

NORME
INTERNATIONALE

ISO
11276

Première édition
1995-09-01

**Qualité du sol — Détermination de la
pression d'eau dans les pores — Méthode
du tensiomètre**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

*Soil quality — Determination of pore water pressure — Tensiometer
method*

ISO 11276:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bc23a86b-9efc-4ec3-984b-70f7a7bdb7c1/iso-11276-1995>



Numéro de référence
ISO 11276:1995(F)

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 projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 11276 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 190, *Qualité du sol*, sous-comité SC 5, *Méthodes physiques*.

L'annexe A fait partie intégrante de la présente Norme internationale. Les annexes B, C, D, E et F sont données uniquement à titre d'information.

© ISO 1995

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Qualité du sol — Détermination de la pression d'eau dans les pores — Méthode du tensiomètre

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit les méthodes pour la détermination, à l'aide de tensiomètres, de la pression d'eau dans les pores, dans des sols non saturés ou saturés. Ces méthodes sont applicables aux mesurages in situ de la pression d'eau dans les pores, ainsi qu'à la surveillance de la pression d'eau dans les pores dans, par exemple, des pots de plantes ou des carottes de sol utilisées dans des procédures expérimentales.

Aux pressions atmosphériques normales, c'est-à-dire aux alentours de 100 kPa, l'emploi de ces méthodes est limité à une gamme de pressions d'eau dans les pores allant jusqu'à environ – 85 kPa. Cette gamme se trouve encore réduite à des pressions atmosphériques plus faibles. Les tensiomètres ne fonctionnent pas s'il règne à la profondeur des mesurages des températures inférieures à zéro. La précision des mesures est influencée par les fluctuations de température du sol et de l'air. Le temps de réponse d'un tensiomètre s'échelonne entre quelques secondes et plusieurs jours. Il est nécessaire de vérifier régulièrement le bon fonctionnement des tensiomètres pour obtenir des mesurages fiables.

Vu le caractère ponctuel des mesurages de la pression d'eau dans les pores effectués par un tensiomètre, il est nécessaire d'en prévoir plusieurs pour mesurer la pression d'eau dans les pores à plusieurs profondeurs. Sur le terrain, il faudra des ensembles d'instruments identiques si l'on veut tenir compte de la variabilité spatiale du sol.

2 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

NOTE 1 Des définitions supplémentaires sont données en E.2, uniquement pour information.

2.1 pression d'eau dans les pores: Somme des pressions matricielle et pneumatique.

NOTES

2 La pression d'eau dans les pores est aussi appelée pression du tensiomètre.

3 La pression d'eau dans les pores représente la somme des pressions relevant des forces interfaciales s'exerçant entre l'eau, l'air et la phase solide du sol (pression matricielle), la partie de la masse du matériau supérieur qui n'est pas apportée par la structure du sol et qui par conséquent est apportée par l'eau du sol (pression géostatique; souvent considérée comme une partie de la pression matricielle) et la pression locale de l'air dans le sol (pression pneumatique). Dans la plupart des cas, les pressions géostatique et pneumatique sont égales à zéro.

2.2 pression matricielle: Quantité de travail nécessaire au transfert réversible et isotherme d'une quantité infinitésimale d'eau, de composition identique à celle de l'eau du sol, à partir d'un gisement d'eau à l'altitude et à la pression gazeuse externe du point considéré, jusqu'à l'eau du sol au point considéré, divisée par le volume d'eau transportée.

2.3 pression pneumatique: Quantité de travail nécessaire au transfert réversible et isotherme d'une quantité infinitésimale d'eau, de composition identique à celle de l'eau du sol, à partir d'un gisement d'eau à pression atmosphérique et à l'altitude du point considéré, jusqu'à un gisement similaire à la pression gazeuse externe du point considéré, divisée par le volume d'eau transportée.

NOTE 4 La pression d'eau du sol peut être considérée comme une pression équivalente au potentiel d'eau du sol. La même chose est applicable à la charge du potentiel d'eau du sol et à la charge équivalente du potentiel d'eau du sol.

La relation entre eux est

$$\Psi \cdot \rho_w = p - h \cdot g \cdot \rho_w$$

où

- Ψ est le potentiel d'eau du sol, en joules par kilogramme, en masse;
- p est la pression équivalente au potentiel d'eau du sol, en joules par mètre cube, en volume ($1 \text{ J/m}^3 = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$);
- h est la charge équivalente au potentiel d'eau du sol, en joules par newton, en force ($1 \text{ J/N} = 1 \text{ m}$);
- ρ_w est la masse volumique de l'eau, en kilogrammes par mètre cube;
- g est l'accélération due à la pesanteur, en mètres par seconde carrée.

Dans la présente Norme internationale, les pressions équivalentes aux potentiels d'eau du sol sont utilisées. L'unité de mesure correspondante est le pascal (Pa). On trouvera dans le tableau 1 le mode de conversion entre le potentiel d'eau du sol et ses pression et charge équivalentes.

3 Principe

Un tensiomètre est composé d'une bougie perméable à l'eau reliée à un dispositif de mesurage de la pression. Les pores des parois de la bougie sont suffisamment petits pour empêcher la pénétration de l'air lorsqu'elle est humide. La bougie est remplie d'eau. Lorsque cette dernière est placée dans le sol, l'eau se trouvant dans le tensiomètre traverse la paroi po-

reuse vers le sol, ou l'eau du sol pénètre dans le tensiomètre, jusqu'à ce que la pression s'équilibre des deux côtés de la paroi poreuse. Une fois cet équilibre atteint, la pression de l'eau mesurée, à l'intérieur du tensiomètre, après avoir effectué les corrections relatives à la différence de hauteur entre le capteur de pression et la bougie, est égale à la pression d'eau dans les pores du sol au niveau de la bougie.

4 Appareillage

4.1 Tensiomètre, en général composé d'une bougie, d'un capillaire de raccord et/ou d'un corps en forme de tube, d'un capteur de pression et d'un dispositif pour expulser tout air qui pourrait s'accumuler à l'intérieur de l'ensemble. Les caractéristiques du modèle dépendent principalement de l'emploi que l'on veut en faire, à l'intérieur ou à l'extérieur, et du type de capteur de pression utilisé; on en trouvera des exemples à la figure 1. L'annexe B fournit des informations sur les matériaux utilisés dans le montage des tensiomètres et sur leur construction.

4.1.1 Bougie, fabriquée à partir d'un matériau poreux dont la pression d'entrée d'air (c'est-à-dire la pression nécessaire à l'évacuation de l'air à travers la bougie saturée d'eau) est supérieure en magnitude à la plus faible pression d'eau dans les pores mesurée et à la conductivité hydraulique connue. Le matériau doit être rigide et pouvoir résister à la dégradation dans le sol. On utilise en général de la céramique non émaillée, des alternatives sont données dans l'annexe B.

Tableau 1 — Tableau de conversion entre le potentiel d'eau du sol, sa pression équivalente et sa charge équivalente

| Paramètre à convertir | Pression équivalente Pa | Charge équivalente m | Potentiel J/kg |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| Pression équivalente (Pa) | 1 | $0,102 0 \times 10^{-3}$ | 10^{-3} |
| Charge équivalente (m) | 9 807 | 1 | 9,807 |
| Potentiel (J/kg) | 10^3 | 0,102 0 | 1 |

NOTES

1 Pour obtenir un potentiel ou son équivalent à partir d'un autre équivalent ou potentiel dans la première verticale, multiplier par le facteur indiqué, par exemple:
un potentiel de 1 J/kg a une pression équivalente de 10^3 Pa et une charge équivalente de 0,102 0 m.

2 Accélération due à la pesanteur = $9,807 \text{ m/s}^2$

Masse volumique de l'eau = $1 000 \text{ kg/m}^3$

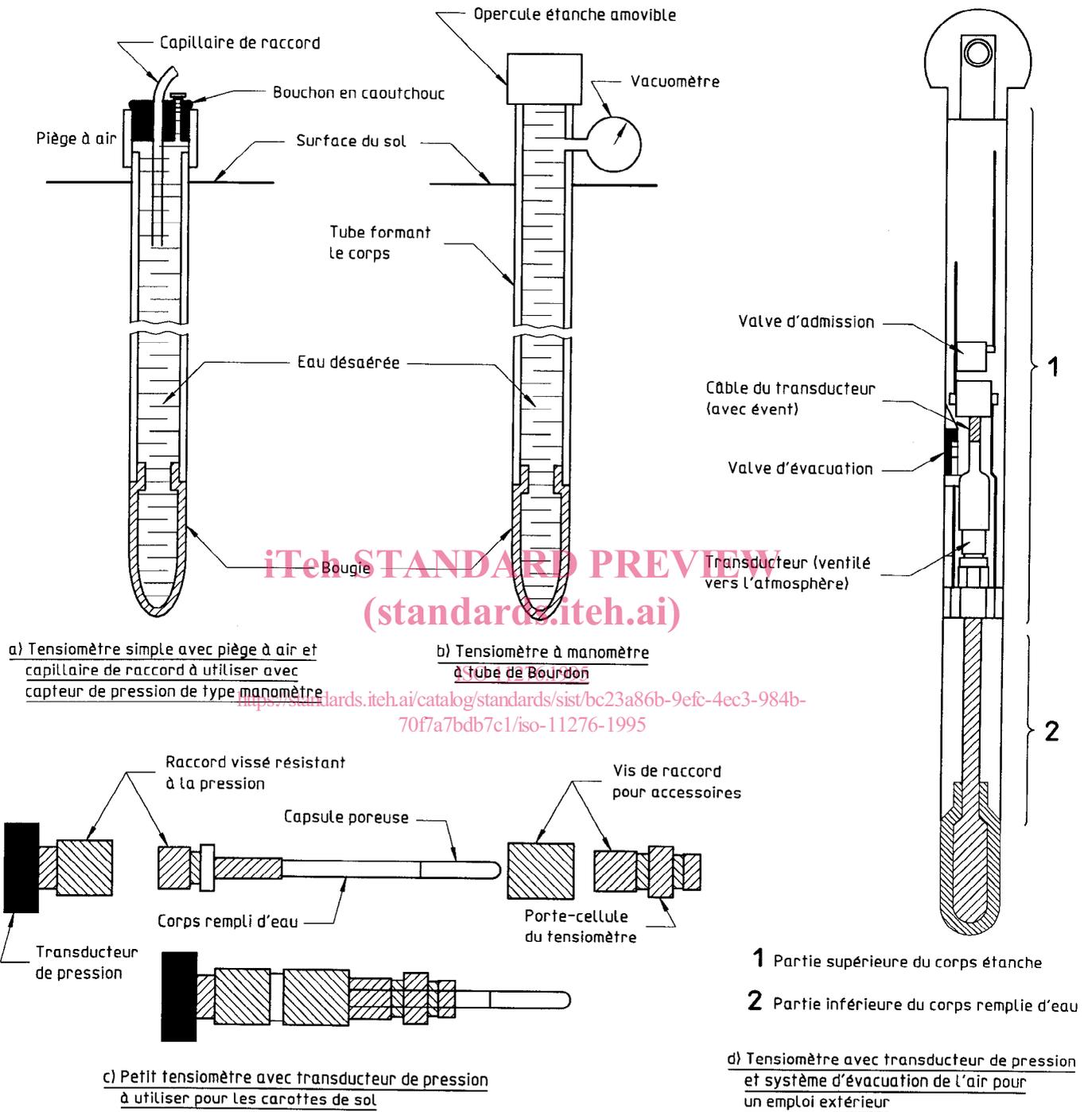


Figure 1 — Éléments principaux d'un tensiomètre montés dans divers modèles conçus pour un emploi sur le terrain ou en laboratoire

4.1.2 Capillaires de raccord et tube formant le corps, composés de matériaux appropriés de faible perméabilité à l'eau et aux gaz, et reliés entre eux par des joints étanches. La connexion du tensiomètre au capteur de pression se fait au moyen de capillaires rigides ou semi-rigides. Le tube formant le corps peut, en partie ou entièrement, servir de capillaire de raccord.

En règle générale, le tube formant le corps bouche la cavité se trouvant au-dessus ou derrière la bougie du tensiomètre après son insertion dans le sol. Ce doit être un tube rigide du même diamètre extérieur que la bougie. Dans beaucoup de modèles, il est rempli d'eau, tandis que dans d'autres, il sert de protection à d'autres capillaires plus fins reliés à la bougie et/ou à des câbles connectés à un transducteur de pression situé derrière la bougie.

4.1.3 Capteurs de pression. Les tensiomètres sont équipés de divers types de capteurs de pression, les plus courants étant les manomètres au mercure, les manomètres à tube de Bourdon et les transducteurs électriques de pression. On autorise l'emploi d'autres types de manomètres. Le degré de précision avec lequel on peut mesurer la pression de l'eau à l'intérieur d'un tensiomètre est fonction de la précision du capteur de pression.

L'annexe A donne des détails de montage et d'emploi des manomètres au mercure équipant les tensiomètres. Les autres types de capteurs de pression sont décrits dans l'annexe C.

La précision des tensiomètres équipés d'un manomètre à tube de Bourdon ou d'un transducteur de pression doit être vérifiée avant la mise en place et, par la suite, au moins une fois par an.

NOTE 5 La précision des instruments destinés à un emploi sur le terrain peut être testée à l'aide d'un manomètre au mercure de référence. Il est possible de tester un tensiomètre sans avoir à le démonter, en intercalant une pièce en «T» sur le capillaire de raccord. Lorsque cela est nécessaire, un autre capillaire de raccord est fixé pour raccorder un manomètre au mercure. Lorsque les besoins du laboratoire exigent un degré de précision encore plus rigoureux, il faut prévoir un appareillage d'essai spécialisé.

4.2 Montage du tensiomètre

Les détails sur les matériaux utilisés dans la construction des tensiomètres et sur leur construction sont donnés dans l'annexe B. Étant donné que l'intérieur d'un tensiomètre installé dans un sol non saturé est sous vide partiel, il est impératif de rendre étanche tous les points de fuite possibles. Le nombre de joints dans le système doit être réduit au minimum. Les

joints adhésifs doivent être réalisés de telle sorte que l'espace vide entre les éléments soit complètement rempli. Les joints qui reposent sur une adaptation étroite entre deux matériaux, par exemple les bouchons, doivent être de dimensions correctes et avoir une surface de contact la plus large possible.

Le système étant utilisé en milieu humide, tous les matériaux choisis doivent pouvoir résister à l'humidité. Cela concerne plus particulièrement les adhésifs, dont certains peuvent se ramollir ou gonfler (entraînant une défaillance des pièces collées) en milieu humide.

L'emploi d'un tensiomètre de conception nouvelle ou de matériaux qui n'ont pas fait leurs preuves doit s'accompagner d'une vérification de points éventuels de fuite sous pression et/ou sous vide avant leur mise en place. On recommande ces mesures de précaution pour toutes les installations.

5 Mode opératoire

5.1 Installation des tensiomètres

On peut installer les tensiomètres verticalement ou horizontalement, selon les objectifs à réaliser. Placer chaque tensiomètre de manière que le centre de la bougie soit à la profondeur où le mesurage est requis. Faire en sorte que le sol entourant le tensiomètre garde le plus possible son intégrité, en surface comme en profondeur. Maximiser le contact entre la bougie et le sol tout en évitant au maximum d'enduire le sol autour de la bougie.

NOTE 6 En règle générale, un trou du même diamètre que celui du tensiomètre est soigneusement foré et le tensiomètre y est inséré. L'annexe D donne des détails de méthodes alternatives pour la préparation des trous, en extérieur, destinés à recevoir des tensiomètres. Lors de l'installation d'un tensiomètre dans des pots de plantes, des carottes de sol, des lysimètres, etc., il faut le plus souvent suivre des méthodes similaires à celles décrites dans l'annexe D, mais à une échelle plus réduite.

Il faut prendre des soins particuliers pour protéger le système du tensiomètre contre les fluctuations de température. En effet, ces fluctuations provoquent une expansion et une contraction thermiques des éléments du système et de l'eau qu'ils contiennent, affectant ainsi le mesurage de la pression. Sur le terrain, toutes les pièces exposées du tensiomètre doivent, dans la mesure du possible, être à l'abri des rayons solaires. (Cela afin de diminuer les perturbations thermiques et afin de prolonger la durée de vie des composants). Il faut aussi prendre soin d'empêcher tout ruissellement des eaux de pluie ou d'irrigation le long des parois du tensiomètre jusqu'à la

bougie. Le matériel et l'entourage du tensiomètre doivent être protégés des rongeurs et autres animaux.

5.2 Préparation des tensiomètres pour emploi

5.2.1 Désaération de l'eau

Éliminer l'air dissous dans l'eau utilisée dans le tensiomètre soit en la faisant bouillir, soit au moyen d'un système de mise sous vide. Conserver l'eau ainsi traitée de manière qu'elle ne puisse entrer en contact avec l'air. Verser l'eau désaérée soigneusement et régulièrement pour minimiser tout contact avec l'air.

5.2.2 Remplissage du système avec de l'eau

Il est impératif, lors du remplissage du système à l'aide d'eau désaérée, d'éviter tout emprisonnement d'air à l'intérieur de l'appareil. Sur le terrain, purger les systèmes de tensiomètre à manomètre de mercure comme décrit dans l'annexe A.

NOTE 7 Lors d'expériences en laboratoire, il est préférable de ne pas purger le système, car cela aurait des répercussions sur l'équilibre hydraulique d'une carotte de sol.

Il est possible d'éliminer l'air des systèmes installés sur le terrain, équipés de manomètres à tube de Bourdon ou de transducteurs électriques de pression, à l'aide d'une pompe à vide. Cela provoque l'expansion de l'air dans le système et son dégagement. L'eau remplace l'air à la libération du vide. Il faut parfois plusieurs cycles d'évacuation et de repressurisation pour éliminer tout l'air.

5.3 Relevé des mesures sur un tensiomètre

Il est important d'attendre que le tensiomètre ait atteint l'équilibre hydraulique avant de faire les lectures.

NOTES

8 Dans un sol humide et grossier, on peut faire une lecture fiable dans l'heure qui suit ou même plus rapidement, tandis que dans un sol sec il faut peut-être plusieurs jours. Sur le terrain, après la mise en place ou l'entretien, il est recommandé qu'un intervalle d'au moins 4 h et de préférence 16 h (une nuit) soit respecté avant de faire les lectures sur le tensiomètre.

9 La fréquence des relevés dépend des objectifs à réaliser. Dans les premiers 0,5 m ou plus, les valeurs relevées changeront rapidement en raison des précipitations (échelle horaire) et un peu moins rapidement en raison de l'évaporation (échelle quotidienne). Les changements seront plus lents aux niveaux plus profonds. Cependant, si l'intervalle

entre les relevés dépasse une semaine, il faudra procéder souvent à la vérification de fonctionnement du manomètre et des tensiomètres à manomètre à tube de Bourdon avant de pouvoir obtenir des relevés qui soient fiables. Pour atténuer les effets des fluctuations diurnes de la température et les oscillations de la pression d'eau dans les pores dues à l'extraction d'eau par les plantes, il est préférable de faire un relevé des mesures à la même heure de chaque jour prévu pour leur surveillance si la fréquence de lecture est journalière ou moins.

5.4 Vérification du fonctionnement et maintenance des tensiomètres

L'accumulation d'air dans les tensiomètres est le problème périodique le plus courant. Les appareils qui sont équipés d'un capteur de pression placé derrière la bougie sont moins sujets à ce genre de problème, bien qu'il soit nécessaire de s'assurer que l'accumulation d'air est minimisée par des purges occasionnelles, surtout si les pressions d'eau dans les pores sont faibles.

Dans d'autres types d'appareils, les petites bulles d'air emprisonnées dans le piège à air n'affectent pas la précision du tensiomètre, mais en revanche prolongent son temps de réponse. Le tensiomètre doit être rempli d'eau désaérée lorsque le volume de la bulle emprisonnée dans le piège à air est supérieur à 100 mm^3 ($0,1 \text{ cm}^3$). La marche à suivre est la même que celle décrite en 5.2.2.

Des valeurs faibles en permanence (c'est-à-dire très négatives) peuvent être dues à un mauvais contact avec le sol ou à des fuites dans le système. Dans ce dernier cas, un volume important d'air s'accumule dans le tensiomètre. Si l'on suspecte l'un ou l'autre de ces problèmes, il faut sortir le tensiomètre et le réparer.

Il faut procéder au moins une fois par semaine à des vérifications et, le cas échéant, à des travaux d'entretien.

6 Expression des résultats

6.1 Méthode de calcul

La valeur relevée sur le capteur de pression donne la somme des pressions dans la bougie du tensiomètre ainsi que celle de la colonne d'eau entre le capteur de pression et la bougie (voir figure 2). La pression d'eau dans les pores du sol au niveau de la bougie se calcule à l'aide de la formule suivante:

$$p_p = p_x + \rho_w \cdot g \cdot a$$

où

- p_p est la pression d'eau dans les pores, en pascals, au niveau du mesurage, c'est-à-dire de la bougie;
- p_x est la pression, en pascals, de l'eau dans le capteur de pression en équilibre avec la bougie, relative à la pression atmosphérique;
- a est la distance verticale, en mètres, entre le capteur de pression et la bougie;
- ρ_w est la masse volumique de l'eau, en kilogrammes par mètre cube (environ 1 000 kg/m³);
- g est l'accélération due à la pesanteur, en mètres par seconde carrée (environ 9,81 m/s²).

Tous les systèmes de tensiomètres demandent un certain délai avant de s'équilibrer avec le milieu extérieur. Ce temps de réponse dépend

- du type de capteur de pression, qui détermine le volume d'eau déplacé pour un changement donné du potentiel du sol;
- de la capacité du tensiomètre lui-même;
- de la conductivité hydraulique du matériau poreux de la bougie;
- de la surface de contact de la bougie.

En outre, dans un sol donné, le contact avec le sol et la conductivité hydraulique du sol, qui est une fonction de la teneur en eau du sol, ont une influence sur le temps de réponse.

6.2 Précision

Il est impossible d'évaluer exactement la précision d'un mesurage par un tensiomètre de la pression d'eau dans les pores. Plusieurs facteurs interviennent, individuellement ou en combinaison, et affectent la précision, c'est-à-dire dans quelle mesure la pression dans le tensiomètre diffère de la pression réelle d'eau dans les pores au niveau de la bougie. La précision des mesurages de la pression de l'eau à l'intérieur du tensiomètre dépend de la précision du système de capteur de pression utilisé.

En ne laissant pas suffisamment de temps au tensiomètre et au système de capteur de pression pour s'équilibrer avec le sol, après une première mise en place ou une vérification de fonctionnement, on relève une pression supérieure à la pression d'eau dans les pores (c'est-à-dire moins négative). En outre, ou de surcroît, la pression peut changer rapidement en raison, par exemple, d'un front humide se déplaçant dans le sol, auquel cas il est impossible d'obtenir un équilibre entre le sol et le tensiomètre.

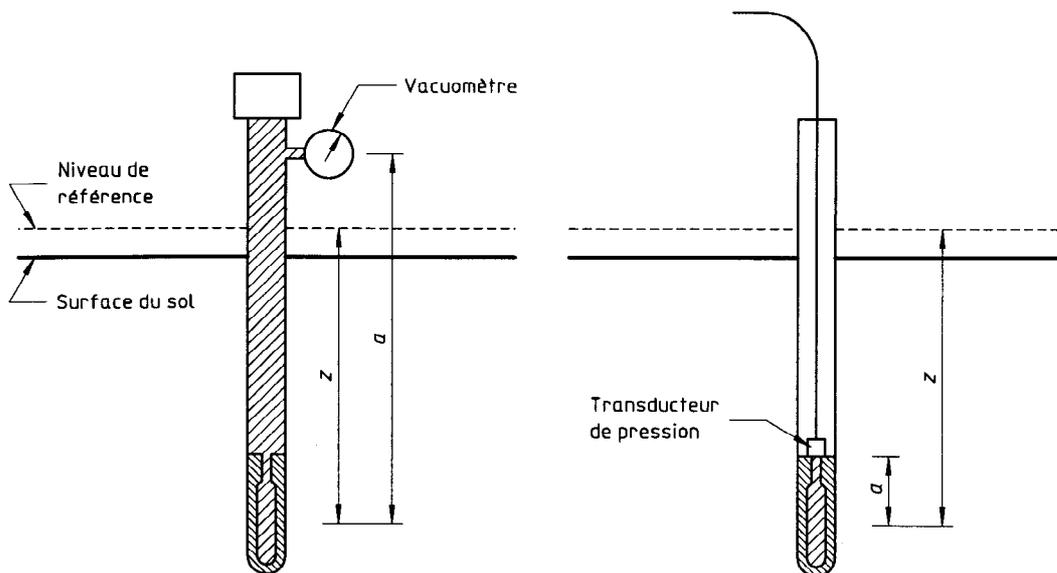


Figure 2 — Composants de la pression mesurée par un capteur fixé à un tensiomètre

7 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

- a) une référence à la présente Norme internationale;
- b) une description précise de l'endroit où sont effectués les mesurages et du profil du sol;
- c) une description détaillée des tensiomètres et capteurs de pression utilisés;
- d) la profondeur des tensiomètres et une description précise de l'installation;
- e) les pressions mesurées, en kilopascals, en fonction de la profondeur et du temps;
- f) toute remarque ayant une importance pour l'interprétation des résultats, comme la dernière purge d'air des tensiomètres, et des observations sur les conditions météorologiques ou hydrologiques avant et pendant les mesurages;
- g) tout détail particulier ayant été relevé au cours des mesurages;
- h) des détails sur toute manipulation pertinente qui n'aurait pas été précisée par la présente Norme internationale, ou considérée comme facultative.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 11276:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bc23a86b-9efc-4ec3-984b-70f7a7bdb7c1/iso-11276-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bc23a86b-9efc-4ec3-984b-70f7a7bdb7c1/iso-11276-1995>

Annexe A (normative)

Montage et emploi des manomètres au mercure

A.1 Introduction

AVERTISSEMENT — Le mercure étant un produit toxique pour les êtres humains, les animaux et l'environnement, il faut donc prendre des précautions particulières lors de l'emploi des manomètres au mercure. Tout utilisateur doit être conscient de la nature du danger et connaître la marche à suivre pour éviter les déversements de mercure et pour les nettoyer au cas où ils se produiraient.

Le manomètre au mercure convient à de nombreuses applications. À une température constante, comme dans un laboratoire, il est possible de mesurer la pression de l'eau dans le tensiomètre avec autant de précision que le niveau de mercure peut l'être sur une échelle graduée, c'est-à-dire avec une précision de 0,1 kPa. Sur le terrain, la précision d'un manomètre au mercure est d'environ 0,4 % plus une erreur de 0,1 kPa due à la parallaxe. Les manomètres au mercure ont l'avantage d'être simples à réaliser, à un prix relativement bas.

A.2 Montage

La figure A.1 représente trois manomètres au mercure dotés d'un réservoir commun et montés sur un panneau. Chaque manomètre est relié au tensiomètre par un capillaire de raccord.

NOTE 10 Lorsqu'il faut prévoir une série de plusieurs tensiomètres dans un profil de sol, il est préférable de monter les manomètres sur le même panneau et d'avoir un réservoir commun de manière que toutes les mesures soient fondées sur les mêmes données.

Si le capillaire du manomètre ne fait pas partie intégrante du capillaire de raccord, il faut prendre des précautions particulières pour que le joint entre les deux soit étanche aux gaz. Le capillaire du manomètre doit avoir un diamètre interne compris entre 0,5 mm

et 2,0 mm environ, être peu perméable aux gaz et à l'eau et être d'une transparence suffisante pour pouvoir observer facilement l'interface eau/mercure. Quant à sa paroi interne, elle doit être lisse afin de réduire au minimum toute collecte de saletés à l'intérieur du capillaire.

NOTE 11 Le polyamide 12 et le polyamide 66 (les deux étant des types de nylon) et le verre pour tubes capillaires sont des matériaux convenables. Les deux types de nylon conviennent aussi pour faire des capillaires de raccord (voir B.4).

Le capillaire du manomètre est monté sur une échelle graduée en petites unités, souvent des millimètres. Il ne doit pas y avoir d'espace entre les deux afin de minimiser les erreurs de parallaxe lors de la lecture du niveau de mercure.

La partie inférieure du capillaire du manomètre trempe dans un réservoir de mercure qui est pourvu d'un couvercle pour empêcher les déversements. L'extrémité du capillaire doit être coupée en biseau pour permettre le libre écoulement du mercure. Il est recommandé de fixer un plateau au-dessus du réservoir à mercure pour éviter que le mercure se répande.

NOTE 12 La surface du réservoir doit être suffisamment large pour permettre au niveau de mercure de ne pas descendre de plus de 2 mm lorsque tous les capillaires du manomètre, qui partagent le même réservoir, ont 600 mm de mercure à l'intérieur. Cela implique que la surface du réservoir doit être plus de 300 fois les surfaces combinées des sections des capillaires du manomètre. Si le réservoir est plus petit, on peut faire un relevé du niveau de mercure chaque fois que l'on effectue des mesurages et appliquer par la suite les corrections qui s'imposent. Le réservoir doit être conçu de telle manière que l'extrémité de chaque capillaire du manomètre soit bien séparée de l'extrémité des autres capillaires qui lui sont adjacents, cela afin d'éviter le passage d'air ou d'eau de l'un à l'autre pendant les travaux de vérification. Le couvercle doit être ventilé pour assurer que le mercure subit les changements de pression atmosphérique.

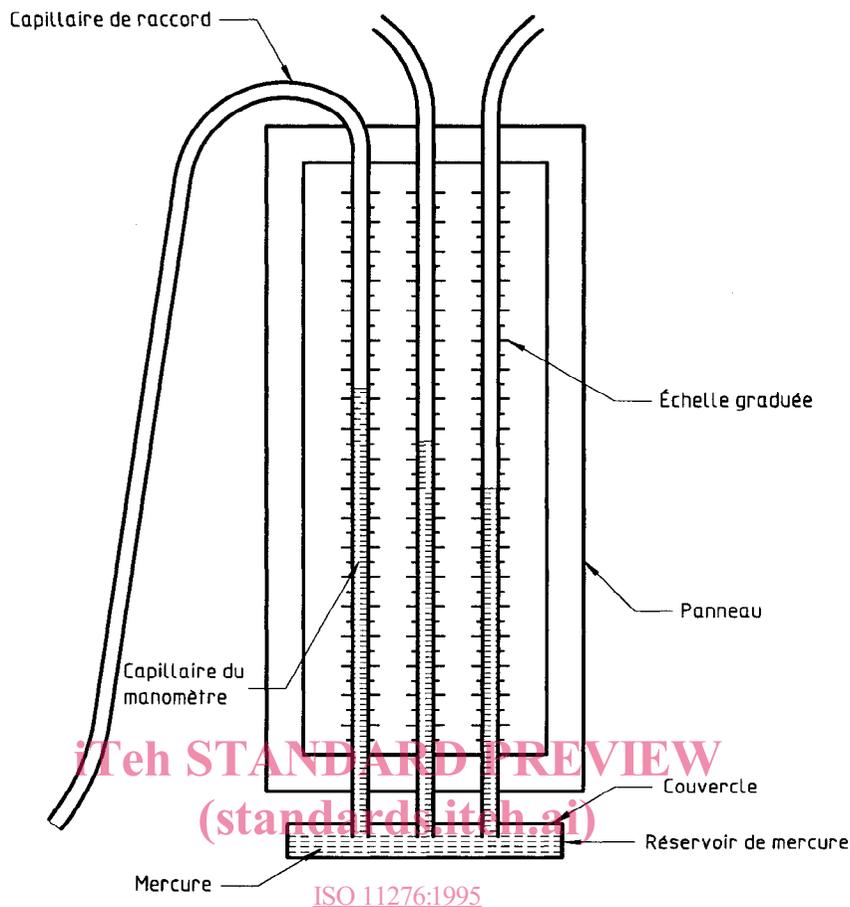


Figure A.1 — Système de manomètre au mercure utilisé avec les tensiomètres

MESURES DE SÉCURITÉ — En cas de déversement du mercure, il doit être immédiatement nettoyé soigneusement. En cas de déversement sur le terrain, tout sol ou toute végétation contaminés doivent être enlevés et amenés à un spécialiste des produits de rebut dangereux qui se chargera de leur recyclage.

Les capillaires du manomètre, l'échelle graduée et le réservoir doivent être montés sur un panneau rigide, vertical, de manière que les graduations soient horizontales. Les capillaires du manomètre doivent être fixés solidement au panneau et à l'échelle graduée, de manière qu'ils soient bien à plat contre cette dernière. Pour les emplois en extérieur, le panneau doit être constitué d'un matériau qui résiste à la distorsion, compte tenu des conditions ambiantes extrêmes. Le panneau lui-même doit être ancré en place, de manière à ne pas pouvoir être déplacé, par le vent par exemple.

Il doit être orienté de telle manière que les graduations et les capillaires du manomètre soient à l'abri du soleil.

NOTE 13 Le capillaire de raccord peut être encastré dans un autre capillaire, et le panneau coffré avec les capillaires du manomètre à l'intérieur d'une boîte de couleur plus claire, équipée d'une porte pour permettre les mesurages. Ainsi, l'équipement dans son ensemble est à l'abri du soleil. Pour plus de sécurité, la boîte doit rester verrouillée lorsque les manomètres ne font pas l'objet de services particuliers.

Les capillaires de raccord ne doivent pas être plus longs que nécessaire et, en extérieur, être retenus pour éviter qu'ils ne se déplacent sous l'action du vent, ce qui pourrait provoquer une oscillation des niveaux de mercure. L'extrémité de chaque capillaire de raccord doit se terminer à l'intérieur du corps du tensiomètre, à proximité de son fond afin d'assurer qu'il y ait une colonne d'eau ininterrompue de la bougie à la surface du mercure dans le capillaire du manomètre. Il faut prendre des soins particuliers pour que les capillaires de raccord ne puissent empêcher l'écoulement des fluides en se collant à la bougie; il suffit pour cela de les couper en biseau.