



Selon la norme DIN 1054 et l'Eurocode 7 le but de tests de charge de pieu est de déterminer sûrement la capacité de charge ainsi que les caractéristiques de tassements de pieux particuliers pour un ouvrage spécifié. Nous offrons une gamme étendue d'instruments de test qui satisfait aux exigences mentionnées ci-dessus et qui aide à assurer une évaluation commensurable et scientifiquement valable des résultats comme demandé dans la norme DIN 1054.

Comme indiqué dans la figure 1 deux facteurs contribuent à la **capacité de charge** Q d'un pieu:

- la force de pied de pieu Q_s agissant sur la fondation au pied du pieu
- la force de peau de pieu Q_r agissant comme friction contre l'enlèvement du pieu

Sur les pieux de tension agit seulement la force de peau.

La capacité de charge d'un pieu de compression en fonction du tassement résulte ainsi de

$$Q(s) = Q_s(s) + Q_r(s)$$

ou

$$Q(s) = A_F \sigma_s(s) + \sum \Delta A_m \cdot \tau_m(s)$$

avec

$$\square \quad \text{Surface du pied de pieu} = \pi r^2 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\sigma_s = \text{Pression du bout de pieu [MN/m}^2\text{]}$$

$$A_m = \text{Surface de la peau de pieu dans le sol solide [m}^2\text{]}$$

$$A_m = 2r \pi l_o \text{ (} l_o = \text{longueur sur laquelle la friction est efficace)}$$

$$\tau_m = \text{Friction de peau [MN/m}^2\text{]}$$

C'est selon quel facteur est dominant, le terme „Pieu de compression de bout“ ou „Pieu de friction“ est utilisé.



Le second but d'un test de charge de pieu à côté de déterminer la capacité de charge d'un pieu est de déterminer ses **caractéristiques de tassement**. Si un pieu de compression s'enlise „évidemment“ pendant un test de charge de pieu ou si un pieu de tension se lève „évidemment“, la charge limite Q_g est atteinte. La sécurité η d'un pieu est rapportée à cette charge limite Q_g comme suit:

$$\eta = Q_g / Q_{ul}$$

La charge limite Q_g est marquée dans la courbe charge/tassement ou charge/levée où les tassement „évidents“ ou les levées „évidentes“ se produisent. Avec des pieux d'un diamètre plus grand la charge de test (au moins deux fois plus grande que la charge d'ouvrage postérieure) souvent ne mène pas jusqu'à une charge limite Q_g . D'après la norme DIN 1054 il est suffisant dans pareil cas d'exécuter le test de charge jusqu'au tassement du bec de pieu qui correspond au tassement quadruple à la surcharge de service. D'autres normes recommandent un tassement limite de 2,0 cm pour des pieux forés et 0,025 d (en cm) pour des pieux battus dans pareil cas.

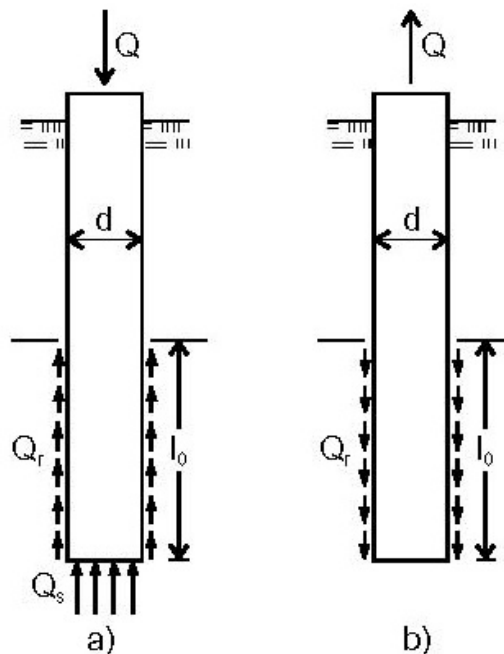


Fig 1 Capacité de charge Q d'un pieu de compression (a) et d'un pieu de tension (b)



Le **dispositif de charge** normalement utilisé pour des tests de charge est un cylindre hydraulique agissant contre un aboutement, souvent dénommé „transfert de charge“ (voir figure 2). L'aboutement même est ancré dans le sol par des tirants ou des piles de tension. La distance entre les tirants ou piles et le pieu doit être au minimum 2,5 m ou le quadruple du diamètre du pieu. Des poids morts sont rarement utilisés comme aboutement. L'aboutement du cylindre doit être dimensionné à des charges de tenue au minimum 1,1 fois de la charge de test maximale.

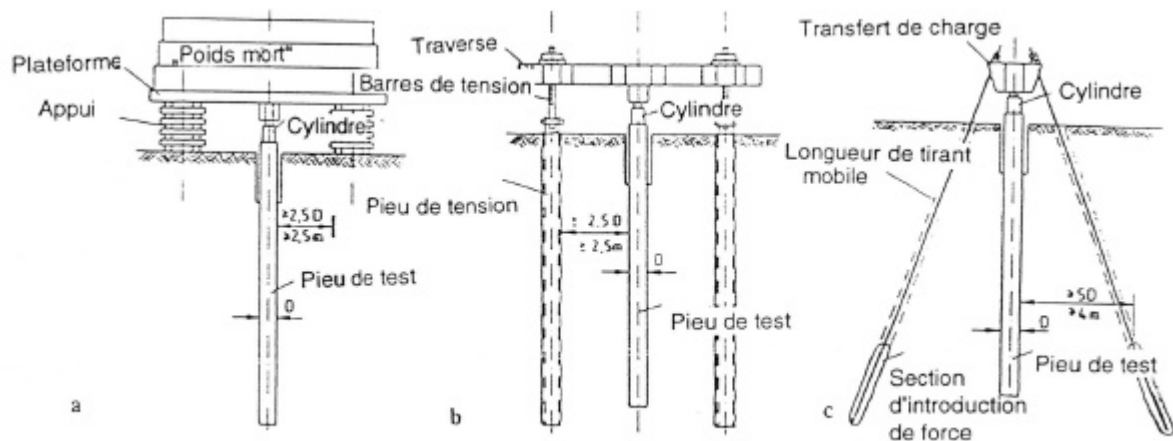


Fig 2 Figure schématique du montage de test pour exécuter un test de charge vertical avec des distances minimales entre le dispositif de charge et le pieu de test pour: a) Appui pour des poids morts, b) Piles de tension, c) Tirants d'expansion arrangés en étoile (d'après groupe de travail 5, DGEG, 1993)

Avec une surface du piston effective de 228,59 cm² et à une pression hydraulique maximale de 450 bar le cylindre hydraulique HP 100/200 produit une force effective de

$$Q = (A_{xp}) / 100$$

ou

$$\begin{aligned} Q &= (228,59 \times 450) / 100 \text{ kN} \\ &= 1.028,65 \text{ kN} \end{aligned}$$



Par exemple cinq cylindres de ce genre peuvent être combinés dans un groupe capable d'appliquer une charge de test de 5 MN. Des groupes de trois cylindres ou plus de cinq cylindres sont aussi possibles. Ces cylindres ont une course de piston de 200 mm.

Il est préférable si la pression d'huile dans les cylindres est produite par un groupe générateur de pression électriquement commandé d'une capacité minimale de 1 l/min. Ce groupe générateur de pression doit être capable d'alimenter les cylindres avec assez d'huile de pression et qui assure ainsi une stabilisation de charge même pour des grands déplacements du bec de pieu, comme prescrite dans la norme DIN 1054 pour les différentes phases de test. Un circuit de réglage électrique qui compare et rajuste constamment une pression d'huile sélectionnée avec la pression actuelle dans le circuit hydraulique stabilise la charge.

La charge de test est mesurée avec une cellule de charge soit électrique soit hydraulique qui doit en tout cas permettre une lecture à distance et qui doit se conformer aux exigences de la catégorie de précision 1. Une calotte sphérique est placée entre l'aboutement et la cellule de charge pour les protéger et pour protéger aussi les cylindres.

Les déplacements verticaux du bec de pieu sont mesurés à trois points au minimum à l'aide des capteurs de déplacement électriques. A ces points de mesure les déplacements horizontaux doivent être mesurés aussi pour pouvoir contrôler la charge centrale dans le pieu. Les capteurs inductifs de déplacement doivent avoir une précision de mesure de $\pm 0,01$ mm. Les capteurs sont montés à un cadre de mesure qui doit être logé de manière à ce qu'il ne se déplace pas même. Pour assurer cela il faut installer un point fixe à grande distance. De ce point il faut exécuter un nivellement. Le nivellement doit avoir une précision de mesure d'au moins de $\pm 0,3$ mm. Usuellement cela ne pose pas de problème pour un niveau à ajustage automatique avec adaptateur de micromètre à planimètre.



Compression du bout de pieu et friction de peau

Pour déterminer la friction de peau entre le pieu et la fondation le raccourcissement ou l'allongement du pieu est mesuré aux profondeurs le plus possible. Pour cela nous offrons trois différentes possibilités (fig 3):

- Extensomètre multiple à tiges
- Micromètre de cisaillement
- Capteurs d'allongement

L'extensomètre multiple avec tiges, qui sont ancrées jusqu'à six différentes profondeurs, peut être fixé et bétonné au centre de la cage d'armature pendant la production du pieu ou inséré et injecté dans un trou foré après coup. Les déplacements des tiges sont enregistrés par des capteurs de déplacement électriques d'une précision de mesure de $\pm 0,01$ mm. Ce type présume que la plaque de distribution de charges a une ouverture centrale et que trois pistons hydrauliques ou plus sont utilisés pour appliquer la charge. Seulement avec cet arrangement une mesure de déplacement au centre du pieu est possible.

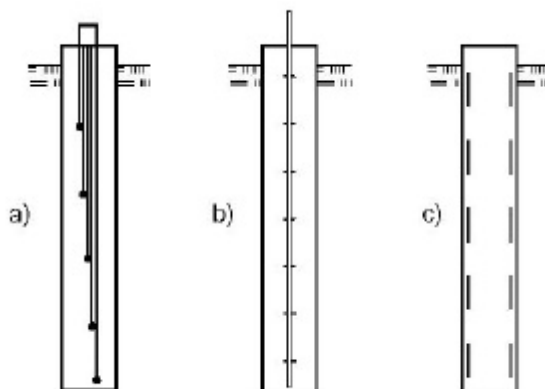


Fig 3 Figure schématique des différentes possibilités pour mesurer l'allongement et le raccourcissement du pieu
 a) Extensomètre multiple à tiges
 b) Micromètre de cisaillement
 c) Capteur d'allongement (trois pièces pour chaque niveau de mesure)



Un arrangement de test comparable doit être à disposition si une sonde d'extensomètre mobile (**micromètre de cisaillement**) est utilisée à la place des tiges d'extensomètre fixes. Un tube plastique avec des anneaux de mesure arrangés à une distance d'un mètre est installé dans le pieu. Les changements de distance de ces anneaux pendant la charge sont déterminés avec la sonde de micromètre de cisaillement d'une précision de 0,001 mm. Pour pouvoir sortir et insérer la sonde pendant le test la plaque du bec de pieu doit avoir une ouverture de 50 mm au minimum. Le grand avantage de cet arrangement de test avec le micromètre de cisaillement est de pouvoir mesurer le raccourcissement ou l'allongement du pieu en permanence d'un mètre à l'autre. Usuellement on fait une mesure par micromètre de cisaillement pour chaque niveau de charge du test de pieu.

Surtout si les pieux de test sont à intégrer dans l'ouvrage ultérieur et si une continuation des mesures d'allongement ou de raccourcissement de pieu est désirée, nous recommandons d'utiliser des capteurs d'allongement pour la mesure des déplacements entre des points fixes entre 1 et 3 m de long à l'aide des capteurs de déplacement de haute résolution (p. ex. gamme de mesure ± 1 mm, résolution 0,002 % de la gamme, précision de mesure $\pm 0,002$ mm). Des chaînes de mesure peuvent être formées en joignant plusieurs éléments de mesure par des connecteurs à fiches étanches à l'immersion.

La **force agissant sur le pied du pieu** est mesurée avec un vérin plat qui est fixé au dessous de la cage d'armature. Avant d'insérer le vérin il faut bétonner une dalle d'une épaisseur d'env. 30 à 40 cm sur laquelle le vérin est posée. Le diamètre effectif de ce vérin doit être plus petit que celui du tubage de pieu. Le passage annulaire jusqu'à la paroi du forage doit être couvert avec un anneau en caoutchouc pour éviter un pont en béton se produisant entre la dalle et le béton du pieu actuel et faussant la mesure de la compression du bout de pieu. Le vérin dont le diamètre est adapté aux dimensions du pieu est rempli d'huile. L'augmentation de la pression d'huile du vérin par suite de la charge du pieu est enregistrée par un capteur piézorésistif.

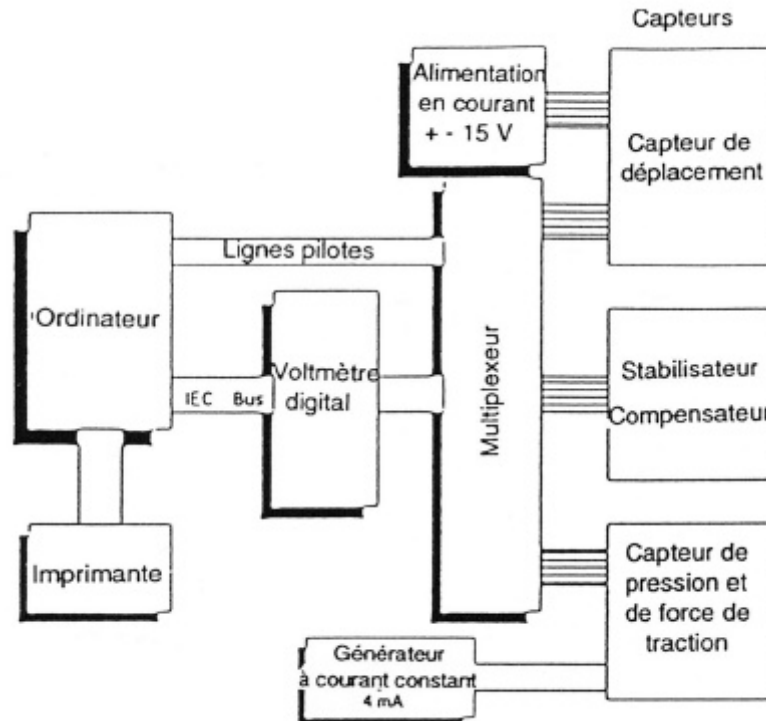


Fig 4 Schéma de demande et enregistrement des données de test pendant la charge de pieu

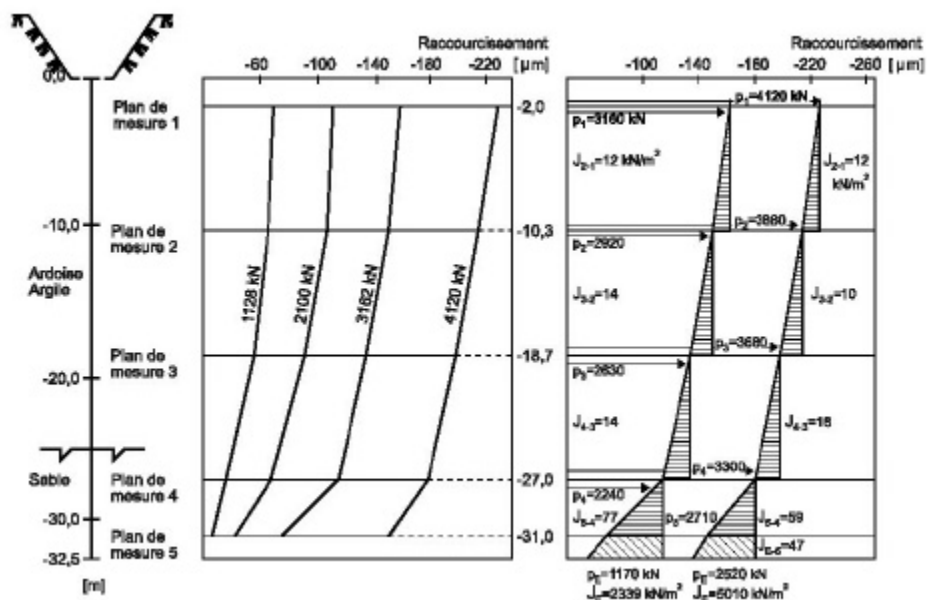


Fig 5 Résultat d'un test de charge de pieu où la dissipation de charge a été mesuré par des capteurs d'allongement



Toutes les données du test de charge de pieu sont balayées et enregistrées par un ordinateur selon la figure 4. Les niveaux de charge particuliers sont réglés au stabilisateur dépendant du développement du test. Chaque niveau de charge est maintenu jusqu'à ce que les tassements se soient évanouis à 0,02 mm/min. La figure 5 montre le résultat d'un test de charge de pieu.

Encore un mot concernant la précision des dispositifs de mesure: La norme DIN 1054 prescrit dans l'annexe A que „tous les instruments de mesure et le dispositif de charge doivent être calibrés avant d'exécuter une série de tests“; cela veut dire que les dispositifs de mesure et de charge doivent être calibrés par un institut officiel.

Cette demande nous semble très irréaliste. Si le commettant insistait quand même sur un calibrage officiel il devrait considérer que cela prolongera le délai de livraison considérablement et que les prix pour les instruments augmenteront beaucoup (en ce moment le calibrage officiel d'une cellule de charge coûte env. € 400,00, le calibrage officiel d'un capteur de déplacement env. € 300,00). Au lieu de cela nous proposons que le commettant s'assure dans notre entreprise du standard de qualité en ce qui concerne la production et le calibrage de nos dispositifs de mesure. S'il le désire il peut faire exécuter des calibrages par sondages.

D'après nos expériences la qualité des **adjudications** pour des tests de charge de pieu fluctue considérablement. Parfois les plus petits détails sont spécifiés, pendant que d'autres adjudications demandent seulement: „Exécution de deux tests de charge de pieu d'après DIN 1054. La construction des pieux de test est à facturer séparément“.

Des adjudications de ce genre ne donne pas aux offrants des possibilités de calcul suffisantes. Il est impossible de comparer les offres. Souvent des contestations désagréables entre le commettant et le fournisseur s'y résultent qui pourraient être facilement évitées.