

---

---

**Reconnaissance et essais  
géotechniques — Essais en place —**

**Partie 6:  
Essai pressiométrique autoforé**

*Geotechnical investigation and testing — Field testing —*

*Part 6: Self-boring pressuremeter test*  
**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 22476-6:2018

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c7f2a26-db2a-4f6d-b3df-  
eea6adec5e09/iso-22476-6-2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c7f2a26-db2a-4f6d-b3df-eea6adec5e09/iso-22476-6-2018)



## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 22476-6:2018

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c7f2a26-db2a-4f6d-b3df-  
eea6adec5e09/iso-22476-6-2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c7f2a26-db2a-4f6d-b3df-eea6adec5e09/iso-22476-6-2018)



### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

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>1</b>
<b>4 Symboles</b> .....	<b>3</b>
<b>5 Appareillage</b> .....	<b>3</b>
5.1 Généralités.....	3
5.2 Sonde du pressiomètre autoforeur.....	5
5.3 Module d'autoforage.....	6
5.4 Unité de commande (UC) de pression et de déplacement.....	7
5.5 Tubulure.....	8
5.6 Fluide injecté.....	8
5.7 Dispositifs de mesure et de commande.....	8
5.7.1 Acquisition des données.....	8
5.7.2 Affichage des mesures.....	8
<b>6 Procédure d'essai</b> .....	<b>8</b>
6.1 Choix de l'appareillage et des modes opératoires.....	8
6.2 Étalonnage du dispositif d'essai et correction des mesures.....	8
6.3 Mise en place de la sonde.....	9
6.4 Relaxation.....	9
6.5 Programme de chargement.....	10
6.5.1 Généralités.....	10
6.5.2 Fin de l'essai.....	11
6.6 Remblayage du trou de forage.....	11
<b>7 Résultats des essais - Interprétation des essais</b> .....	<b>12</b>
<b>8 Rapport d'essai pressiométrique autoforé</b> .....	<b>12</b>
<b>Annexe A (normative) Étalonnage et corrections</b> .....	<b>15</b>
<b>Annexe B (informative) Introduction de la sonde pressiométrique dans le sol</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe C (normative) Précision</b> .....	<b>20</b>
<b>Annexe D (informative) Conversions des déformations</b> .....	<b>21</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>22</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 définies 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/patents](http://www.iso.org/patents)).

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 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/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Ce document a été élaboré par le comité technique du Comité européen de normalisation CEN/TC 341, Reconnaissance et essais géotechniques, en collaboration avec le comité technique ISO TC 182, Géotechniques, 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 d'adresser tout retour ou question sur ce document à l'organisme national de normalisation de l'utilisateur. Une liste complète de ces instances peut être trouvée à l'adresse [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html).

# Reconnaissance et essais géotechniques — Essais en place —

## Partie 6: Essai pressiométrique autoforé

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences relatives à l'appareillage, à l'exécution et au compte rendu des essais pressiométriques autoforés (PAF).

NOTE Ce document satisfait aux exigences relatives aux essais pressiométriques autoforés dans le cadre des services de reconnaissance géotechnique selon les normes EN 1997-1 et EN 1997-2.

Les essais pressiométriques autoforés couvrent la mesure in situ la déformation d'un sol ou d'une roche tendre produite par l'expansion et la contraction d'une sonde cylindrique à membrane souple sous l'effet de la pression.

### 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*

ISO 22475-1, *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 définitions 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:

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

### 3.1 pressiomètre autoforeur PAF

appareillage complet utilisé pour effectuer un essai *pressiométrique autoforé* (3.5), y compris le *module d'autoforage* (3.3) employé pour forer la cavité d'essai dans le sol et le *pressiomètre* (3.2) employé pour assurer l'expansion.

Note 1 à l'article: Un PAF comprend une sonde constituée d'un *module d'autoforage* (3.3) et d'un *pressiomètre* (3.2), une pompe hydraulique ou autre source de pression, une Unité de Commande (UC), des tubulures sous pression et des câbles permettant de raccorder la sonde à l'UC et un enregistreur de données qui est soit intégré à l'UC, soit rattaché à cette dernière. Le PAF est foré dans le sol en utilisant la tête auto-foreuse intégrée à son extrémité inférieure de manière que la sonde remplace le matériau qu'elle enlève, créant ainsi son propre trou d'essai et minimisant les perturbations du sol à l'extérieur de l'instrument.

### 3.2 pressiomètre

partie cylindrique dilatable de l'appareillage utilisée pour effectuer un essai pressiométrique, à l'exclusion des moyens nécessaires pour introduire la sonde pressiométrique dans le sol

### 3.3 module d'autoforage

partie de l'appareillage utilisée pour forer la cavité d'essai à mesure que la sonde pressiométrique est avancé dans le sol

Note 1 à l'article: Un module d'autoforage comporte un outil de forage, c.-à-d. un outil de coupe rotatif ou un dispositif de jet à haute pression, logé dans un sabot tranchant fixé à l'extrémité de la sonde.

### 3.4 sondage pressiométrique autoforé (standards.iteh.ai)

série d'opérations séquentielles nécessaires pour effectuer des essais pressiométriques autoforés à un emplacement donné

ISO 22476-6:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c7f2a26-db2a-4f6d-b3df-eea6adec5e09/iso-22476-6-2018>

Note 1 à l'article: voir 3.1

EXEMPLE Pousser sur le pressiomètre auto-foreur, activer le module d'autoforage (voir 5.3), puis effectuer des essais pressiométriques autoforés (voir Clause 6).

### 3.5 essai pressiométrique autoforé

procédé d'expansion de la sonde du pressiomètre autoforeur consiste à appuyer la membrane souple contre la paroi du trou de forage et à mesurer le déplacement associé en fonction de la pression et du temps

### 3.6 courbe d'essai au pressiomètre autoforeur

représentation graphique de la pression par rapport au déplacement mesuré

### 3.7 profondeur de l'essai

distance entre le niveau du sol et le centre de la longueur d'expansion du *pressiomètre autoforeur* (3.1) mesurée le long de l'axe du trou de forage

Note 1 à l'article: voir Figure 1

### 3.8 opérateur

personne qualifiée qui effectue l'introduction de la sonde et l'essai

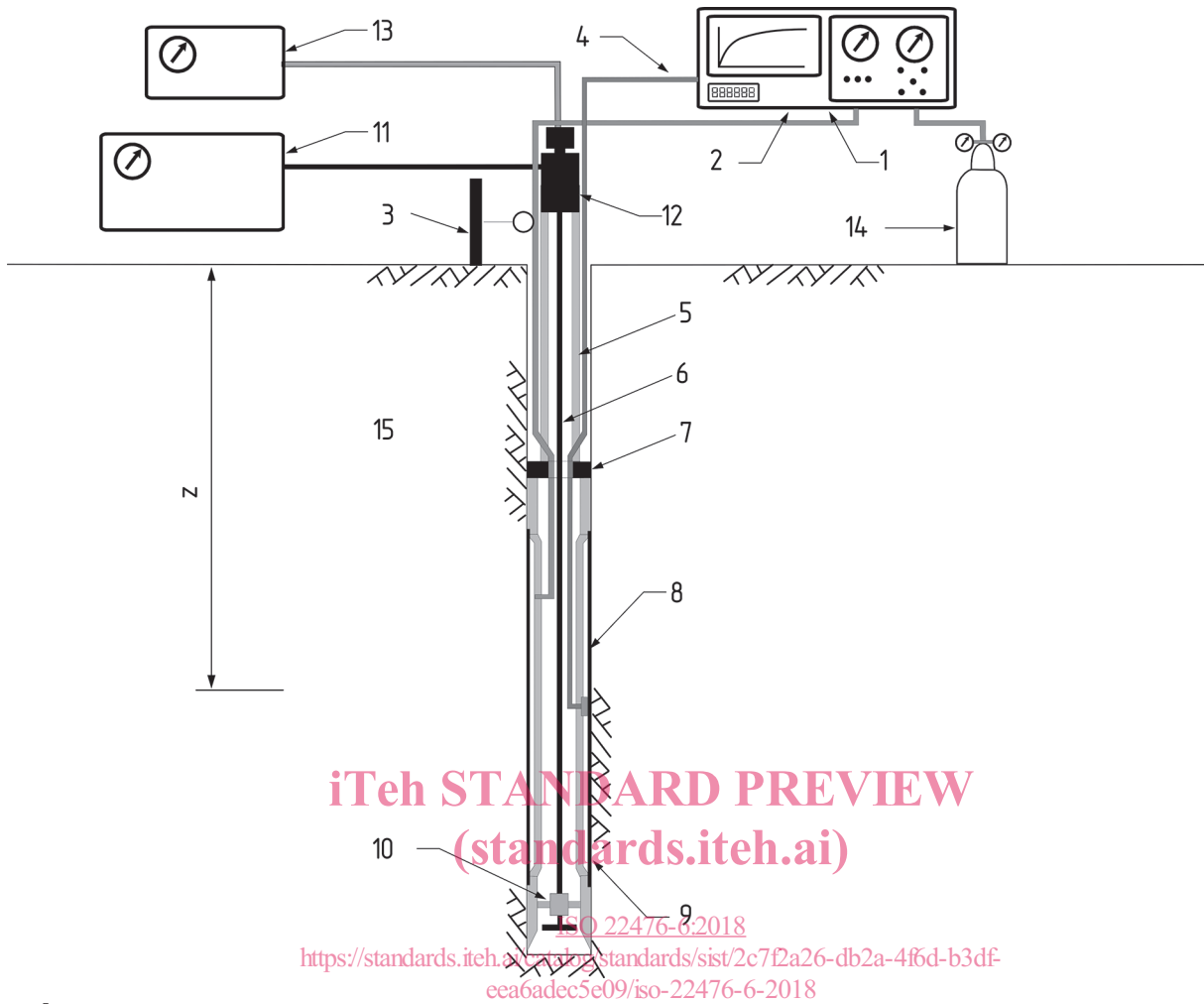
## 4 Symboles

Symbole	Description	Unité
$a$	coefficient de déplacement relatif à la pression	mm.MPa <sup>-1</sup>
$b$	coefficient de déplacement relatif à la rigidité de la membrane	MPa.mm <sup>-1</sup>
$d$	déplacement corrigé au niveau de la paroi du trou de forage	mm
$d_a$	déplacement apparent pendant l'étalonnage en compression de la membrane	mm
$d_c$	expansion calculée du cylindre pendant l'étalonnage en compression de la membrane	mm
$d_i$	diamètre intérieur du cylindre d'étalonnage	mm
$d_p$	diamètre extérieur du sabot tranchant	mm
$d_r$	déplacement lu par l'unité de mesure	mm
$d_{so}$	diamètre extérieur initial de la cellule de mesure	mm
$d_s$	diamètre extérieur de la cellule de mesure	mm
$e$	épaisseur du cylindre d'étalonnage	mm
$h$	distance entre l'outil de coupe et le taillant	mm
$l_c$	longueur du cylindre d'étalonnage	mm
$l_g$	distance entre le capteur et la bague de serrage de la membrane	mm
$l_s$	longueur d'expansion	mm
$p$	pression appliquée après correction	MPa
$P_c$	pression à l'origine du segment présentant la pente $b$	MPa
$p_{max}$	pression maximale appliquée	MPa
$p_r$	pression lue par l'unité de mesure	MPa
$r$	rayon mesuré de la cavité	mm
$r_0$	rayon initial	mm
$u_s$	pression interstitielle	mm
$t$	temps	s
$V$	volume mesuré de la cavité	mm <sup>3</sup>
$V_0$	volume initial	mm <sup>3</sup>
$z$	profondeur de l'essai	m
$\Delta d$	déplacement diamétral de la paroi du trou de forage	mm
$\Delta p$	modification de la pression appliquée	MPa
$\varepsilon_v$	déformation volumétrique	—
$\varepsilon_r$	déformation radiale	—
$\nu$	coefficient de Poisson	—

## 5 Appareillage

### 5.1 Généralités

L'appareillage du pressiomètre autoforeur est illustré en cours de fonctionnement à la [Figure 1](#).



**Légende**

- |   |  |    |  |
|---|--|----|--|
| 1 | unité de commande (UC)                                   | 9  | corps creux de la sonde  |
| 2 | acquisition, affichage et stockage des données           | 10 | module d'autoforage  |
| 3 | système de mesure de la profondeur                       | 11 | alimentation de l'entraînement de l'outil de coupe (si nécessaire) |
| 4 | tubulures  | 12 | entraînement de l'outil de coupe (si nécessaire)                   |
| 5 | tiges de manœuvre  | 13 | alimentation en fluide de forage ou de jet                         |
| 6 | tiges d'entraînement de l'outil de coupe (si nécessaire) | 14 | source de pression pour l'expansion                                |
| 7 | accouplement sonde-tige                                  | 15 | sol  |
| 8 | cellule de mesure centrale                               | z  | profondeur de l'essai  |

**Figure 1 — Schéma de l'appareillage d'un pressiomètre autoforeur**

L'unité de commande (UC) comprend:

- l'appareil de mise sous pression de la sonde afin d'en assurer l'expansion;
- un dispositif qui permet la mesure directe et l'enregistrement automatique des paramètres à mesurer: temps, pression et volume ou déplacement radial.

La pression exercée sur la membrane est mesurée par un ou plusieurs capteurs électriques (voir [Figure 2](#)). Les capteurs de pression sont situés:

- soit au-dessus de la surface du sol;



— soit à l'intérieur de la sonde, à moins de 1 m au-dessus du centre de la longueur d'expansion.

Les capteurs de déplacement de la membrane sont situés au centre de la longueur d'expansion.

Le diamètre extérieur  $d_{s0}$  du pressiomètre autoforeur lorsque la membrane est dégonflée doit normalement être identique à celui du sabot tranchant  $d_p$ .

L'utilisation d'un sabot tranchant débordant doit être mentionnée et prise en compte lors de l'analyse des résultats.

Un ou plusieurs capteurs de pression interstitielle peuvent être installés à travers la membrane, au centre de la longueur d'expansion.

Un dispositif de mesure de la profondeur de l'essai offrant un niveau de précision approprié doit également être prévu.

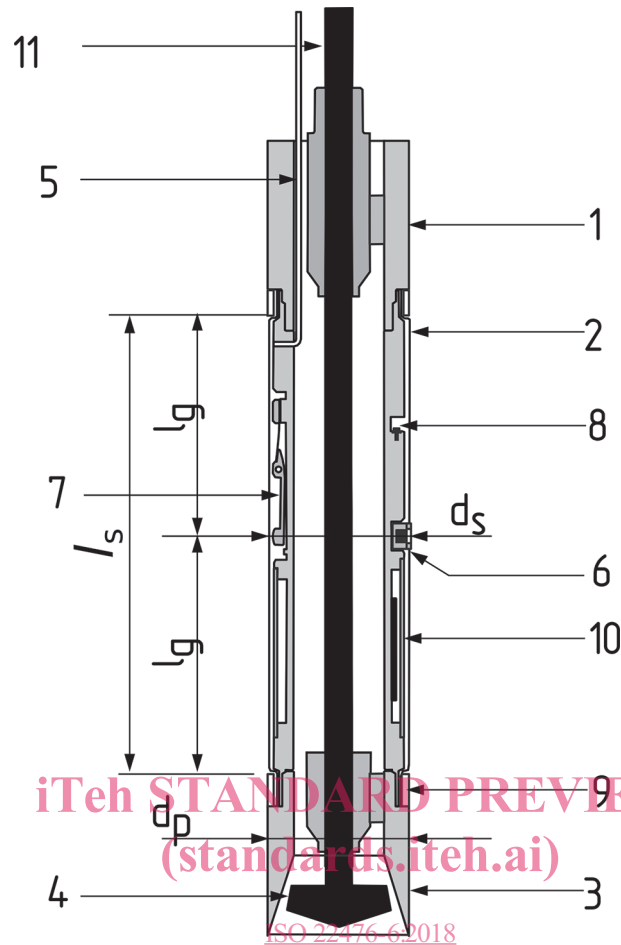
## 5.2 Sonde du pressiomètre autoforeur

La sonde du pressiomètre autoforeur comporte un corps creux en acier qui permet le passage requis pour les tiges de forages (si employées) nécessaire à l'opération de forage et le retour à la surface des fluides. Les tuyaux flexibles et les passages sont utilisés pour l'injection des fluides appropriés (gaz ou liquide) au gonflage de la cellule de mesure centrale, dont l'expansion est surveillée par trois capteurs électriques ou plus ou un dispositif de mesure du volume (Figure 2). La sonde est équipée d'une cellule centrale à membrane et peut également être équipée d'un dispositif de protection à tubage lanterné afin d'éviter les dommages causés par les inclusions coupantes dans le sol. La sonde doit être capable de supporter une expansion volumétrique au moins équivalente à 25 % du volume initial  $V_0$ .

La cellule de mesure centrale, avec un diamètre extérieur  $d_s$  et une longueur  $l_s$ , peut se dilater de façon radiale dans un trou de forage et exercer une pression uniforme sur la paroi du trou de forage. Cette cellule de mesure centrale doit avoir un coefficient d'élanement  $l_s/d_{s0}$  de 4,0.<sup>[Z][10]</sup> Cette cellule est gonflée en injectant un liquide supposé incompressible ou un gaz sous pression.

La sonde comprend également les éléments suivants:

- a) Le corps comporte généralement sur sa surface courbe extérieure un ensemble de rainures qui assurent la distribution du fluide dans la cellule centrale sous la membrane souple. Au-dessus du corps se trouvent la membrane et le dispositif de protection à tubage lanterné. Le haut du corps est fileté et accouplé au train de tiges qui entraîne la sonde depuis le niveau du sol.
- b) La membrane de la cellule centrale isole le fluide de l'espace situé sous le dispositif de protection à tubage lanterné.
- c) Les tubulures de fluide relient la sonde à l'unité de commande (UC) de pression et de déplacement.
- d) L'expansion de la membrane peut être surveillée par des capteurs électriques. Au minimum, trois capteurs de déplacement doivent être disponibles pour surveiller la surface moyenne, mais également toute déformation non circulaire de la membrane.
- e) La pression interstitielle dans le sol peut être surveillée par un ou plusieurs capteurs électriques placés approximativement à mi-hauteur de la longueur d'expansion.



iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 22476-6:2018  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c712a26-db2a-4f6d-b3df-eea6adec5e09/iso-22476-6-2018>

**Légende**

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1 corps creux de la sonde            | 7 capteurs de déplacement                                 |
| 2 membrane                           | 8 capteur de pression                                     |
| 3 sabot                              | 9 bague de serrage de la membrane                         |
| 4 outil de coupe                     | 10 électronique de conditionnement du signal              |
| 5 conduite sous pression             | 11 tiges de réglage et d'entraînement de l'outil de coupe |
| 6 capteur de pression interstitielle |   |

**Figure 2 — Exemple de sonde de pressiomètre autoforeur**

**5.3 Module d'autoforage**

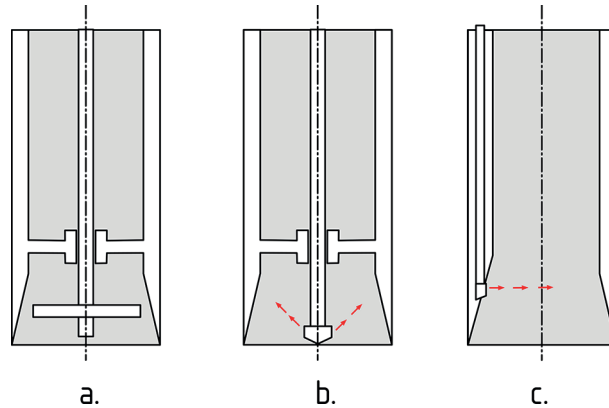
Le module d'autoforage est la partie inférieure de la sonde, avec un diamètre extérieur  $d_p$ . Elle possède un taillant muni d'une partie conique dans sa partie intérieure. À mesure que la sonde descend par fonçage lent et constant dans le sol, les matériaux du sol qui y pénètrent sont désagrégés et refoulés vers la surface par la partie intérieure du corps de la sonde sous l'action soit (Figure 3):

- d'un outil de coupe rotatif;
- d'un jet d'eau sous pression vers le haut, ou
- d'un jet d'eau sous pression latéral.

L'outil de coupe rotatif peut avoir la forme d'un tricône, d'un outil à lame, d'une lame plate ou d'une pale à mélanger (disque).

L'utilisation d'un dispositif de percussion sur un outil de coupe rotatif doit être mentionnée.

Afin de déterminer l'influence de l'usure de l'outil sur les essais PAF, il peut être approprié de vérifier l'état d'usure initial et final de l'outil et du sabot, et d'en faire un compte rendu. À cette fin, les dimensions des outils de désagrégation au début et à la fin du forage peuvent être mesurées, quand c'est possible, et consignées (conformément à la norme EN ISO 22476-15). Le changement ou le remplacement de tout équipement doit également être consigné.

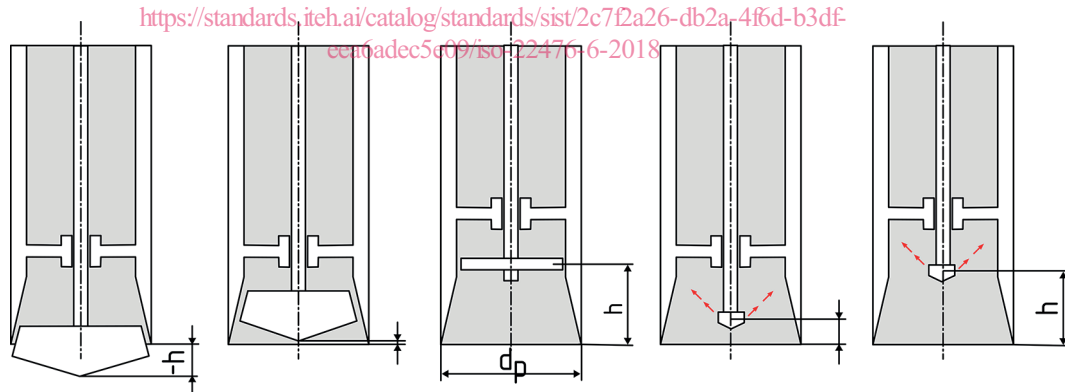


### Légende

- a. outil de coupe rotatif
- b. jet d'eau sous pression vers le haut
- c. jet d'eau sous pression latéral

## iTeh STANDARD PREVIEW Figure 3 — Module d'autoforage (standards.iteh.ai)

La distance  $h$  entre l'outil de coupe ou la buse et le tranchant du sabot est fonction de la nature du sol (Figure 4), telle que définie à l'Annexe B. ISO 22476-6:2018



**Figure 4 — Distance entre l'outil de coupe et le taillant**

Lorsque le sol devient plus dur, une valeur  $h$  plus faible est utilisée (voir Annexe B). Pour les sols durs et les roches tendres, une valeur négative de  $h$  peut être utilisée, ce qui implique que l'outil rotatif dépasse du taillant. L'outil ne doit pas se trouver entièrement hors du sabot tranchant.

NOTE L'influence du rapport  $h/d_p$  est mis en évidence dans les Références [7], [8] et [9].

### 5.4 Unité de commande (UC) de pression et de déplacement

L'unité de commande (UC) de pression et de déplacement permet de mesurer la pression du liquide ou du gaz et le déplacement en fonction du temps, et de contrôler l'expansion et la contraction de la sonde. La pression peut être contrôlée manuellement ou de façon automatique.