

PROPOSITION D'UNE CORRECTION DE MEMBRANE POUR LE PRESSIOMETRE

PROPOSAL FOR MEMBRANE CORRECTION FOR THE PRESSUREMETER

Jacques MONNET¹, Luc BOUTONNIER², Dino MAHMUTOVIC²

¹ Gaiatech, 22 rue Antoine Chollier, Seyssinet F-38170, France

² EGIS, 3 rue docteur Schweitzer, F-38180, Seyssins, France

RÉSUMÉ Nous présentons de nouvelles corrections des mesures du pressiomètre qui tiennent compte de l'épaisseur, de l'écrasement, de la déformation de la membrane similaire à celle d'une poutre. Une correction théorique est proposée et vérifiée numériquement par calcul éléments finis pour l'expansion de la sonde. Une application est réalisée sur les essais croisés Fondasol réalisés sur le site de Messanges (40)

ABSTRACT – We present new corrections of the pressuremeter measurements that take into account the thickness and crushing of the membrane, the deformation of the membrane similar to that of a beam. A theoretical correction is proposed and numerically verified with a finite element calculation for the expansion of the probe. An application is carried out on the Fondasol cross-tests carried out on the Messanges (40) site

1. Introduction



Figure 1 Déformation de la sonde nue à l'étalonnage pour la résistance propre



Figure 2 Déformation du tube fendu à l'étalonnage pour la résistance propre

L'évolution du secteur du génie civil en site urbain oblige à construire en respectant le bâti ancien. Seuls les modèles numériques permettent de répondre à cette demande. Il devient alors extrêmement important d'analyser les tests in situ habituels pour en déduire les paramètres effectifs du comportement du sol (module de Young, cohésion, frottement). Pour le pressiomètre, il est nécessaire de faire un saut qualitatif, passant des pressions mesurées à l'intérieur du pressiomètre, aux pressions appliquées à l'extérieur sur le sol, de sorte qu'il soit possible de le considérer non seulement comme un essai in situ, mais surtout comme un appareil capable d'appliquer une force de cisaillement sur le sol.

Les normes relatives aux pressiomètres (AFNOR, 2013; ASTM, 1994) considèrent que la sonde a une membrane sans épaisseur de sorte que la pression de l'eau à l'intérieur de la sonde est égale à la pression de réaction du sol à l'extérieur, mais avec une correction

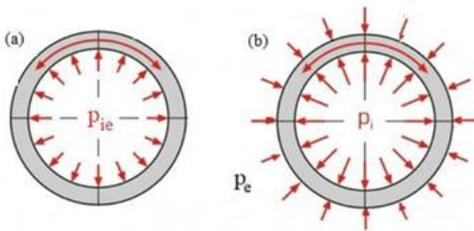
due à la résistance propre de la membrane. Ils considèrent également que la sonde se déforme comme un cylindre.

La nouvelle courbe corrigée de l'effet de membrane que nous proposons est plus proche de la réponse « réelle » du sol à la force appliquée par le pressiomètre, et l'interprétation inverse de l'essai du pressiométrique donne des caractéristiques plus réalistes du sol comme l'angle de frottement (Monnet, 2012 ; Monnet, 2016) ou la cohésion (Monnet and Chema, 1994), mais aussi le module de Young (Figure 11).

2. Analyse des corrections de membrane

2.1 Corrections liées à l'épaisseur de la membrane et du tube fendu

Si l'on considère la sonde comme un tube (Figure 3) avec une pression d'eau p_{yi} interne (l'indice i relatif à la partie interne de la membrane; l'indice y relatif à la position longitudinale dans la sonde où la pression est appliquée) appliquée au rayon interne r_i et une pression p_{ye} de réaction externe appliquée au rayon externe r_e il y a une différence entre p_{yi} et p_{ye} . En tenant compte de l'épaisseur de la membrane de la sonde (Figure 3) et de la différence entre le rayon extérieur r_e et le rayon interne r_i , l'équation (1) donne la relation entre la pression interne p_i de l'eau à l'intérieur de la sonde et la pression de réaction du p_e du sol l'extérieur de la sonde. La pression à l'extérieur de la sonde est inférieure à la pression à l'intérieur. Ce phénomène n'est pas pris en compte par les normes (ASTM, 1994; AFNOR, 2013), seules les pertes de pression de p_{ie} de la sonde sont introduites en tant que correction de pression (2) pour prendre en compte la rigidité de la sonde.



$$p_i \cdot r_i \cdot d\theta = p_e \cdot (r_i + e) \cdot d\theta = p_e \cdot r_e \cdot d\theta \quad (1)$$

Figure 3 : Différence entre la pression intérieure p_i et la pression extérieure p_e , pendant l'essai d'étalonnage (a), pendant l'essai pressiométrique dans le sol (b)

$$(p_i - p_{ie}) \cdot r_e \cdot d\theta = p_e \cdot (r_i + e) \cdot d\theta = p_e \cdot r_e \cdot d\theta \quad (2)$$

2.2 Cas de la sonde avec les extrémités libres - sonde nue G

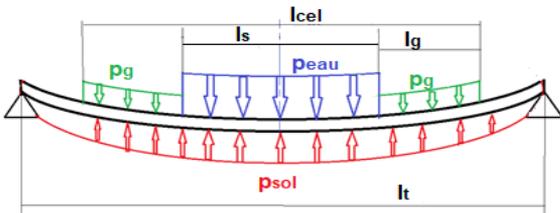


Figure 4 : Principe de correction de membrane pour la sonde nue G

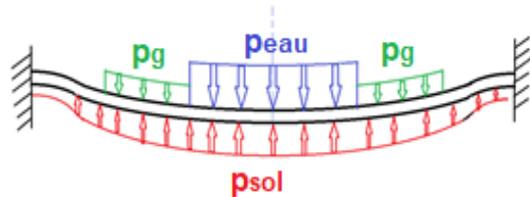


Figure 5 : Principe de correction de membrane pour le tube fendu

Le principe de la correction de membrane est présenté (Figure 4). Il consiste à considérer la membrane et le tube fendu du pressiomètre par fraction angulaire unitaire avec l'analogie d'une poutre, avec des extrémités libres ou des extrémités encastées, chargées par la pression de l'eau sur la cellule de mesure et par la pression de l'air sur les cellules de garde. Cette poutre se déforme sous ces efforts et le sol à l'extérieur de la sonde exerce une pression élastique en réaction, ce qui implique une pression plus

élevée dans les zones les plus déformées et une pression p_0 considérée comme nulle aux extrémités sans déformation, dans la mesure où l'essai est réalisé dans un préforage.

Le rayon de la sonde (Figure 1) déformée (3) est supposé être analogue à celle d'une poutre sur deux appuis simples (figure 4) de forme quadratique, où la longueur de la sonde déformée est l_t constante le long de l'essai; la valeur de y est 0 sur le plan médian de la sonde et $l_t/2$ au bord de la sonde; r_0 est le rayon de la sonde à son bord et r_{max} est le rayon sur le plan médian de la sonde. Nous utilisons l'hypothèse du module de réaction de Winkler (Gilbert, 1995). La réaction du sol p_y (4) est supposée être proportionnelle à une réaction élastique à la déformation le long de la sonde où p_0 est la pression à l'extrémité de la sonde et p_{max} la pression au centre de la sonde. Les relations de déformation (3) et de pression (4) sont homogènes et proportionnelles. Les calculs sont effectués en pression effective. À ce stade, le coefficient de proportionnalité (ou module de réaction) est inconnu :

$$r_y = r_{max} \cdot \left[4 \cdot \left(\frac{r_0}{r_{max}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{y}{l_t} \right)^2 + 1 \right] = \left[4 \cdot (r_0 - r_{max}) \cdot \left(\frac{y}{l_t} \right)^2 + r_{max} \right] \quad (3)$$

$$p_y = p_{max} \cdot \left[4 \cdot \left(\frac{p_0}{p_{max}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{y}{l_t} \right)^2 + 1 \right] = \left[4 \cdot (p_0 - p_{max}) \cdot \left(\frac{y}{l_t} \right)^2 + p_{max} \right] \quad (4)$$

Sur la paroi du forage, la force de réaction du sol $F_{réact}$ est trouvée par intégration de (4). La nappe phréatique applique une force F_{nappe} associée à la pression de p_{water} (supposée constante le long de la hauteur de la sonde) exercée par la nappe phréatique. À l'intérieur de la sonde (Figure 4), le fluide applique la pression d'eau et la pression de gaz pour le pressiomètre Ménard (Baguelin et al., 1978) ou seulement la pression du gaz sur l_s . L'air applique une pression d'air p_g le long des deux cellules de garde de longueur l_g et la longueur totale de la zone chargée est donnée par l_{cel} .

Le volume intérieur de la sonde est calculé par intégration de (3) déduit de l'épaisseur de la membrane, avec V_{si} le volume initial à l'intérieur et ΔV le volume injecté pour une mesure et un palier de pression donné. Ce volume devient (7) une équation de second degré en variable r_{max} qui permet de trouver r_{max} . L'équilibre de la sonde est atteint lorsque la force interne F_{cel} est égale à la force externe de la sonde, c'est-à-dire la somme de la force de réaction du sol $F_{réact}$ et de celle de l'eau F_{nappe} . La valeur p_{max} est alors trouvée par l'équation (5), la valeur moyenne par p_{moy} par (6) et la variation de rayon par r_{max} par (7).

$$p_{max} = \frac{F_{cel} - F_{nappe}}{\pi \cdot \left[\frac{4}{15} \cdot (r_0 - r_{max}) \cdot l_t + \frac{4}{3} \cdot r_{max} \cdot l_t \right]} \quad (5)$$

$$p_{moy} = \frac{1}{l_s} \cdot \int_{-\frac{l_s}{2}}^{\frac{l_s}{2}} p_y \cdot dy = p_{max} \left(1 - \frac{l_s^2}{3 \cdot l_t^2} \right) \quad (6)$$

$$256 \cdot \pi \cdot r_{max}^2 \cdot (I_2 + I_3 + I_4 - 2 \cdot I_5 - 2 \cdot I_6) + 32 \cdot \pi \cdot r_{max} \cdot (r_0 - E_{peau}) \cdot (I_{10} - I_{11} + I_2) + \pi \cdot (r_0 - E_{peau})^2 \cdot l_s - V_{si} - dV = 0 \quad (7)$$

La connaissance de r_{max} , peut être utilisée pour déterminer le r_{moy} de rayon moyen par relation (8)

$$r_{moy} = \frac{1}{l_s} \cdot \int_{-\frac{l_s}{2}}^{\frac{l_s}{2}} r_y \cdot dy = r_{max} - (r_{max} - r_0) \cdot \frac{l_s^2}{3 \cdot l_t^2} \quad (8)$$

2.3 Cas de la sonde avec les extrémités encastrées – le tube fendu

Dans le cas du tube fendu (figures 2), la sonde se déforme selon la relation (9) par analogie avec la déformée d'une poutre déformée encastrée aux deux extrémités, avec la longueur l_t de la partie déformable (longueur des fentes). La pression de réaction est alors (10). Au dehors de la sonde, la force de réaction est donnée par intégration de (10) et peut être calculée par (11). Dans cette équation, on suppose que le sol a une réaction élastique à la déformation de la sonde, les équations de la déformation (9) et de la réaction du sol (10) étant homogènes et proportionnelles. Les calculs sont effectués en contrainte effective.

$$r_y = 16. (r_{max} - r_0) \cdot \left[\left(\frac{2 \cdot y + l_t}{2 \cdot l_t} \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot y + l_t}{2 \cdot l_t} \right)^3 + \left(\frac{2 \cdot y + l_t}{2 \cdot l_t} \right)^4 \right] + r_0 \quad (9)$$

$$p_y = 16. (p_{max} - p_0) \cdot \left[\left(\frac{2 \cdot y + l_t}{2 \cdot l_t} \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot y + l_t}{2 \cdot l_t} \right)^3 + \left(\frac{2 \cdot y + l_t}{2 \cdot l_t} \right)^4 \right] + p_0 \quad (10)$$

L'équilibre de la sonde est atteint lorsque la force interne de F_{cel} est égale à la somme de la force de réaction au sol F_{sol} et de la force d'eau F_{nappe} donnant (11). Ceci détermine la pression de réaction maximale p_{max} (12) du sol et sa variation p_{max}

$$F_{cel} - F_{nappe} = F_{react} = p_{max} \cdot \left[\frac{512}{630} \cdot \pi \cdot r_{max} \cdot l_t + \frac{32}{30} \cdot \pi \cdot r_0 \cdot l_t \right] \quad (11)$$

$$p_{max} = (F_{cel} - F_{nappe}) / \left(\frac{512}{630} \cdot \pi \cdot r_{max} \cdot l_t + \frac{32}{30} \cdot \pi \cdot r_0 \cdot l_t \right) \quad (12)$$

Le calcul du volume intérieur de la sonde permet de déterminer la variation (13) du plus grand rayon $r_{max} = (r_{max} - r_0)$, le rayon moyen (14) et la pression moyenne par (15)

$$256 \cdot \pi \cdot r_{max}^2 \cdot (I_2 + I_3 + I_4 - 2 \cdot I_5 - 2 \cdot I_6) + 32 \cdot \pi \cdot r_{max} \cdot (r_0 - E_{peau}) \cdot (I_{10} - I_{11} + I_2) \quad (13)$$

$$+ \pi \cdot (r_0 - E_{peau})^2 \cdot l_s - V_{si} - dV = 0$$

$$r_{moy} = \frac{1}{l_s} \cdot \int_{-l_s/2}^{l_s/2} r_y \cdot dy = \frac{16 \cdot r_{max}}{l_s} \cdot (I_{10} - I_{11} + I_2) + r_0 \quad (14)$$

$$p_{moy} = \frac{256 \cdot p_{max} \cdot r_{max} \cdot [I_2 + I_3 + I_4 - 2 \cdot I_5 - 2 \cdot I_6 + 2 \cdot I_7] + 16 \cdot p_{max} \cdot r_0 [I_8 - I_9 + I_{10}]}{16 \cdot r_{max} \cdot [I_8 - I_9 + I_{10}] + r_0 \cdot l_s} \quad (15)$$

3. Analyse Numérique

3.1 Correction simplifiée de pression

Pour simplifier le processus, considérons simplement la sonde comme entourée d'un tube épais (Figure 3) ; on prend en compte la différence entre le rayon intérieur $r_0 - E_{peau}$ sur lequel agit la pression d'eau interne à la sonde, et la pression de réaction du sol sur la face extérieure de la sonde de rayon r_0 par un coefficient de réduction de pression C_{ep} (16).

$$C_{ep} = (r_0 - E_{peau}) / r_0 \quad (16)$$

3.2 Cas de la sonde avec Tube Fendu

Le cas de la sonde nue été calculé, mais n'est pas présenté ici. Les normes actuelles (ASTM, 1994; AFNOR, 2013) effectuent l'étalonnage de la sonde, qui est censé prendre en compte la rigidité de la membrane. Sa principale limite est de ne pas tenir compte de la membrane déformée réelle, ni de son épaisseur, mais plutôt de raisonner sur le volume de la sonde qui est censé être cylindrique. Les méthodes numériques actuelles permettent

de prédire la déformation de la membrane du pressiomètre et de comparer les résultats aux pressions et déplacements analytiques proposés :

Le programme d'éléments finis (Plaxis, 2020) a été utilisé pour simuler un essai pressiométrique avec un sonde dans un tube Fendu à 10m de profondeur dans un sable avec une nappe phréatique à 4,5m. La taille de la sonde est indiquée (tableau 1) et elle est placée dans une couche de sol d'un mètre d'épaisseur et de deux mètres de rayon. Le sol est considéré comme élasto-plastique, les membranes sont modélisées et élastiques avec anisotropie. Le modèle est axisymétrique avec des conditions aux limites glissantes horizontales le long du bord inférieur (Figure 6) et glissantes verticales le long du bord vertical droit. La limite supérieure est libre et chargée du poids du sol supérieur. Il n'y a pas de friction entre le sol et la membrane. La membrane est représentée par deux couches d'éléments T16 ainsi que le tube fendu, mais avec des raidisseurs chaque cm de sorte que l'épaisseur du tube fendu reste constante. Le maillage est affiné autour de la sonde pour tenir compte de la forte variation de contrainte dans cette zone. Le modèle utilisé est un modèle élasto-plastique Mohr-Coulomb avec dilatance. Dans ce tableau, colonne 7, la valeur d' E_{peau} est l'épaisseur totale de la membrane (6 mm pour la sonde) et du Tube Fendu (6 mm). Les caractéristiques du sol et des membranes sont indiquées (tableau 2). Pour les calculs, la pression intérieure de l'eau P_{eau} est appliquée sur I_s ; la pression du gaz p_g est appliquée sur I_g . L'erreur est calculée (Figure 10) avec la relation (17), où p_{Hyp} est pris respectivement égal à la pression standard (AFNOR, 2015), ou à la pression Gaipress (GaiaPress, 2016) ou à la pression standard corrigée avec le coefficient d'épaisseur (16).

$$Error = |p_{Plaxis} - p_{Hyp}| / p_{Plaxis} \quad (17)$$

Table 1. Géométrie de la sonde

Sonde	l_t mm	l_{cel} mm	l_s mm	l_g mm	l_m mm	E_{peau} mm	d_{ext} mm	C_{ep}
Tube Fendu	-	590	370	110	870	12=6+6	63	0,62

Table 2 . Caractéristique du sol, des membranes et du Tube Fendu

Sol	E_x kPa	E_y kPa	ν_x	ν_y	c kPa	Φ degré	Ψ degré
Sable 1	60000	60000	0.3	0.3	0	32	4
Tube Fendu 6 mm	700	$200 \cdot 10^6$	0,498	0,498			

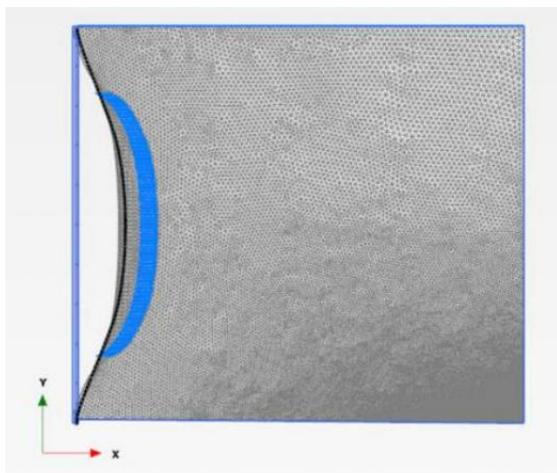


Figure 6 : Déformation du tube fendu et du sable - pression appliquée 2117 kPa - Échelle multiplicative des déplacements 5

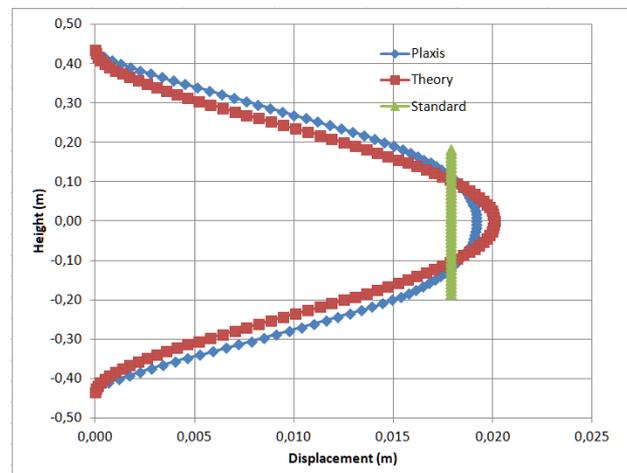


Figure 7 : Test dans un sable avec le tube fendu, $p=2117$ kPa - $\Delta V=1181\text{cm}^3$ - Comparaison des déplacements théoriques de membrane, du standard et Plaxis (2020),

Pour la pression maximale, le maillage déformé est représenté (Figure 6). La comparaison (Figure 7, Figure 8) entre les déplacements analytiques (GaiaPress, 2016) et numériques (Plaxis, 2020) montre une bonne corrélation de 0,91, alors que la norme ne peut pas être corrélée avec les résultats numériques. La comparaison des pressions analytiques (GaiaPress, 2016) et numériques (Plaxis, 2020) s'avère satisfaisante (Figure 8), tandis que la norme (AFNOR, 2015) surestime de 63% la pression. L'évolution de la contrainte radiale calculée (Plaxis, 2020) le long du rayon a également été effectué (Figure 9). On retrouve ici une forte baisse de pression de 37% au passage entre la membrane et le tube fendu.

La comparaison entre la pression analytique (GaiaPress, 2016) et la pression numérique (Plaxis, 2020) est présentée (Figure 10). Ce graphique est dessiné en pression effective. Les résultats analytiques (GaiaPress, 2016) se superposent aux résultats numériques (Plaxis, 2020), alors que la norme donne une pression 66% plus élevée. L'application du coefficient d'épaisseur C_{ep} permet d'atteindre des résultats numériques (Plaxis, 2020). La Figure 10 montre également les erreurs liées à la théorie et à la norme. La détermination de l'angle de frottement du sol est indiquée (Figure 11) par analyse inverse de l'essai.

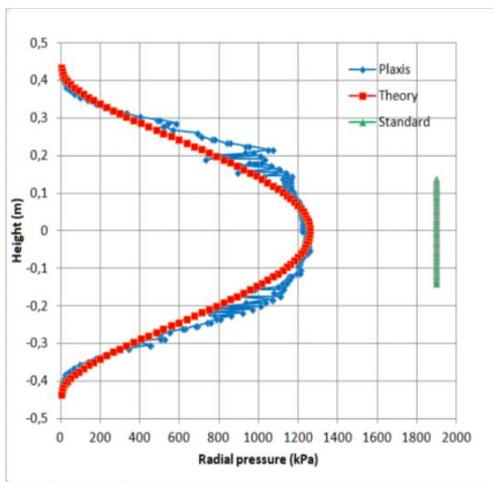


Figure 8 : Test sable tube fendu, $p=2117$ kPa - Comparaison des pressions radiales sur la membrane entre la théorie et la norme avec les résultats de Plaxis (2020)

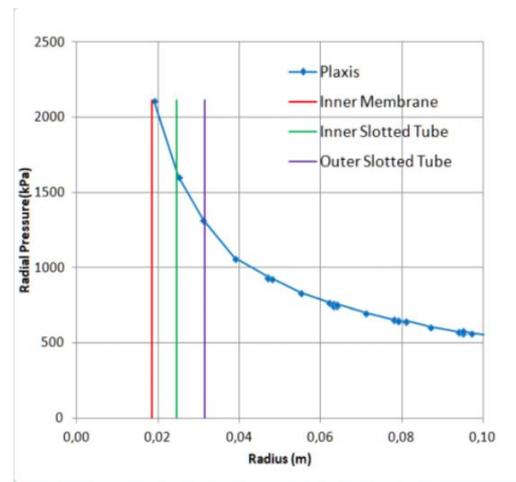


Figure 9 : Essai dans un sable, pression intérieure appliquée 2117 kPa - Comparaison de la pression théorique et numérique dans le plan du milieu

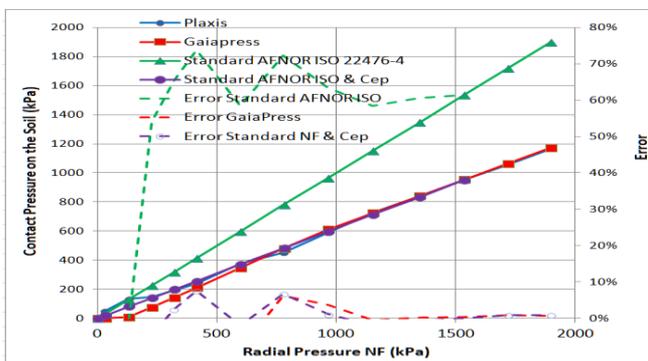


Figure 10 : Test dans un sable pour le tube fendu - Comparaison entre la pression calculée normalisée, GaiaPress et Plaxis (2020)

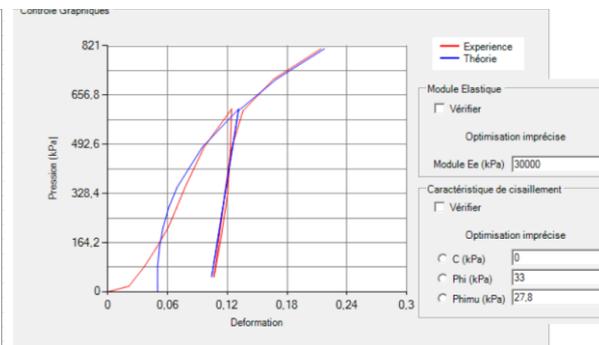


Figure 11 : Calcul inverse pour le Tube Fendu - Comparaison des courbes théorique GaiaPress et exp. corrigée effet membrane.

4. Analyse Expérimentale - Application aux essais Fondasol de Messanges

Le projet national ARSCOP (nouvelles Approches de Reconnaissance des Sols et de Conception des Ouvrages géotechniques) a permis la réalisation d'essais pour étudier

l'influence des outils, des méthodes de forage, des sondes, des membranes et des sols sur les résultats des pressiomètre. Pour les sables, le site de la carrière Durruty à Messanges a été choisi et étudié par Fondasol (Jacquard and Rispal, 2021).

Les analyses initiales ont montré (Figure 12) que la longueur des tubulures n'a aucun effet sur la dilatation d'appareillage (coefficient a constant) ; ceci implique que seule la compression de la membrane (Figure 13) est responsable du phénomène, ce qui introduit une épaisseur décroissante de la membrane dans l'analyse. Deux classes de sol ont été identifiées : les sables modérément denses de 0 à 8 m et les sables denses de 9 à 10 m. La nappe phréatique est entre 3 et 4m de profondeur.

Les résultats ont été regroupés par type de sonde pour le module pressiométrique (Figure 14). L'analyse standard donne un module de pressiomètre E_M , avec 3 types de sondes (sonde nue de 60 mm; tube fendu long de 63 mm; tube fendu court de 63 mm). Il montre que le module mesuré au Tube Fendu à cellule Courte est en moyenne 3,3 fois plus élevé que celui de la sonde nue pour le même sol, tandis que le module mesuré au Tube Fendu Long est environ 2,2 fois plus élevé que celui de la sonde nue.

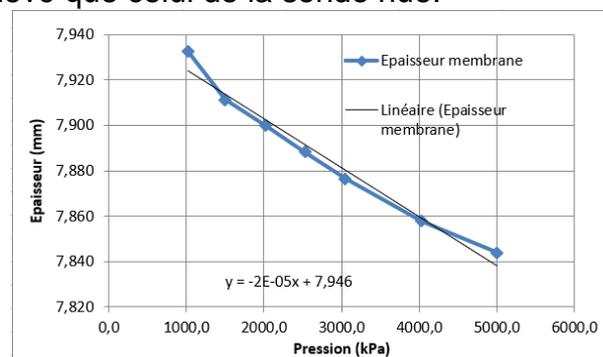
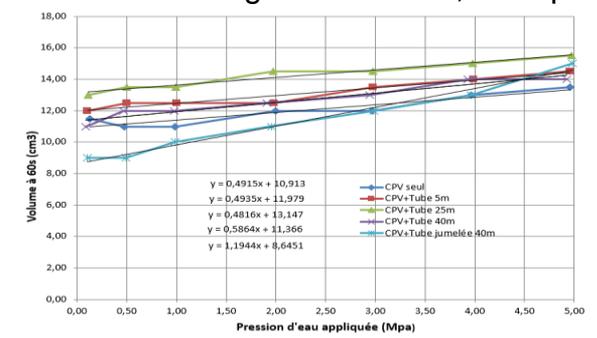


Figure 12 : Dilatation des tubulures pour différentes longueurs

Figure 13 : Diminution d'épaisseur de la membrane - dilatation d'appareillage

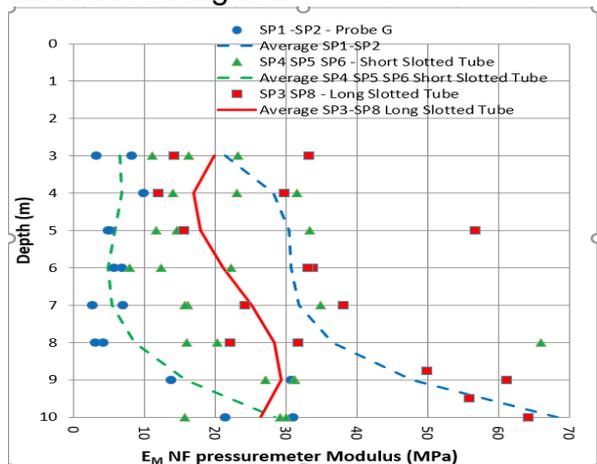


Figure 14 : Module pressiométrique E_M normalisé pour chaque sonde, $\sigma_{E_M}=15,8$ MPa (Jacquard et Rispal, 2021)

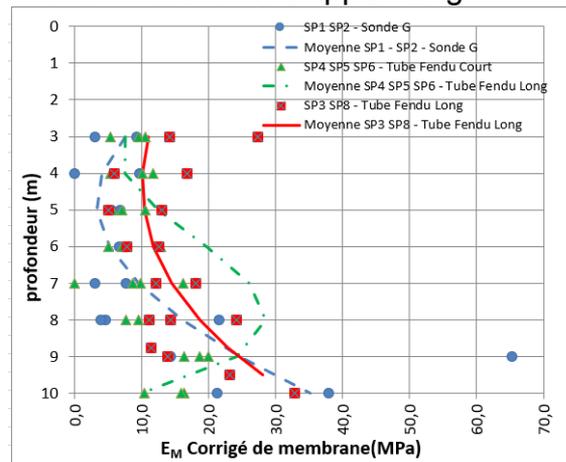


Figure 15 : Module pressiométrique E_M avec correction membranaire pour chaque type de sonde, $\sigma_{E_M}=7,4$ MPa

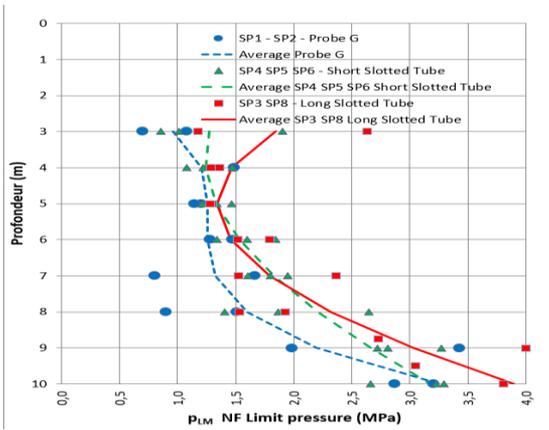


Figure 16 : Pression limite selon la norme pour chaque type de sonde, $\sigma_{Plm} = 0,86$ MPa (Jacquard et Rispal, 2021)

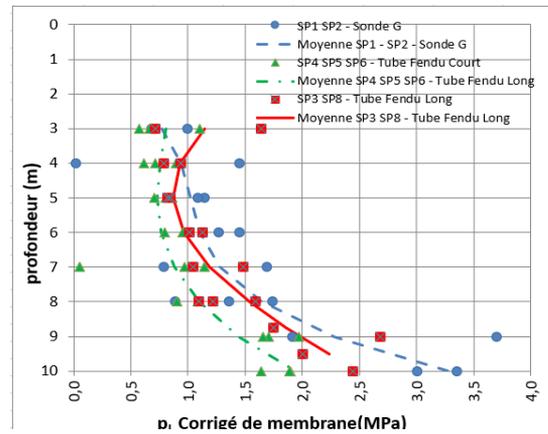


Figure 17 : Pression limite avec correction membranaire pour chaque type de sonde, $\sigma_{Plm} = 0,71$ MPa

L'analyse du module pressiométrique E_M , par type de sonde avec la correction de membrane est montrée (Figure 15). Il montre que le module mesuré au Tube Fendu Court est proche de 2 fois le module mesuré par la sonde nue. Pour le module mesuré au niveau du Tube Fendu Long, il est proche ou 1,6 fois supérieur au module mesuré à la sonde nue.

Le regroupement des résultats par type de sonde avec l'analyse standard en pression limite, pour 3 types de sondes, est illustré (Figure 16). Il montre que la pression limite mesurée au Tube Fendu Court est en moyenne 1,5 fois plus élevée que celle de la sonde nue, tandis que celle mesurée au Tube à Fendu Long est environ 1,6 fois plus élevée que celle de la sonde nue.

L'analyse de la pression limite p_{LM} par type de sonde avec la correction de la membrane est indiquée (Figure 17). Avec la correction de membrane, on trouve pour le Tube Fendu Court une valeur de pression limite moyenne inférieure de 0,8 fois à SP1-SP2 (sonde nue). Pour le Tube Fendu Long les pressions limites sont en moyenne identiques.

Négliger l'épaisseur des membranes conduit à une surestimation des valeurs pressiométriques, qui augmente à partir de la sonde nue, du tube fendu long et court.

5. Conclusions

La présence de la membrane et du tube fendu autour de la sonde du pressiomètre et son comportement anisotrope élastique ont été pris en compte par une nouvelle théorie supposant que la membrane se comporte comme une poutre avec une réaction élastique du sol à la déformation. Cette théorie a été validée par le calcul de Plaxis par éléments finis.

L'application de cette théorie aux tests de Messange montre que les valeurs pressiométriques (module pressiométrique, pression limite) deviennent presque indépendantes des différentes sondes utilisées (Sonde Nue, Tube Fendu Court, Tube Fendu Long).

L'application d'un coefficient C_{ep} d'épaisseur de membrane, qui est un multiplicateur de pressions standard, corrige les résultats de pression standard. Toutefois, afin de maintenir l'interprétation Française de l'essai pressiométrique par les corrélations initialement écrites par Ménard et répétées dans les Eurocodes de portance des fondations, il est recommandé d'introduire un correctif sur les pressions par C_{ep} seulement pour le Tube Fendu. Ceci permet de réduire les résultats du Tube Fendu à ceux de la sonde nue dans les abaques.

Les auteurs remercient le Projet National ARSCOP pour son soutien financier.

6. Références bibliographiques

- AFNOR, 2015. NF EN ISO 22476-4 Essai pressiométrique Ménard. AFNOR, Reconnaissance et essais géotechniques.
- AFNOR, 2013. NF P94-261 Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Fondations superficielles - Calcul géotechnique.
- ASTM, 1994. Standard test method for prebored pressuremeter testing in sols, ASTM D 4719-87. ASTM.
- Baguelin, F., Jezequel, J.F., Shields, D.H., 1978. The pressuremeter and foundation engineering,. Trans Tech Publications, Aedermannsdorf, Switzerland.
- GaiaPress, 2016. Logiciel d'interprétation pressiométrique.
- Gilbert, C., 1995. Une nouvelle approche des calculs d'interaction sol-structure, Rev ; Franc ; de Geot. N°72, nov. 1995, p.3-9. Revue Française de Géotechnique 72, 3–9.
- Jacquard, C., Rispal, M., 2021. Ménard Pressuremeter Tests cross-checked under the ARSCOP program in sandy soils, in: ISC6. Presented at the International Conference on Site Characterisation, Fondasol, Budapest, pp. 1–7.
- Monnet, J., 2016. Les essais in situ en géotechnique, ISTE Edition. ed, Génie Civil et Géomécanique. 978-2-85978-522-2.
- Monnet, J., 2012. Elasto-plastic analysis of the pressuremeter test in granular soil – part I: theory: European Journal of Environmental and Civil Engineering 16, 699–714.
- Monnet, J., Chema, T., 1994. Etude théorique et expérimentale de l'équilibre élasto-plastique d'un sol cohérent autour du pressiomètre. Revue Française de Géotechnique 15–26.
- Plaxis, 2012. Plaxis 2D - Reference manual.