

NORME
INTERNATIONALE

ISO
22476-9

Première édition
2020-09

**Reconnaissance et essais
géotechniques — Essais en place —
Partie 9:
Essais au scissomètre de chantier
(FVT et FVT-F)**

*Geotechnical investigation and testing — Field testing —
Part 9: Field vane test (FVT and FVT-F)*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 22476-9:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-22476-9-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-22476-9-2020>



Numéro de référence
ISO 22476-9:2020(F)

© ISO 2020

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 22476-9:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-22476-9-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-22476-9-2020>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

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
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

| | |
|--|-----------|
| Avant-propos | v |
| Introduction | vi |
| 1 Domaine d'application | 1 |
| 2 Références normatives | 1 |
| 3 Termes, définitions et symboles | 1 |
| 3.1 Termes et définitions | 1 |
| 3.2 Symboles | 4 |
| 4 Matériel et configurations | 6 |
| 4.1 Matériel d'essai | 6 |
| 4.1.1 Moulinet et axe du moulinet | 7 |
| 4.1.2 Réducteur de frottement | 8 |
| 4.1.3 Raccord à glissement | 8 |
| 4.1.4 Tiges, gaines de protection, sabot de protection | 8 |
| 4.1.5 Unité de rotation | 8 |
| 4.1.6 Équipement pour la mesure de la rotation et du couple | 9 |
| 4.2 Configurations d'essai | 9 |
| 5 Sélection du matériel et configuration d'essai | 11 |
| 5.1 Sélection du matériel | 11 |
| 5.2 Sélection de la configuration d'essai | 12 |
| 6 Procédure d'essai | 13 |
| 6.1 Contrôles et étalonnages de l'équipement | 13 |
| 6.2 Position et inclinaison de la machine de poussée | 13 |
| 6.3 Profondeurs d'essai | 13 |
| 6.4 Lecture du couple de frottement interne avant essai | 13 |
| 6.5 Méthodes pour atteindre le niveau d'insertion du moulinet | 13 |
| 6.6 Insertion du moulinet | 15 |
| 6.7 Lecture du couple de frottement externe | 15 |
| 6.8 Essai de cisaillement au scissomètre | 15 |
| 6.9 Lecture du couple de frottement interne après l'essai | 16 |
| 7 Résultats d'essai | 16 |
| 8 Consignation dans un rapport | 18 |
| 8.1 Généralités | 18 |
| 8.2 Communication des résultats des essais | 18 |
| 8.2.1 Informations générales | 18 |
| 8.2.2 Localisation de l'essai | 18 |
| 8.2.3 Matériels d'essai | 18 |
| 8.2.4 Procédure d'essai | 19 |
| 8.2.5 Résultats d'essai | 19 |
| 8.3 Présentation des points d'essai | 20 |
| Annexe A (informative) Phases d'essai | 21 |
| Annexe B (informative) Exemple de rapport de terrain pour l'essai scissométrique | 22 |
| Annexe C (normative) Maintenance, contrôles et étalonnage | 24 |
| Annexe D (informative) Incertitudes dans les essais scissométriques | 27 |
| Annexe E (normative) Interprétation et explication générales pour les moulinets coniques et rectangulaires dont le rapport H/D diffère de 2 | 29 |
| Annexe F (informative) Interprétation et explication d'un moulinet rectangulaire à coins arrondis | 32 |
| Annexe G (informative) Calcul de la profondeur d'essai corrigée de l'inclinaison | 34 |

| | |
|---|-----------|
| Annexe H (informative) Exemple d'estimation du comportement post-pic | 35 |
| Bibliographie | 36 |

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 22476-9:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-22476-9-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-22476-9-2020>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (organismes membres de l'ISO). Le travail de préparation des normes internationales est normalement effectué par les comités techniques de l'ISO. Chaque organisme membre intéressé par un sujet pour lequel un comité technique a été créé a le droit d'être représenté au sein de ce comité. 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 (CEI) sur toutes les questions de 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).

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).

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 www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 182, *Géotechnique*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 341, *Investigations et essais géotechniques*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 22476 est disponible sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

L'essai au scissomètre de chantier est utilisé pour déterminer la résistance au cisaillement des sols à l'état non drainé, par l'insertion d'un moulinet rectangulaire dans un sol à grain fin et par sa rotation. Pendant la rotation, le couple et la rotation peuvent être mesurés, en fonction de la configuration de l'essai. À partir du couple mesuré et des dimensions du moulinet, la force maximale de cisaillement, une indication du comportement après le pic, et la force de cisaillement après restructuration du sol peuvent être dérivées par une analyse d'équilibre limite. La sensibilité du sol peut être vérifiée si les forces de cisaillement maximale et résiduelle ont été déterminées.

Les essais sont effectués dans des trous de forage, dans des puits d'essai et avec un matériel de fonçage. Le couple et la rotation sont mesurés soit au-dessus de la surface du sol à l'aide de tiges, soit directement au-dessus du moulinet.

L'essai au scissomètre de chantier est principalement adapté aux sols saturés à grains fins. La résistance au cisaillement déterminée par l'essai est généralement corrigée avant l'analyse géotechnique, en utilisant des facteurs basés sur l'expérience locale.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 22476-9:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-22476-9-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-22476-9-2020>

Reconnaissance et essais géotechniques — Essais en place —

Partie 9: Essais au scissomètre de chantier (FVT et FVT-F)

1 Domaine d'application

Le présent document traite des exigences en matière d'équipement, d'exécution et de compte-rendu des essais sur le terrain pour la mesure de la résistance au cisaillement maximale et résiduelle du sol, ainsi que de la sensibilité des sols à grains fins. En outre, le comportement de la résistance au cisaillement après le pic peut être évalué. Deux types d'essais au scissomètre de chantier sont décrits: l'essai scissométrique ordinaire (FVT) et l'essai scissométrique rapide (FVT-F).

Les incertitudes du résultat de l'essai au scissomètre de chantier sont décrites à l'[Annexe D](#).

NOTE 1 Le présent document répond aux exigences relatives aux essais scissométriques dans le cadre de l'étude et des essais géotechniques conformément aux normes EN 1997-1 et EN 1997-2.

NOTE 2 Le présent document porte sur les essais scissométriques à terre et à proximité du littoral.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 10012, *Systèmes de management de la mesure — Exigences pour les processus et les équipements de mesure*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et la CEI tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à la normalisation aux adresses suivantes:

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1.1

tige gainée

rallonge qui est glissée à l'intérieur de *tubages de protection* (3.1.11) pendant l'essai au scissomètre (3.1.23)

3.1.2

forage tubé

trou de forage qui est tubé pour éviter l'effondrement et minimiser la friction entre les tiges et le sol

3.1.3

centreur

équipement permettant de maintenir les tiges droites et de prévenir le flambage

3.1.4

système d'acquisition de données

système de mesure, qui convertit les quantités physiques en format numérique

Note 1 à l'article: Le système comprend généralement des capteurs, un traitement du signal, un convertisseur analogique-numérique et une unité d'enregistrement.

3.1.5

essai en fond de trou

configuration d'essai dans laquelle le couple est mesuré à proximité du *moulinet* (3.1.23)

Note 1 à l'article: La *rotation* (3.1.14) peut être mesurée à proximité du moulinet ou au-dessus de la surface du sol.

3.1.6

couple de frottement externe

couple dû au frottement à l'extérieur du matériel de mesure pendant la *rotation* (3.1.14), à l'exclusion du couple dû au cisaillement du sol

Note 1 à l'article: Le frottement externe est principalement causé par la friction agissant sur les tiges, et il peut être estimé avec un *raccord à glissement* (3.1.16) immédiatement avant l'engagement du *moulinet* (3.1.23).

3.1.7

réducteur de frottement

anneau inséré entre le *moulinet* (3.1.23) et les tiges pour réduire le frottement le long des *tiges non gainées* (3.1.20)

3.1.8

longueur d'insertion

distance entre la surface du sol ou la base du trou (de forage) ou du puits d'essai et la mi-hauteur du *moulinet* (3.1.23), mesurée le long de l'axe des allonges

3.1.9

couple de frottement interne

couple dû au frottement à l'intérieur du matériel de mesure pendant la *rotation* (3.1.14) lorsqu'il n'y a pas de couple agissant sur le *moulinet* (3.1.23) et pas de frottement agissant sur les tiges

3.1.10

sabot de protection

équipement de protection du *moulinet* (3.1.23) lors de l'enfoncement dans le sol

Note 1 à l'article: Il aide à l'insertion du moulinet sans perçage. Habituellement, l'extrémité du sabot de protection est constituée de quatre fentes permettant aux *plaquettes* (3.1.24) de se rétracter à l'intérieur du *boîtier de protection* (3.1.11).

3.1.11

tubage de protection

tube qui isole les tiges du sol et les soutient contre le flambage

3.1.12

longueur de saillie

distance entre le fond du tubage/sabot de protection et la mi-hauteur du *moulinet* (3.1.23) lorsqu'il est poussé à la *profondeur d'essai* (3.1.17), mesurée le long de l'axe des tiges

3.1.13

matériel de fonçage

équipement permettant de pousser le *moulinet* (3.1.23) dans le sol sans préforage

3.1.14**rotation**

changement d'angle par le mouvement circulaire du *moulinet* (3.1.23) autour de son axe

Note 1 à l'article: La rotation apparente est la rotation enregistrée par l'appareil de mesure de la rotation.

3.1.15**vitesse de rotation**

vitesse de *rotation* (3.1.14) angulaire du *moulinet* (3.1.23)

3.1.16**raccord à glissement**

mécanisme qui permet aux tiges de tourner librement alors que le *moulinet* (3.1.23) reste immobile

Note 1 à l'article: La fonction du raccord à glissement est de séparer la résistance au frottement de la tige de la résistance au cisaillement du moulinet. Un raccord à glissement doit permettre une rotation libre avec un frottement minimal.

3.1.17**profondeur d'essai**

distance verticale entre la surface du sol, le niveau de référence ou le point de référence et la mi-hauteur du *moulinet* (3.1.23)

Note 1 à l'article: Conformément à l'[Annexe G](#), la *longueur d'insertion* (3.1.8) peut être corrigée par des mesures inclinométriques pour correspondre à la profondeur d'essai corrigée. Sinon, la profondeur d'essai est basée sur la somme des longueurs des tiges par rapport au niveau de référence ou au point de référence en raison de l'incertitude de l'inclinaison.

3.1.18**localisation de l'essai**

position d'un essai ou d'une série d'essais

3.1.19**délai de rupture**

temps écoulé entre le début de l'application du couple au *moulinet* (3.1.23) et le moment où le couple maximal est atteint

3.1.20**tige non gainée**

rallonge non protégée par une enveloppe de protection permettant le développement d'un frottement entre les tiges et le sol

3.1.21**moulinet non gainée**

moulinet (3.1.23) enfoncé dans le sol sans protection

3.1.22**essai en surface**

configuration d'essai dans laquelle le couple est mesuré au-dessus de la surface du sol

Note 1 à l'article: La *rotation* (3.1.14) est appliquée et les mesures sont enregistrées au-dessus de la surface du sol.

3.1.23**moulinet**

dispositif formé par quatre *plaquettes* (3.1.24) fixées à 90° les unes par rapport aux autres

3.1.24

plaquettes

plaque rectangulaire mince et plate

Note 1 à l'article: La plupart des *moulinets* (3.1.23) ont une forme (presque) rectangulaire. Pour des raisons pratiques, les moulinets sans *sabots de protection* (3.1.10) ont souvent les extrémités inférieures des plaquettes légèrement effilées ou avec des coins arrondis. Certains équipements utilisant des *tiges non gainées* (3.1.20) et un *raccord à glissement* (3.1.16) pour séparer le frottement de la tige du couple sur le moulinet sont conçus avec des plaquettes légèrement effilées, aiguisées, pointues ou coniques, afin de désengager le raccord à glissement pendant l'enfoncement.

3.1.25

axe du moulinet

élément cylindrique du *moulinet* (3.1.23) sur lequel sont fixées les *plaquettes* (3.1.24)

Note 1 à l'article: L'axe du moulinet peut être relié directement à l'appareil de mesure de la force ou du couple dans un *essai en fond de trou* (3.1.5) ou relié à celui-ci par des tiges dans un *essai en surface* (3.1.22).

3.1.26

temps d'attente

durée entre l'atteinte de la *profondeur d'essai* (3.1.17) et le début de l'application du couple au moulinet

3.1.27

décalage du zéro

différence entre les lectures du *couple de frottement interne* (3.1.9) du matériel de mesure avant et après l'achèvement de l'essai

3.1.28

sensibilité

rapport entre la résistance au cisaillement non drainée du sol non remanié et celle du sol remanié

3.2 Symboles

ISO 22476-9:2020

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/032b342b-e155-43e3-a3a4-6d667fe3a6db/iso-22476-9-2020)

| Symbole | Nom | Description | Unité |
|------------------------|--|---|-----------------|
| $A_{\text{cone,bott}}$ | | Surface de cisaillement latérale du cône inférieur | mm ² |
| $A_{\text{cone,top}}$ | | Surface de cisaillement latérale du cône supérieur | mm ² |
| A_{cylinder} | | Surface de cisaillement latérale du cylindre | mm ² |
| α | | Angle total mesuré entre l'axe vertical et l'axe du moulinet | ° |
| β_1 | | Angle mesuré entre l'axe vertical et la projection de l'axe du scissomètre de chantier sur un plan vertical fixe | ° |
| β_2 | | Angle mesuré entre l'axe vertical et la projection de l'axe du scissomètre de chantier sur un plan vertical perpendiculaire au plan d'angle β_1 | ° |
| C | Tubage de protection | Défini par le terme 3.1.11 | |
| c_u | Résistance au cisaillement non drainée | Résistance au cisaillement des sols à grain fin à l'état non drainé | kPa |
| c_{fv} | Résistance au cisaillement | Résistance maximale au cisaillement du sol, dérivée du couple maximal mesuré par l'essai au scissomètre de chantier | kPa |
| c_{fv-f} | Résistance au cisaillement rapide | Résistance maximale au cisaillement du sol, dérivée du couple maximal mesuré par l'essai rapide au scissomètre de chantier | kPa |
| c_{pv} | Résistance post-pic au cisaillement | Résistance post-pic au cisaillement du sol, retenue après la rotation souhaitée une fois la résistance maximale au cisaillement dépassée | kPa |

| Symbole | Nom | Description | Unité |
|------------------------|--|--|-------|
| c_{rv} | Résistance au cisaillement résiduelle | Résistance au cisaillement, mesurée par l'essai au scissomètre de chantier, après remaniement du sol | kPa |
| D | Appareil de mesure en fond de trou | Les appareils de mesure du couple et de la rotation sont situés à proximité du moulinet | |
| D* | Appareil de mesure en fond de trou | L'appareil de mesure du couple est situé près du moulinet, mais l'appareil de mesure de la rotation est situé au-dessus de la surface du sol | |
| D | | Diamètre du moulinet | mm |
| d | | Diamètre de l'axe du moulinet immédiatement derrière celui-ci | mm |
| D_c | | Diamètre de l'extrémité inférieure du tubage de protection | mm |
| D_{ps} | | Diamètre du sabot de protection | mm |
| F | Réducteur de frottement | Défini par le terme 3.1.7 | |
| H | | Hauteur du moulinet | mm |
| H_T | | Hauteur du côté vertical du moulinet conique sans tenir compte de la hauteur du ou des cônes. | mm |
| i_T | | Angle du cône au sommet du moulinet | ° |
| i_B | | Angle du cône à la base du moulinet | ° |
| R | Dispositif de rotation | Le dispositif de rotation peut être situé à proximité du moulinet ou au-dessus du sol | |
| R_a | Rapport de surface | Rapport de la section transversale du moulinet et de l'axe du moulinet par rapport à la surface de cisaillement circulaire | — |
| r | | Rayon de l'angle arrondi du moulinet | mm |
| $r_{\text{cone,bott}}$ | | Bras de levier de la surface latérale du cône inférieur de la surface de cisaillement | mm |
| $r_{\text{cone,top}}$ | | Bras de levier de la surface latérale du cône supérieur | mm |
| r_{cylinder} | | Bras de levier de la surface latérale du cylindre | mm |
| S | Raccord à glissement | Défini par le terme 3.1.16 | |
| s_{fv} | Sensibilité scissométrique | Le rapport entre la résistance au cisaillement et la résistance au cisaillement résiduelle | — |
| s | | Épaisseur des plaquettes | mm |
| T | Couple | Couple mesuré pendant la rotation du moulinet, corrigé en fonction de la lecture du couple de frottement externe | Nm |
| $T_{\text{cone,bott}}$ | | Composante du couple nécessaire pour cisainer le cône inférieur de la surface de cisaillement | Nm |
| $T_{\text{cone,haut}}$ | | Composante du couple nécessaire pour cisainer le cône supérieur de la surface de cisaillement | Nm |
| T_{corner} | | Composante du couple nécessaire pour cisainer une surface de cisaillement d'un quart de cercle | Nm |
| T_{cylinder} | | Composante du couple nécessaire pour cisainer la surface latérale du cylindre | Nm |
| T_{ext} | Lecture du couple de frottement externe | Sortie stable du matériel de mesure pendant la rotation lorsqu'aucun couple n'agit sur le moulinet (généralement mesurée avant l'engagement du moulinet par le raccord à glissement) | Nm |
| T_{ext^*} | Lecture du couple de frottement externe après remaniement du sol | Sortie stable du matériel de mesure pendant la rotation après remaniement du sol lorsqu'aucun couple n'agit sur le moulinet (généralement mesuré avant l'engagement du moulinet par le raccord à glissement) | Nm |

| Symbole | Nom | Description | Unité |
|---------------|---|---|-------|
| T_{int} | Lecture du couple de frottement interne avant le test | Sortie stable du matériel de mesure pendant la rotation lorsqu'aucun couple n'agit sur le moulinet et qu'aucun frottement n'agit sur les tiges | Nm |
| T_{max} | Couple maximal | Couple nécessaire pour obtenir une rupture dans le sol autour du moulinet, corrigé pour tenir compte de la ou des lectures du couple de frottement interne et externe, le cas échéant | Nm |
| $T_{mes,max}$ | Couple maximal mesuré | Mesure du couple nécessaire pour obtenir une rupture dans le sol autour du moulinet, y compris le frottement externe. Le couple maximum (T_{max}) peut être calculé en soustrayant T_{ext} de $T_{mes,max}$ ($T_{max} = T_{mes,max} - T_{ext}$) sinon $T_{mes,max}$ est T_{max} | Nm |
| $T_{mes,pv}$ | Couple post-pic mesuré | Couple mesuré après le pic, retenu après la rotation souhaitée (mesure de la résistance résiduelle), y compris le couple de frottement externe. Le couple post-pic est calculé en soustrayant le T_{ext} de $T_{mes,pv}$ ($T_{pv} = T_{mes,pv} - T_{ext}$), sinon $T_{mes,pv}$ est T_{pv} | Nm |
| $T_{mes,rV}$ | Couple mesuré dans des conditions remaniées | La valeur constante du couple mesurée après le remaniement du sol, y compris le couple de frottement externe. Le couple pour des conditions remaniées est calculé en soustrayant le T_{ext} de $T_{mes,rV}$ ($T_{rV} = T_{mes,rV} - T_{ext}$) sinon $T_{mes,rV}$ est T_{rV} | Nm |
| T_{plate} | | Couple causé par le cisaillement de la surface de cisaillement circulaire de la plaquette | Nm |
| T_{pv} | Couple post-pic | Couple après le pic, retenu après le couple maximal, corrigé pour tenir compte de la ou des lectures du couple de frottement interne et externe, le cas échéant | Nm |
| T_{rV} | Couple dans des conditions remaniées | Valeur de couple constante mesurée après le remaniement du sol, corrigée en fonction de la ou des lectures de couple de frottement interne et externe, le cas échéant | Nm |
| τ | Contrainte de cisaillement | Contrainte agissant le long de la surface de rupture en raison d'une force de cisaillement externe | kPa |
| U | Matériel de mesure en surface | Un appareil de mesure du couple en continu situé au-dessus de la surface du sol au point d'insertion du moulinet | |
| W | Dispositif de mesure mécanique | Une clé dynamométrique ou un cadran indicateur de couple à ressort avec un bras de levier variable | |
| X | Tubage de protection avec sabot de protection | Tubage de protection définie par le terme 3.1.11 avec sabot de protection défini par le terme 3.1.10 | |

4 Matériel et configurations

4.1 Matériel d'essai

Le matériel d'essai doit comprendre un moulinet et son axe, des tiges, une unité de rotation et un appareil de mesure de la rotation/couple.

Les accessoires du matériel d'essai peuvent inclure:

- un réducteur de frottement;
- un raccord à glissement;
- un tubage de protection;
- un tubage avec un sabot de protection,

qui servent à augmenter la longueur d'insertion réalisable et qui permettent de réduire ou de mesurer le frottement dans le système.

4.1.1 Moulinet et axe du moulinet

Le moulinet doit être constitué de quatre plaquettes identiques fixées à 90° l'une de l'autre avec une tolérance de $\pm 1^\circ$, voir [Figure 1](#).

NOTE 1 Pour des raisons pratiques, les moulinets non gainés peuvent avoir des coins arrondis ou être effilés.

Il convient que la forme soit rectangulaire avec un rapport H/D de 2.

NOTE 2 Un exemple de moule pour mesurer et vérifier les dimensions et les exigences du rapport H/D du moulinet est donné à l'[Annexe C](#).

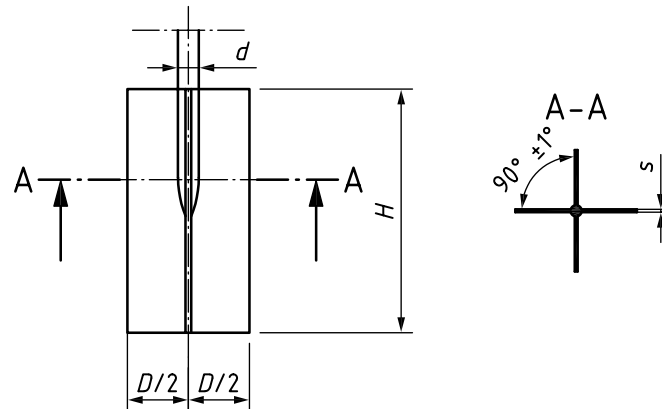
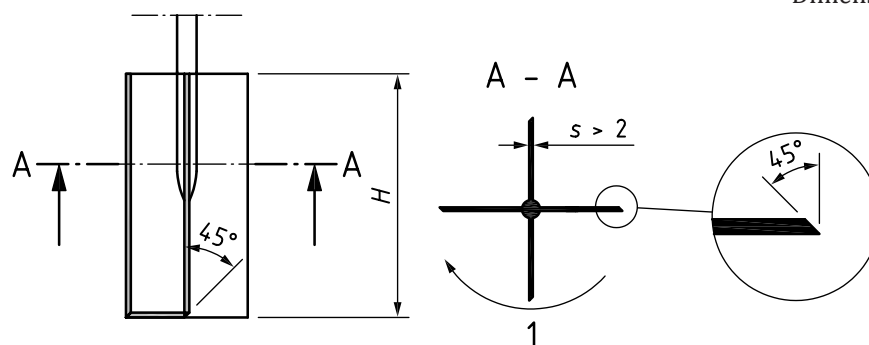


Figure 1 — Conception principale du moulinet

Pour les essais dans des sols ayant une sensibilité supérieure à 30, l'épaisseur de la plaquette s ne doit pas dépasser 2 mm. Pour les essais dans des sols dont la sensibilité est inférieure à 30, l'épaisseur de la plaquette peut être plus importante, mais ne doit pas dépasser 3 mm. Pour les plaquettes d'une épaisseur supérieure à 2 mm, les bords des ailettes doivent être affûtés à 45° , comme indiqué sur la [Figure 2](#).

22476-9-2020

Dimensions en millimètres



Légende

1 sens de rotation

Figure 2 — Principe d'affûtage des pales pour les moulinets rectangulaires

Le diamètre de l'axe du moulinet immédiatement derrière celui-ci doit être inférieur à 16 mm pour les essais dans les sols dont la sensibilité est supérieure à 15 et au maximum de 20 mm pour les essais dans les sols dont la sensibilité est inférieure à 15.