

**INGENIERIE en
GEOTECHNIQUE et
AUSCULTATION**

EN • OM • FRA

fondée en 1969
Mécanique des sols et des roches
Géologie - Hydrogéologie
Mesure et Instrumentation
Environnement

6, 8 avenue Eiffel
77220 Gretz-Armainvilliers
FRANCE
Tél.: 01 64 06 47 76
Fax .: 01 64 06 47 59

e-mail : etienne.turpin@enomfra.fr
arnaud.guichard@enomfra.fr

**MECANIQUE DES ROCHES
ESSAIS IN SITU**

ESSAI DILATOMETRIQUE

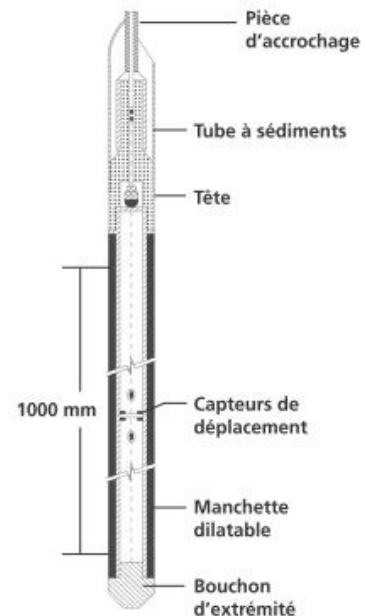
ESSAI DILATOMETRIQUE

DISPOSITIF D'ESSAI

(figure ci-après)

Le dispositif de mise en charge et de mesure comporte les éléments suivants (voir fiche technique) :

- Une **sonde type DMP95** de diamètre 95 mm et de capacité 20 MPa avec une longueur utile de mesure de 1 m (carottage de diamètre 101 mm maximum).
La manchette dilatable comporte trois inserts (correspondant à l'emplacement des capteurs) diamétralement opposés et disposés à 120° les uns par rapport aux autres.
La pression d'utilisation varie selon l'ouverture des capteurs : pour 101 mm, la pression maximale peut être de 18 MPa, pour 120 mm, elle retombe à 2.5 MPa,
- Un **appareil de lecture et d'acquisition DILAROC** avec son câble de liaison de 100 m monté sur un touret,
- Une **tubulure flexible** d'alimentation haute pression (20 MPa en service),
- Un **manomètre**,
- Une **réserve de gaz** sec comprimé en bouteille (type air ou azote).



Le dispositif peut être mis en place aussi bien horizontalement que verticalement à l'aide d'une sondeuse.

La sonde peut être descendue via la pièce d'accrochage qui peut être soit un câble et un anneau fixés sur l'instrument, soit un raccord pour une descente via un train de tiges (raccordements 42, 50 ou 60 Craelius).



Touret pour câble de liaison de 100 m

Centrale d'acquisition DILAROC



CONDUITE DE L'ESSAI

CHOIX DES PROFONDEURS DES ESSAIS

Selon le projet et les exigences du client, les essais sont réalisés aux profondeurs souhaitées.

L'observation des carottes (diamètre 101 mm) est cependant fondamentale : en effet, la fracturation du massif rocheux est un élément déterminant pour la bonne conduite de l'essai et la pérennité de la sonde.

Ainsi, les zones les moins fracturées sont recherchées en priorité de façon à correspondre aux cotes des essais souhaitées.

D'une manière générale, les passages présentant des fractures ou des cavités risquant de provoquer l'éclatement de la manchette de la sonde sont à éviter ou nécessiteront un traitement préalable au moyen d'un coulis (ex : par forage du coulis de ciment après son début de prise).

MISE EN PLACE DU DISPOSITIF DE CHARGEMENT ET DE MESURE

La mise en place de la sonde se fait via une sondeuse ou tout autre type de matériel pouvant assurer la montée et la descente du dispositif (palan, chèvre etc..).

Avant la descente à la cote désirée, l'orientation du capteur P2 (central) est repérée afin de pouvoir détecter toute anisotropie du massif suite à la réalisation de l'essai.

ESSAI PROPREMENT DIT (courbes de chargement ci-après)

ESSAI PAR CYCLES (NF P94-443.1)

La mise en pression de la sonde est réalisée progressivement jusqu'au contact avec la paroi du sondage (P0).

L'essai comprend au moins 3 cycles de chargement - déchargement.

Le début d'un palier commence lorsque la pression prévue est atteinte.

Cette dernière ainsi que les déplacements diamétraux sont alors notés toutes les minutes pendant 3 minutes au maximum (il est couramment convenu que lorsque les déplacements sur les 3 capteurs sont inférieurs ou égaux à 10 µm, la durée du palier peut être ramenée à 1 minute).

1^{er} cycle (P1)

- Chargement à partir de 2P0 + 4 paliers d'égal incrément jusqu'à P1,
- Déchargement en 4 paliers d'incrément égal à $(P1-2P0)/4$, avec un dernier palier $\geq 2P0$,
- Rechargement jusqu'à P1 avec les mêmes paliers que pour le déchargement.

2nd cycle (P2) : $1.5 P1 \leq P2 \leq 2P1$

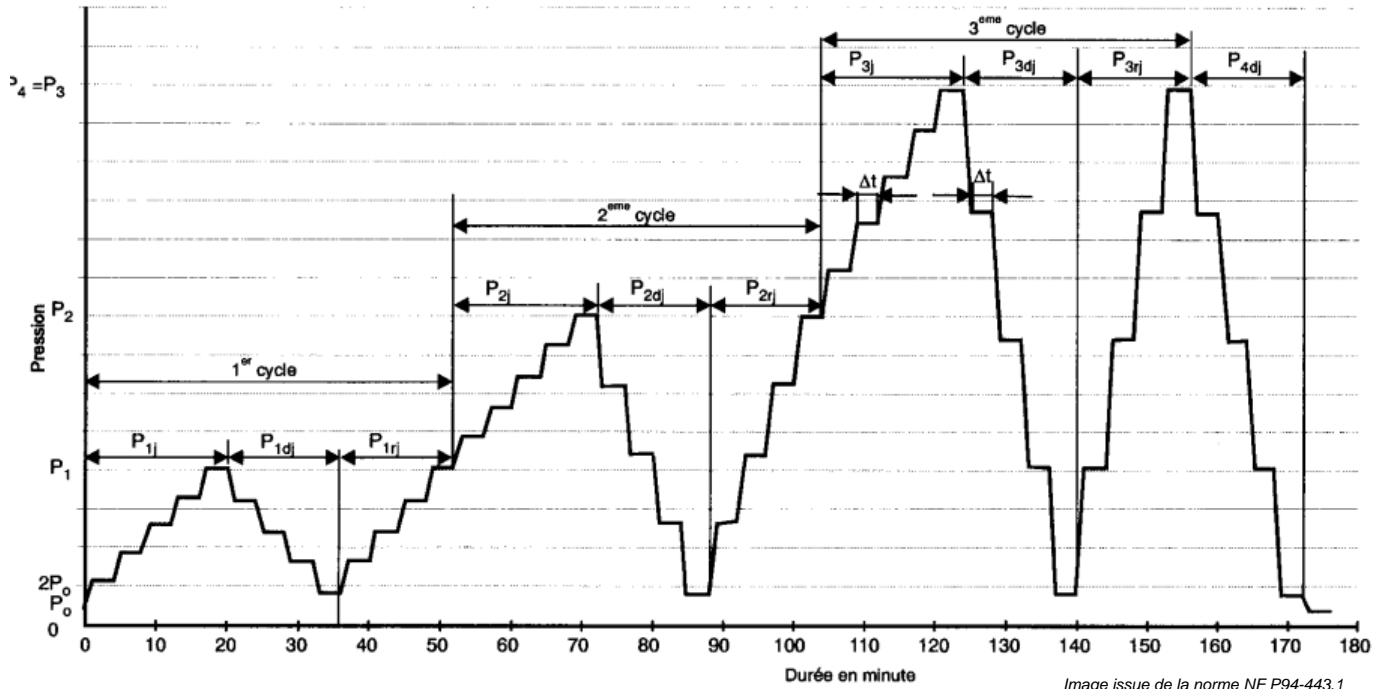
- Poursuite du chargement par paliers égaux avec un nouvel incrément jusqu'à P2,
- Déchargement en 4 paliers d'incrément égal à $(P2-2P0)/4$, avec un dernier palier $\geq 2P0$,
- Rechargement jusqu'à P2 avec les mêmes paliers que pour le déchargement.

3^{ème} cycle (P3) : $1.5 P2 \leq P3 \leq 2P2$

- Poursuite du chargement par paliers égaux avec un nouvel incrément jusqu'à P3,
- Déchargement en 4 paliers d'incrément égal à $(P3-2P0)/4$, avec un dernier palier $\geq 2P0$,
- Rechargement jusqu'à P3 avec les mêmes paliers que pour le déchargement.

4^{ème} cycle (P4) : $P4 = P3$ (en cas de poursuite par un fluage)

- Déchargement final par paliers égaux d'incrément égal à $(P4-2P0)/4$.



ESSAI DE FLUAGE (NF P94-443-2)

La mise en pression de la sonde est réalisée progressivement jusqu'au contact avec la paroi du sondage (P_0).

L'essai comporte la réalisation d'un cycle de chargement - déchargement, puis le maintien à une pression constante pendant au moins 5 heures avec un minimum de 20 mesures.

Le début d'un palier commence lorsque la pression prévue est atteinte.

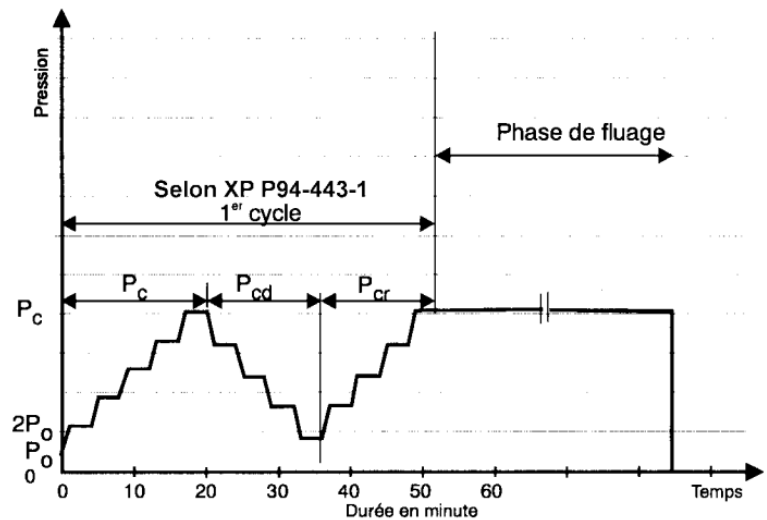
Cette dernière ainsi que les déplacements diamétraux sont alors notés toutes les minutes pendant 3 minutes au maximum (il est couramment convenu que lorsque les déplacements sur les 3 capteurs sont inférieurs ou égaux à $10 \mu\text{m}$, la durée du palier peut être ramenée à 1 minute).

1^{er} cycle (PC)

- Chargement à partir de $2P_0 + 4$ paliers d'égal incrément jusqu'à PC,
- Déchargement en 4 paliers d'incrément égal à $(PC - 2P_0)/4$, avec un dernier palier $\geq 2P_0$,
- Rechargement jusqu'à PC avec les mêmes paliers que pour le déchargement.

Fluage

- Palier de fluage à la pression PC.



EXPLOITATION DES RESULTATS

ESSAI PAR CYCLES

Les modules sont déterminés par la formule suivante :

$$E = 2(1 + \nu) \frac{D_{SO}}{\Delta D} \Delta p$$

Avec,

E : Module de déformation en MPa,

ν : coefficient de Poisson du matériau pris égal à 0.25,

D_{so} : diamètre du carottage en mm,

ΔD : variation diamétrale en mm,

Δp : variation de pression en MPa.

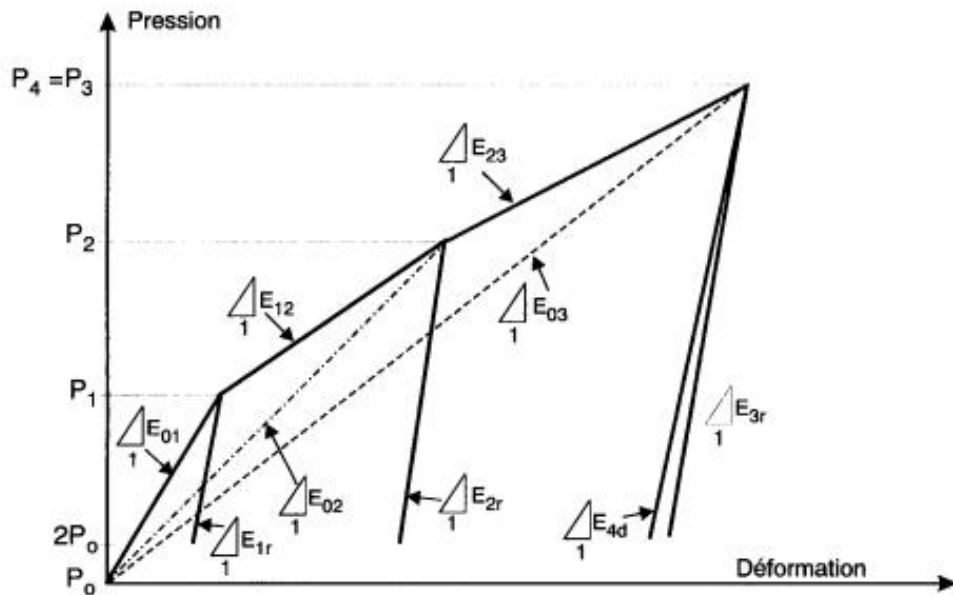


Image issue de la norme NF P94-443.1

Légende

- E_{01} Module sécant sur la plage p_0/p_1
- E_{02} Module sécant sur la plage p_0/p_2
- E_{03} Module sécant sur la plage p_0/p_3
- E_{12} Module sécant sur la plage p_1/p_2
- E_{13} Module sécant sur la plage p_2/p_3
- E_{1r} Module sécant de rechargement $2p_0/p_1$
- E_{2r} Module sécant de rechargement $2p_0/p_2$
- E_{3r} Module sécant de rechargement $2p_0/p_3$
- E_{4d} Module sécant de déchargement $2p_0/p_4$

Pression appliquée	Déplacements diamétraux	Module de déformation
Δp (MPa)	Δd (mm)	E (MPa)
$\Delta p_{01} = p_1 - p_0$	$\Delta d_{01} = d_{m1} - d_{m0}$	E_{01}
$\Delta p_{12} = p_2 - p_1$	$\Delta d_{12} = d_{m2} - d_{m1}$	E_{12}
$\Delta p_{23} = p_3 - p_2$	$\Delta d_{23} = d_{m3} - d_{m2}$	E_{23}
$\Delta p_{02} = p_2 - p_0$	$\Delta d_{02} = d_{m2} - d_{m0}$	E_{02}
$\Delta p_{03} = p_3 - p_0$	$\Delta d_{03} = d_{m3} - d_{m0}$	E_{03}
$\Delta p_{1r} = \frac{1}{2}(p_{1r3} + p_{1d1}) - \frac{1}{2}(p_{1r1} + p_{1d3})$	$\Delta d_{1r} = \frac{1}{2}(d_{1r3} + d_{1d1}) - \frac{1}{2}(d_{1r1} + d_{1d3})$	E_{1r}
$\Delta p_{2r} = \frac{1}{2}(p_{2r3} + p_{2d1}) - \frac{1}{2}(p_{2r1} + p_{2d3})$	$\Delta d_{2r} = \frac{1}{2}(d_{2r3} + d_{2d1}) - \frac{1}{2}(d_{2r1} + d_{2d3})$	E_{2r}
$\Delta p_{3r} = \frac{1}{2}(p_{3r3} + p_{3d1}) - \frac{1}{2}(p_{3r1} + p_{3d3})$	$\Delta d_{3r} = \frac{1}{2}(d_{3r3} + d_{3d1}) - \frac{1}{2}(d_{3r1} + d_{3d3})$	E_{3r}
$\Delta p_{4d} = p_{4d1} - p_{4d3}$	$\Delta d_{4d} = d_{4d1} - d_{4d3}$	E_{4d}

Image issue de la norme NF P94-443.1

ESSAI DE FLUAGE

Cet essai permet de déterminer le coefficient α de déformation du terrain en fonction du temps pour une pression :

$$\alpha = (d_{tc} - d_{t_0}) / \lg(t_0/t_c)$$

Avec,

d_{t_0} : déplacement diamétral à la fin du palier de fluage au temps t_c ,

d_{tc} : déplacement diamétral au début du fluage au temps t de 1 min,

t_c : durée à partir de l'application de la pression P_c à la fin du 1^{er} cycle,

t_0 : temps t du début de fluage à 1 min.