

---

---

**Reconnaissance et essais  
géotechniques — Surveillance  
géotechnique par instrumentation in  
situ —**

Partie 3:

**Mesurages des déplacements  
perpendiculairement à une ligne par  
inclinomètre**

*Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by  
field instrumentation —*

*Part 3: Measurement of displacements across a line: Inclinometers*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7f1928b5-57e3-49ea-a7af-d365d31b9421/iso-18674-3-2017>



iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

ISO 18674-3:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7f1928b5-57e3-49ea-a7af-d365d31b9421/iso-18674-3-2017>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2017

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
Fax: +41 22 749 09 47  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b>	<b>iv</b>
<b>1 Domaine d'application</b>	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b>	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b>	<b>2</b>
<b>4 Symboles</b>	<b>3</b>
<b>5 Instruments</b>	<b>4</b>
5.1 Généralités	4
5.2 Inclinomètres à sonde	5
5.3 Inclinomètres in situ (IPI)	6
5.4 Tube inclinométrique	8
5.5 Plage de mesure, précision et répétabilité	9
<b>6 Mise en place et procédure de mesure</b>	<b>10</b>
6.1 Généralités	10
6.2 Installation des tubes de guidage au niveau de surfaces accessibles et dans le béton	10
6.3 Installation de tubes de guidage dans des forages	10
6.3.1 Réalisation des forages	10
6.3.2 Installation des tubes de guidage	11
6.3.3 Sécurisation des sites forage de mesure	12
6.4 Installation d'inclinomètres in situ (IPI)	13
6.5 Réalisation de la mesure	14
6.5.1 Vérification et étalonnage de l'instrumentation	14
6.5.2 Mesure	14
<b>7 Dépouillement et traitement des données</b>	<b>15</b>
<b>8 Compte rendu</b>	<b>16</b>
8.1 Compte rendu d'installation	16
8.2 Compte rendu de surveillance	16
<b>Annexe A (normative) Procédure de mesure et de dépouillement</b>	<b>17</b>
<b>Annexe B (normative) Défectomètres</b>	<b>21</b>
<b>Annexe C (informative) Matériaux de remplissage</b>	<b>26</b>
<b>Annexe D (informative) Applications géotechniques</b>	<b>28</b>
<b>Annexe E (informative) Exemples de mesure</b>	<b>29</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>42</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [www.iso.org/iso/fr/avant-propos](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 182, *Géotechniques*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 18674 se trouve sur le site web de l'ISO.

# Reconnaissance et essais géotechniques — Surveillance géotechnique par instrumentation in situ —

## Partie 3: Mesurages des déplacements perpendiculairement à une ligne par inclinomètre

### 1 Domaine d'application

Ce document spécifie la mesure des déplacements perpendiculairement à une ligne au moyen d'inclinomètres réalisés dans un but de surveillance géotechnique. Les règles générales de surveillance des performances du terrain, des structures en interaction avec le terrain, des remblais géotechniques et des travaux géotechniques sont présentées dans l'ISO 18674-1.

Ce document fait également référence aux déflectomètres (voir l'[Annexe B](#)) en complément des inclinomètres pour la détermination des déplacements horizontaux perpendiculairement aux lignes de mesures horizontales.

NOTE En général, deux composantes de déplacement indépendantes agissent perpendiculairement aux lignes de mesures. Dans le cas des lignes de mesures verticales, les inclinomètres permettent de déterminer ces deux composantes. Pour les lignes horizontales, les inclinomètres sont limités à la détermination de la seule composante verticale.

Si elle est appliquée conjointement à la norme ISO 18674-2 cette norme permet de déterminer les déplacements agissant dans toutes les directions.

Ce document s'applique:

- au contrôle des calculs géotechniques en lien avec la méthode observationnelle;
- à la surveillance des structures géotechniques avant, pendant et après une phase de construction (p. ex. pentes naturelles, déblais, remblais, parois d'excavation, fondations, barrages, terrils, tunnels);
- à l'obtention des principaux paramètres géotechniques (p.ex. à partir des résultats des essais de chargement de pieu ou des essais de creusement de tunnel);
- à l'identification et à la surveillance des plans de cisaillement actifs du terrain.

NOTE Le présent document satisfait aux exigences relatives à la surveillance des performances du terrain, des structures en interaction avec le terrain et des ouvrages géotechniques au moyen d'inclinomètres dans le cadre des études et essais géotechniques conformément aux Références [1] et [2].

### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants, en tout ou partie, sont référencés de façon normative dans le présent document et sont indispensables à son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 18674-1:2015, *Reconnaissance et essais géotechniques — Surveillance géotechnique par instrumentation in situ — Partie 1: Règles générales*

ISO 18674-2:2016, *Reconnaissance et essais géotechniques — Surveillance géotechnique par instrumentation in situ — Partie 2: Mesurages des déplacements le long d'une ligne: Extensomètres*

ISO 22475-1:2006, *Reconnaissance et essais géotechniques — Méthodes de prélèvement et mesurages piézométriques — Partie 1: Principes techniques des travaux*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 18674-1 et ISO 18674-2 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

#### 3.1 inclinomètre

système de surveillance des déplacements perpendiculairement à une ligne de mesures au moyen de mesures d'inclinaisons sur le terrain

Note 1 à l'article: à l'article Le système est principalement constitué d'un instrument comportant un ou plusieurs *capteurs d'inclinaison* (3.2), d'un tube de guidage, d'un moyen de mesurer la position de l'instrument dans le tube de guidage et d'un dispositif d'affichage.

Note 2 à l'article: à l'article Les données fournies par des inclinomètres doivent être dépouillées, ce qui peut être réalisé à l'aide d'un logiciel interne ou d'un tableur.

#### 3.2 capteur d'inclinaison

capteur électrique sensible à la force de pesanteur utilisé pour la mesure de l'inclinaison

#### 3.3 Inclinomètre à sonde

système comprenant une sonde intégrant un ou plusieurs *capteurs d'inclinaison* (3.2), dédiée à la mesure pas à pas de l'inclinaison le long d'une ligne de mesures

Note 1 à l'article: à l'article Également appelé inclinomètre transverse.

Note 2 à l'article: à l'article Les inclinomètres à sonde verticale mesurent des déplacements dans des directions horizontales.

Note 3 à l'article: à l'article Les inclinomètres à sonde horizontale mesurent des déplacements dans des directions verticales (tassements ou soulèvements).

Note 4 à l'article: à l'article En lieu et place des inclinomètres à sonde horizontale, il est possible d'utiliser un système à sonde hydrostatique.

Note 5 à l'article: à l'article Consulter également la Référence [3].

#### 3.4 inclinomètre in situ IPI

système d'inclinomètre constitué d'un unique élément, ou une série d'éléments, chaque élément intégrant un ou plusieurs *capteurs d'inclinaison* (3.2), destiné à la mesure de l'inclinaison en des lieux particuliers d'une ligne de mesures, sans déplacement de l'instrument

Note 1 à l'article: Il existe des inclinomètres in situ capables de mesurer dans toutes les inclinaisons, mais, lorsqu'ils se trouvent dans une position proche de l'horizontale, ils ne permettent pas de mesurer des déviations par rapport à l'azimut.

**3.5****inclinomètre uniaxial**

système destiné à la mesure de l'inclinaison dans un seul plan

Note 1 à l'article: à l'article Courant pour les lignes de mesures horizontales.

**3.6****inclinomètre biaxial**

système destiné à la mesure de l'inclinaison dans deux plans orthogonaux

Note 1 à l'article: à l'article Courant pour les lignes de mesures verticales.

**3.7****tube inclinométrique**

tube de guidage dédié au système d'inclinomètre utilisé

Note 1 à l'article: Couramment, la face interne des tubes inclinométriques comporte quatre rainures longitudinales. Les tubes disponibles dans le commerce diffèrent en termes de matériau, dimension, type de raccordement, nombre de rainures, etc. (voir 5.4).

Note 2 à l'article: à l'article Les angles des tubes de section carrée peuvent être considérés comme des rainures.

**3.8****longueur entre repères**

*L*

distance entre points de contact adjacents de l'instrument

Note 1 à l'article: Dans le cas des *inclinomètres à sonde* (3.3), *L* mesure couramment 0,5 m ou 1,0 m.

**3.9****longueur de base**

distance entre points de mesure adjacents utilisée dans la procédure de dépouillement

Note 1 à l'article: à l'article Dans le cas des *inclinomètres à sonde* (3.3), la longueur de base est égale à la *longueur entre repères* (3.8).

ISO 18674-3:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7f1928b5-57e3-49ea-a7af-d365d31b9421/iso-18674-3-2017>

**4 Symboles**

Symbole	Nom	Unité
<i>A</i>	Plan de mesure de la sonde, qui coïncide avec le plan des roulettes de guidage	—
<i>a</i>	Composante du déplacement latéral dans le plan A	m
<i>B</i>	Plan de mesure de la sonde de l'inclinomètre perpendiculaire au plan A	—
<i>b</i>	Composante du déplacement latéral dans le plan B	m
<i>d</i>	Profondeur, distance	m
<i>F</i>	Indice désignant une mesure de suivi	—
<i>h</i>	Hauteur par rapport au niveau de la mer (altitude)	m
<i>i</i>	Nombre de points de mesure	—
<i>L</i>	Longueur entre repères de la sonde d'un inclinomètre ou d'un défectomètre	m
<i>l</i>	Distance entre des points de mesure	m
<i>n</i>	Nombre total de points de mesure le long d'une ligne de mesures	—
<i>R</i>	Indice désignant une mesure de référence	—
<i>t</i>	Temps écoulé	s
<i>t<sub>F</sub></i>	Date et heure d'une mesure de suivi	—
<i>t<sub>R</sub></i>	Date et heure d'une mesure de référence	—
<i>u, v, w</i>	Composantes du déplacement dans les directions x, y et z, respectivement	m

Symbole	Nom	Unité
$x, y, z$	Coordonnées locales d'un tube de guidage ou d'un trou de forage	m
$\alpha$	Angle d'inclinaison de l'axe de la sonde dans le plan A	° (degré)
$\beta$	Angle d'inclinaison de l'axe de la sonde dans le plan B	° (degré)
$\psi$	Angle entre la coordonnée x du tube de guidage et le plan A de l'inclinomètre	° (degré)
$\theta, \rho$	Quantités auxiliaires	° (degré)

## 5 Instruments

### 5.1 Généralités

**5.1.1** Il convient de faire la distinction entre les inclinomètres à sonde et in situ (voir le [Tableau 1](#) et les [Figures 1](#) et [2](#) et [A.1](#)).

**Tableau 1 — Types d'inclinomètre**

N°	Type	Sous-type	Procédure de mesure principale	Acquisition automatique des données
1	sonde (voir <a href="#">5.2</a> )	inclinomètre — inclinomètre vertical — inclinomètre horizontal	sonde déplacée à l'intérieur d'un tube de guidage depuis un point de mesure jusqu'au suivant (voir les <a href="#">Figures 1</a> et <a href="#">A.1</a> ). Mesures répétées au cours de la période de mesure	peu courante
2	in situ (voir <a href="#">5.3</a> )	inclinomètre in situ (IPI) — inclinomètre vertical — inclinomètre horizontal — combiné	instrument inséré dans un tube de guidage et maintenu en position de mesure pendant toute la période de mesure	courante

**NOTE** Un IPI combiné est constitué d'une série d'éléments, certains servant d'inclinomètres verticaux et d'autres d'inclinomètres horizontaux.

**5.1.2** Les changements d'inclinaison doivent être mesurés par comparaison des valeurs mesurées avec les mesures de référence. Les déplacements des points de mesure perpendiculairement à la ligne de mesures doivent être déduits conformément à l'[Annexe A](#).

**5.1.3** Le point auquel se rapportent les mesures doit être appelé «Point de référence».

**5.1.4** Pour les mesures absolues de déplacement, les coordonnées du point de référence doivent être déterminées indépendamment ou supposées comme fixe, et vérifiées.

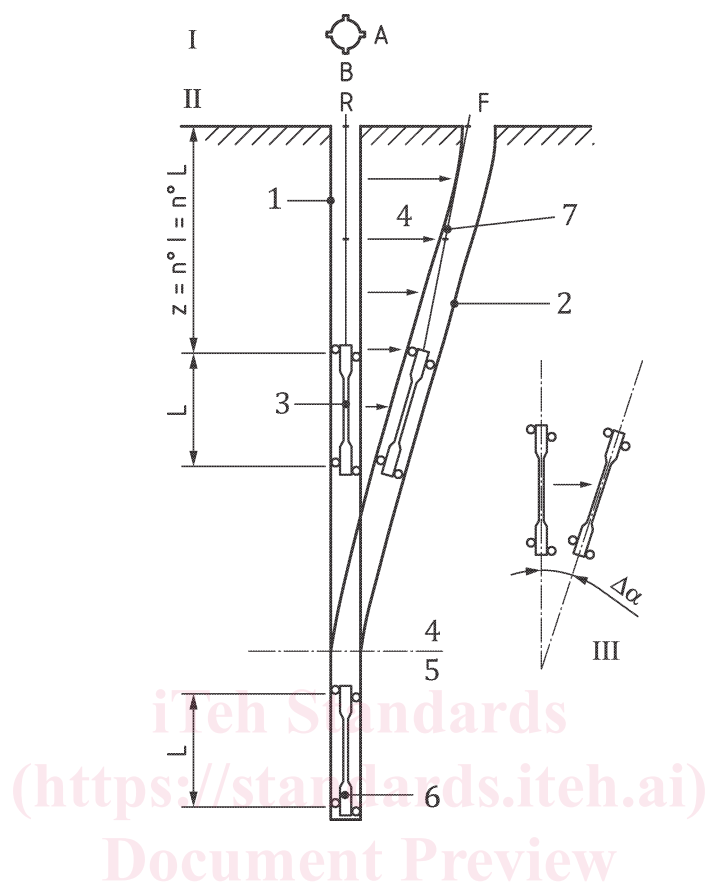
**NOTE** Si le point de référence est supposé être le point de mesure le plus profond, un relevé de la tête de l'inclinomètre peut servir de contrôle.

**5.1.5** L'élément du capteur doit comporter un boîtier intégrant un (configuration uniaxiale) ou deux (configuration biaxiale) capteurs d'inclinaison. Dans le cas d'une configuration biaxiale, les axes des capteurs d'inclinaison doivent être perpendiculaires (90°) l'un par rapport à l'autre.

**5.1.6** Les plans d'installation des capteurs d'inclinaison doivent être indiqués par référence aux plans A et B de l'instrument, le plan A devant coïncider avec le plan de l'ensemble de roulettes de guidage (voir



5.2.5). Les plans doivent être marqués de façon durable sur le boîtier de l'inclinomètre; p. ex. le repère «A+» désignant la direction positive A.



#### Légende

I Vue de dessus d'un tube inclinométrique

II Vue latérale

III Détail de l'élément de l'inclinomètre dans les positions R et F

A Direction A+

B Direction B+

L Longueur entre repères

R Position initiale du tubage de l'inclinomètre au niveau de la mesure de référence

F Position du tubage de l'inclinomètre au niveau d'une mesure de variation de valeur

1 Tube inclinométrique non déformé

2 Tube inclinométrique déformé

3 Élément de mesure d'inclinaison

4 Zone du terrain soumise à des déplacements

5 Terrain plus profond non déformé servant de base fixe

6 Point de référence (ici, l'axe de la roue inférieure est défini comme la position de mesure la plus basse)

7 Dispositif de mesure de la profondeur

$\Delta\alpha$  Changement d'inclinaison

**Figure 1 — Concept de la mesure à l'aide d'inclinomètres (vue schématique)**

## 5.2 Inclinomètres à sonde

**5.2.1** Les sondes d'inclinomètre doivent être déplacées par incrément le long de la ligne de mesures, chaque incrément ne devant pas excéder la longueur entre repères  $L$  de la sonde.

**5.2.2** Le dispositif de mesure de la profondeur doit être pourvu de repères de mesure de profondeur permanents et résistant à l'usure. L'espacement entre les repères doit être égal à la longueur entre repères  $L$  de la sonde.

**5.2.3** La longueur du dispositif de mesure de la profondeur et l'espacement entre les repères doivent être contrôlés pendant toute la durée du projet de mesure. Les changements doivent être consignés.

NOTE 1 La surveillance des déplacements à l'aide d'inclinomètres à sonde exige une bonne répétabilité du positionnement de la sonde au niveau des différents points de mesure (voir 6.5.2.3 et 7.4).

NOTE 2 Le bon positionnement du câble peut être facilité en utilisant un passe-câble ou une poulie de suspension.

**5.2.4** Le tube inclinométrique doit être utilisé comme tube de guidage (voir 5.4).

**5.2.5** La sonde de l'inclinomètre doit être pourvue de deux ensembles de roulettes de guidage à ressort. La largeur des roulettes de guidage doit correspondre aux rainures des tubes inclinométriques. La force des ressorts doit assurer le centrage de la sonde dans le tubage, même pendant des périodes de surveillance prolongées comportant un grand nombre de phases de mesure.

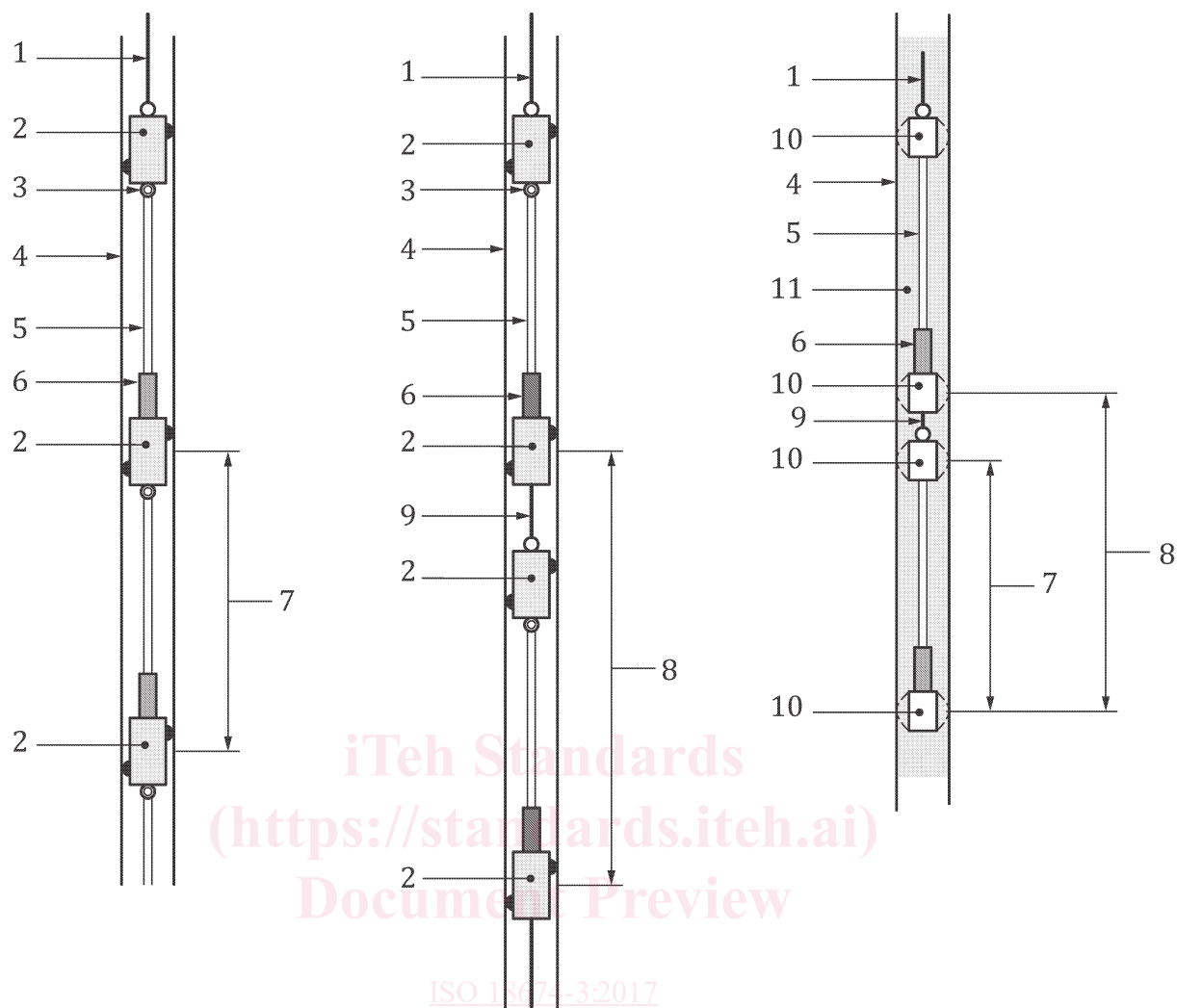
### **5.3 Inclinomètres in situ (IPI)**

**5.3.1** L'agencement principal des inclinomètres in situ doit être conforme à la Figure 2.

iteh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

ISO 18674-3:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7f1928b5-57e3-49ea-a7af-d365d31b9421/iso-18674-3-2017>



**a) IPI avec ensemble de roulettes et chaîne continue de capteurs**

**b) IPI avec ensemble de roulettes et chaîne discontinue de capteurs**

**c) IPI sans ensemble de roulettes et chaîne discontinue de capteurs**

#### Légende

- 1 Suspension par le haut
- 2 Ensemble à roulettes
- 3 Joint de cardan
- 4 Tube de guidage
- 5 Élément de raccordement
- 6 Capteur
- 7 Longueur entre repères  $L$
- 8 longueur de base
- 9 Suspension intermédiaire
- 10 Raccord ou patin d'extension
- 11 Matériau d'enchâssement

**Figure 2 — Agencement principal et composants des inclinomètres in situ (IPI)**

**5.3.2** Il est impératif de s'assurer que les longueurs des éléments de raccordement restent constantes pendant toute la durée du projet de mesure (ni allongement, ni contraction).

**5.3.3** Dans le cas d'une chaîne continue d'éléments de mesure [voir [Figure 2 a\)](#)], la flexibilité des éléments de mesure doit être négligeable.

NOTE Cette exigence concerne en particulier les chaînes horizontales (voir la Référence [4]).

**5.3.4** Dans le cas d'une chaîne discontinue d'éléments de mesure [voir [Figure 2 b\)](#) et c)], les calculs doivent prendre en compte les changements angulaires dans la mesure des déplacements.

**5.3.5** Les longueurs entre repères ne doivent pas dépasser 2 m. Elles peuvent varier au sein d'une installation pour s'adapter aux conditions locales.

NOTE Les meilleurs résultats sont généralement obtenus avec des longueurs plus courtes.

**5.3.6** La fiabilité à long terme des signaux des capteurs doit être prise en compte. Il est recommandé d'éviter de retirer l'instrument, de manière intermittente, pour réétalonnage. Le recours à cette solution doit être justifié et, en tout état de cause, documenté.

NOTE Une approche permettant de contrôler la fiabilité à long terme consiste à réaliser des mesures dans deux tubes de guidage adjacents, une avec un IPI et l'autre avec un inclinomètre à sonde («diversification»; selon ISO 18674-1:2015, 5.4).

## 5.4 Tube inclinométrique

**5.4.1** Le diamètre du tubage doit être choisi en fonction du contexte, des exigences de mesure et des mouvements attendus du terrain perpendiculairement à la ligne de mesures (voir également [6.3.1.1](#)).

**5.4.2** Le matériau du tube doit satisfaire aux exigences suivantes:

- être neutre vis-à-vis des nappes d'eau souterraines et des autres constituants du terrain;
- être durable sur toute la durée de la mesure;
- être robuste pour en permettre l'installation;
- être flexible afin de pouvoir se plier.

NOTE 1 On utilise couramment l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène) comme matériau de tube.

NOTE 2 Les tubes en métal, en particulier en aluminium, peuvent se corroder, p.ex. par mise en court-circuit de couches du terrain soumises à des potentiels électriques différents ou par exposition à une eau souterraine corrosive.

**5.4.3** Si le tube de l'inclinomètre comporte des rainures internes, la déviation en spirale des rainures doit être inférieure à 0,25°/m. Les chaînes de tubes doivent être assemblées de sorte que les rainures soient continues au niveau des raccords.

**5.4.4** Lors du choix du tube, la flexibilité de la chaîne assemblée, avec le matériau de remplissage (voir [6.3.2.5](#) et l'[Annexe C](#)), doit être envisagée au regard des conditions du site.

**5.4.5** Dans le cas de l'utilisation de raccordements télescopiques, la conception des raccordements, leur portée télescopique et la méthode de fixation doivent permettre à la chaîne de tubes de se comprimer ou de s'étendre facilement dans la direction de la ligne de mesures, d'une quantité égale à la compression ou à l'expansion du terrain.

NOTE 1 Les raccordements télescopiques peuvent avoir des effets néfastes majeurs sur la précision des mesures et sur le suivi et le contrôle de la profondeur de la sonde.