

Chapitre 4

Appareils d'auscultation

1. Introduction

L'auscultation d'un barrage dépend de nombreux paramètres tels que le type d'ouvrage, son âge, ses moyens de réalisation et son environnement.

Chaque barrage est unique dans son comportement, il est donc nécessaire d'adapter les moyens d'auscultation à ce dernier en fonction de sa configuration et de ses pathologies. Si chaque ouvrage a un système d'auscultation qui lui est propre, pour chaque type d'ouvrage, on distingue un matériel d'auscultation qu'il est préférable d'utiliser

2. Principaux types d'appareils d'auscultation

Les vinchons

Les vinchons ou fissuromètres permettent le suivi de l'évolution de fissures sur plusieurs axes. Constitués de deux pièces métalliques scellées de part et d'autre de la fissure, on mesure la variation d'écartement de cette dernière à l'aide d'un pied à coulisse. Certains vinchons sont télémésurés, les mesures sont alors faites à l'aide de bobines électriques.

Figure 1 : Vinchon mesurant l'écartement d'une fissure



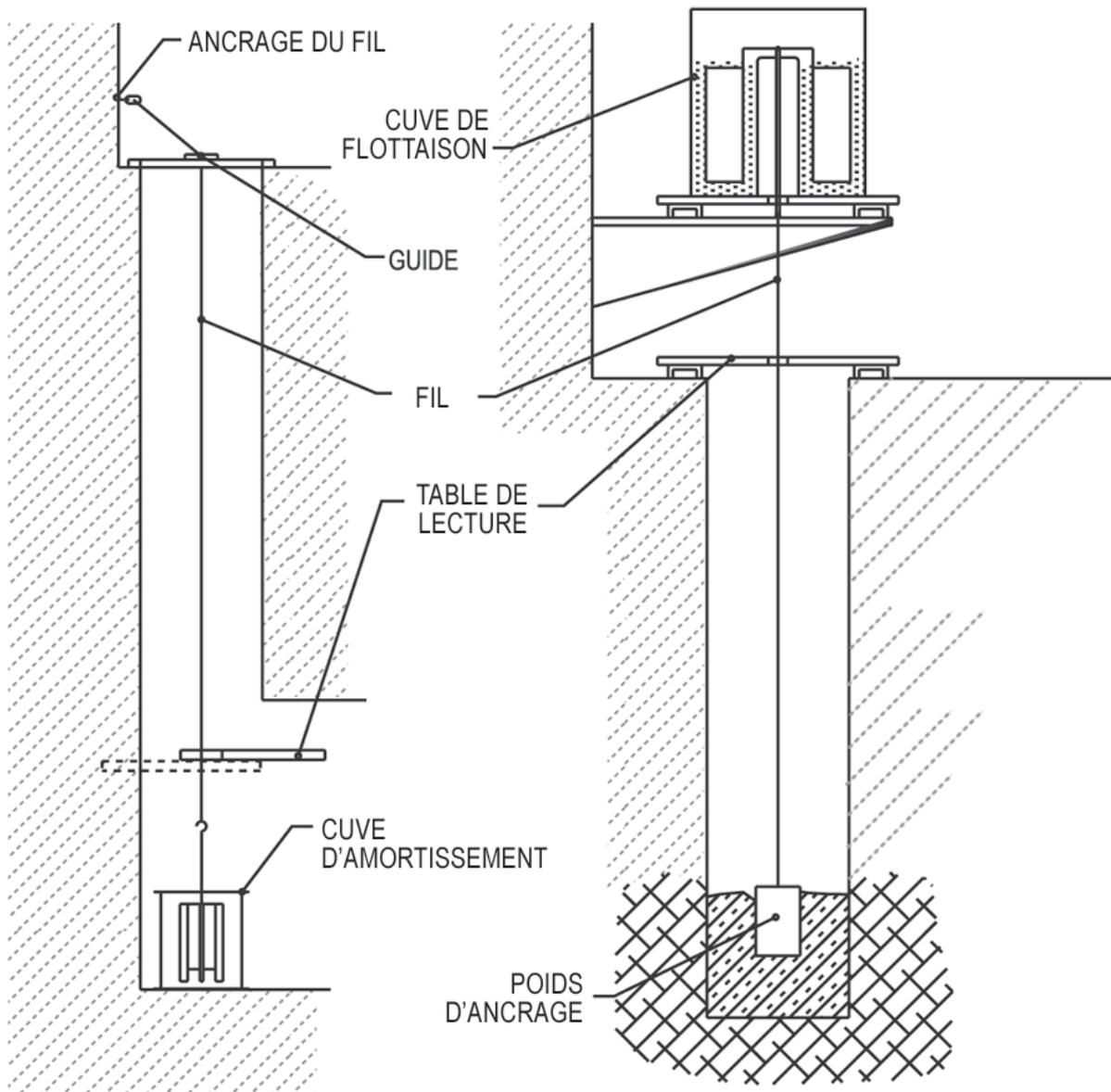
Les pendules

Les pendules sont un moyen précis de connaître les déplacements de l'ouvrage. On les classe selon deux catégories : les pendules directs et les pendules inversés. Pour les pendules directs, une masse est suspendue au bout d'un fil ancré sur la crête de l'ouvrage. Le pendule traverse le barrage sur sa hauteur jusqu'aux fondations où se trouve la masse. A l'aide d'une table de lecture placée

au niveau des fondations, on peut mesurer les déplacements du fil par rapport au terrain naturel.

Le pendule inversé utilise le même principe mais le câble est ancré en fondation et la masse est remplacée par un flotteur en haut de l'ouvrage. Le schéma ci-dessous présente ces deux types d'instruments :

Figure 2 : Schéma de fonctionnement d'un pendule
A gauche un pendule direct, à droite un pendule inversé



L'avantage de ce système est sa précision cependant assez compliqué à mettre en place, il est donc préférable de penser à son implantation dès la conception de l'ouvrage.

Les alidades

Quand il est impossible de placer un pendule ou pour compléter les mesures faites à l'aide de ces derniers, on peut utiliser des moyens topographiques tels que des alidades. Celles-ci sont des viseurs articulés sur deux axes pour mesurer des angles. En connaissant la variation d'angle par rapport à un repère fixe et la distance par rapport à l'alidade, on peut en déduire le déplacement du repère visé.



Figure 3 : Alidade

Ce système permet de mesurer plusieurs points sur l'ouvrage et s'avère assez facile à mettre en place. Son principal inconvénient est sa précision qui dépend souvent de son utilisateur.

Les inclinomètres

Les inclinomètres ou clinomètres sont classés dans deux familles :

- Les inclinomètres de surface sont fixés sur l'ouvrage et mesurent de façon précise les mouvements en un point de l'ouvrage.
- Les clinomètres de forage sont surtout utilisés par les géotechniciens pour l'étude de la stabilité de sols. Ce sont des forages tubés qui ont des rainures longitudinales pour permettre le guidage de la sonde. Ces derniers permettent de mesurer les mouvements du sol à plusieurs niveaux en faisant descendre la sonde le long du tube.

Figure 4 : Sonde inclinométrique avec galets de guidage



Figure 5 : Tube inclinométrique avec rainures de guidage



La cellule permettant la mesure de l'inclinaison peut utiliser différents principes électromécaniques plus ou moins complexes suivant les critères recherchés.

Les piézomètres à tube ouvert

Ce sont des forages crépinés qui permettent de relever la hauteur d'eau au sein d'un milieu perméable. Leur mode de fonctionnement est assez simple : on fait un forage dans lequel on va placer un tube équipé d'une crépine permettant le passage et la filtration de l'eau. Plusieurs techniques de forage existent cependant le forage à la tarière permet d'obtenir des échantillons de sol au cours de la foration. Ceci peut être très utile car le forage peut être placé dans la couche de sol voulue.

Pour relever un piézomètre, il est possible d'utiliser une sonde à interface mais cette procédure manuelle n'est pas envisageable pour le suivi régulier d'un grand barrage. Pour automatiser les mesures, on peut utiliser des cellules.

Les piézomètres sont souvent des ouvrages isolés et fragiles, il arrive donc que ces derniers soient détériorés. Pour éviter ce genre d'incidents il faut essayer de les rendre visibles par toute sorte de véhicule.

Figure 6 : Piézomètre et sonde à interface



Les cellules

Ce sont des sondes qui peuvent être directement intégrées dans un remblai ou foncées dans un sol. Il est aussi possible de les mettre en place à l'aide de forages. Il en existe deux familles : les hydrauliques/pneumatiques et les électriques.

Le principe général est le suivant : on installe un filtre en céramique ou un métal fritté qui va protéger des impuretés un compartiment rempli d'eau. Quand la pression d'eau du milieu va changer, celle de l'eau derrière le filtre va varier de façon identique. Une membrane permettra de mesurer cette pression en se déformant.

- Pour les capteurs hydrauliques dits Glözl, cette membrane va venir obstruer un tuyau d'arrivée d'eau. En injectant de l'eau sous pression dans ce dernier on peut créer le soulèvement de la membrane. Lors de ce soulèvement, un débit d'eau se crée et l'espace derrière la membrane sera à la même pression que l'eau du milieu mesuré. On peut donc déduire la pression interstitielle en mesurant la pression entrante et la pression sortante.
- Pour les capteurs électriques, la pression exercée par la membrane est directement mesurée par un capteur piézoélectrique. Ce type de capteur impose certaines dispositions de mise en place : le filtre doit être humidifié avant mise en place à l'aide d'une eau à basse tension superficielle. Le compartiment filtrant doit aussi être rempli de la même eau.
- D'autres capteurs électriques sont dits « à corde vibrante » : un diaphragme déformable est soumis à la pression à mesurer. Une corde en acier tendue est reliée à ce dernier. Lorsque le diaphragme se déforme, la tension de la corde varie sa fréquence de vibration aussi. En la mettant en vibration à l'aide d'un électro aimant, il est possible de mesurer sa fréquence. Ce type de capteur est très fiable dans le temps grâce à une construction sous vide. Ces capteurs ont le gros avantage de pouvoir être entièrement enfouis dans le sol. Ils ne risquent donc pas de détériorations et ne nécessitent pas d'entretien, contrairement aux piézomètres. Ils sont aussi plus réactifs car moins dépendants de la porosité du milieu. En effet, les piézomètres doivent pouvoir évacuer un volume d'eau pour se stabiliser à un niveau équivalent à la pression mesurée.

Les extensomètres

Généralement utilisés dans les fondations ou dans le terrain naturel, les extensomètres permettent de mesurer les tassements et étirements entre deux points du milieu suivi.

Le principe de fonctionnement est assez basique : une tige est ancrée en un point et un comparateur est placé entre la tige et un second point. Le schéma suivant présente le principe de fonctionnement de ce capteur :

Les drains

A l'origine, les drains sont mis en place pour faire baisser les pressions interstitielles derrière la paroi étanche de l'ouvrage. Ce sont des tubes crépinés et équipés de filtres qui évacuent l'eau contenue dans le corps de l'ouvrage. Grâce au débit de ces derniers, il est possible d'avoir une idée de l'efficacité de la paroi étanche du barrage. Il existe deux moyens de les mesurer selon leurs débits :

- Par capacité, en mesurant le temps mis pour remplir un volume jaugé,
- Par mesure de la lame déversante en amont d'un seuil calibré.