

ESSAI DILATOMETRIQUE

→ C'est quoi ?

L'essai dilatométrique est l'essai qui depuis un forage permet de mesurer les divergences et convergences des parois lorsqu'on applique sur ces parois des pressions croissantes et décroissantes. Pour ce faire il utilise un système de mesure de divergence indépendant de celui de la mise en pression du forage ; c'est en cela qu'il diffère du pressiomètre.

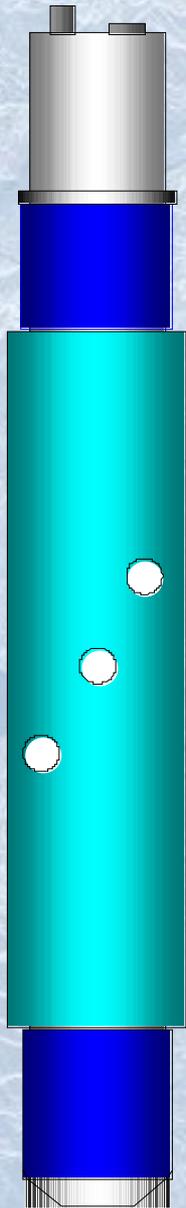
La mise en pression s'effectue comme pour le pressiomètre en gonflant une membrane à une pression pouvant aller jusque 18 MPa.

La mesure du déplacement de la paroi s'effectue au moyen de 3 palpeurs – en fait des extensomètres diamétraux qui sont maintenus au contact de la paroi.

Le dilatomètre est descendu dans un forage obligatoirement carotté de diamètre :

- 101 mm pour les sondages peu profonds
- 96 mm pour les forages profonds (de 60 m à environ 1000 m)

LE DILATOMETRE



*tête de levage avec module
électronique incorporé*

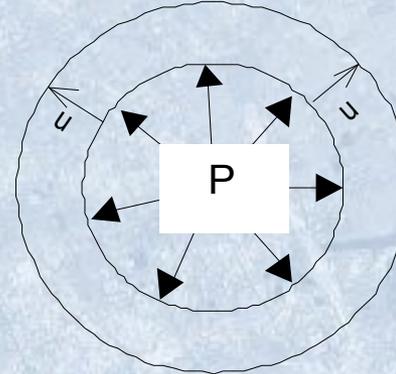
cône de serrage haut

*manchette :
 Φ 90 ou 95 mm*

*3 capteurs diamètres
course max. 25mm*

cône de serrage bas

bouchon démontable



Poids : 55 Kg

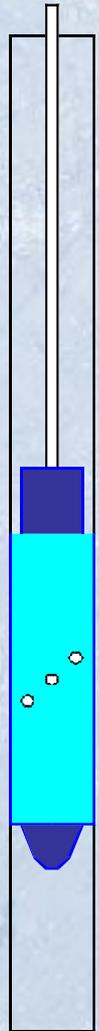
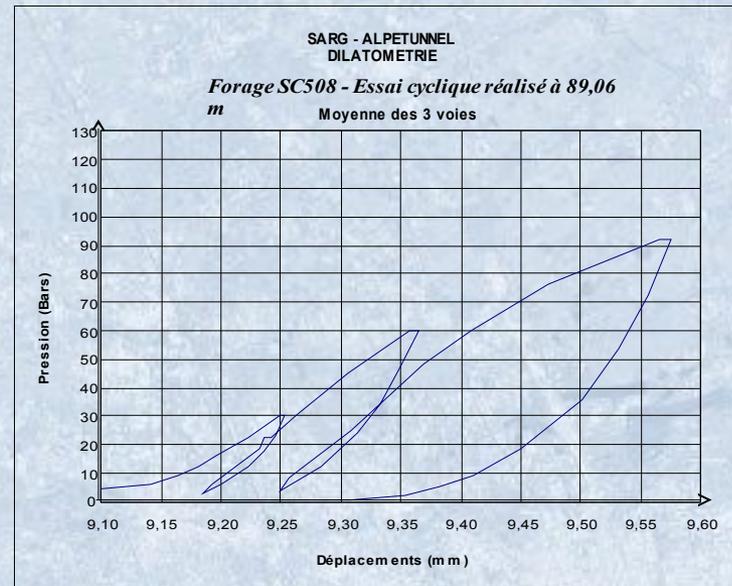
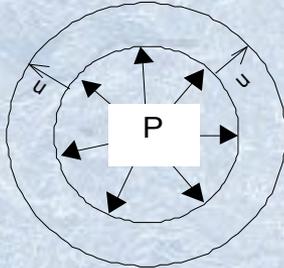
Longueur de la manchette : 1 m

Course des palpeurs : 22 mm

L'ESSAI

- ◆ Chaque palier de chargement est appliqué durant 1 minute avant d'effectuer la mesure.
- ◆ Au maximum du palier de chargement la charge sera appliquée durant 3 minutes
- ◆ On effectue la mesure avec des paliers de chargement suivants :
 - Quatre cycles de chargement sont effectués à une pression $P = Q, 2Q, 3Q, 4Q$; Q étant généralement compris entre 2 et 4 MPa, valeur déterminée par les conditions de site.
 - Une mesure intermédiaire au moins sera effectuée aux pressions $P' = 1,5Q - 2,5Q - 3,5Q$.
- ◆ Le premier cycle de chargement est effectué de la manière suivante :
Plaquage au terrain à une valeur inférieure à 0,5 MPa, puis 0,5 MPa - 1 MPa - 2MPa (par exemple).
- ◆ Chaque cycle de chargement est effectué de la manière suivante :
 $P - 0,8P - 0,5P - 0,2P - 0,05P - 0,2P - 0,5P - 0,8P - P$

CONTEXTE ELASTIQUE



Cet essai suppose que le terrain obéit aux lois de la mécanique des milieux élastiques et que l'on est en élasticité a priori linéaire homogène et isotrope, mais l'homogénéité et l'isotropie ne sont pas nécessaires, puisque l'on peut prendre en compte l'orthotropie et que l'on mesure avec cet appareil des comportements visco-élastiques, sinon visco-plastiques.

L'objectif principal de l'essai est de déterminer la valeur des modules élastiques, en l'occurrence, on détermine le module d'Young.

On applique une pression P sur les parois qui produisent des déplacements u . Etant donné un rayon R du forage, le rapport sans dimension u/R permet d'obtenir la déformation radiale du terrain sous l'effet de la pression P et ainsi moyennant les conditions aux limites de l'essai de remonter au module d'Young du massif au moyen de la relation générale de l'élasticité linéaire.

CALCUL DU MODULE

Si l'on prend comme hypothèse que l'on est en élasticité linéaire, homogène, et isotrope et que l'on est en déformation plane, l'équation s'écrit très simplement :

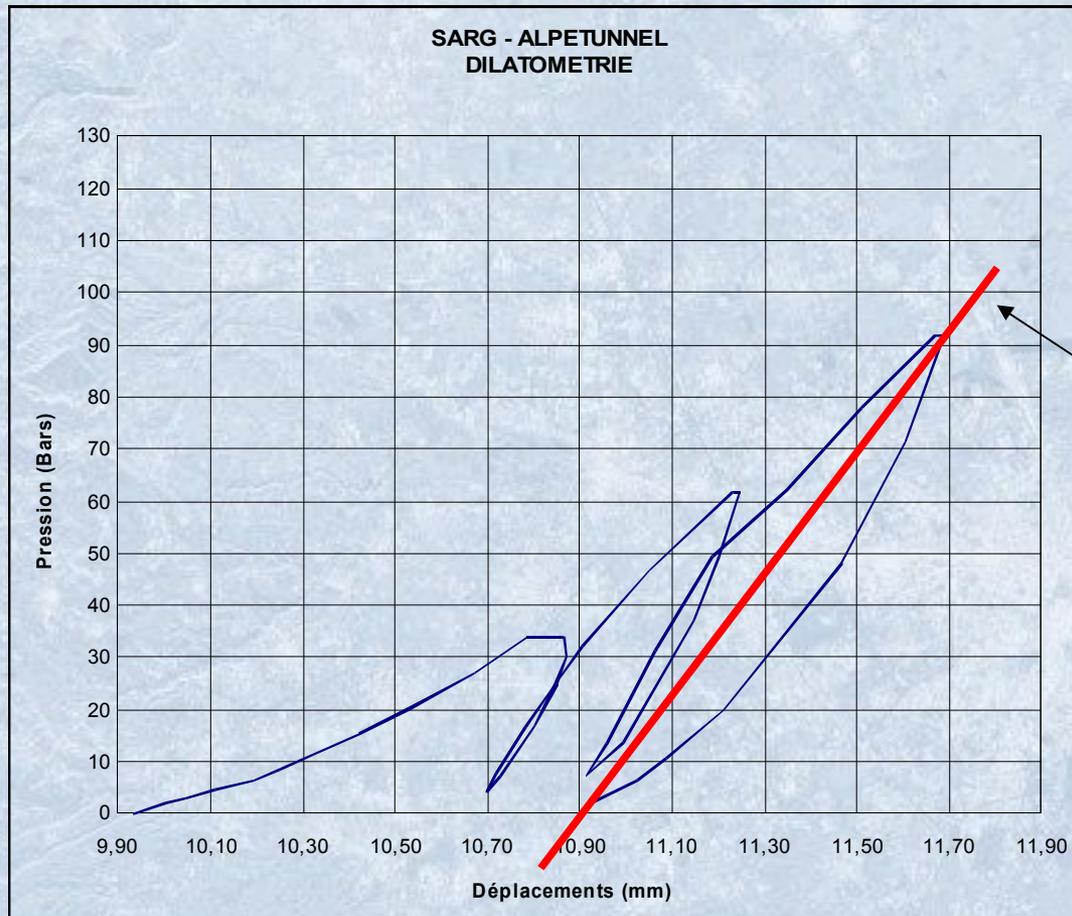
$$E = \frac{(1 + \nu) \cdot 2R \cdot P}{u}$$

Avec les hypothèses suivantes :

- ♦ R : rayon du forage
- ♦ P : pression appliquée par le dilatomètre
- ♦ u : divergence mesurée
- ♦ ν : coefficient de Poisson

On constate que n'apparaissent pas dans cette formule les contraintes existant dans le massif. Ceci montre que la mesure dilatométrique n'est pas influencée par l'état de contrainte dans le massif. Le corollaire est que l'essai dilatométrique ne permet pas de mesurer les contraintes du massif.

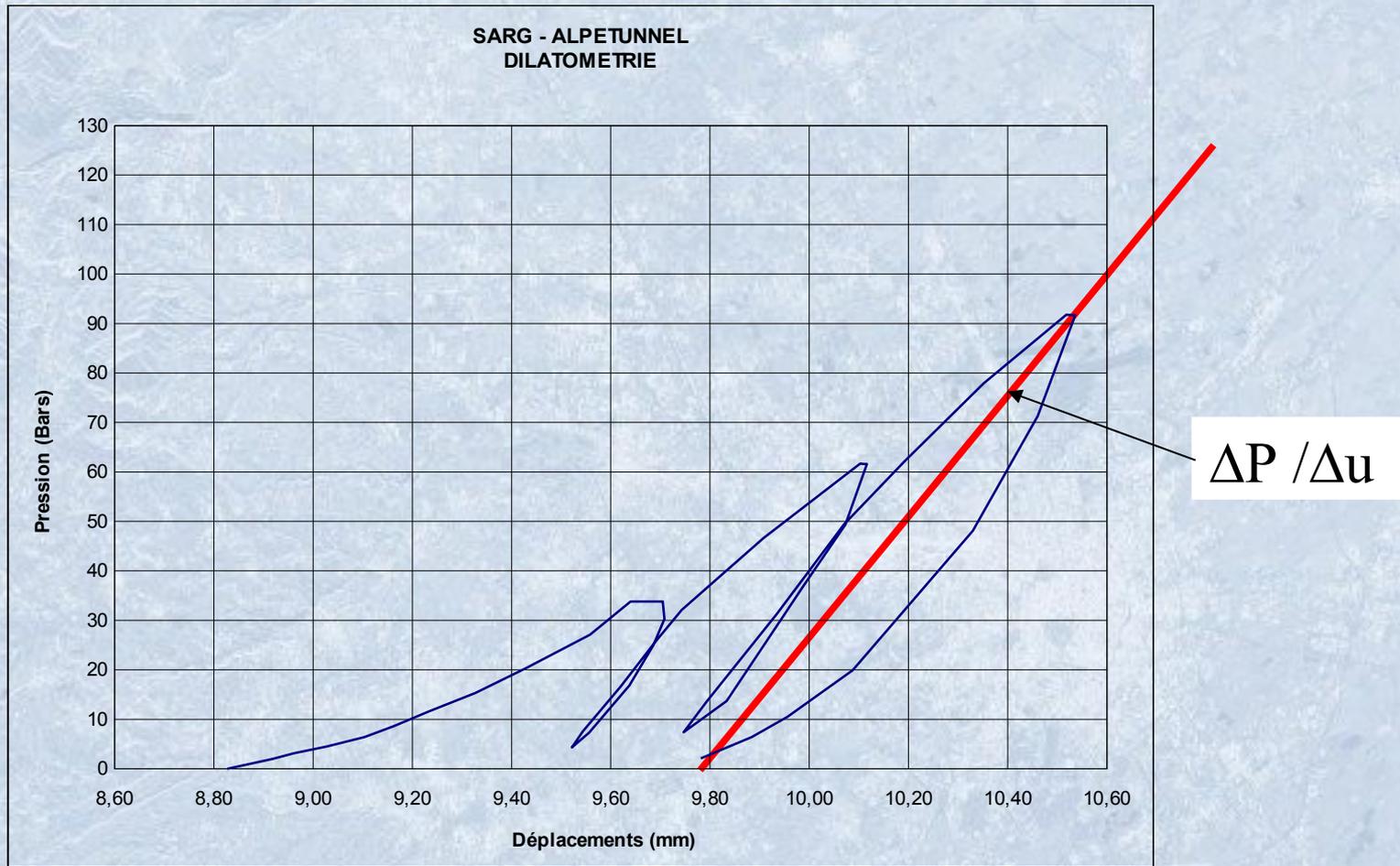
Essai dilatométrique dans les Alpes à 200m



Voie 3

$$E = \frac{(1 + \nu) \cdot 2R \cdot \Delta P}{\Delta u}$$

Essai dilatométrique dans les Alpes à 200m



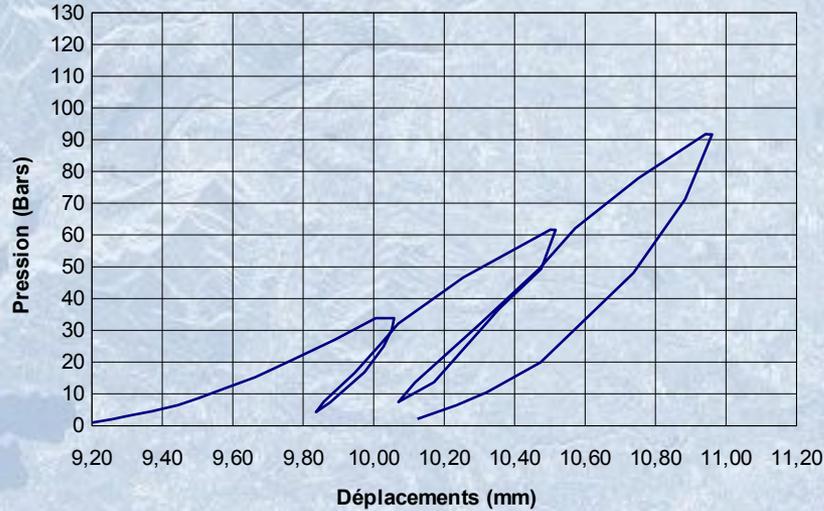
Moyenne des 3 voies

$$E = \frac{(1 + \nu) \cdot 2R \cdot \Delta P}{\Delta u}$$

Essai dilatométrique dans les Alpes à 200m

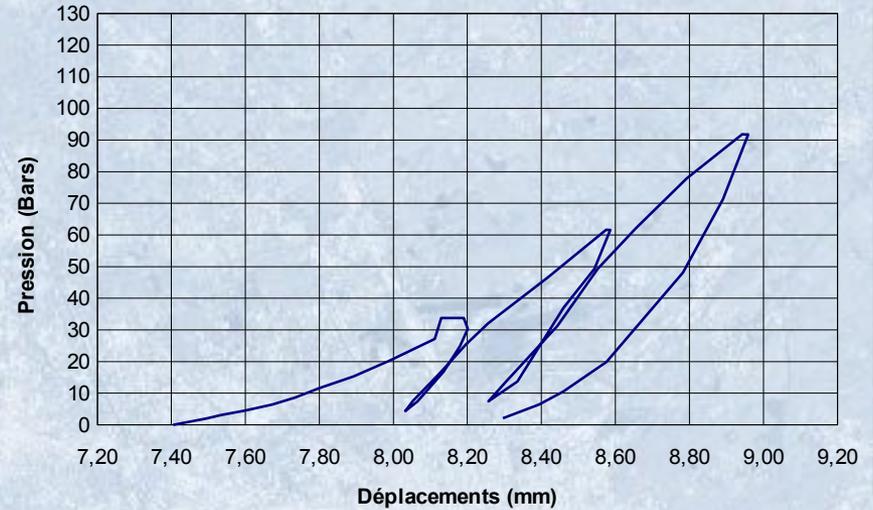
Voie 1

SARG - ALPETUNNEL
DILATOMETRIE



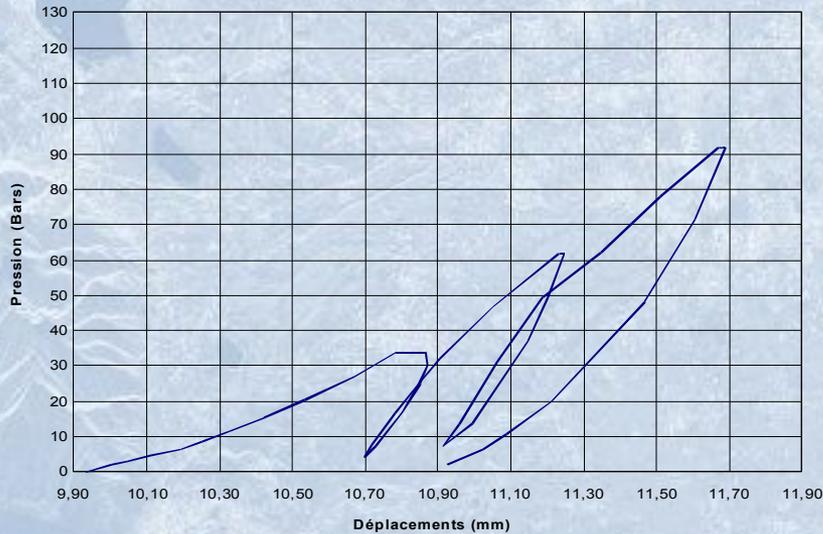
Voie 2

SARG - ALPETUNNEL
DILATOMETRIE

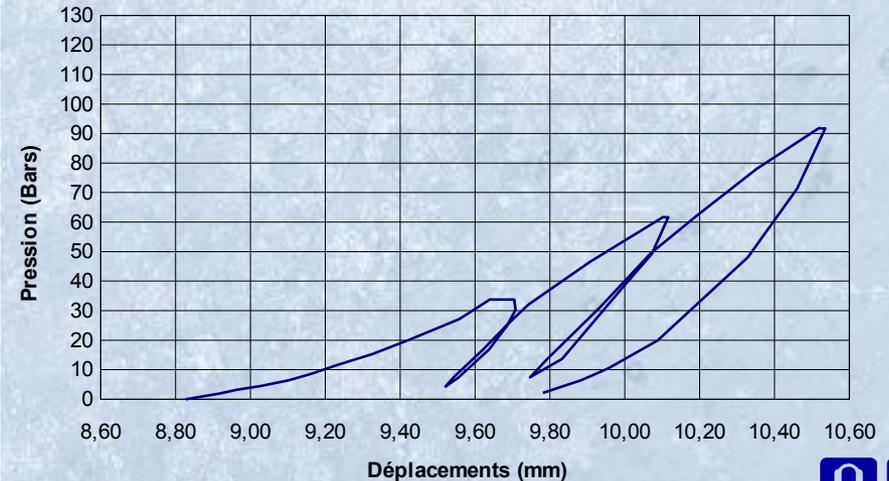


Voie 3

SARG - ALPETUNNEL
DILATOMETRIE



Moyenne des 3 voies



Plage de modules pouvant être mesurés

Le dilatomètre est de par sa conception utilisé pour mesurer des caractéristiques de roches tendres à dures.

Limites inférieures : si les palpeurs viennent poinçonner le terrain ou si les déplacements des palpeurs deviennent trop important, ils ne peuvent mesurer les déplacements.

Les mesures sont reproductibles dans des roches tendres de module voisin de 1000 MPa, mais l'intérêt majeur du dilatomètre se situe au-delà de 3000Mpa et en-deça de 50 000 MPa.

Si l'on constate parfois dans les rapports des valeurs de module plus élevés, il faut savoir que ce ne sont plus que des ordres de grandeur.

Dans des cas standard, une convergence de palpeur de 15 μm correspond à un module d'Young de 100 000 MPa. Tandis qu'une déformation de 10 μm correspond à un module d'Young de 150000 Mpa. Personne ne peut évidemment garantir qu'une variation de 5 μm est simplement due à une variation de module du terrain.

Profondeurs d'intervention

Les profondeurs d'essai étaient généralement comprises entre 20 et 100 mètres jusqu'au début des années 1990. Pour les grands projets des Alpes, des Apennins et des Pyrénées, les essais se sont réalisés à des profondeurs de plus en plus grande. On peut citer des essais réalisés à 1040 mètres dans un forage oblique de 30° sous le Mercantour.

On peut également citer des essais pour les pétroliers dans les sables et schistes bitumineux en Amérique, ce qui montre que les techniques ne vont pas toujours des forages pétroliers aux forages miniers ou géotechniques.

Deux techniques de descente du dilatomètre existent :

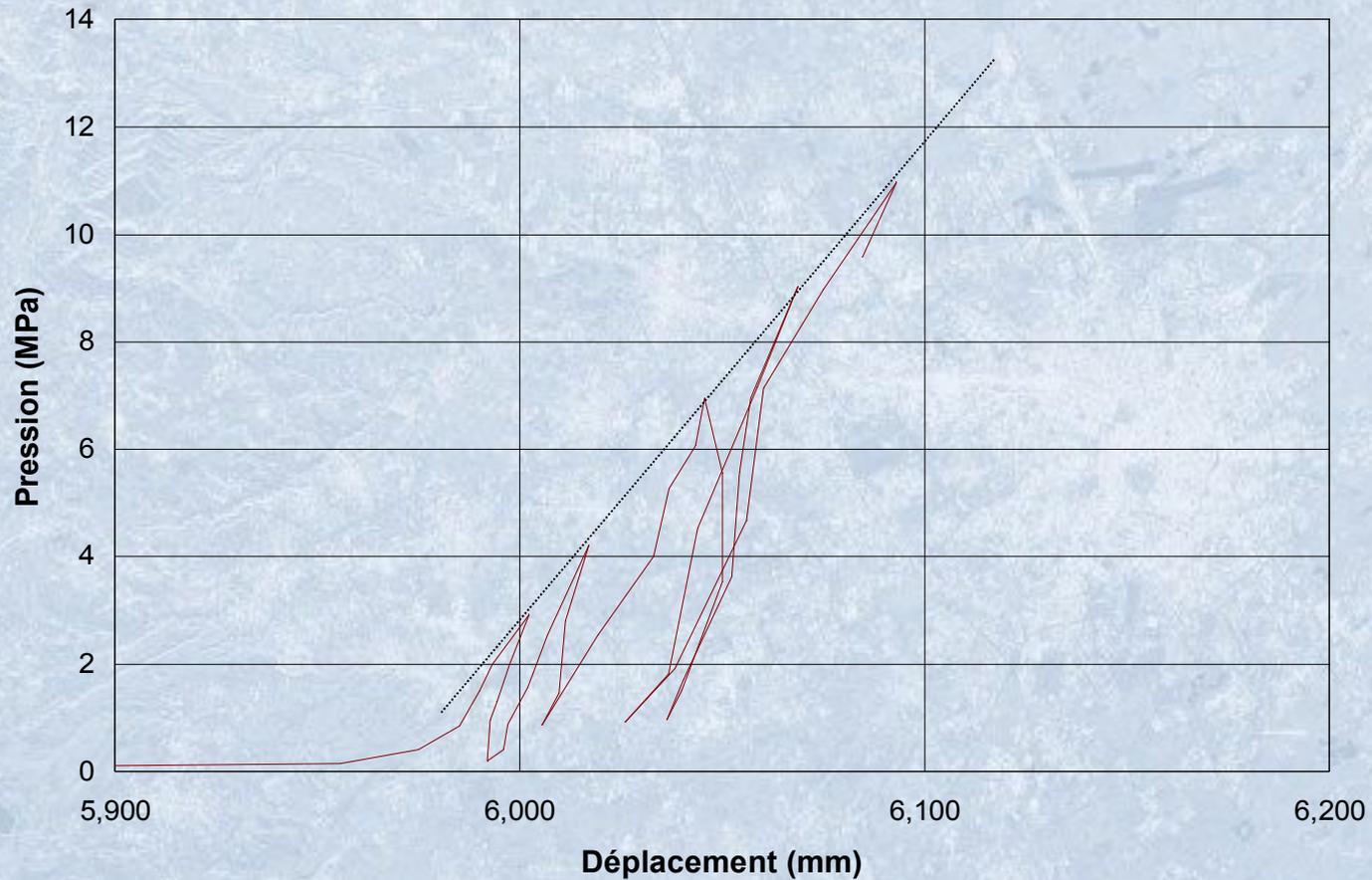
- ♦ **l'une consiste à descendre le dilatomètre au bout d'un câble ;**
- ♦ **l'autre consiste à le descendre au bout d'un train de tige ;**

La première méthode a pour elle sa souplesse, un temps d'intervention plus rapide et un coût modéré. La seconde nécessite la présence active du foreur, mais permet de réaliser des essais dans des conditions difficiles, ce qui est souvent le cas classique des forages profonds, et le risque de perte du matériel est réduit. L'expérience montre que 100% des dilatomètres descendus au câble ont été perdus dans les forages; pour notre part nous n'avons plus utilisé le câble depuis 15 ans....

Essai profond : 1040 m

MERCANTOUR Dilatomètre en forage oblique

Essai réalisé à 1041,48 m
Moyenne des 3 voies



Durée des essais et tolérances

Durée des essais

La durée d'un essai dans un forage vertical standard, facilement accessible est approximativement le suivant :

- Montage et Installation sur le forage : 1 heure
- Temps de descente : 100 mètres/heure
- Essai : 3 heures
- Temps de remontée : 100 mètres/heure
- Repli du forage : 1 heure

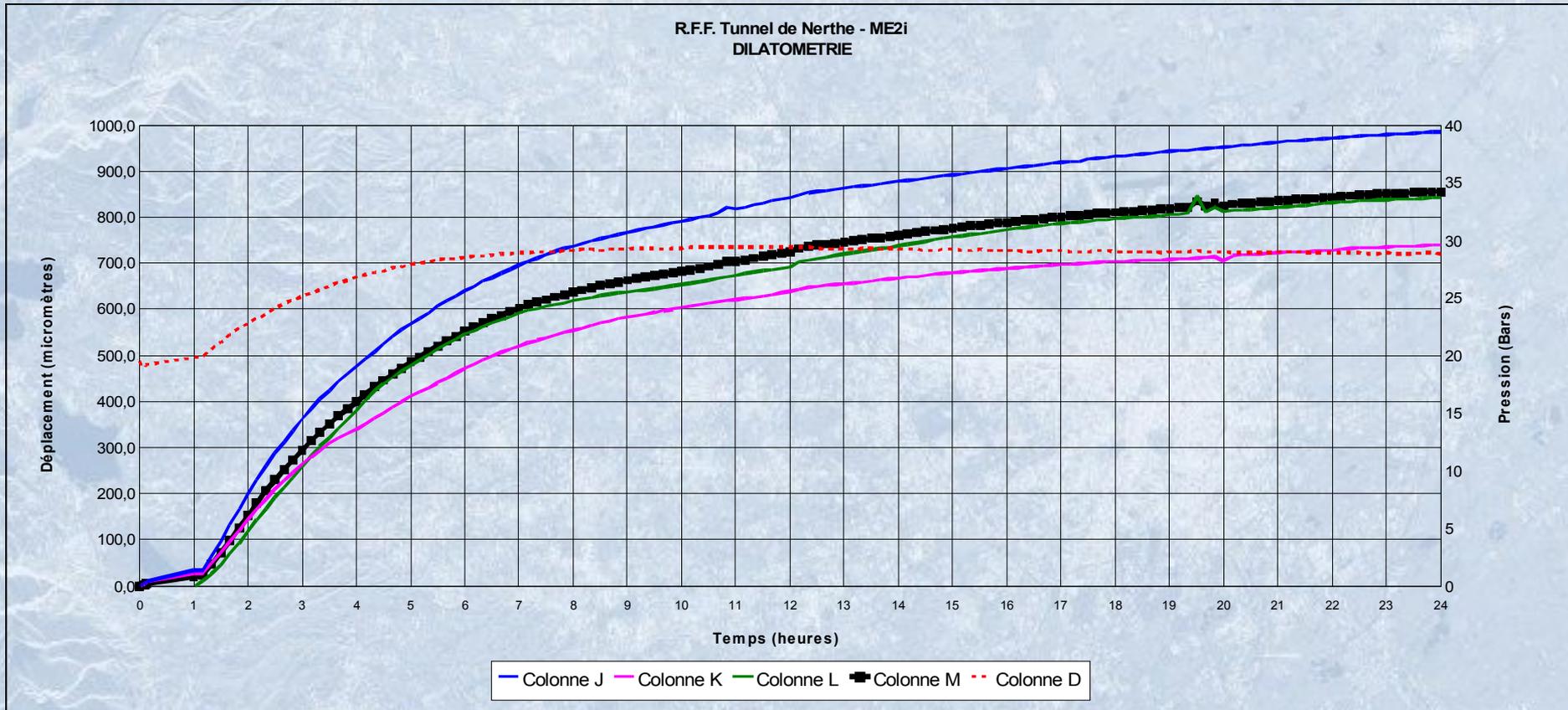
Tolérances

La déformation maximale de la manchette est de l'ordre de 20 millimètres.

Avec un diamètre de forage HQ de 96 millimètres, le dilatomètre, de diamètre 90 millimètres, peut se déformer de 14 millimètres $\{(90+20)-96\}$, le diamètre de forage ne doit donc ne pas dépasser 110 millimètres.

Avec le dilatomètre de diamètre 96 mm adapté aux forages carottés de 101 mm, la même règle aboutit à un forage de 116 millimètres maximum.

essais de fluage



Différences pressiomètre - dilatomètre

La présentation ci-dessus pourrait tout aussi bien convenir pour le pressiomètre. La différence fondamentale est que le pressiomètre travaille sur une variation de volume qui n'est qu'une manière détournée de mesurer la divergence qui est la variable de déplacement utilisée en mécanique des milieux continus. Les cellules de garde du pressiomètre servent justement à cela: que la variation de volume puisse correspondre à une variation de rayon (une divergence de la paroi).

La différence fondamentale entre le pressiomètre et le dilatomètre est que dans ce dernier la mesure de la divergence est indépendante de la baudruche et de son comportement. On contourne ainsi les limites du pressiomètre:

- lorsque la pression devient importante, les cellules de garde ne jouent plus qu'imparfaitement leur rôle et la variation de volume est due en partie à leur déformation
- lorsque la pression devient encore plus importante, le pressiomètre dont la raideur n'est pas par conception très importante se déforme lui aussi et on mesure les caractéristiques mécaniques du pressiomètre lui-même.

Le besoin s'est donc fait sentir de réaliser un appareil où les deux fonctions de mise en pression et de mesure de divergence soient séparées et n'influent pas l'une sur l'autre.