



Des pendules, soigneusement installés et utilisés, peuvent prendre des mesures d'inclinaisons de barrages qui sont pratiquement libres d'influences marginales. La divergence par suite de la masse de l'eau refoulée comparée au bassin vide a une dimension de 10^{-6} , avec une divergence maximum de $5 \cdot 10^{-8}$ du radian attribuée à l'attraction de la lune ou du soleil. La qualité de la mesure dépend principalement de la qualité du lecteur (coordinimètre) et de l'exactitude de la lecture même.

Il y a deux types de systèmes de pendule (fig 1):

- Pendules à plomb
- Pendules inverses

Les **pendules à plomb** se composent d'un fil d'invar qui est fixé à un dispositif de suspension en haut de la section mesurée, d'une lentille de pendule amortie par l'huile au bas du fil, qui précontraint le fil d'invar à une valeur définie, et les coordinimètres qui permettent de mesurer la distance entre le fil et les points de référence installés aux différentes hauteurs de l'ouvrage. Avec le coordinimètre on peut mesurer deux composants de dislocation horizontaux du fil de mesure (normalement orthogonaux et parallèles à l'ouvrage). A condition que la base soit supposée comme fixée, une mesure avec un seul point de référence directement au-dessus de la lentille de pendule suffit pour obtenir la dislocation absolue horizontale; avec plusieurs points de référence il est possible d'obtenir les composants horizontaux d'une courbe entre la lentille de pendule et la suspension du pendule.

Les **pendules inverses** sont ancrés à leur point le plus profond et s'achèvent en haut par un flotteur qui peut se déplacer librement dans un vase de flotteur. L'effort de tension du fil est d'entre 20 et 200 kg pour les deux types. L'avantage du pendule inverse est que la section de mesure peut être prolongée par un forage vertical dans le fondement du barrage, en effet jusqu'à une profondeur considérée comme ferme, ce qu'on ne peut pas souvent supposer en cas de pendules à plomb.

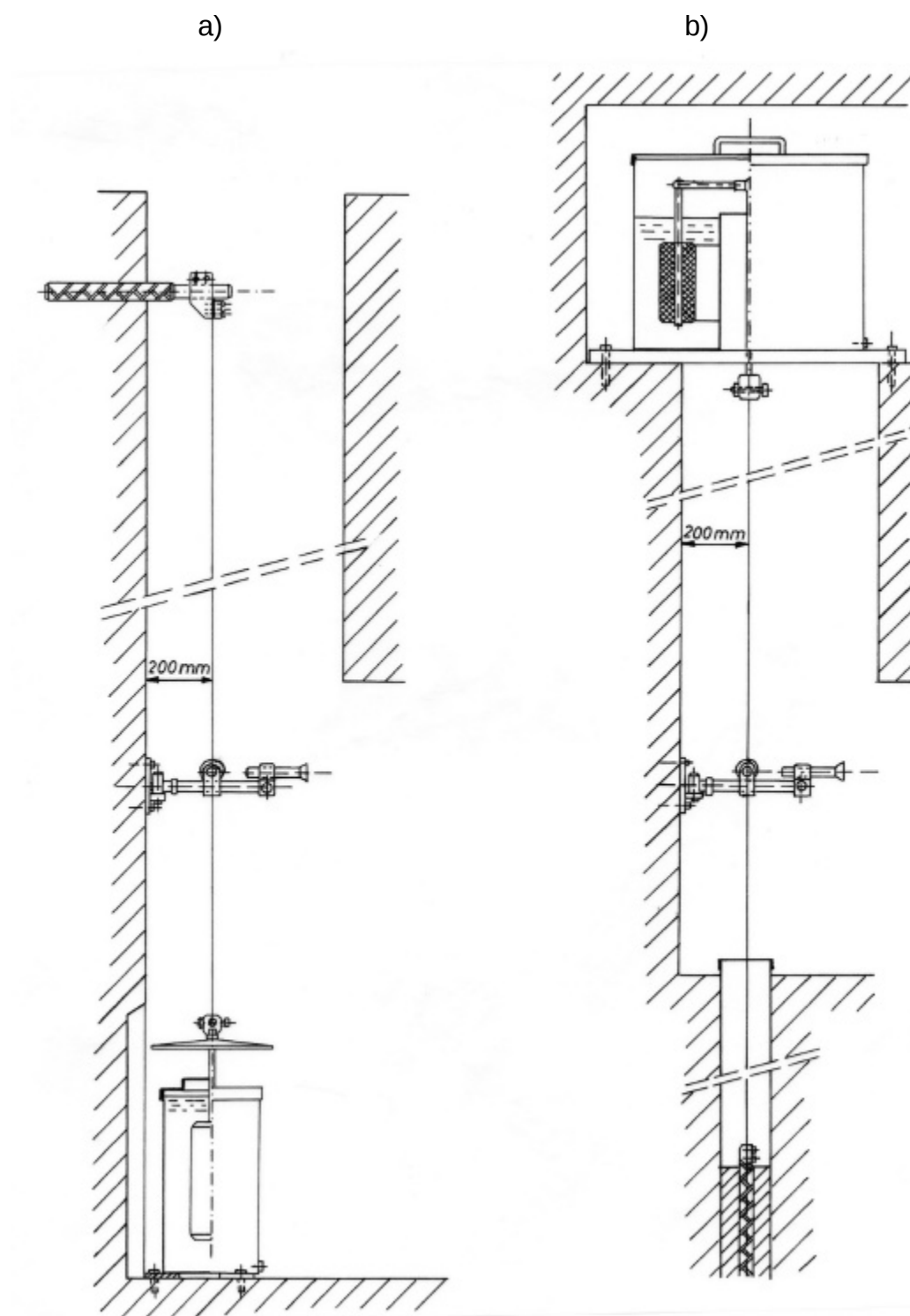


Fig 1 Systèmes de pendule pour mesures d'inclinaisons
a) Pendule à plomb b) Pendule inverse



On peut mesurer la position relative du fil à l'ouvrage de deux manières:

1. **Mesure optique** sans contact en deux directions orthogonales avec un coordimètre.

Avec une loupe de mesure le fil est visé dans les deux directions orthogonales parallèle à l'axe transversal et longitudinal de l'ouvrage et la dislocation relative à la position zéro est enregistrée manuellement par un pied à coulisse. La précision de mesure est de $\pm 0,05$ mm. Seulement pour la mesure le coordimètre est accroché et ajusté dans une plaque fixée à l'ouvrage. Après la mesure on l'enlève et il est recommandé de vérifier périodiquement sur une plaque de contrôle avec une pièce de fil si le coordimètre fonctionne parfaitement. Le mieux est d'installer définitivement la plaque de contrôle dans une niche qui ferme à clé à hauteur des yeux dans une galerie de contrôle.

2. **Mesure de distance laser** sans contact en deux directions orthogonales avec un coordimètre laser. Ce laser fonctionne d'après le principe de triangulation. Le rayon laser est reflété par l'objet de mesure et appliqué sur un élément détecteur reconnaissant la position. Un changement de distance de l'objet de mesure provoque un changement de position du rayon lumineux sur le détecteur. La distance de l'objet de mesure donne ainsi la position de la lumière reflétée sur l'élément détecteur. Comme objet de mesure on fixe un corps cylindrique au fil de pendule et on mesure en permanence ou par intermittence le changement de distance en direction x et y avec deux instruments de mesure de distance laser. On peut lire les deux valeurs de mesure soit à un appareil à affichage numérique soit à un enregistreur de données par télémesure.

Dans les deux sortes de lecture il faut veiller à ce que le fil de mesure ne soit pas osciller par des courants d'air pendant la lecture.

**Informations Commerciales****2.7.1 Pendule à plomb** se composant de:

2.7.1.1 Dispositif de suspension (antirouille)

2.7.1.2 Lentille 100 N (10 kg) avec serre-fil

2.7.1.3 Vase d'amortisseur, h = 500 mm, d = 300 mm
gamme de mesure ± 75 mm

2.7.1.4 Fil d'invar, d = 1,0 mm

2.7.1.5 Pare-gouttes, d = 300 mm

2.7.1.6 Coordimètre, précision de mesure $\pm 0,05$ mm,
gamme de mesure ± 75 mm à l'axe transversal
ou ± 25 mm à l'axe longitudinal

2.7.1.7 Plaque pour coordimètre

alternativement au coordimètre:

2.7.1.8 Coordimètre laser pour l'enregistrement à distance,
précision de lecture $\pm 0,05$ mm,
gamme de mesure 10 – 50 mm,
signal de sortie 0 – 10 V,
température de fonctionnement 0 – 50 ° C2.7.1.9 Appareil indicateur pour coordimètre laser
avec affichage numérique**2.7.2 Pendule inverse** se composant de:

2.7.2.1 Ancrage dans le forage

2.7.2.2 Vase de flotteur avec flotteur et serre-fil,
h = 600 mm, d = 560 mm,
force ascensionnelle 300 N (30 kg),
gamme de mesure ± 35 mm

2.7.2.3 Fil d'invar d = 1,65 mm

Pour les autres accessoires voir ci-dessus.