

NORME ISO
INTERNATIONALE 22476-15

Première édition
2016-08-15

**Reconnaissance et essais — Essais de
sol —**

**Partie 15:
Enregistrement des paramètres de
forages**

iTeh STANDARD PREVIEW *Geotechnical investigation and testing — Field testing —*
(standards.iteh.ai) *Part 15: Measuring while drilling*

ISO 22476-15:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4da72f8-3ffc-40d0-98cc-a8e47ca8822e/iso-22476-15-2016>



Numéro de référence
ISO 22476-15:2016(F)

© ISO 2016

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 22476-15:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4da72f8-3ffc-40d0-98cc-a8e47ca8822e/iso-22476-15-2016>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016

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
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	2
5 Équipement	3
5.1 Généralités.....	3
5.2 Équipement de forage.....	4
5.3 Système de mesure.....	4
5.3.1 Généralités.....	4
5.3.2 Capteurs de pressions hydrauliques.....	5
5.3.3 Système de mesure de la longueur de pénétration.....	5
5.3.4 Système de mesure du débit du fluide de forage.....	5
5.3.5 Système de mesure de la vitesse de rotation.....	5
5.3.6 Mesure de l'énergie de martèlement.....	6
5.3.7 Vibrations réfléchies.....	6
5.3.8 Temps.....	6
5.4 Sélection des paramètres mesurés.....	6
5.5 Facteurs d'influence sur les résultats MWD.....	7
5.5.1 Influence de l'outil.....	7
5.5.2 Influence de la machine de forage.....	7
5.5.3 Influence de l'opérateur.....	7
6 Procédures d'essai	8
6.1 Généralités.....	8
6.2 Position et niveau de la machine de forage.....	8
6.3 Préparation de la mesure.....	8
6.4 Procédure de forage.....	9
6.5 Fréquence d'acquisition des paramètres.....	9
6.6 Enregistrement de la longueur de pénétration.....	9
6.7 Fin de l'essai.....	9
6.8 Contrôles et étalonnages de l'équipement.....	10
7 Résultats d'essai	10
7.1 Généralités.....	10
7.2 Paramètres calculés.....	10
7.2.1 Généralités.....	10
7.2.2 Vitesse d'avance.....	10
7.2.3 Pression de poussée.....	11
7.2.4 Pression de poussée nette.....	11
7.2.5 Pression du fluide de forage.....	11
7.2.6 Couple de rotation de la tête de forage.....	11
8 Consignation dans un rapport	12
8.1 Généralités.....	12
8.2 Consignation des résultats d'essai dans un rapport.....	12
Annexe A (informative) Application des paramètres de forage	15
Annexe B (informative) Présentation graphique des paramètres de forage	21
Bibliographie	23

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 (CEI) 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).

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).

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.

L'ISO 22476-15 a été élaborée par le Comité européen de normalisation (CEN) en collaboration avec le comité technique ISO/TC 182, *Géotechnique*, 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, publiée sous le titre général *Reconnaissance et essais géotechniques — Essais en place*, est disponible sur le site Internet de l'ISO.

Introduction

La méthode de mesure en cours de forage (MWD) traite de l'enregistrement des paramètres machine au cours du processus de forage. Celle-ci peut être réalisée manuellement ou à l'aide de systèmes informatisés qui acquièrent les capteurs installés sur le matériel de forage en rotation et/ou par percussion. Ces capteurs collectent en continu et de manière automatique des données sur tous les aspects du forage, en temps réel et sans interférer avec l'avancement du forage. Les données sont affichées en temps réel et également enregistrées à des fins d'analyse ultérieure. Des exemples d'interprétation de ces résultats sont fournis en [Annexe A](#).

Le trou de forage peut être utilisé pour d'autres applications, telles que l'installation d'équipements de surveillance, la consignation des données géophysiques ou la réalisation d'essais d'expansion. L'interprétation des résultats de la mesure en cours de forage peut être réalisée en relation avec les informations fournies par carottage.

Il convient de noter que les paramètres de forage mesurés et calculés sont liés et dépendants des conditions d'essai, des procédures et de l'équipement.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 22476-15:2016](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4da72f8-3ffc-40d0-98cc-a8e47ca8822e/iso-22476-15-2016>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 22476-15:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4da72f8-3ffc-40d0-98cc-a8e47ca8822e/iso-22476-15-2016>

Reconnaissance et essais — Essais de sol —

Partie 15: Enregistrement des paramètres de forages

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 22476 traite des principes techniques pour la définition des exigences applicables à l'équipement de mesure ainsi que la mise en œuvre et la consignation des paramètres du processus de mesure en cours de forage dans le cadre de reconnaissances géotechniques.

Elle s'applique aux méthodes de forage destructif entraînées par le haut et réalisées par une machine de forage et un dispositif de forage entièrement hydrauliques. Elle est habituellement mise en œuvre avec les techniques de forage destructif mais peut également être utilisée dans le cadre d'opérations de carottage.

L'enregistrement des paramètres de forage pendant l'injection de ciment dans le sol ou le forage pour la réalisation de clous, ancrages ou pieux n'entre pas dans le cadre de la présente partie de l'ISO 22476.

2 Références normatives

Les documents suivants sont mentionnés dans le texte d'une manière telle que tout ou partie de leur contenu constitue les 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 14688-1, *Reconnaissance et essais géotechniques — Identification et classification des sols — Partie 1: Identification et description*

ISO 14689-1, *Reconnaissance et essais géotechniques — Identification, description et classification des roches — Partie 1: dénomination et description*

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 donnés dans l'ISO 22475-1 ainsi que les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et la CEI tiennent à jour des bases de données terminologiques, destinées à être utilisées dans les activités de normalisation, aux adresses suivantes:

- Glossaire Electropedia de la CEI: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- Plateforme de navigation en ligne de l'ISO: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

paramètres de forage

paramètres de la machine de forage mesurés et enregistrés lors du forage (notamment les pressions hydrauliques, la profondeur, la vitesse d'avance, la vitesse de rotation, la pression et le débit du fluide, etc.)

3.2

paramètres composés

paramètres dérivés de la combinaison de plusieurs paramètres de forage

3.3

vibration réfléchie

accélération due au rebondissement élastique des tiges comprimées par l'impact du marteau

3.4

longueur de pénétration

longueur mesurée dans l'axe du trou de forage, entre le niveau du sol et l'outil de forage

3.5

vitesse d'avance

vitesse d'avance de l'outil de forage dans le sol

3.6

pression de poussée

pression de poussée appliquée sur l'outil de forage

3.7

pression de retenue

pression limitant la vitesse d'avance en raison d'exigences de sécurité

3.8

pression du fluide de forage

pression du fluide de forage au niveau de l'outil de forage

3.9

couple

couple de rotation de la tête de forage

[ISO 22476-15:2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4da72f8-3ffc-40d0-98cca8e47ca8822e/iso-22476-15-2016)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4da72f8-3ffc-40d0-98cca8e47ca8822e/iso-22476-15-2016>

3.10

vitesse de rotation

vitesse de rotation de la tête de forage

3.11

vitesse de circulation du fluide de forage

débit de sortie du fluide de forage de l'outil de forage dans le trou

4 Symboles

Symbole	Nom	Unité
a	longueur de pénétration mesurée	m
α	coefficient d'efficacité du travail de poussée	—
β	coefficient d'efficacité du travail de couple	—
γ	coefficient d'efficacité du travail de martèlement	—
C_R	couple de rotation de la tête de forage mesuré	kN·m
$C_{R\max}$	couple de rotation de la tête de forage mesuré maximal	kN·m
d_o	diamètre externe de l'outil	mm
E	énergie de forage calculée	J
E_S	énergie spécifique calculée	J
E_R	vibrations réfléchies mesurées	J
f	fréquence du marteau	Hz
F_{\max}	force maximale de poussée	kN
H_{\max}	force maximale de retenue	kN

Symbole	Nom	Unité
I_A	indice d'altération calculé	—
N	nombre de tiges	—
p	pression hydraulique mesurée dans le moteur d'avance ou le vérin	MPa
p_{CR}	pression hydraulique mesurée dans le moteur couple	MPa
p_{CRO}	pression du moteur couple sans charge	MPa
$p_{CR\ max}$	pression hydraulique maximale mesurée dans le moteur couple	MPa
p_H	pression de retenue mesurée	MPa
p_I	pression du fluide de forage calculée à la sortie de l'outil de forage	MPa
p_E	poussée (avance) nette calculée appliquée à l'outil de forage	MPa
p_F	pression du fluide de forage mesurée à la sortie de la pompe	MPa
p_M	pression de martèlement mesurée	MPa
p_{\max}	pression maximale de poussée mesurée	MPa
p_O	poussée (avance) brute calculée appliquée à l'outil de forage	MPa
p_{HC}	pression de retenue calculée	MPa
$p_{H\ max}$	pression maximale de retenue mesurée	MPa
P_R	résistance à la pénétration	s/0,2 m
Q_I	débit du fluide de forage mesuré à l'entrée du trou de forage	l/min
Q_O	débit du fluide de forage mesuré à la sortie du trou de forage	l/min
R_{SR}	résistance sol-roche calculée	MPa m ⁻¹ s ⁻¹
S_d	indice Somerton calculé	—
s_O	zone mesurée retirée par le trépan (= surface de l'outil de forage)	m ²
t	temps mesuré	s
v_A	vitesse d'avance	m/h
v_R	vitesse de rotation de la tête de forage mesurée	r/min
W_H	poids de la tête de rotation	kN
W_R	poids de la tige de forage	kN
Z	profondeur mesurée	m
r_w	profondeur mesurée à la surface de la nappe phréatique	m

5 Équipement

5.1 Généralités

Les paramètres de forage peuvent être classés en trois catégories:

- Paramètres imposés par la méthode (type d'outil de forage et diamètre, nature du fluide, limites de performance de la machine et du système d'injection) et les paramètres évolutifs non gérés (usure des outils, changements dans la composition du fluide);
- Paramètres réglés par l'opérateur (poussée p_O , vitesse de rotation de la tête de forage v_R , vitesse de circulation du fluide de forage Q_I dans le cas d'un fluide de forage incompressible ou aqueux, pression d'injection p_I dans le cas d'un fluide compressible à base d'air);
- Paramètres qui dépendent de la réponse du sol (taux de pénétration v_A , couple C_R , pression d'injection p_I dans le cas d'un fluide incompressible ou aqueux, vitesse de circulation du fluide de forage Q_I dans le cas d'un fluide compressible à base d'air).

Ces paramètres peuvent être mesurés directement ou calculés à l'aide de relations d'étalonnage. D'autres paramètres composés peuvent être déterminés en combinant plusieurs paramètres de forage (voir A.2.)

5.2 Équipement de forage

Des machines de forage dotées d'une stabilité, d'une puissance et d'équipements appropriés, tels que les outils et les tiges de forage, doivent être sélectionnées de manière à atteindre la profondeur et la stabilité exigées pour le trou de forage. L'équipement de forage doit être de la taille et du type appropriés de manière à produire la qualité exigée pour l'essai MWD. L'équipement et la machine de forage doivent permettre d'ajuster toutes les fonctions de forage avec précision.

La machine de forage doit être sélectionnée en fonction des objectifs du projet, avec une capacité suffisante pour pénétrer les différentes couches géologiques et doit être équipé des outils de forage appropriés.

La tête de forage et le mécanisme d'avance doivent fonctionner grâce à un circuit hydraulique pour permettre le suivi des paramètres de forage.

Seul une ligne d'outil avec marteau en haut doit être utilisé. L'équipement doit être lesté ou ancré pour limiter les mouvements de la machine de forage par rapport au niveau du sol au cours de la pénétration.

La pompe de fluide de forage doit être conforme aux caractéristiques suivantes:

- fournir un débit constant indépendamment de la pression, les pompes créant des pulsations doivent être évitées (par exemple une pompe à piston unique);
- atteindre une pression minimale de 3 MPa (30 bars) (sauf notification contraire);
- disposer d'un capteur de pression étalonné et sensible directement monté sur la sortie de la pompe;
- permettre une remontée du fluide de forage compris entre 0,8 et 1 m par seconde (en fonction de la viscosité du fluide).

Avant chaque utilisation, la rectitude des tiges doit être contrôlée à l'œil nu. L'écart de linéarité des tiges ne doit pas dépasser 5 mm depuis la ligne centrale pour les tiges de 3 m de long. La rectitude des tiges doit être déterminée à intervalles réguliers.

L'outil de forage utilisé pour la méthode MWD doit être du type outil à lame pour une action de forage rotatif ou rotatif à percussions. L'utilisation d'autres techniques de forage doit être évitée.

5.3 Système de mesure

5.3.1 Généralités

Le système de mesure automatique doit inclure:

- un enregistreur de données intégrant un affichage,
- un système d'acquisition des données doté d'un convertisseur de signal (parfois intégré à l'enregistreur de données), et
- des capteurs installés sur la machine.

En fonction de la classe d'application de la méthode MWD (voir le paragraphe 5.4), l'influence de la position des capteurs sur les mesures enregistrées doit être limitée autant que possible.

La mesure manuelle doit déterminer:

- la profondeur en fonction du temps ou la durée de pénétration de 0,2 m, et
- les paramètres lus par l'opérateur sur les capteurs.

Le système de mesure doit fournir un affichage en temps réel des valeurs pour permettre d'ajuster le processus de forage selon la progression observée de l'essai.

L'équipement de mesure doit être contrôlé et/ou étalonné régulièrement selon les spécifications des fabricants. Les résultats du contrôle et/ou de l'étalonnage doivent être consignés (voir l'Article 7). Si une partie du système est réparée ou remplacée, l'étalonnage doit être vérifié.

L'étalonnage de tous les capteurs doit être réalisé en respectant la fréquence suivante:

- tous les ans si les certifications sont assurées par le contrôle d'un tiers (par exemple le fabricant) à intervalles réguliers;
- au moins tous les six mois par contrôle interne.

Il convient de réaliser un rapport d'étalonnage et de conserver une copie du rapport avec le carnet d'entretien. Une copie du rapport d'essai d'étalonnage le plus récent doit être tenue à disposition sur le chantier.

5.3.2 Capteurs de pressions hydrauliques

Les pressions suivantes doivent être mesurées:

- a) pression de poussée p et pression de couple p_{CR} ;
- b) pression de retenue p_H (en vue de compléter la pression de poussée, cette pression p_H doit être mesurée pour calculer la poussée nette appliquée au trépan. La pression de retenue est la pression hydraulique qui prévaut dans la conduite de retour);

NOTE 1 Un transducteur de pression différentielle peut être utilisé pour mesurer directement la poussée nette.

NOTE 2 La force de poussée peut être directement mesurée par un capteur de force.

- c) pression du fluide de forage p_F .

ISO 22476-15:2016

La mesure de ces pressions doit être réalisée en suivant la procédure manuelle sur les capteurs de pression et en suivant la procédure automatique à l'aide de transducteurs placés sur le circuit de forage.

5.3.3 Système de mesure de la longueur de pénétration

La mesure de la longueur de pénétration de l'outil de forage doit être réalisée entre le sommet du mât et la tige de forage

La longueur de pénétration doit être déterminée par les méthodes suivantes:

- en suivant la procédure automatique à l'aide d'un encodeur rotatif fixé à l'axe du moteur d'avance, une chaîne ou un câble attaché entre le mât fixe et la tête de forage mobile, une roue fixée à la tête de forage et roulant contre le mât ou toute autre méthode appropriée;
- en suivant la procédure manuelle, à l'aide d'un mètre ruban.

5.3.4 Système de mesure du débit du fluide de forage

Le débit doit être mesuré à l'aide d'un débitmètre. Sa précision et son étalonnage doivent être consignés dans le rapport.

NOTE La mesure du débit de renvoi du fluide de forage (flux de sortie) Q_0 à la sortie du trou de forage peut fournir une estimation du volume de fluide échangé (absorbé ou fourni par la nappe aquifère confinée) avec le sol.

5.3.5 Système de mesure de la vitesse de rotation

La mesure de la vitesse de rotation (v_R) doit être réalisée au moyen des méthodes suivantes:

- en suivant la procédure manuelle à l'aide d'un tachymètre;

- en suivant la procédure automatique à l'aide d'un capteur de rotation ou de proximité qui compte les passages d'un élément métallique.

5.3.6 Mesure de l'énergie de martèlement

L'énergie de martèlement doit être mesurée à l'aide d'un transducteur de pression permettant de mesurer la pression p_M utilisée pour activer le marteau et la fréquence de chocs f (également déterminée par un débitmètre).

5.3.7 Vibrations réfléchies

Les vibrations causées par les ondes de percussion réfléchies générées lorsque le marteau frappe l'enclume (E_R) qui descendent et remontent après réflexion en bout de tiges peuvent être mesurées à l'aide d'un accéléromètre. Ce signal est déformé par les réflexions générées à chaque nouvelle tige, l'atténuation naturelle du signal, etc.

5.3.8 Temps

La mesure du temps, t , doit être réalisée au moyen des méthodes suivantes:

- en suivant la procédure manuelle à l'aide d'un chronomètre;
- en suivant la procédure automatique par l'horloge interne du système d'acquisition de données, correspondant au délai de détection d'un nouveau palier de profondeur.

5.4 Sélection des paramètres mesurés

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Selon le nombre de paramètres mesurés pendant le forage, trois classes de mesures MWD sont définies (voir le [Tableau 1](#)):

- classe de qualité 1, dans laquelle six paramètres (ou plus) sont mesurés,
- classe de qualité 2, dans laquelle quatre ou cinq paramètres sont mesurés;
- classe de qualité 3, dans laquelle au moins deux paramètres sont mesurés.

Les paramètres de la machine de forage suivants peuvent être mesurés:

- longueur de pénétration;
- pression de poussée mesurée dans le moteur d'avance ou le vérin;
- pression de retenue;
- pression de couple dans le moteur;
- pression du fluide de forage;
- vitesse de rotation de la tête de forage;
- vitesse de circulation du fluide de forage.

Il convient d'enregistrer le débit de fluide et le volume total de fluide de forage pour chaque trou.

Pour le forage rotatif par percussion, les vibrations réfléchies E_R peuvent être mesurées.

Au lieu d'utiliser la longueur de pénétration a , l'opérateur peut utiliser la vitesse d'avance v_A indiqué par le système de mesure pour contrôler la machine (voir le paragraphe [5.3](#)).

Pour toutes les classes de qualité, les paramètres mesurés doivent toujours comprendre la longueur de pénétration mesurée a et la pression de poussée p dans le moteur d'avance ou le vérin, sauf pour l'enregistrement manuel de la classe de qualité 3 lorsque p doit être remplacé par la résistance à la