



Le pressiomètre développé par MENARD se fonde sur l'idée d'un dispositif de pression latérale d'après KÖGLER (1933) et se compose d'un coté d'une sonde cylindrique qu'on peut dilater radialement et qu'on fait descendre dans un forage jusqu'à la profondeur de test et d'autre coté d'un appareillage de mesure restant à la surface. La sonde tricellulaire applique une pression uniforme calculable sur la paroi du forage dans le domaine de la cellule centrale de mesure. La dilatation du forage par suite du chargement est lue et enregistrée pour chaque palier de pression en fonction du temps (fig 1).

Les dispositifs de pression et de contrôle sont fondés sur des principes pneumatiques. Les informations sur la déformation du sol sont transmises hydrauliquement et apparaissent sur un volumètre de haute précision. Les appareils peuvent être équipés d'une série de sondes en diamètres correspondants aux forages courants, nommés selon leurs diamètres nominaux:

Code DCDMA	Diamètre de la sonde mm	Diamètre du forage mm	
		min	max
EX	32	34	38
AX	44	46	52
BX	58	60	66
NX	(72) 74	(74) 76	80

Les appareillages en usage courant font partie du type G ( $\varnothing$  58 mm). Ils sont caractérisés par deux tubulures concentriques pour l'eau et l'air (tuyau coaxial) qui évitent des expansions parasites. Leur usage même dans la roche résistante (coefficient d'élasticité  $\geq 20.000$  MPa) apparaît ainsi possible. On y choisit le diamètre de forage BX.



Dans des sols très mous, caractérisés par une pression limite de moins de 1,5 bar, il est recommandé d'utiliser une membrane et un manchon protecteur en matériau très mou (latex) avec une rigidité intrinsèque de moins de 0,6 bar. C'est le cas avec boue et tourbe.

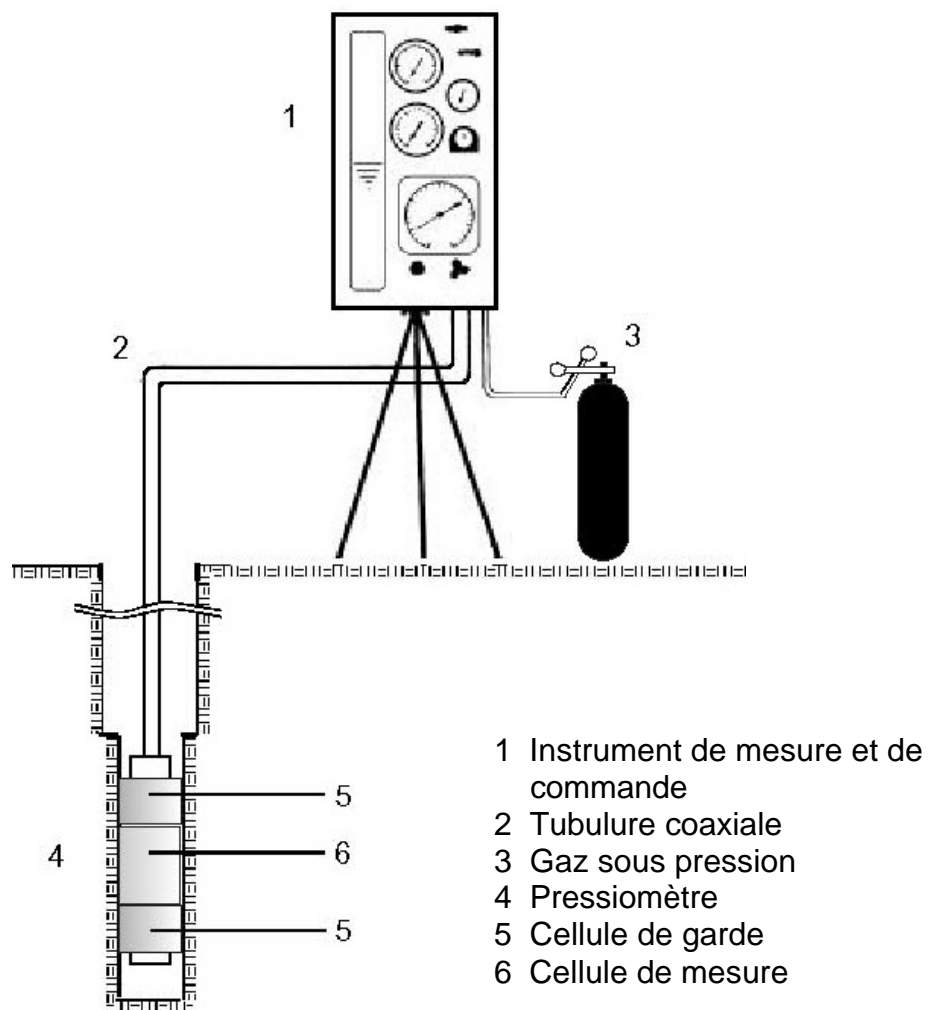


Fig 1 Schéma de l'essai pressiométrique d'après MENARD



Pour des modules très hauts (plus de 2.000 MPa) par contre on doit utiliser des membranes et des manchons protecteurs très résistants qui sont calibrés avant. Ces membranes sont caractérisées par une compression plus faible mais plus uniforme. Si le changement de volume à cause d'un changement de pression de 1 bar devient moins de 0,5 cm<sup>3</sup> (module plus haut que 400 MPa) on devrait utiliser le dispositif de commutation au volumètre, qui centuple la sensibilité des lectures.

Le test standard doit être terminé au plus tard 24 heures après la réalisation du forage, excepté les sondes battues en place pour lesquelles il n'y a pas de danger de dérangements du sol à cause d'une absorption d'eau dans le forage. Au besoin des intervalles de quelques jours peuvent être admises pour des forages sans rinçage d'eau (cuiller ouverte à main, forure pneumatique avec transport pneumatique du matériau de forage) au-dessus de la nappe d'eau.

L'essai même est standardisé et doit être exécuté jusqu'à la limite de rupture en utilisant 10 pas de pression identiques (6 à 14 pas de pression sont permis). La déformation du forage (augmentation du volume) en fonction du temps est lue pour chaque palier 15, 30 et 60 secondes après avoir atteint la pression (fig 2).

Pour obtenir une courbe de charge la plus exacte que possible le volume mesuré doit être de 700 cm<sup>3</sup> si  $p_{LM} < 8$  bar et 600 cm<sup>3</sup> si  $8 \text{ bar} < p_{LM} < 15$  bar. Dans les cas restants l'essai doit être continué jusqu'à une pression de 20 - 25 bar dans des sols et 50 - 70 bar dans la roche.

Les propriétés mécaniques principales du sol, c'est-à-dire le module de déformation (module pressiométrique MENARD  $E_M$ ) et la pression limite (limite de rupture  $p_{LM}$ ) se sont calculées à partir des diagrammes charge/volume (courbe contrainte/déformation) pour chaque niveau de profondeur. Le module pressiométrique  $E_M$  est un module de cisaillement du sol, mesuré dans un champ déviateur de contraintes. Il caractérise la phase pseudo-élastique de l'essai.



Par définition, la pression limite  $p_{LM}$  correspond à l'état de limite de rupture du sol s'il est exposé d'une charge uniformément augmentante et agissante sur la paroi d'une cavité cylindrique.

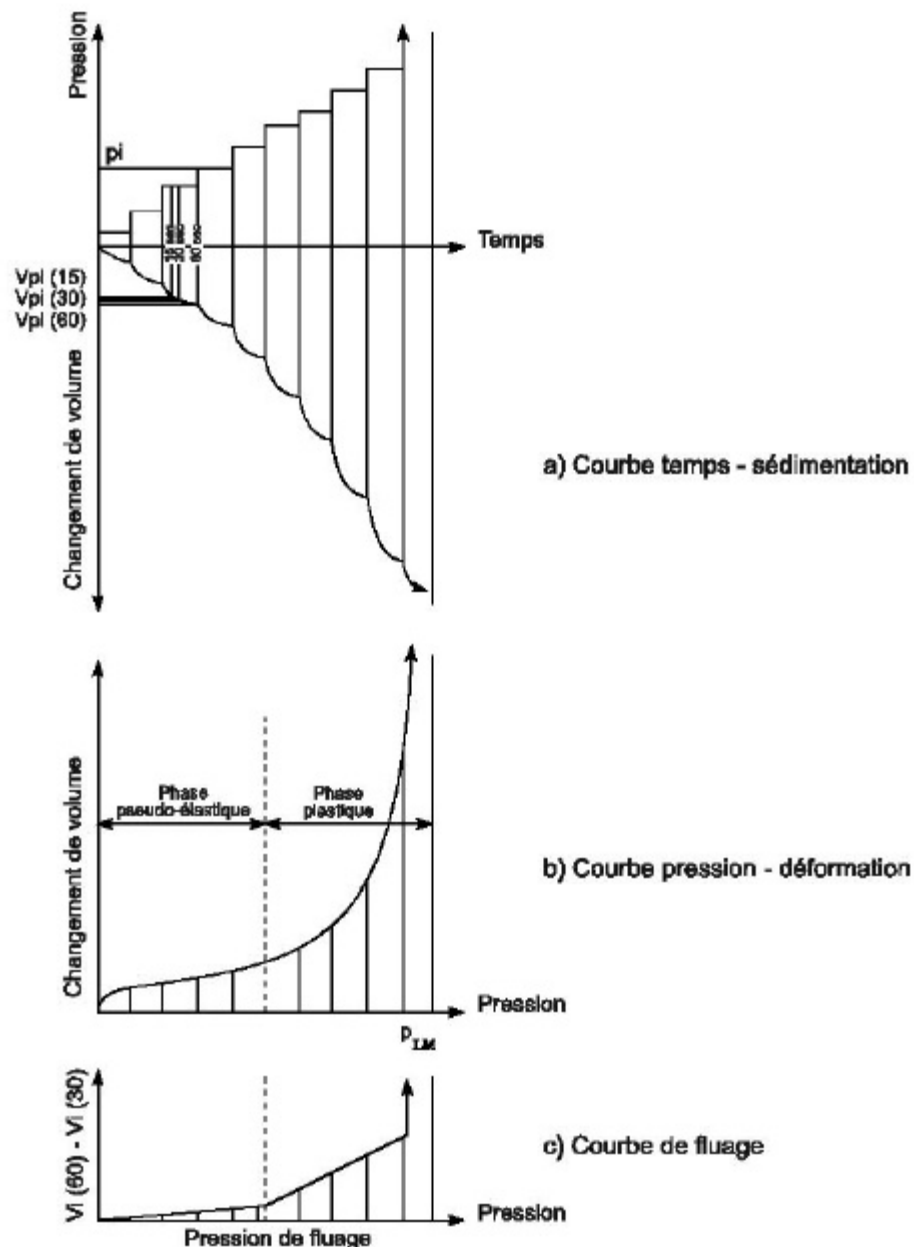


Fig 2 Procès-verbal schématique d'un essai MENARD



Pour calculer le module pressiométrique ( $E_M$ ) on part de la formule fondamentale de LAME pour l'expansion  $\Delta r$  d'une cavité cylindrique au rayon  $r$  sous l'influence d'une pression augmentante  $\Delta p$ :

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{1+\nu}{E} \Delta p \quad \text{ou} \quad E = (1+\nu) \frac{r}{\Delta r} \Delta p$$

où  $\nu$  est la constante de Poisson. Si l'on utilise le changement de volume  $\Delta v$  à la place du changement du rayon  $\Delta r$  l'équation est:

$$E = 2(1+\nu) \nu \frac{\Delta p}{\Delta v}$$

Le module pressiométrique  $E_M$  est:

$$E_M = K \frac{\Delta p}{\Delta v}$$

où  $K$  est une constante géométrique de la sonde pressiométrique.  $\Delta p$  et  $\Delta v$  sont les changements de pression et volume reliés dans la phase pseudo-élastique de l'essai (fig 2b). La limite inférieure de l'amplitude de variation  $\Delta p$  doit être toujours plus haute que la pression de repos horizontale  $p_0$  du sol.

On peut montrer que:

$$K = 2,66 (v_0 + v_m)$$

où:

$\square$  = le volume de la cellule de mesure au repos

$v_m$  = le volume du liquide qui est rempli dans la cellule de mesure à cause de la pression appliquée moyenne  $p_m$

La constante de Poisson  $\nu$  est normalement supposée avec 0,33.



La pression limite  $p_{LM}$  est dérivée de la position de l'asymptote à la courbe pressiométrique et peut être lue de l'abscisse directement au diagramme.

Dans la liste suivante vous trouverez des valeurs typiques pour vous faire une idée de la magnitude des valeurs  $E_M$  et  $p_{LM}$ :

Nature des terrains	$E_M$ [MPa]	$p_{LM}$ [bar]
Boue et tourbe	0,2 à 1,5	0,2 à 1,5
Argiles molles	0,5 à 3,0	0,5 à 3,0
Argiles plastiques	3,0 à 8,0	3,0 à 8,8
Argiles compactes	8,0 à 40,0	6,0 à 20,0
Marne	5,0 à 60,0	6,0 à 40,0
Sables compacts	0,5 à 2,0	1,0 à 5,0
Ardoises grosses	2,0 à 10,0	1,0 à 15,0
Sables graveleux	8,0 à 40,0	12,0 à 50,0
Sables fins	7,5 à 40,0	10,0 à 50,0
Roche calcaire	80,0 à 20.000	30,0 à plus de 100
Remblais nouveaux	0,5 à 5,0	0,5 à 3,0
Remblais anciens	4,0 à 15,0	4,0 à 10,0

A cause du fait que l'équation de LAME ne tient pas compte du manque de la résistance à la traction du sol examiné, un module deux à trois fois plus petits que le module déterminée par d'autres méthodes en usage est déterminé avec l'essai MENARD. C'est pourquoi le résultat de l'essai pressiométrique est aussi dénommé comme module MENARD  $E_M$  et ce module n'est utilisé que dans une procédure spécifique pour dimensionner un fondement ou des pieux.