

TP 4 : Essai scissométrique

1. Objectif de l'essai

L'essai au scissomètre permet de mesurer en place la résistance au cisaillement des sols fins. Il est réalisé au sein même du terrain à l'aide d'un moulinet comprenant généralement quatre pales. Cet essai fait l'objet de la norme française **NF P 94-112**.

2. Principe de l'essai

Le principe de l'essai est représenté sur la **figure 1** : un moulinet cruciforme de hauteur H et de diamètre D est introduit dans le sol jusqu'au niveau où l'on veut exécuter la mesure par l'intermédiaire d'un train de tubes. L'appareil est immobilisé pendant un court instant puis le moulinet est entraîné en rotation depuis la surface par l'intermédiaire de tiges placées à l'intérieur du train de tubes.

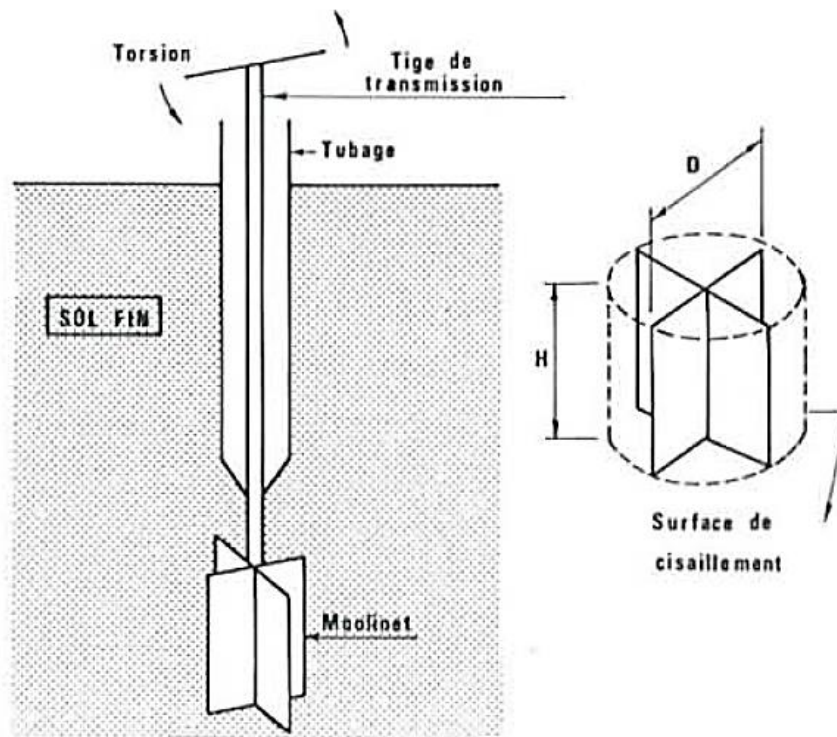


Figure 1 : Schéma de principe de l'essai au scissomètre de chantier.

Cette rotation provoque le cisaillement du sol au voisinage des pales et une surface de cisaillement se développe à l'interface entre le cylindre de sol entraîné par le moulinet et le massif de sol en place. La surface cisailée est pour l'essentiel constituée par la surface latérale du cylindre, mais comprend également les deux surfaces horizontales d'extrémité.

Pendant la rotation du moulinet, on note, en fonction de l'angle θ de rotation du train de tiges, les valeurs du couple de torsion. La courbe représentant les variations du couple de torsion M en fonction de l'angle de rotation θ du train de tiges a généralement l'allure de celle de la **figure 2**.

On suppose qu'il y a rupture du sol lorsque le couple maximal M_{max} est atteint. A ce moment maximal correspond la résistance au cisaillement maximale τ_{max} . Dans le cas des sols argileux saturés, cette résistance correspond à la cohésion non drainée C_u , dans certains cas, on mesure également la résistance au cisaillement du sol remanié τ_r à laquelle correspond la cohésion remaniée C_r .

Le couple de torsion M est directement relié à la résistance au cisaillement du sol τ par la relation :

$$\tau = \frac{M}{K}$$

Où K module d'inertie de la surface cisailée par rapport à l'axe de rotation du moulinet, en faisant l'hypothèse d'une distribution uniforme de cisaillement sur la surface latérale du volume circonscrit à la partie tournante du moulinet.

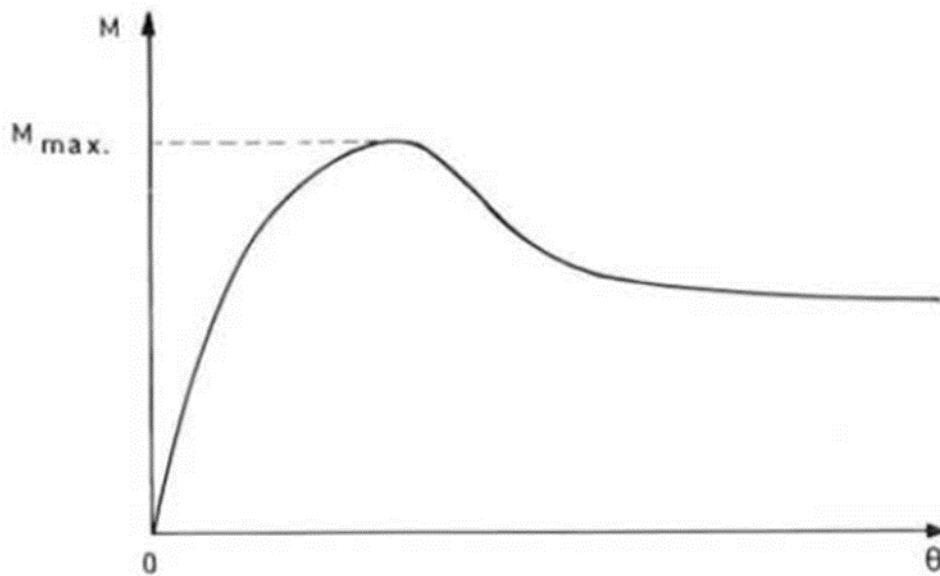


Figure 2 : Courbe effort-déformation pour un essai au scissomètre de chantier.

3. INTERPRETATION DE L'ESSAI

Dans sa forme la plus générale, la résistance au cisaillement τ d'un sol s'écrit :

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan g\phi$$

La détermination de c (cohésion) et de ϕ (angle de frottement interne) nécessite la connaissance de σ , contrainte normale sur le plan de rupture, c'est à dire, dans le cas présent, la connaissance de la pression horizontale des terres de la surface latérale du cylindre circonscrit au moulinet et de la pression verticale sur les deux surfaces de base de ce cylindre.

En pratique, ces pressions ne sont jamais connues. Il s'ensuit que l'essai au scissomètre n'est interprétable que dans un cas particulier, très important, qui est celui de la sollicitation non drainée dans un sol saturé. L'angle de frottement interne est alors nul et l'équation précédente se réduit :

$$\tau = c_u$$

Où suivant la terminologie en vigueur, c_u est cohésion non drainée, dite parfois cohésion scissométrique.

Pour être interprétable, l'essai scissométrique doit donc être réalisé dans un sol saturé faiblement perméable de manière à ce que, pour une durée d'essai raisonnable, la sollicitation soit non drainée. Il faut en outre que l'appareil puisse être foncé dans le terrain, ce qui implique en plus que celui-ci soit relativement mou.

Ces conditions réunies font que le domaine d'action du scissomètre de chantier est limité aux sols fins cohérents (argiles, limons et vases) de raideur limitée.

En pratique, on admet que l'essai ne peut être réalisé que dans des sols dont la cohésion est inférieure à 0,1Mpa.

4. Appareillage

L'appareillage comporte trois parties principales : le moulinet, un train de tubes creux pour foncer le moulinet dans le sol et de tiges intérieures pour l'entraîner en rotation, puis un dispositif de surface générant les efforts nécessaires et permettant la mesure du couple de torsion (couplemètre).

L'appareil normalisé est décrit ci-dessous.

- Moulinet : il est constitué essentiellement de quatre pales rigides en acier, planes et rectangulaires, soudées à 90° sur un axe appelé noyau (**figure 3**).
- Train de tubes et de tiges : le moulinet est foncé dans le terrain par l'intermédiaire d'un train de tubes. Il est entraîné en rotation par un train de tiges rigides placées à l'intérieur du train de tubes. Afin de limiter les frottements parasites lors de l'essai, ce train de tiges est maintenu par des bagues, qui s'appuient sur l'intérieur des tubes. L'opérateur doit vérifier avant chaque sondage que ce système fonctionne correctement, c'est à dire sans frottement excessif.
- Dispositif de surface : il comporte deux parties distinctes :
 - un bâti ancré (**figure 4**) ou parfois lesté, qui permet de mobiliser la réaction de fonçage ;
 - un couplemètre, système nécessaire pour exercer et mesurer le couple de torsion entraîné en rotation le moulinet par l'intermédiaire du train de tiges.

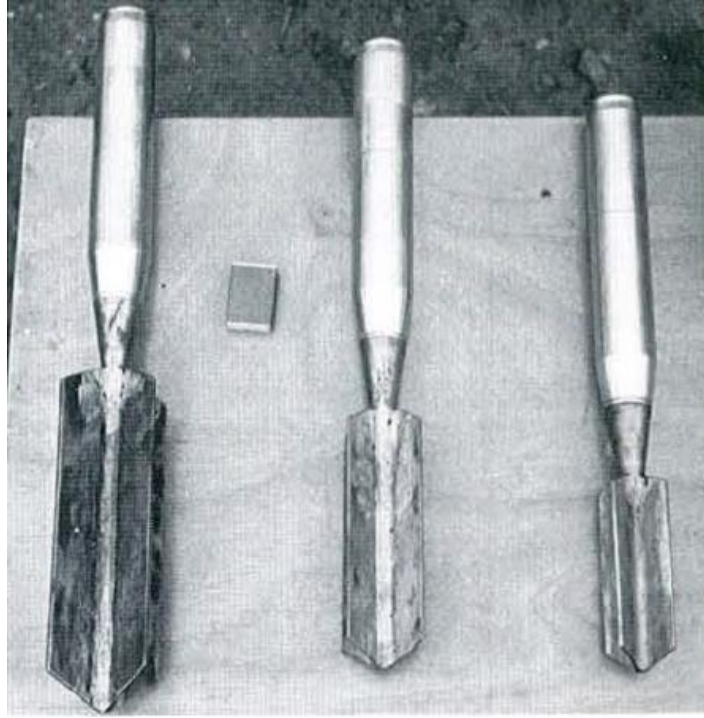


Figure 3 : Différentes pales utilisées pour le scissomètre de chantier (diamètre de 100, 70 et 60 mm).



Figure 4 : Mise en œuvre de scissomètre à l'aide d'un bâti ancré.

5. Déroulement de l'essai et présentation des résultats

La mise en place du moulinet au niveau d'essai doit s'effectuer par fonçage sans choc, ni vibrations, ni rotation et à vitesse modérée. L'essai doit être réalisé dès que le moulinet la côte requise.

Pendant l'essai, l'opérateur impose au couplemètre une rotation d'environ 18° par minute en procédant à une mesure du couple toutes les 10s environ. Une fois franchi le couple maximal, la rotation est poursuivie pendant environ une minute. A l'issue de cette opération, le moulinet est foncé jusqu'à la côte d'essai suivante, située à au moins 0,5m de la précédente.

Les résultats sont présentés sous la forme d'un profil qui donne les différentes valeurs de la cohésion en fonction de la profondeur (**figure 5**).

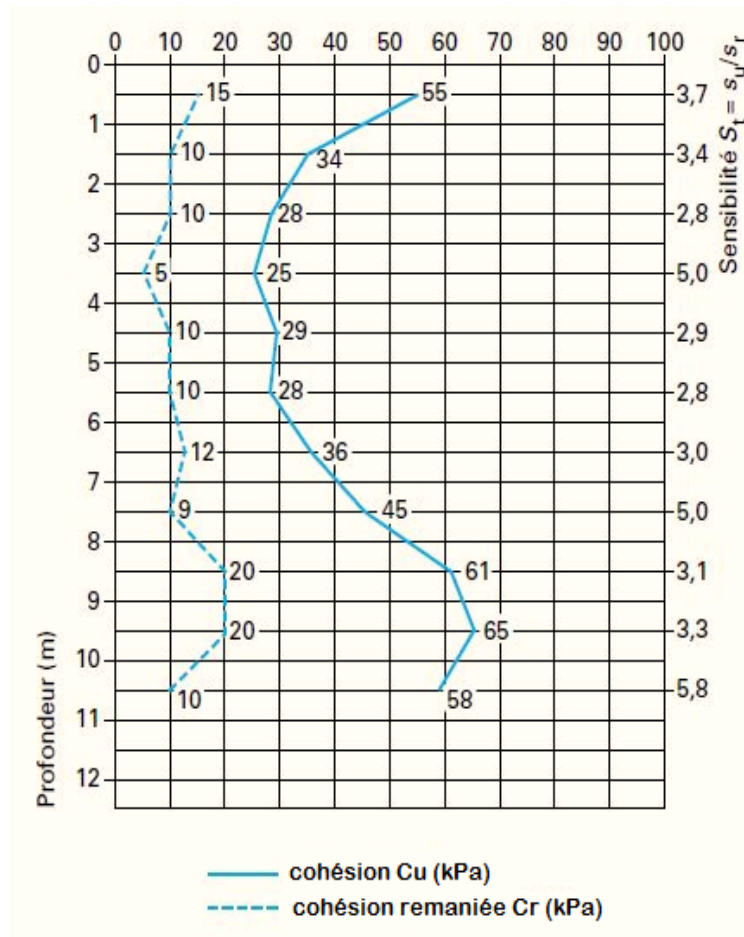


Figure 5 : Exemple de profil scissométrique.