le capteur est fermé hermétiquement.
- Le capteur possède un câble isolé à 4 fils.

TULIP-L

- Avec 4 jauges de contraintes, pour des applications courantes.
- Le capteur est fermé hermétiquement.
- Le capteur possède un câble isolé à 4 fils.

TULIP-P

- Avec 4 jauges de contrainte, version simple.
- Le capteur est enrobé de plastique injecté et possède un câble plat à 4 fils.

2. Fonctionnement

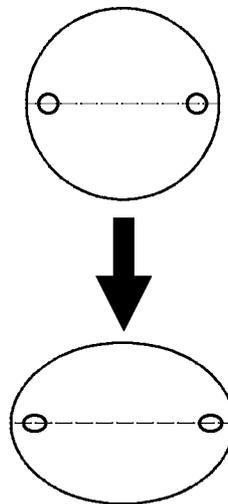
Le TULIP fonctionne suivant des principes mécaniques simples.

Quand une structure physique est soumise à une contrainte externe, sa forme change afin de pouvoir résister à la charge. Même si ce changement de forme est bien souvent microscopique le capteur peut le détecter. Un perçage dans la structure se déforme proportionnellement à la force appliquée.

Lorsque le capteur est inséré à la presse dans ce trou, il détecte la déformation de manière très précise (principe de base = rond -> ovale). Cette modification est retransmise aux jauges de contrainte dont la résistance change proportionnellement à la déformation et donc à la force.

Les jauges de contrainte sont reliées entre elles formant un pont de Wheatstone, ce qui permet de modifier la tension de sortie en fonction de la déformation (= contrainte). Ce signal est mesuré par un calculateur électronique qui affiche l'intensité de la contrainte.

Attention: En pressant le capteur dans le perçage, toute la structure devient un détecteur de force.



Principe de base rond -> ovale

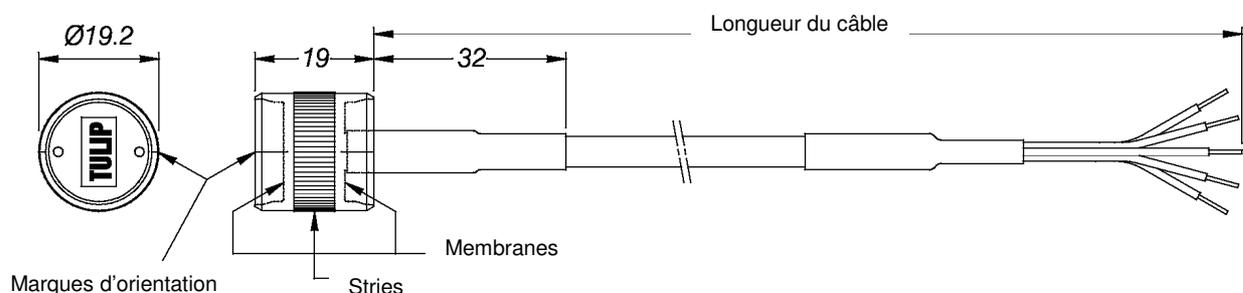
3. Données techniques

3.1 Caractéristiques

| | | TULIP | TULIP-L | TULIP-P |
|---|----------------------|--------------------------|------------------|-------------------|
| Tension d'alimentation | V | 5...12 | | |
| Impédance d'entrée | Ω | 770 \pm 20 | 350 \pm 10 | |
| Impédance de sortie | Ω | 700 \pm 20 | 350 \pm 10 | |
| Contrainte minimale: Acier en traction / compression Acier en cisaillement | N/mm^2 N/mm^2 | ≥ 20 ≥ 10 | | |
| Tension de sortie, contrainte minimale (=FS): Acier en traction / compression Acier en cisaillement | mV/V mV/V | ≥ 0.2 ≥ 0.2 | | |
| Plage du zéro | mV/V | $\leq \pm 0.25$ | | |
| Erreur combinée | %FS | $\leq \pm 0.1$ | | |
| Coefficient de température sur sensibilité | %FS/°C | $\leq \pm 0.01$ | $\leq \pm 0.035$ | |
| Plage de température d'utilisation | °C | -40...+80 | -20...+65 | |
| Plage de température de stockage | °C | -50...+90 | -30...+80 | |
| Isolation électrique | M Ω | ≥ 5000 | | |
| Encapsulation | | hermétique | | plastique injecté |
| Indice d'étanchéité (DIN 40 050) | IP | 68 | | 67 |
| Longueur du câble: Standard Optionnel | m m | 1 10 | 0.6 | 0.6 |

La précision réalisable est comprise entre 0,5 et 5%. Elle dépend de la structure mécanique, de sa géométrie et de la version des capteurs utilisés.

3.2 Dimensions



Attention: TULIP-P n'a pas de membrane mais du plastique injecté et un câble plat à 4 fils.

4. Construction du capteur

4.1 Orientation des axes du capteur

L'image 1 montre le capteur TULIP et ses 3 axes d'orientation.

Il y a 2 axes de détection décalés de 90°. Ces axes sont illustrés dans l'image 1, ci-contre, respectivement l'axe X et Y qui se trouvent dans l'axe des stries.

Aucune détection n'est effectuée suivant l'axe Z.

L'axe X est utilisé pour l'orientation du capteur. Les marques d'orientation se trouvent sur les faces avant et arrière du capteur et sont parallèles à cet axe.

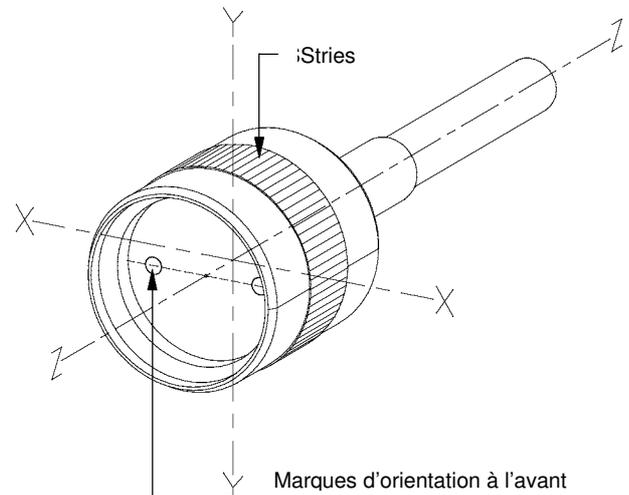


Image 1 : Les axes d'orientation

4.2 Autres méthodes d'implantation

Dans l'image 2, l'avant du capteur a été démonté (membrane ôtée). Les jauges de contraintes sont positionnées très exactement.

Les marques d'orientation à l'extérieur du capteur sont alignées sur l'axe X (axe de détection). Cet axe est aligné avec les jauges de contrainte R1 et R4.

Le capteur délivre la tension de sortie positive souhaitée lorsque R2/R3 sont sollicités en compression et R1/R4 en traction.

L'élément de mesure est réalisé en acier inoxydable et traité pour avoir une dureté Rockwell d'environ C42.

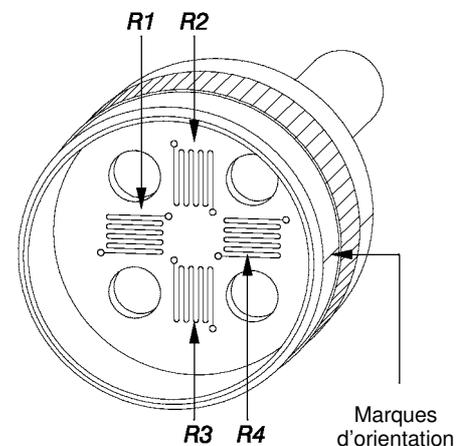


Image 2 : Capteur ouvert

Le capteur est inséré à la presse dans un perçage de précision. Les stries assurent une liaison hors pair entre le capteur et la structure. La face avant est soudée avec une membrane inoxydable. La face arrière est également soudée avec une membrane: la sortie du câble se trouve au centre de cette dernière.

Attention: Les membranes sont fragiles. Evitez tous dommages lors de l'installation. Vous trouverez d'autres instructions de montage sont décrites plus précisément dans les chapitres suivants.

5. Méthodes de mesure

Le TULIP réagit directement au changement de sa forme: rond -> ovale. Voir image 3 ci-contre.

Le capteur peut être utilisé partout où une force externe entraîne la déformation d'une structure. Les possibilités ne sont pratiquement limitées que par la créativité des ingénieurs et développeurs !

Les méthodes de mesures de base sont la compression, la traction et le cisaillement. La torsion et la flexion peuvent également être mesurées mais découlent des méthodes de mesure de base.

Une construction est souvent soumise à des forces différentes. Le capteur doit être placé le plus près possible de l'axe neutre des forces ne devant pas être détectées.

Attention: Observez bien dans l'image 3 les marques d'orientation sur le capteur. De cette manière uniquement il est possible d'obtenir une tension de sortie positive.

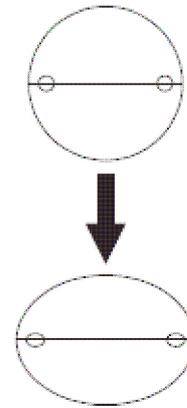


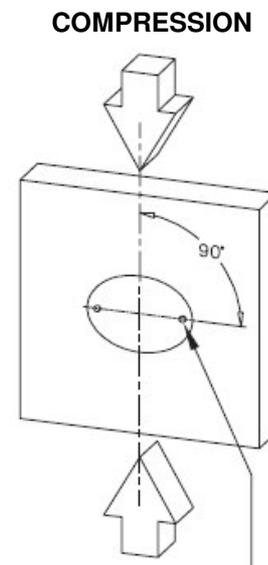
Image 3 : Principe de base rond -> ovale

5.1 Méthode de mesure: compression

Cette méthode est illustrée dans l'image 4.

La marque d'orientation du capteur est décalée de 90° par rapport à l'axe de la charge afin de générer une tension de sortie positive. En positionnant le capteur dans l'axe neutre, les forces secondaires telles que la flexion et la torsion seront ignorées et seule la compression sera mesurée.

Dans le plan 1 (Page 21), un exemple d'élément de construction est représenté. La position du capteur exactement au centre du profil en I y est parfaitement reconnaissable. Ainsi seule la compression est mesurée alors que la torsion est ignorée.



Marques d'orientation (x 2)

Image 4 : Méthode de mesure - compression

5.2 Méthode de mesure: traction

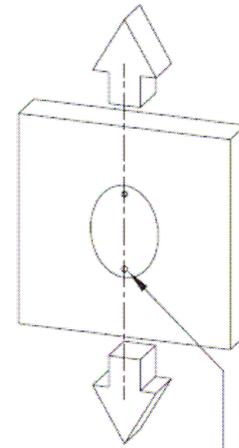
Cette méthode est illustrée dans l'image 5.

La marque d'orientation du capteur est située dans l'axe de la charge afin de générer une tension de sortie positive.

En positionnant le capteur dans l'axe neutre, les forces secondaires telles que la flexion et la torsion seront ignorées et seule la traction sera mesurée.

Dans le plan 2 (Page 21), un exemple d'élément de construction est représenté. La position du capteur exactement au centre du profil y est parfaitement reconnaissable. Ainsi seule la traction est mesurée.

TRACTION



Marques d'orientation (x 2)

Image 5 : Méthode de mesure - traction

5.3 Méthode de mesure: cisaillement

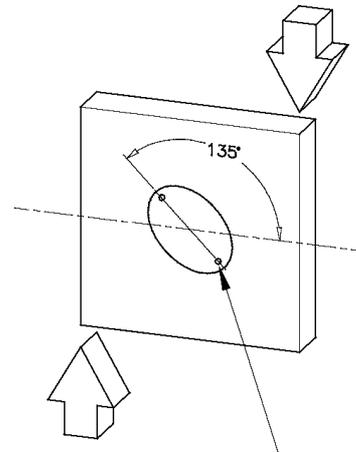
Cette méthode est illustrée dans l'image 6.

La marque d'orientation du capteur est décalée de 135° (45°) par rapport à l'axe neutre du profil afin de générer une tension de sortie positive.

En positionnant le capteur dans l'axe neutre, seul le cisaillement sera mesuré.

Dans le plan 3 (Page 22), un exemple d'élément de construction est représenté. Cet élément n'a qu'un seul appui. Dans le plan 4 (Page 22), un exemple d'élément de construction est représenté, cette fois avec 2 appuis.

CISAILLEMENT



Marques d'orientation (x 2)

Image 6 : Méthode de mesure - cisaillement

Attention: Faites attention aux marques d'orientation.

5.4 Méthode de mesure: torsion

Le plan 5 (Page 22) représente un exemple d'élément de construction sollicité en torsion. Le moment de torsion peut être détecté et mesuré par le capteur. La torsion crée une contrainte de cisaillement sur le côté extérieur du cylindre. Les marques d'orientation du capteur sont décalées dans ce cas de 45° .

5.5 Autres applications

Presque toutes les applications de mesure peuvent être résolues en utilisant une des méthodes décrites dans les paragraphes 5.1 à 5.4.

Attention: Si vous avez des questions sur une application particulière, n'hésitez pas à nous consulter.

6. Monter au bon endroit

Le bon endroit de montage du capteur TULIP dépend de plusieurs facteurs. L'ingénieur et/ou le concepteur doit s'efforcer de penser à tous ces facteurs. Plus la conception prend en compte ces facteurs meilleur sera le résultat.

6.1 Conditions préliminaires importantes

Le capteur peut seulement être monté aux endroits où la déformation de la matière, dans la zone de travail, est significative. Dans ces conditions uniquement le capteur délivre une tension exploitable.

(Zone de travail = Charge nominale - charge morte)

Les valeurs minimales sont définies dans le tableau au paragraphe 3.1 (Page 5). Le calcul de la tension de sortie est expliqué au paragraphe 8 (Page 16 ci-après).

Le capteur a une dureté Rockwell d'environ C42.

La structure, dans laquelle le capteur est monté, doit avoir une dureté Rockwell maximale de C38. L'épaisseur de la structure, dans laquelle est monté le capteur, doit être supérieure à 4 mm.

6.2 Degrés de liberté

L'élément dans lequel le capteur est monté, doit avoir une liberté de mouvement absolue. Un allongement dans la structure, dû par exemple à des changements de température, ne doit avoir aucune incidence sur les forces à mesurer.

Cet élément devrait être désolidarisé mécaniquement des autres constituants de la structure dans la mesure du possible.

Exemple: Le plan 6 (Page 23) montre un silo. Le système de remplissage de ce silo (non représenté) ne doit avoir aucune influence sur la structure sinon les mesures seront faussées. Cela signifie séparer mécaniquement les 2 éléments.

Attention: Il faut veiller à éviter les forces secondaires.

6.3 Discontinuité de la construction

La position du capteur TULIP est très importante. Elle est idéale lorsque celui-ci se trouve dans une zone où le flux des forces est homogène.

Evitez de monter le capteur dans des zones où la discontinuité de la géométrie est importante car le flux des forces n'y est pas homogène. Ces zones peuvent être, par exemple:

- Des soudures
- Des éléments de liaison de la structure
- Endroits où le diamètre change

La distance entre une discontinuité et la position du capteur doit être au moins égale au double de la largeur H du profil, comme décrit dans l'image 7, ci-contre.

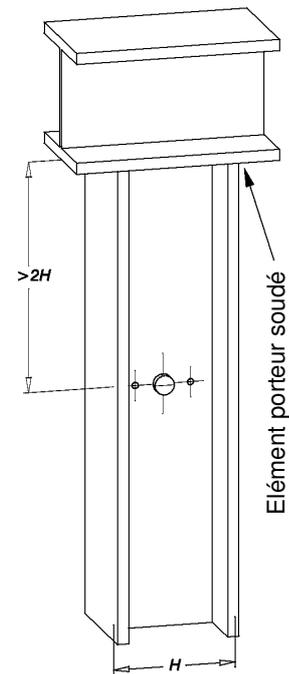


Image 7 : Montage du capteur en cas de géométrie discontinue

6.4 Ensoleillement direct

L'ensoleillement direct doit être évité.

La position de montage du capteur doit être le plus éloigné possible d'éventuelles sources de chaleur. En cas d'exposition directe au rayonnement solaire, le kit de protection TULIP est conseillé, comme décrit dans le plan 8 (Page 25). Ce kit offre également une protection mécanique.

Le kit de montage TULIP est présenté dans le paragraphe 7.5. Le kit de protection TULIP utilise les trous percés auparavant pour l'installation du capteur à l'aide du kit de montage.

6.5 Autres facteurs

Pour une utilisation optimale du capteur, d'autres connaissances de base peuvent être utiles, par exemple:

- Si le silo du plan 6 (Page 23) est rempli avec des liquides, monter un seul capteur dans un des quatre pieds suffit à obtenir des résultats acceptables.
- Ce même silo rempli avec des solides subit des modifications de son centre de gravité : dans ce cas il est conseillé de monter un capteur dans chaque pied.
- Le silo se trouve en extérieur et le vent génère des contraintes différentes sur chaque pied: ce problème est résolu par le montage d'un capteur dans chaque pied.

7. Montage du capteur

Un bon résultat n'est possible que lorsque le capteur est bien installé.

Choisissez une méthode de mesure et une position du montage adaptées, comme décrit dans les paragraphes 5 et 6. Une installation correcte signifie:

- Un perçage précis.
- L'orientation correcte du capteur.
- Le montage dans le trou.

7.1 Perçage

Le perçage de précision doit être réalisé avec beaucoup d'attention.

Diamètre de perçage : voir image 8 ci-contre.

L'épaisseur X du profil doit être au minimum de 4 mm. La tolérance d'ovalisation est de 0,05 mm. Le perçage ne doit comporter aucune bavure.

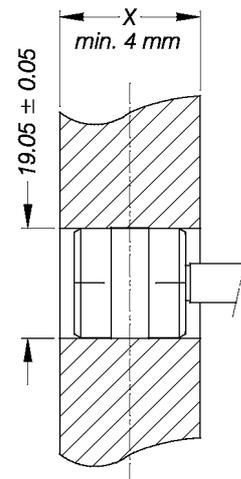


Image 8 : Perçage de précision

L'image 9 montre le montage du capteur dans un trou profond. Lorsque la profondeur de perçage Y est supérieure à 15 mm, il est préférable de percer un trou additionnel de Ø20 mm.

La profondeur de perçage $Z = Y - 10$.

Par exemple:

Profondeur de montage $Y = 40$ mm.

Profondeur de perçage $Z = 40 - 10 = 30$ mm.

Pour le montage sur site, un kit de montage est disponible. En utilisant ce kit pour le perçage il est possible d'éviter les problèmes dus au non respect des tolérances dimensionnelles et géométriques.

Ce kit est présenté au paragraphe 7.5 (Page 14).

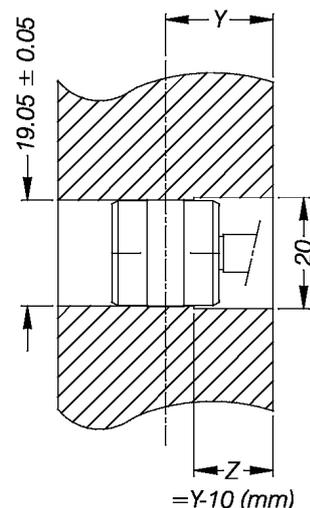


Image 9 : Perçage pour grande profondeur

7.2 Orientation

L'orientation du capteur devrait être réalisée avec le plus de précision possible. Ceci est facilité par les marques d'orientation à l'avant et à l'arrière du capteur. Lors du montage, la tolérance entre l'angle théorique et l'angle réel des marques d'orientation est de $\pm 3^\circ$.

Le capteur doit être orienté en fonction de la méthode de mesure. L'image 10 montre encore une fois les méthodes de base. En installant les capteurs de cette manière, la tension de sortie (positive) sera proportionnelle à la charge.

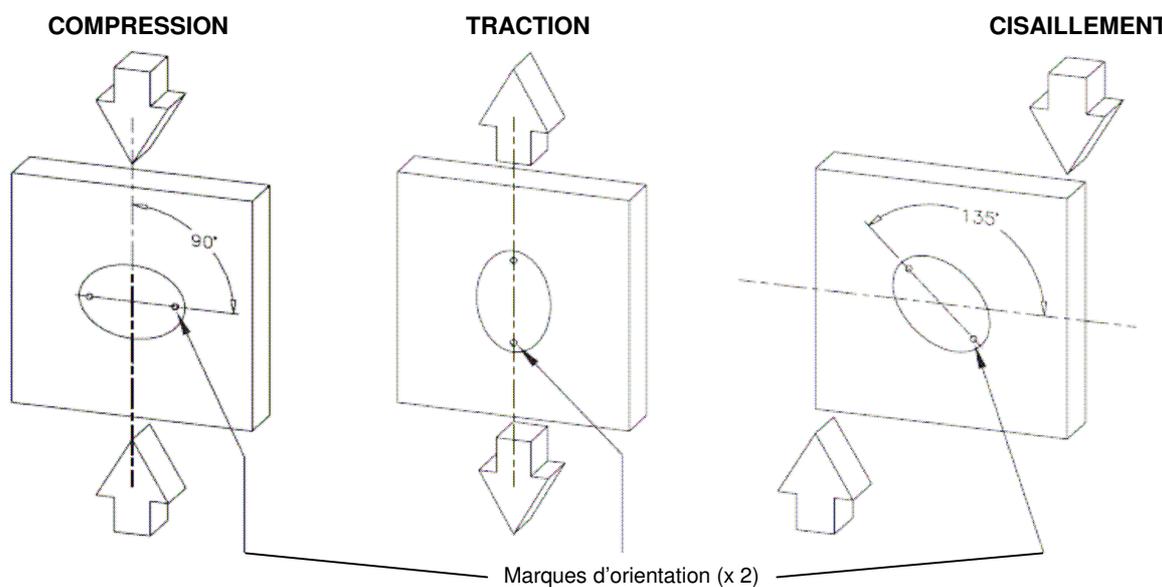


Image 10 : Les méthodes de base

7.3 Profondeur

La profondeur de montage est déterminée par l'ingénieur et/ou le concepteur. Celle-ci dépend de la structure, de la charge appliquée, de la méthode de mesure et de la position de montage.

Pour des éléments avec des sections rectangulaires ou rondes et sollicités dans le cadre d'une des méthodes de mesure de base, le capteur est installé au centre du profil. Pour des profils creux, le capteur est installé au centre de l'épaisseur de tôle suivant image 11, ci-après.

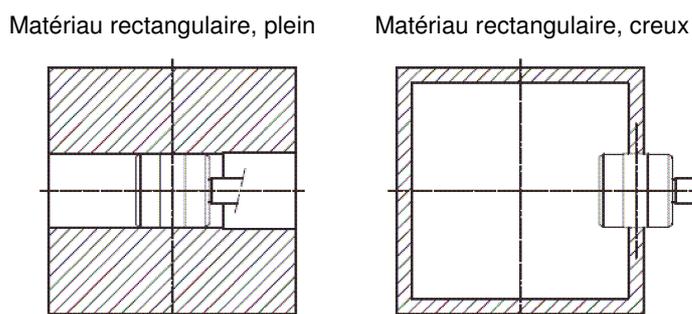


Image 11 : Matériau plein / profil creux

7.4 Montage

Le capteur doit être inséré à la presse à l'aide d'un outillage spécial. L'utilisation d'un lubrifiant pour le perçage et pour l'insertion du capteur est nécessaire.

L'effort nécessaire pour insérer le capteur dépend de la dureté dans la structure et peut aller jusqu'à 15 kN. Pour le montage sur site, il est préférable d'utiliser le kit de montage TULIP (Paragraphe 7.5).

Attention: Ne jamais utiliser un marteau ou un objet similaire, le capteur serait irrémédiablement endommagé. Les membranes sont fragiles, veillez à éviter tous dommages lors de l'installation.

Après le montage, le capteur ainsi que le trou de perçage doivent être protégés par une couche de peinture.

Il est possible d'enlever le capteur de son trou et de le réinstaller après. Cela peut être nécessaire, par exemple, après un montage incorrect notamment au niveau des marques d'orientation. Cette possibilité ne devrait cependant pas être utilisée trop souvent car à chaque démontage le trou perd de sa précision ce qui influence la qualité des résultats.

Le câble devrait être fixé près du point de montage du capteur TULIP à l'aide d'un système approprié vissé ou crapoté (Voir image 12). Le kit de protection TULIP (Plan 8, page 25) peut également être utilisé à cette fin.

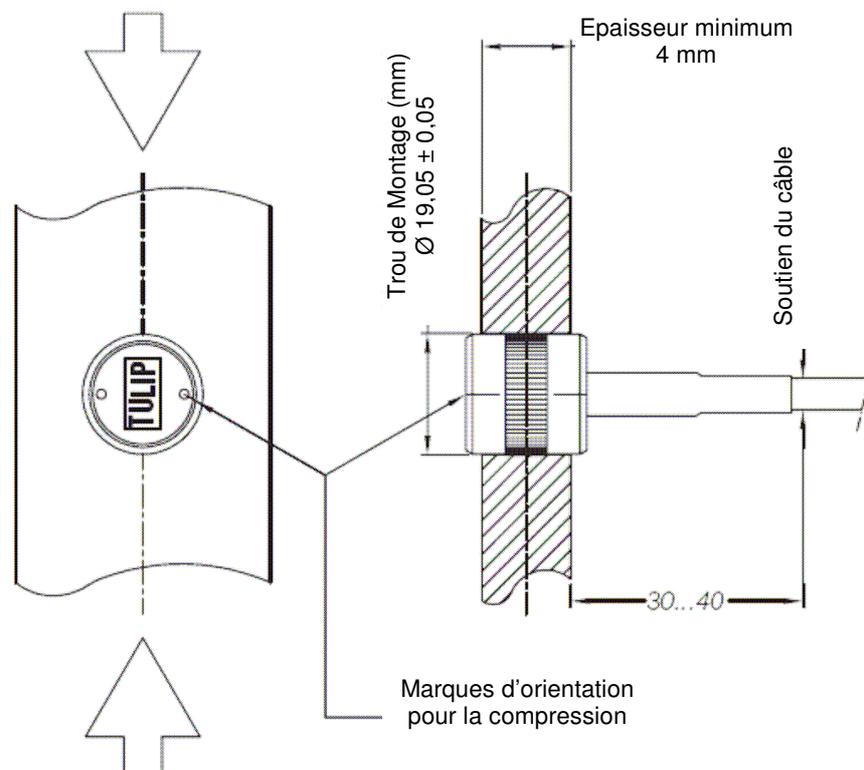


Image 12 : Le soutien du câble est important

7.5 Kit de montage TULIP

Le kit de montage TULIP (voir photo page 15) a été spécialement conçu pour installer le capteur sur site.

Ce kit est représenté de manière simplifiée, par les parties A et B, dans l'image 13.

Quand la position exacte du capteur est connue, elle est d'abord repérée par un marquage qui comprend également 2 trous d'aide au montage comme décrit dans l'image 13.

Faire le perçage des 2 trous auxiliaires.

Monter ensuite la partie A dans la structure et fixer à l'aide des vis.

La partie A comprend un guide de perçage. Avec la fraise de précision contenue dans le kit, percer le trou du capteur en prenant garde de bien lubrifier pendant l'opération.

La partie B est conçue pour presser le capteur dans le trou. Pour cela, fixer cette dernière sur la partie A à l'aide des vis puis presser le capteur dans le trou. Une notice complète est livrée avec le kit de montage.

Les trous auxiliaires sont aussi représentés dans les plans 1 à 8. Ces trous peuvent être utilisés pour la fixation du kit de protection TULIP du plan 8 (Page 25).

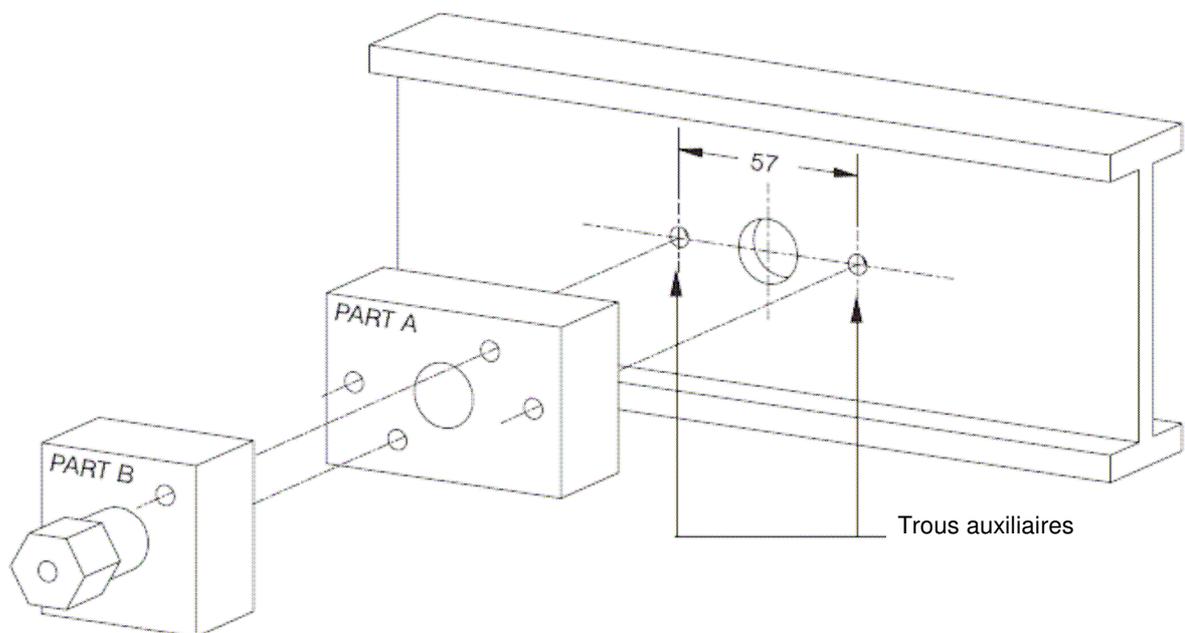


Image 13 : Le kit de montage TULIP (simplifié)



Kit de montage TULIP

8. Calculs

8.1 Généralités

Les calculs dans cette section sont un guide pour les ingénieurs et/ou concepteurs. Le résultat final peut varier légèrement dans des situations concrètes. La plupart de ces variations dépendent de plusieurs facteurs différents qui ne seront pas détaillés ici.

La condition essentielle pour l'utilisation des capteurs TULIP est une variation minimale de la charge ou de la contrainte (voir paragraphe 3.1).

Le capteur fonctionne au mieux lorsque la tension de sortie générée est comprise entre 1 et 2 mV/V pour d'étendue de pesée, c'est-à-dire de zéro à la charge nominale.

Attention: Etant donné la présence d'un trou dans la structure, il faut vérifier que la charge maximale admissible n'est pas dépassée.

Pour le calcul des contraintes et de la tension de sortie, il existe des différences entre les méthodes de mesure pour la traction/compression et le cisaillement. Ces méthodes de base sont traitées ci-après.

8.2 Contraintes de traction / compression

Le principe est représenté dans l'image 14. Le porteur est soumis à une charge F répartie dans la surface A .

Ainsi, la contrainte normale σ_n sur le capteur est:

$$\sigma_n = \frac{F}{A} \quad (\text{en N / mm}^2)$$

Exemple de calcul A: (voir plan 2, page 21)

Élément de structure en aluminium, charge à mesurer en traction : 10 tonnes.

Section du profil : 25 x 100 mm ($A = 2500$).

$F = 100\,000$ N

$A = 2\,500$ mm²

$$\sigma_n = \frac{F}{A} = \frac{100\,000}{2\,500} = 40 \text{ N / mm}^2$$

Exemple de calcul B: (voir plan 6, page 23)

Silo, structure métallique; capacité de charge 45 t, équipé de 4 pieds de type HE-A 120 ($A=2530$).

$F = 450\,000$ N

$n = 4$

$A = 2\,530$ mm²

$$\sigma_n = \frac{F}{n \times A} = \frac{450\,000}{4 \times 2\,530} = 44 \text{ N / mm}^2$$

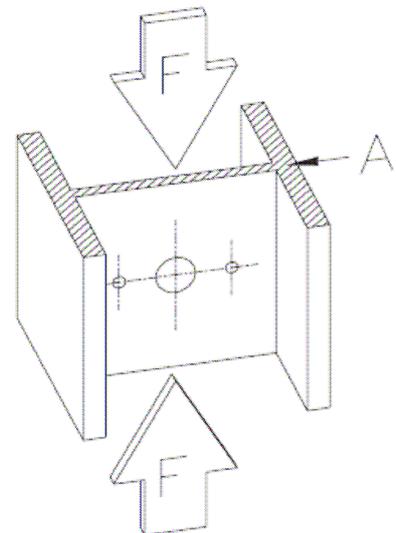


Image 14 : Section A - traction / compression

D'après les spécifications techniques (voir paragraphe 3.1), la variation de contrainte minimale pour la traction / compression est :

- Acier : $\geq 20 \text{ N / mm}^2$

Les résultats obtenus dans les exemples A et B étant supérieurs à cette valeur, il est possible d'utiliser le capteur. Pour l'aluminium, la variation minimale est :

- Aluminium : $\geq 10 \text{ N / mm}^2$

8.3 Tension de sortie en traction / compression

La tension de sortie U_n pour la traction ou la compression se calcule à l'aide de la formule suivante:

$$U_n \approx \frac{2,3 \times 10^3}{E_n} \times \sigma_n \quad (\text{en mV / V})$$

où E_n est le module d'élasticité en traction / compression.

- E_n pour l'acier = 210×10^3
- E_n pour l'aluminium = 70×10^3

Dans le paragraphe 8.2, les contraintes sont calculées dans les exemples A et B. La tension de sortie pour ces exemples est :

Exemple A:

$$U_n \approx \frac{2,3 \times 10^3}{70 \times 10^3} \times \sigma_n \approx \frac{2300}{70000} \times 40 \approx 1,3 \text{ mV / V}$$

Exemple B:

$$U_n \approx \frac{2,3 \times 10^3}{210 \times 10^3} \times \sigma_n \approx \frac{2300}{210000} \times 44 \approx 0,48 \text{ mV / V}$$

8.4 Contraintes de cisaillement

Le principe est représenté dans l'image 15.
Le porteur est soumis à une charge F . Celle-ci est répartie sur la surface A , qui est différente avec cette méthode.

La contrainte de cisaillement γ_s dans le capteur est:

$$\gamma_s = \frac{F}{A} \quad (\text{en N / mm}^2)$$

Exemple de calcul C: (voir plan 3, page 22)

Élément de structure en acier, charge à mesurer en cisaillement: 1 t.

Profil du porteur : IPE 80 ($A = 80 \times 3,8 = 304$).

$F = 10\,000\text{ N}$

$A = 304\text{ mm}^2$

$$\gamma_s = \frac{F}{A} = \frac{10000}{304} = 32\text{ N / mm}^2$$

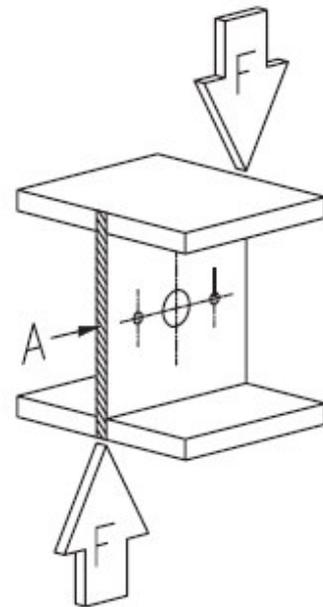


Image 15 : Section A - cisaillement

Exemple de calcul D: (voir plan 7, page 24)

Silo en acier; charge nominale 45 t avec 8 pieds (2 x 4) de type IPE 180 ($A = 180 \times 5,3 = 954$).

$F = 450\,000\text{ N}$

$n = 8$

$A = 954\text{ mm}^2$

$$\gamma_s = \frac{F}{n \times A} = \frac{450000}{8 \times 954} = 59\text{ N / mm}^2$$

D'après les spécifications techniques (voir paragraphe 3.1) la variation de contrainte minimale pour le cisaillement est:

- Acier : $\geq 10\text{ N / mm}^2$

Les résultats obtenus dans les exemples C et D étant supérieurs à cette valeur, il est possible d'utiliser le capteur. Pour l'aluminium, la variation minimale est :

- Aluminium: $\geq 5\text{ N / mm}^2$

8.5 Tension de sortie en cisaillement

La tension de sortie U_s pour le cisaillement se détermine par la formule suivante:

$$U_s \approx \frac{3 \times 10^3}{E_s} \times \gamma_s \quad (\text{en mV / V})$$

où E_s est le module d'élasticité pour le cisaillement.

- E_s pour l'acier = 82×10^3
- E_s pour l'aluminium = 28×10^3

Dans le paragraphe 8.4, les contraintes sont calculées dans les exemples C et D. La tension de sortie pour ces exemples est :

Exemple C:

$$U_s \approx \frac{3 \times 10^3}{82 \times 10^3} \times \gamma_s \approx \frac{3000}{82000} \times 32 \approx 117 \text{ mV / V}$$

Exemple D:

$$U_s \approx \frac{3 \times 10^3}{82 \times 10^3} \times \gamma_s \approx \frac{3000}{82000} \times 59 \approx 2,15 \text{ mV / V}$$

9. Branchement électrique du capteur

Le capteur TULIP est constitué par des jauges de contraintes reliées entre elles dans un pont de Wheatstone (Voir image 16) ce qui optimise la linéarité, la reproductibilité et l'hystérèse. Le capteur a un câble à 4 fils. Pour la bonne polarité de la tension de sortie, le montage doit être réalisé suivant les instructions du paragraphe 7.2.

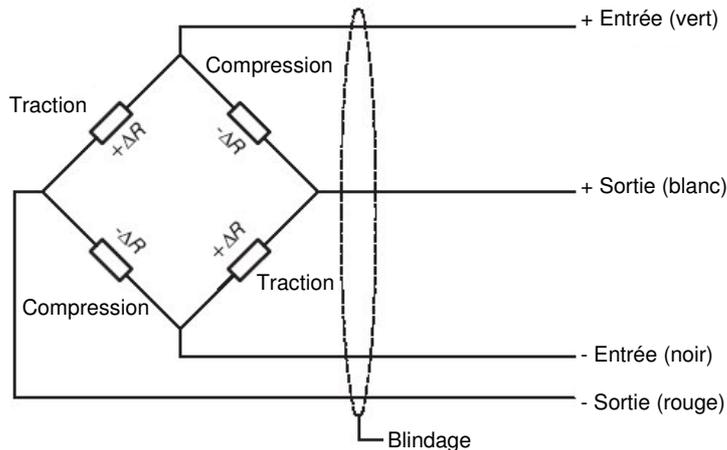


Image 16 : Pont de Wheatstone

Lors du montage du capteur dans le trou, le zéro origine du capteur se décale. La valeur de ce décalage dépend de la qualité géométrique du perçage. Cette valeur peut ensuite être compensée par l'électronique (afficheur ou transmetteur).

En particulier une protection parafoudre est nécessaire lorsque l'installation se trouve en extérieur. Pour cela, plusieurs composants sont disponibles.

Lorsque des travaux de soudure doivent être effectués sur la structure, il est conseillé de débrancher le capteur de l'électronique de mesure.

Une charge répartie sur plusieurs appuis nécessite l'emploi d'autant de capteurs branchés en parallèle (voir image 17). Ce branchement en parallèle génère une valeur moyenne de chaque mesure effectuée par les capteurs. Voir également les exemples des plans 6 et 7 (Page 23 et 24).

Après le montage des capteurs et le branchement à l'électronique le système peut être calibré.

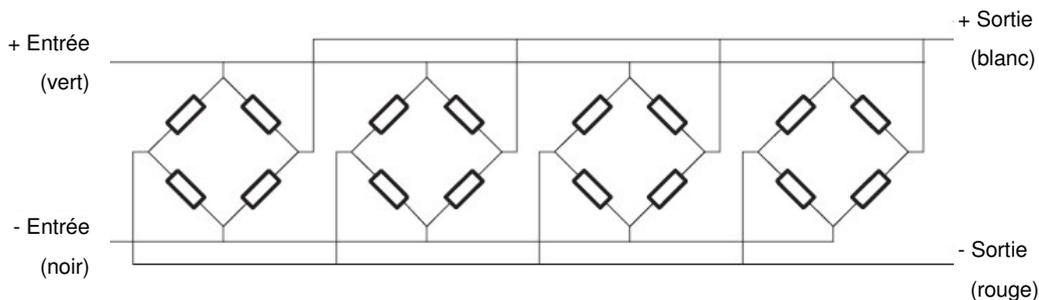
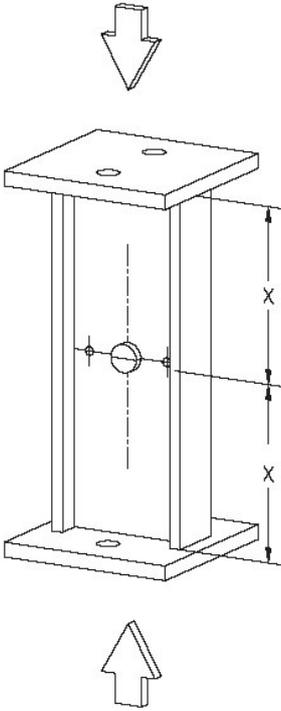
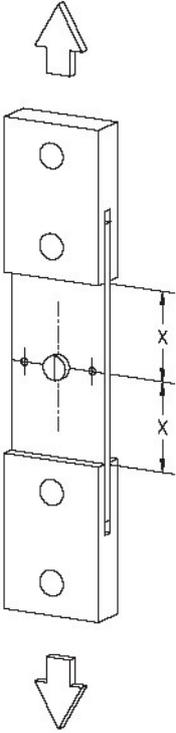


Image 17 : Branchement en parallèle

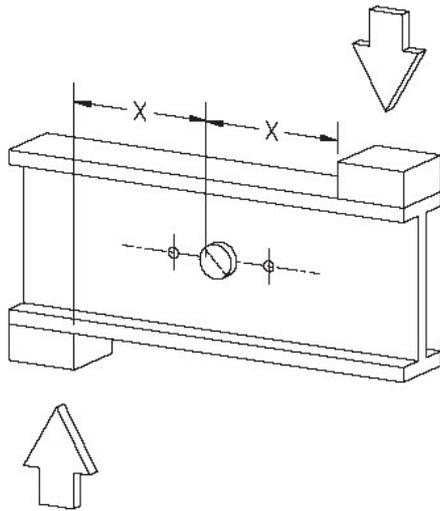
10. Plans



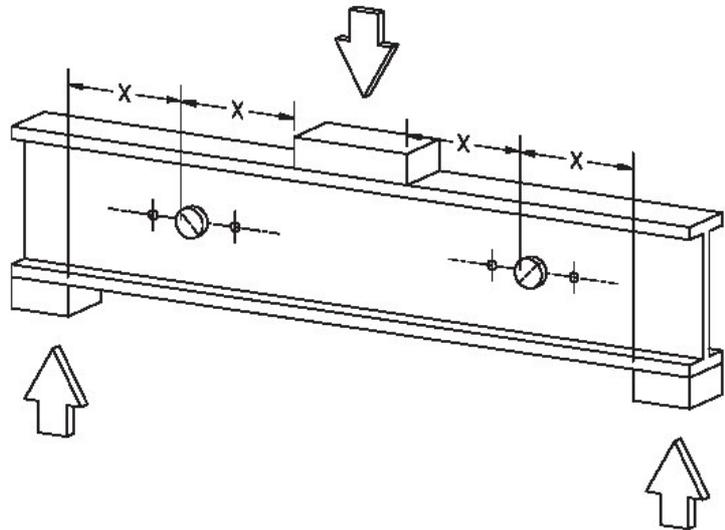
Plan n°1 : Elément de construction en compression



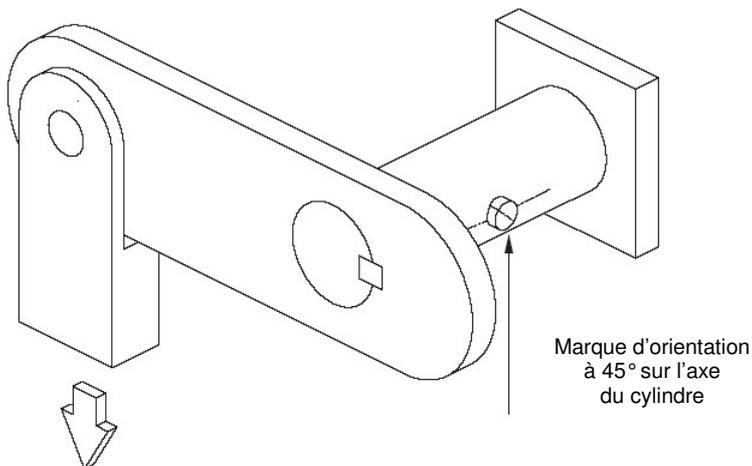
Plan n°2 : Elément de construction en traction



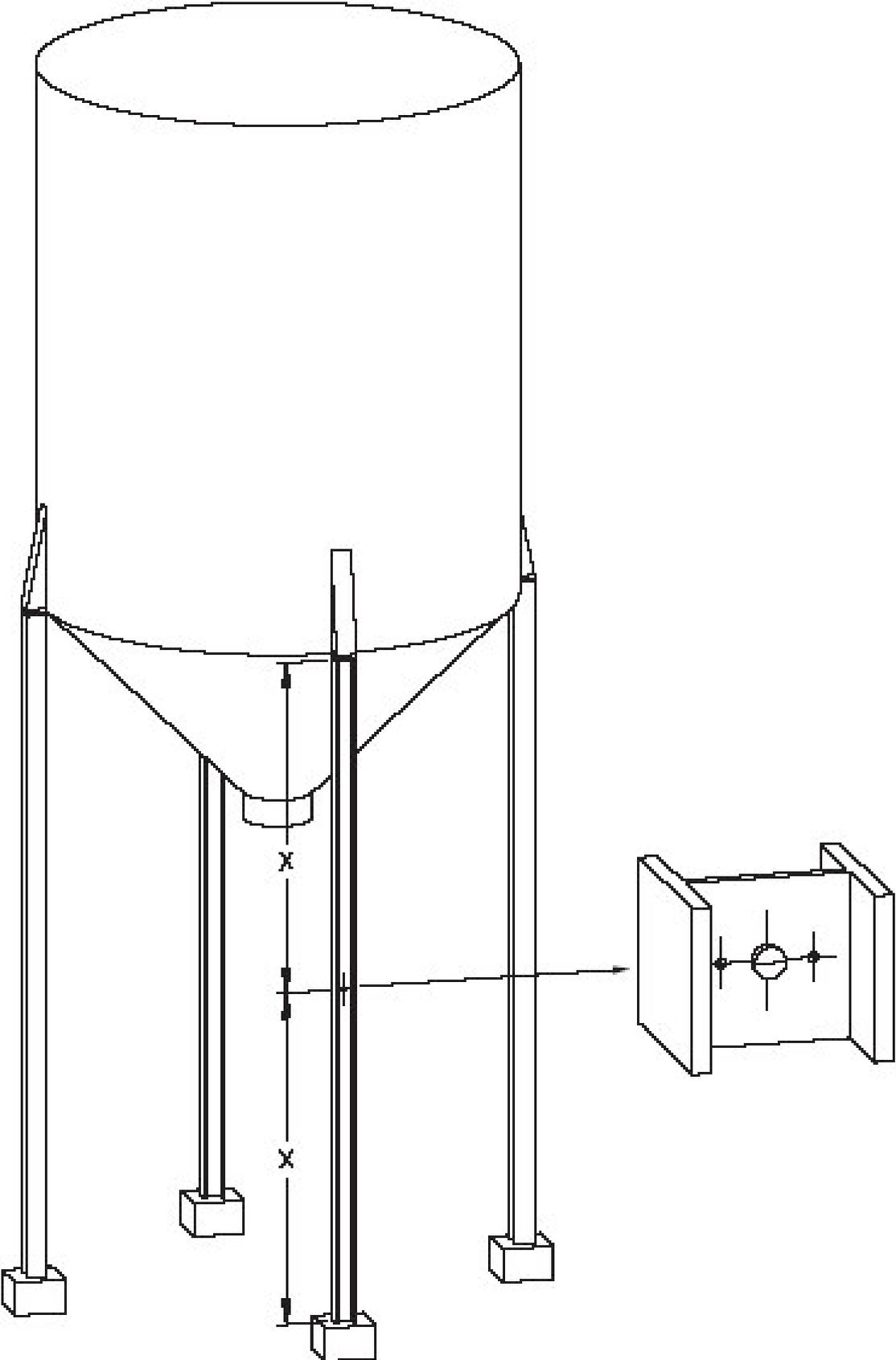
Plan n°3 : Élément de construction en cisaillement avec un point d'appui



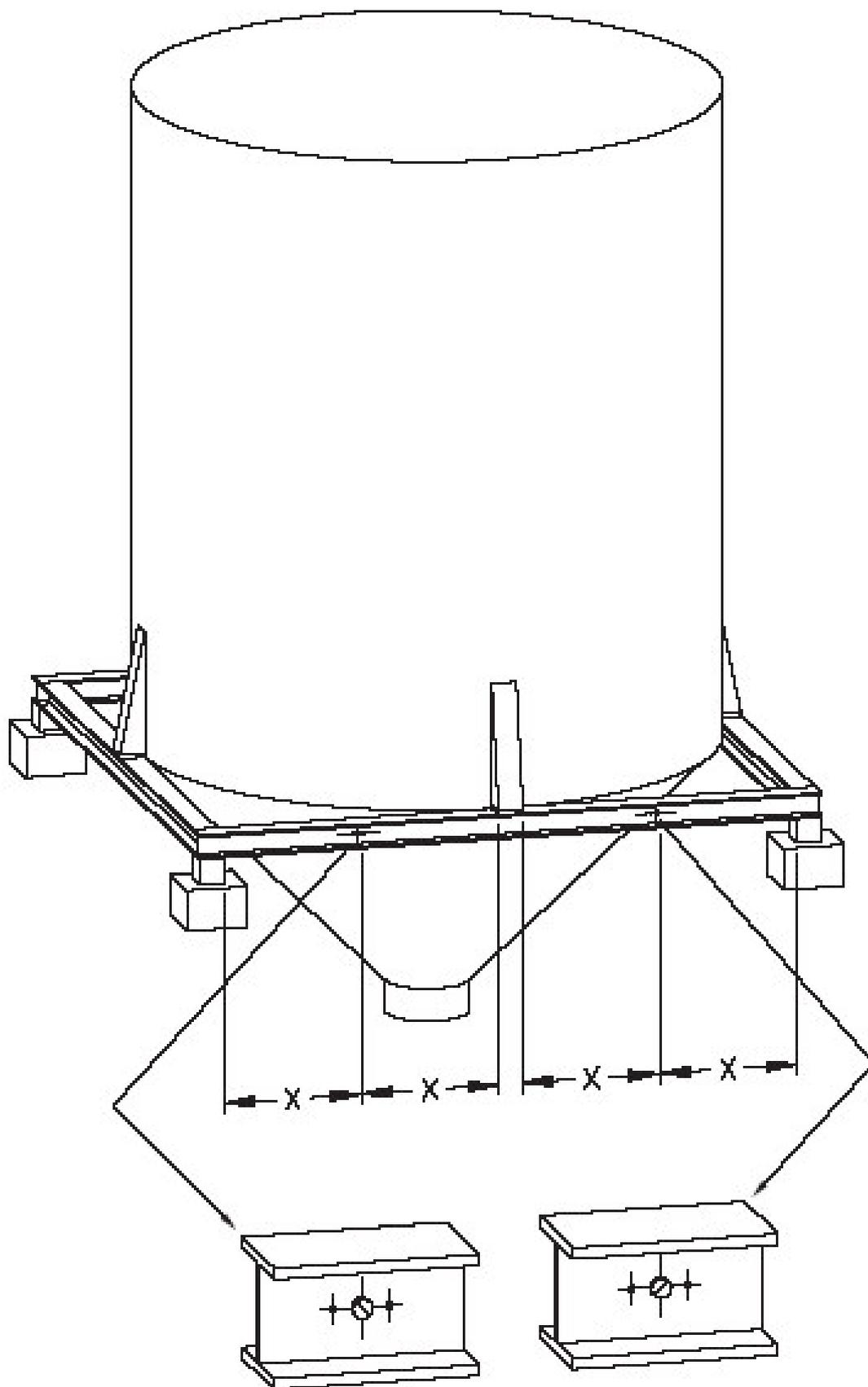
Plan n°4 : Élément de construction en cisaillement avec deux points d'appui



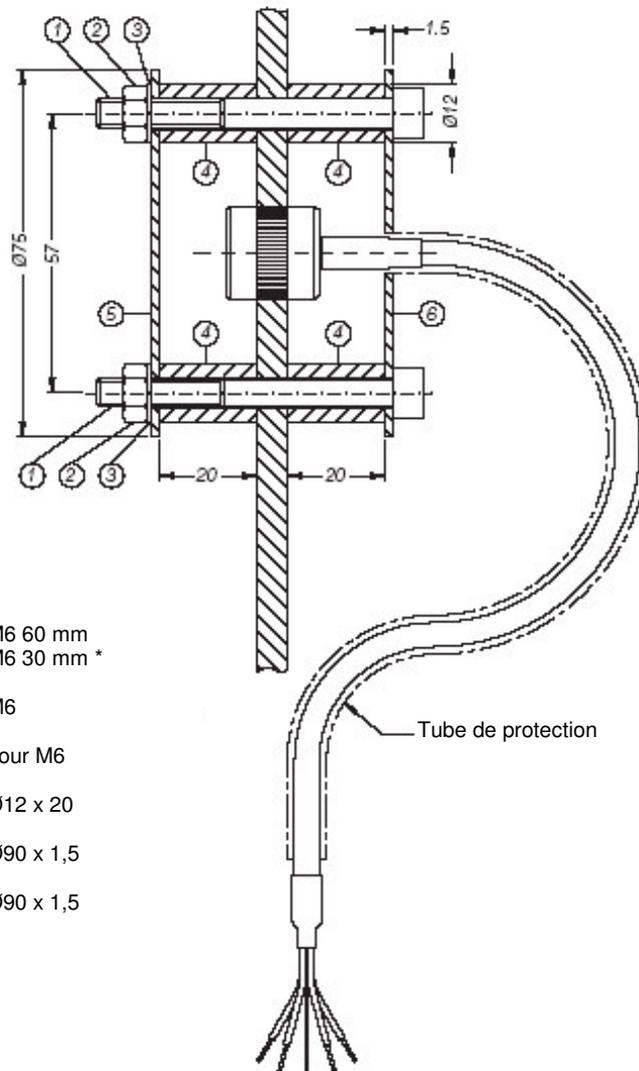
Plan n°5 : Mesure de la torsion sur un élément de construction



Plan n°6 : Mesure verticale dans un silo (compression)



Plan n°7 : Mesure horizontale dans un silo (cisaillement)



- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1-Vis | 2x M6 60 mm 2x M6 30 mm * |
| 2-Ecrou | 2x M6 |
| 3-Rondelle | 2x pour M6 |
| 4-Entretoise | 4x Ø12 x 20 |
| 5-Plaque de protection | 1x Ø90 x 1,5 |
| 6-Plaque de protection | 1x Ø90 x 1,5 |
| | Tube de protection |

* Pour protection d'un seul côté

Plan n°8 : Kit de protection du capteur TULIP

