

L'optimisation
de la conception
des procédés
et des performances



nouvelles **A**pproches de **R**econnaissance
des **S**ols et de **C**onception des **O**uvrages
géotechniques avec le **P**ressiomètre



État de la pratique et résultat des essais croisés (2/3)

Patrice Désourtheau (Ginger)

▶ Objectif de l'étude

- Comparer les pratiques quotidiennes actuelles avec les recommandations de la NF EN ISO 22476-4

▶ Méthodologie

- Choix du site de Pont de CRAN : grande homogénéité dans ses caractéristiques géotechniques
- Réalisation d'un forage de référence SP1 selon NF EN ISO 22476-4
- Réalisation de forage annexe en changeant d'outils, de sondes, ...

▶ Programme

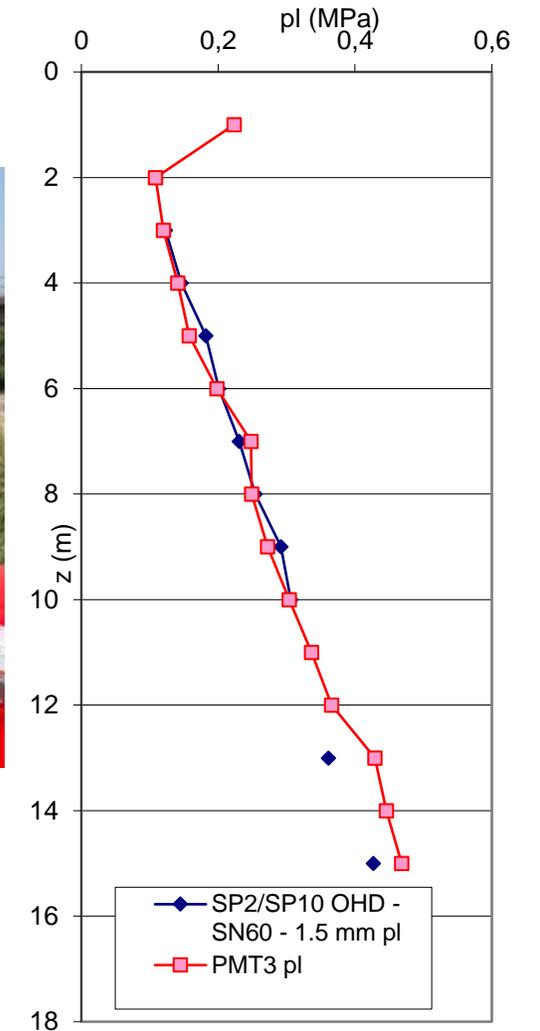
Dénomination	Technique C.2 (type de sol Argile molle)	Fluide	Viscosité s/MARSH	Outil	Vitesse de Rotation (tr/min)	Type de Sonde	Type de Gaine	Prof. (m)	Nb d'es sais
SP1	OHD - Approprié	bentonite	57	2"1/2 tricône	400	Sonde 60 mm	1.5 mm	10.5	7
SP2	OHD - Approprié	bentonite	55	drag-bit 3 doigts	100	Sonde 60 mm	1.5 mm	10.5	8
SP3	OHD - Approprié	bentonite	47	drag-bit 3 doigts	50	Sonde 60 mm	3 mm	10.5	8
SP4	OHD - Approprié	bentonite	47	drag-bit 3 doigts	50	Sonde 60 mm	4 mm (dite toilée)	10.5	8
SP5	Tarière simple sous boue (recommandé)	tarière creuse à injection - bentonite	46	63 mm fish tool	50	Sonde 60 mm	1.5 mm	10.5	8
SP6	DST - Acceptable	tube fendu battu direct	-	TF 63	Sans	sonde 44 courte	3 mm	10.5	8
SP7	DST - Acceptable	tube fendu battu direct	-	TF 63	sans	sonde 44 longue	3 mm	10.5	8
SP8	OHD - Approprié	bentonite	47	drag-bit 3 doigts	50	sonde monocha mbre FUGRO	Gaine FC	15.5	8
SP9	CFA – ne convient pas	Sans	51	Bilâme 63 mm	50	Sonde 60 mm	1.5 mm	10.5	5
SP10	OHD - Approprié	bentonite	54	drag-bit 3 doigts	50	Sonde 60 mm	1.5 mm	15.5	8



► Objectif du Sondage : Référence SP10 – (#SP2)

Foration	Outil : Tricône 2" 1/2
	Tiges : 50 CR
	Passes : 1 m
	PO : 26 Bars (SP2 : 30 Bars)
	Vitesse moyenne : 81 m/h (SP2 : 200 m/h)
	VR : SP10 : 50 tr/min / SP2 : 100 tr/min
	Fluide : 55 s/Marsh – Pres. pompe 2 Bars

Sonde SN60	Membrane : Trinil 50 shore
	Gaine : 1.5 mm / Bague polyuréthane
	Calibration : 25 Bars / a = 3.84 cm ³ /MPa
	Inertie : Pel 0.077 MPa



– PMT3 : LCPC Jezequel Guigan 1968

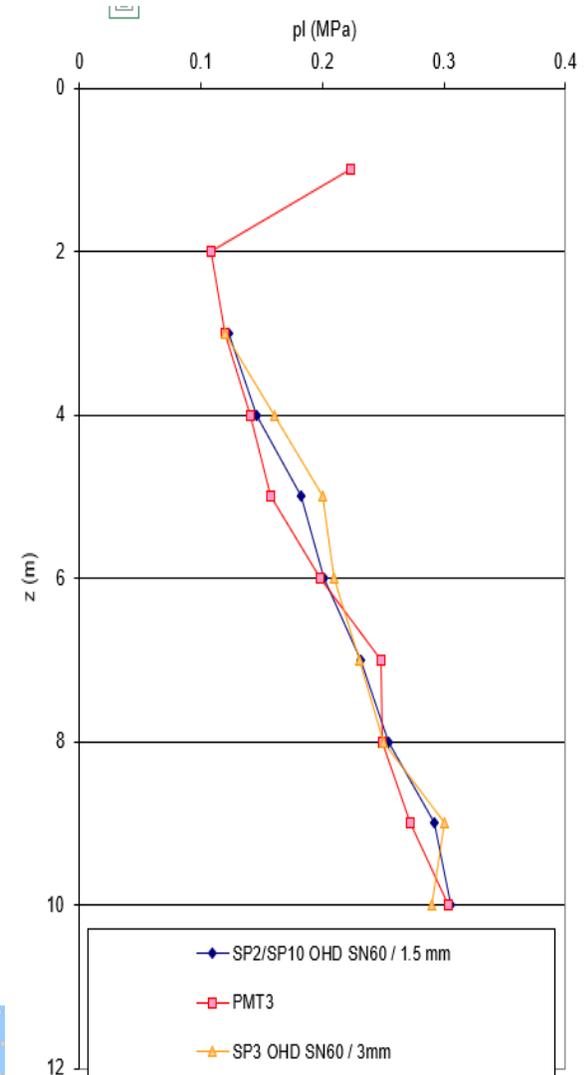
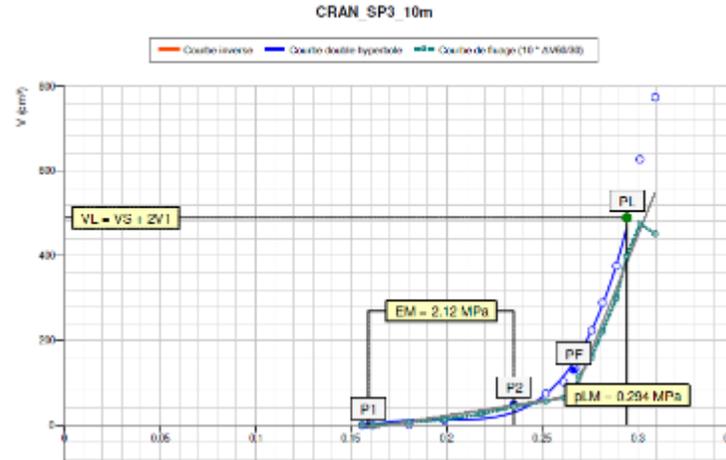
► Point de Vue : Réglages Atelier de Sondage / Effet de succion de la gaine 1.5 mm

► Objectif du Sondage : Gaine 3 mm

Foration	Outil : Drag-Bit 2" 1/2
	Tiges : 50 CR
	Passes : 1 m
	PO : 26 Bars
	Vitesse moyenne : 90 m/h
	VR : 50 tr/min
Fluide : Boue - 47 s/Marsh – Pres. pompe 2 Bars	

Sonde SN60	Membrane : Trinil 50 shore
	Gaine : 3 mm
	Cal. : 25 Bars / a = 3.46 cm ³ /MPa
	Inertie : Pel 0.125 MPa

Essai d'expansion en forage conforme à la norme EN ISO 22476-4 procédure B (Apageo - GeoVision 5)



– PMT3 : LCPC Jezequel Guigan 1968

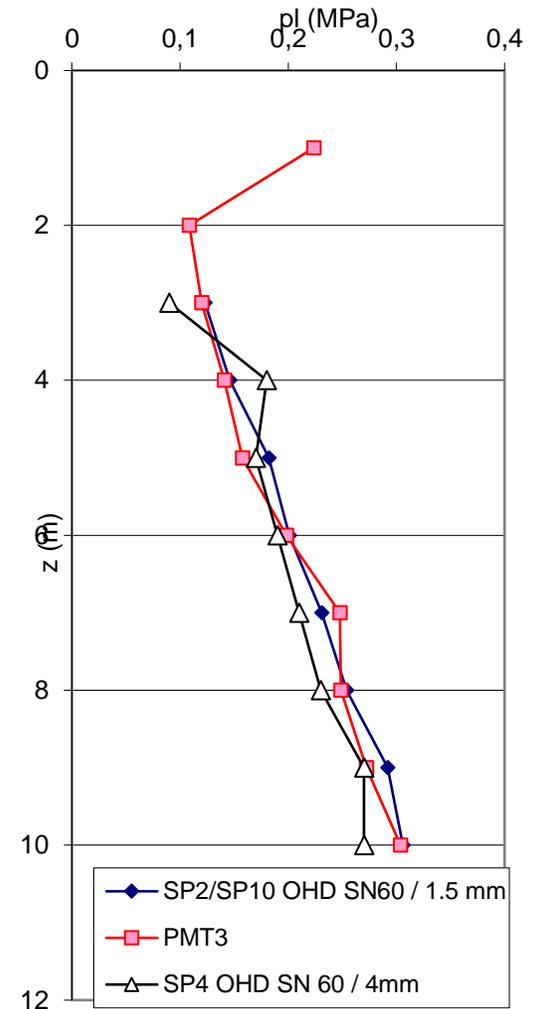
UTES				DONNEES CORRIGES en P &			
VOLUMES V(t) (cm ³)				PRESSION	VOLUME	PENTE	FLUAGE
1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V60 (cm ³)	$\Delta V60/60/\Delta p$ (cm ³ /MPa)	$\Delta V60/30$ (cm ³)
513.329	549.993	580.345	627.782	0.301	626.535	#####	47.437
659.204	698.746	729.516	774.859	0.309	773.336	#####	45.143

► Point de Vue :

- $\Delta V60/30 <$ au palier n°16 qu'au palier n°15
- Au-delà de 700 cm³, le caoutchouc semble « retenir » la déformation de la gaine

► Objectif du Sondage : Gaine 4 mm

Foration	Outil : Drag-Bit 2'' 1/2
	Tiges : 50 CR
	Passes : 1 m
	PO : 26 Bars
	Vitesse moyenne : 34 m/h
	VR : 50 tr/min
	Fluide : Boue - 50 s/Marsh – Pres. pompe 2 Bars
Sonde SN60	Membrane : Trinil 50 shore
	Gaine : 4 mm
	Cal. : 50 Bars / a = 3.107 cm ³ /MPa
	Inertie : Pel 0.181 MPa



– PMT3 : LCPC Jezequel Guigan 1968

► Point de Vue :

- Gaine 4 mm plus facile à monter que les deux autres

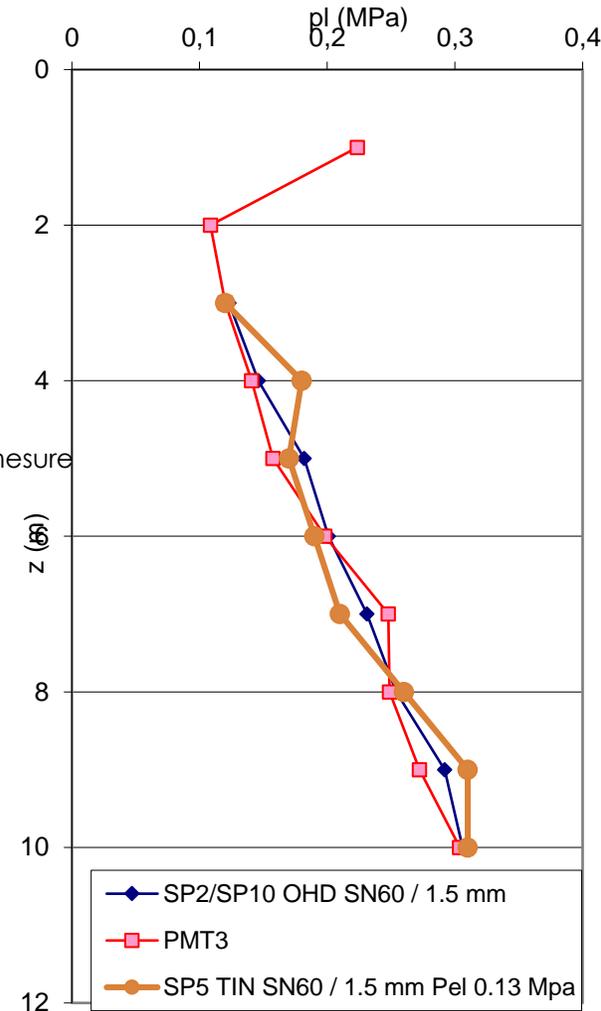
► Objectif du Sondage : Tarière à injection (TIN 94-110-1 mais absent dans 22476-4:2012)

Foration	Outil : Tarière hélicoïdale creuse à injection d 63 mm
	Tiges : Tarières
	Passes : 1 m
	PO : 29 Bars
	Vitesse moyenne : 138 m/h
	VR : 50 tr/min
Fluide : Boue - 50 s/Marsh – Pres. pompe 2 Bars	

Sonde SN60	Membrane : Trinil 50 shore
	Gaine : 3 mm
	Cal. : 25 Bars / a = 4.539 cm ³ /MPa
Inertie : Pel 0.168 MPa	



– Outil d 63 mm fabriqué sur mesure (absent des catalogues)



– PMT3 : LCPC Jezequel Guigan 1968



► Point de Vue :

- « C'est rangé ou dans le dépôt ? »
- Essai à 7m « linéaire »

► Objectif du Sondage : Tube Foncé / Battu – Sonde 44 courte

Foration Outil : Sans (tube battu)

Tiges :

Passes : 1 m

PO : 28 Bars

Vitesse moyenne : 51 m/h

Energie de battage < 100

Fluide : /

Sonde Membrane : Trinil 50 shore

44c Gaine : 3 mm

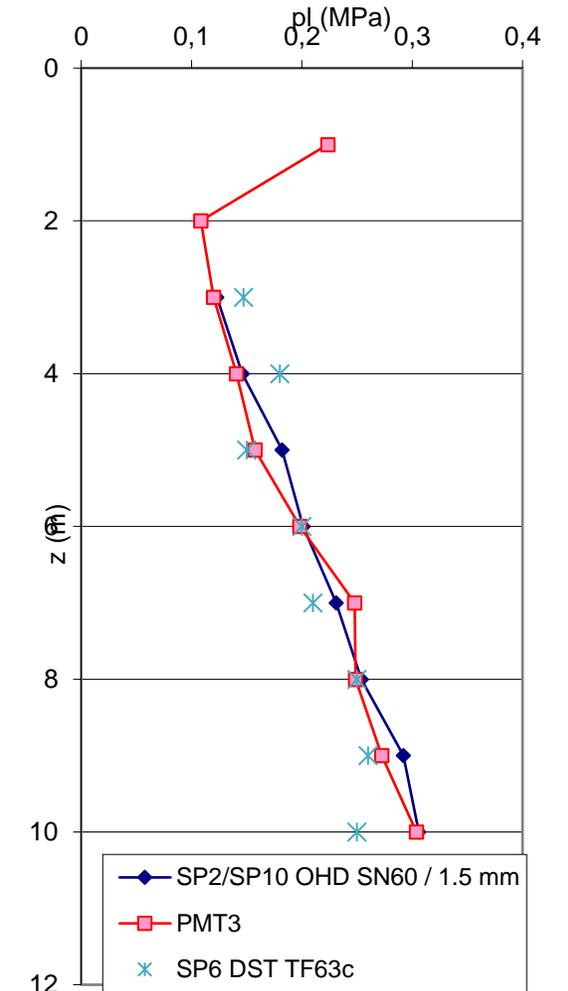
Cal. : 25 Bars / a = 2.974 cm³/MPa

Inertie : Pel 0.308 MPa



► Point de Vue Chantier :

- tube fendu ovalisé post forage: 58.20mm/66.20 mm
- abondante présence d'argile entre la gaine et le tube fendu. Plaquage pour les premiers points de mesures.



– PMT3 : LCPC Jezequel Guigan 1968

► Objectif du Sondage : Tube Foncé / Battu – Sonde 44 longue

Foration Outil : Sans (tube battu)

Tiges :

Passes : 1 m

PO : 28 Bars

Vitesse moyenne : 28 m/h

Energie de battage < 100

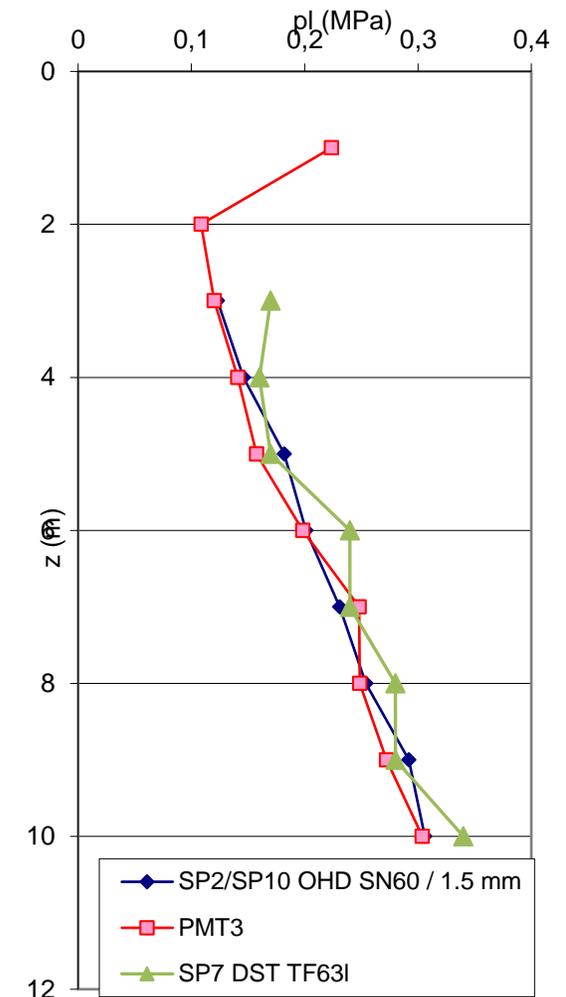
Fluide : /

Sonde Membrane : Trinil 50 shore

44 Gaine : 3 mm

Cal. : 25 Bars / a = 4.828 cm³/MPa

Inertie : Pel 0.258 MPa



– PMT3 : LCPC Jezequel Guigan 1968

► Point de Vue Chantier :

- abondante présence d'argile entre la gaine et le tube fendu. Plaquage pour les premiers points de mesures.

► Objectif du Sondage : Sonde Monochambre en contexte Argileux

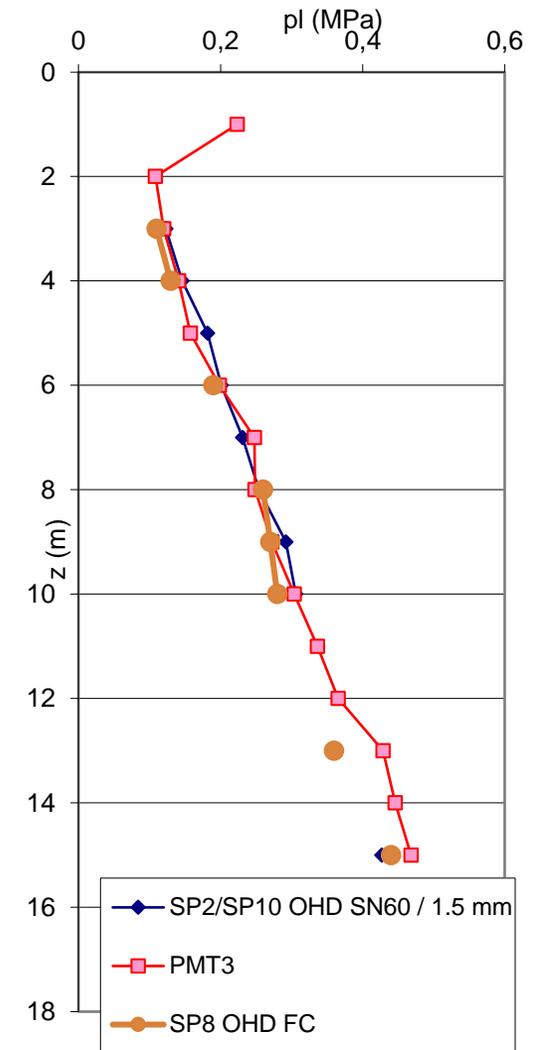
Foration	Outil : Drag-Bit 2'' 1/2
	Tiges : 50 CR
	Passes : 1 m
	PO : 26 Bars
	Vitesse moyenne : 27 m/h
	VR : 50 tr/min
Fluide : Boue - 47 s/Marsh – Pres. pompe 2 Bars	



Sonde Mono cham bre FC	Membrane : /
	Gaine : Monochambre
	Cal. : 50 Bars / $a = 3.107 \text{ cm}^3/\text{MPa}$
	Inertie : Pel 0.181 MPa

► Point de Vue :

- Mise en œuvre par FUGRO



– PMT3 : LCPC Jezequel Guigan 1968

► Objectif du Sondage : THC et Argile sous nappe (Interdit)

Foration Outil : Bilame d 63 mm

Tiges : Tarières

Passes : 1 m

PO : 27 Bars

Vitesse moyenne : 83 m/h

VR : 50 tr/min

Fluide sans

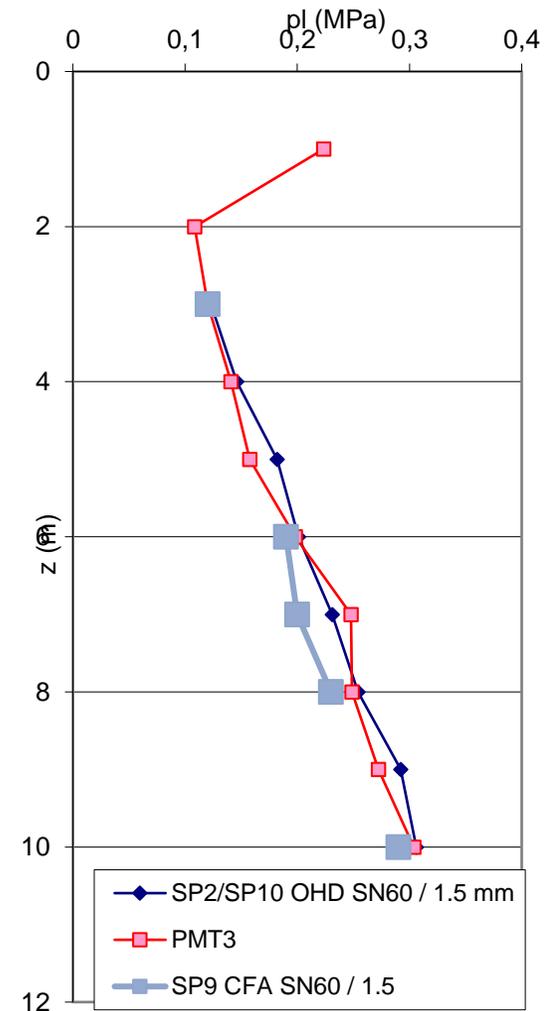
Sonde
SN60

Membrane : Trinil 50 shore

Gaine : 1.5 mm / Bague polyuréthane

Cal. : 25 Bars / a = 3.84 cm³/MPa

Inertie : Pel 0.089 MPa



– PMT3 : LCPC Jezequel Guigan 1968

► Point de Vue :

- Certes plus rapide

► NF EN ISO 22476-4 : 2012

D.2.2 Module pressiométrique Ménard (E_M)

Par définition, le module pressiométrique est calculé à partir de la formule :

$$E_M = 2(1 + \nu) \left[V_0 + \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right) \right] \frac{(P_2 - P_1)}{(V_2 - V_1)}$$

où :

ν est le coefficient de Poisson pris conventionnellement égal à 0,33.

Le module E_M s'exprime en mégapascals.

► NF EN ISO 22476-4 : 2022

D.5.3.3 Tube fendu

Lorsqu'un tube fendu est utilisé, le module pressiométrique E_M doit être obtenu soit à partir de la formule donnée en D.5.3.2, soit à partir de la formule suivante:

$$E_M = 2(1 + \nu) \sqrt{(V_m + V_c)(V_m + V_f)} \frac{P_2 - P_1}{V_2 - V_1}$$

où

$V_c = \pi \cdot \frac{d_c^2}{4} \cdot J_c$ est le volume de la cellule de mesure centrale après étalonnage;

$V_f = \pi \cdot \frac{d_f^2}{4} \cdot J_c$ est le volume de la cellule de mesure centrale, incluant le tube fendu;

$$V_m = (V_1 + V_2) / 2.$$

La formule utilisée, soit celle donnée en D.5.3.2, soit celle du présent paragraphe, doit être précisée.

