

Chap. 9**SURVEILLANCE ET AUSCULTATION
DES BARRAGES.****1- Objectifs.**

Le but essentiel recherché par les opérations de surveillance et d'auscultation des barrages, est leur maintien en état de fonctionner et donc à remplir le rôle pour lequel ils sont réalisés et cela pour la durée de leur vie prévue dans les études.

De même que les mesures effectuées peuvent prévenir d'éventuels accidents mais aussi servir à vérifier les méthodes et les hypothèses qui ont servies à leur dimensionnement et d'une façon générale ces mesures et observations serviront à affiner et à parfaire la technologie de réalisation de barrages.

2- Surveillance visuelle.

Tout ouvrage doit faire l'objet d'une surveillance régulière et els remarques sont portés sur un registre tout au long de sa durée de vie. Sur ce registre on doit noter tous les éléments relatifs à sa réalisation et à son exploitation.

La surveillance visuelle porte sur l'examen de la crête des talus, des appuis, du pied, des galeries, des ouvrages annexes etc.

Ces observations permettent de déceler toute anomalie de fonctionnement, de détérioration de parties de l'ouvrage, de fissures, d'inégalité de tassement, d'augmentation ou diminution des infiltrations, de décoloration de l'eau dans la retenue, croissance de végétation, dans la retenue ou sur les parements, d'éboulements, etc.

3- Auscultation et moyens employés.**3-1 Définition.**

L'auscultation d'un barrage, c'est l'exécution d'un ensemble de mesures précises pour pouvoir assurer un suivi de l'évolution de l'ouvrage dans le temps. Ces opérations d'auscultation se divisent en quatre grandes catégories: - Mesure des déplacements superficiels. - Mesure des déplacements internes. - Mesure des déformations locales. - Mesure du phénomène hydraulique.

3-2 Déplacements superficiels.

- **Triangulation.**

Un canevas de points topographiques est mis en place avant le commencement de la construction et il est complété après achèvement des travaux. Le principe de la triangulation consiste à la détermination de la position d'un point par des levées topographiques grâce à leurs coordonnées (par intersection de deux directions ou recoupement de deux distances). La détermination du déplacement d'un point de contrôle situé dans un barrage, sur ses ouvrages annexes ou dans ses environnements par rapport à un point de référence placé hors de la zone d'influence de l'ouvrage se fait par des appareils topographiques de précision (théodolite).

- **GPS (Global Positioning System).**

Le principe de l'utilisation du GPS est relativement récent et se base sur la connexion aux satellites par le biais de récepteur terrestre. L'application de cette méthode à la surveillance des barrages se base sur la détermination précise d'une position par rapport à un point connu, cela peut se faire en positionnant deux récepteurs GPS qui mesurent les distances à des satellites visibles simultanément pour pouvoir calculer les coordonnées et donc les différences de ces coordonnées entre les stations (le traitement des mesures permettent de déterminer d'éventuels déplacements) la méthode est dite : méthode différentielles GPS.

- **Photogrammétrie.**

Cette méthode est la seule qui ne réalise pas des mesures sur le barrage directement, mais les mesures sont faites sur des photographies aériennes qui par des techniques de lecture surtout par l'emploi des logiciels sur ordinateur qui mémorisent des situations et le comparent à d'autres situations à divers dates et époques.

- **Laser scanning.**

Le développement de cette méthode date d'une dizaine d'années son principe est caractérisé par des mesures directes de distances sans réflecteur les mesures peuvent être effectuées à partir d'un point fixe (trépieds) ou d'un point mobile (véhicule, avion). Les mesures traitées par logiciels sous forme de points à comparer avec des points fixes et donc dresser des cartes à deux ou trois dimensions.

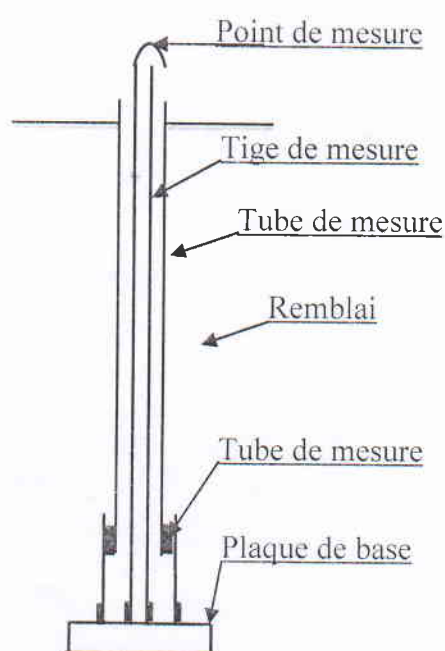
- **Nivellement.**

C'est méthode simple qui est réalisé grâce à niveau qui permet de déterminer les différences de niveaux entre des points données ou les angles de hauteur.

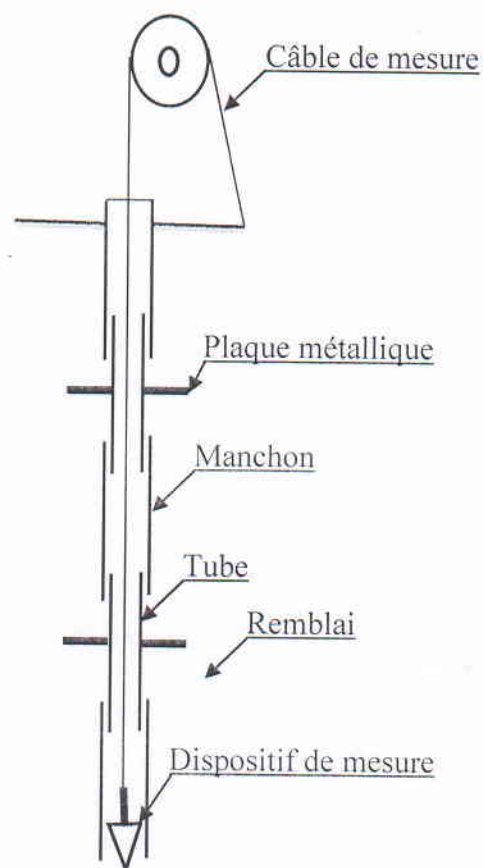
3-3 déplacements internes de l'ouvrage.

Lors des études relatives à la construction du barrage, on estime la valeur du tassement qui est prise en considération dans le dimensionnement de l'ouvrage. Comme le tassement ne doit pas dépasser sa valeur prévue sous réserve de mettre en danger la sécurité de l'ouvrage, il est indispensable de surveiller son évolution dans le temps garce à des dispositifs de mesures installer dans le corps du barrage.

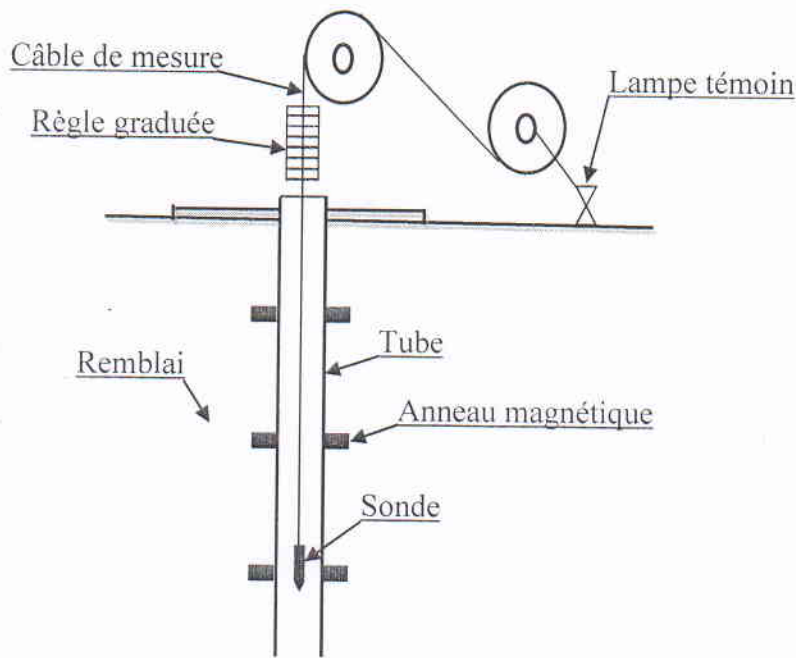
- **Repère de tassement (Tassomètre).**



Tassomètre avec plaque de base

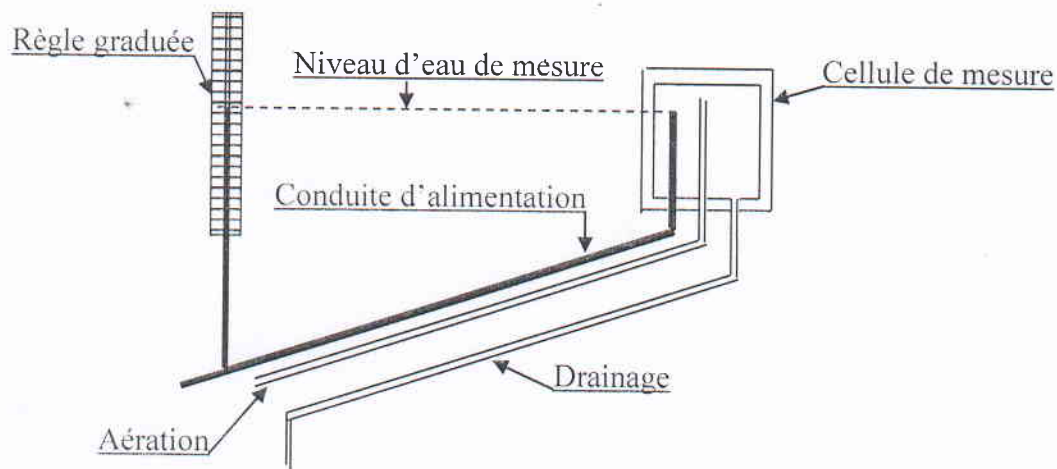


Tassomètre Cross-arms



Tassomètre magnétique

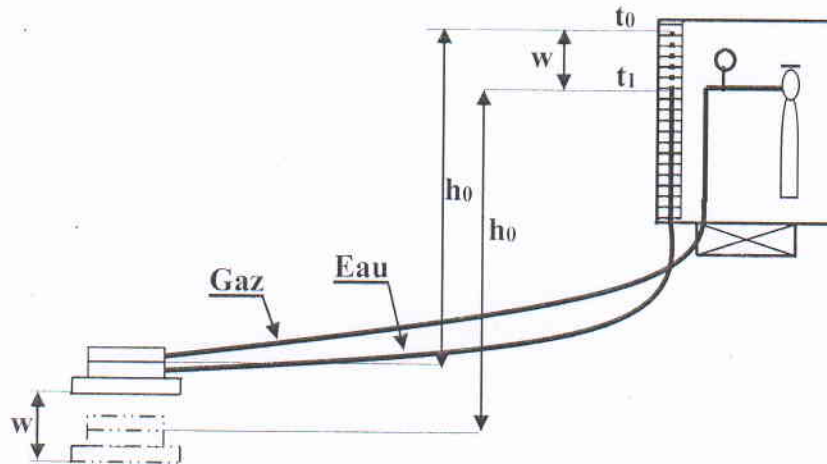
- **Repère de tassement hydraulique.**



Ce système fonctionne selon le principe des vases communiquant, la cellule est placée dans le remblai, une conduite alimente la cellule en eau désaérée jusqu'au trop plein, l'eau en excès est évacuée par un drain et on doit prévoir une aération pour avoir dans la cellule une pression atmosphérique. La lecture se fait sur une règle graduée ou un tube transparent gradué lui-même.

- **Tassomètre LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).**

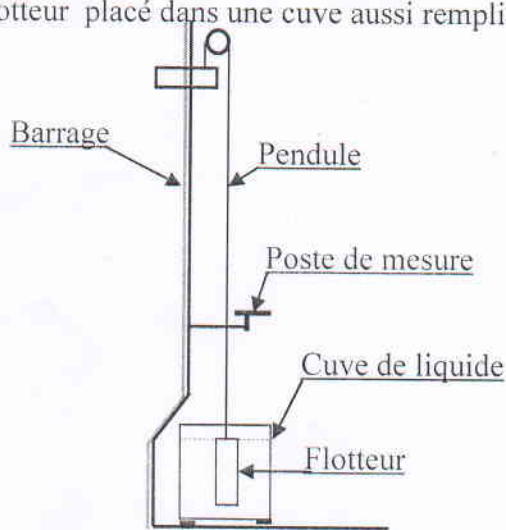
Ce type d'appareil est utilisé quand l'axe de mesure est proche de l'horizontal.



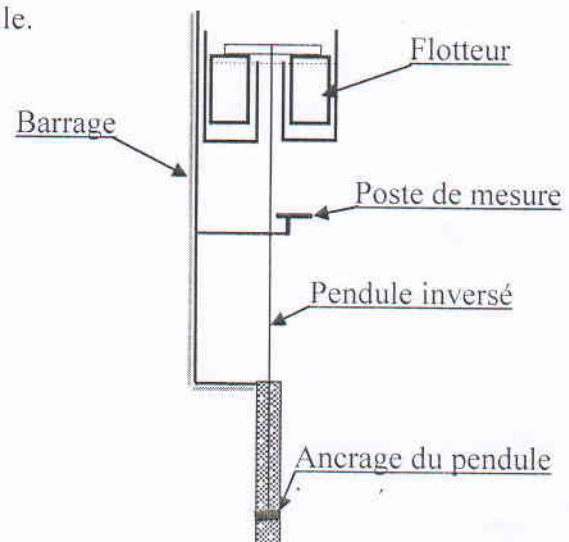
La cellule est remplie à moitié d'eau et de gaz au CO_2 , on applique une pression au CO_2 qui donne une lecture sur la règle graduée de t_0 qui correspond à une pression h_0 . Après tassement on applique une même pression h_0 qui donne la position t_1 et la valeur du tassement serait, $w = t_0 - t_1$

3-4 Le Pendule.

Le principe de fonctionnement d'un pendule est relativement simple et permet la mesure précise des déplacements horizontaux, il est constitué par un fils suspendu, centré avec précision et tendu par un poids. Le poids tendeur du fils est placé dans une cuve généralement remplie d'huile. Le pendule inversé est ancré à son extrémité inférieure et il est muni d'un flotteur placé dans une cuve aussi remplie d'huile.



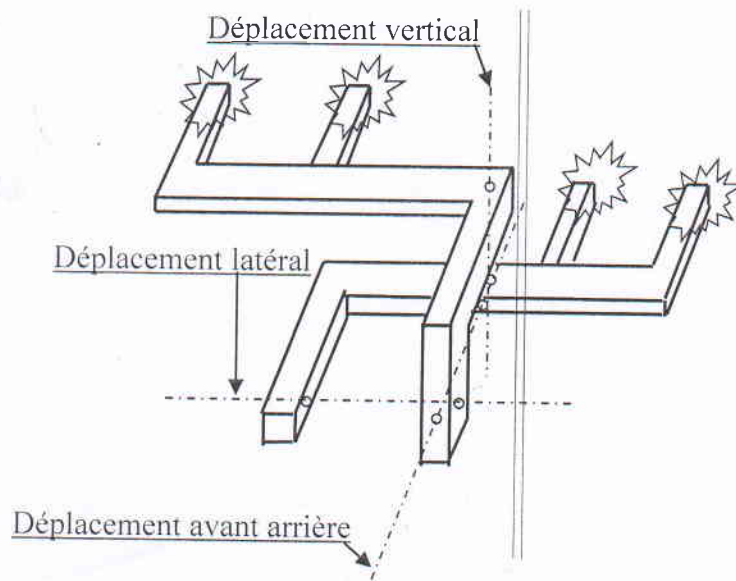
Pendule direct



Pendule inversé.

3-5 Mesure du mouvement de fissures et de joints.

Les instruments de mesure du mouvement sur une fissure ou un joint se basent sur le même principe de mesure d'une longueur entre deux points repères scellés dans une surface en béton. La mesure peut se faire perpendiculairement ou parallèlement à la fissure ou au joint.

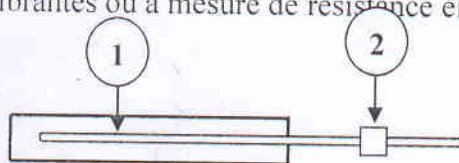


Appareil triaxial ou Vinchon

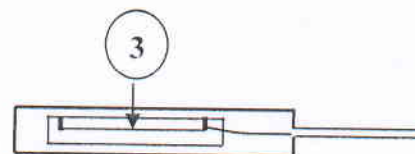
Il existe d'autres appareils qui sont utilisés pour mesurer ces déplacements dans les fissures ou dans joints, dont nous citons : Micromètre, Difformètre, Dilatomètre, Déflectomètre.

3-6 Mesure des contraintes dans les remblais et dans les bétons.

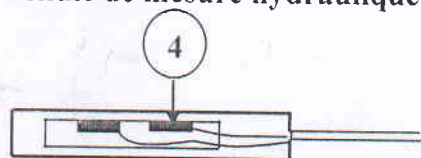
Ces mesures se font à l'aide de capteurs, de pression de formes diverses, noyés dans le remblai ou dans le béton, les valeurs ainsi sont transmises soit par câble soit tube flexible. Il existe des cellules de capteurs de pression à mesures hydrauliques, à mesure avec cordes vibrantes ou à mesure de résistance électrique.



Cellule de mesure hydraulique



Cellule de mesure par corde vibrante



Cellule de mesure par résistance électrique

1-Chambre de mesure avec liquide.

2-Membrane de mesure de pression.

3-Corde vibrante.

4-Résistance électrique.

3-7 Mesure de la température dans le béton.

La température dans le béton peut être déterminée par un thermomètre industriel à capillaire qu'on introduit dans un forage ou dans un tube pour lire la température à la profondeur voulue. On peut également employer le thermomètre électrique qui est soit à résistance, un thermo-élément ou à corde vibrante.

Si l'on cherche à avoir la répartition de la température dans le béton ou la modification de la température par les infiltrations, on utilise capteurs distributeurs de température à fibres optiques.

3-8 Mesure du débit d'infiltration et de drainage.

- **Mesure volumétrique avec récipient.**

L'eau qui s'écoule dans une rigole ou d'un joint est récupérée dans un récipient à volume connu et le temps de remplissage est compté.

- **Déversoir et canal de mesure.**

Le débit est mesuré dans un canal de mesure, par le biais d'un déversoir à mince parois triangulaire ou trapézoïdale ou d'un venturi. La mesure se fait soit par échelle limnimétrique, une équille de mesure, d'une sonde à ultrasons, sonde pneumatique.

Pour la mesure du débit dans les tubes, on emploie en général un venturi avec système de mesure à électromagnétique ou à ultrasons.

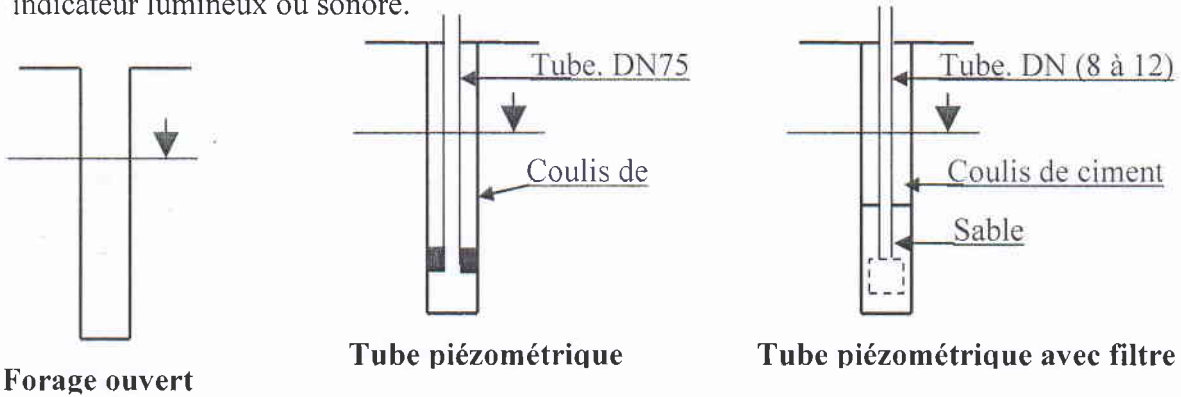
3-9 Piézomètre.

Dans les barrages le phénomène hydraulique se rapporte en particulier aux éléments suivants :

- position de la ligne de saturation dans le remblai et dans la fondation.
- Pressions interstitielles dans les remblais.
- Débit d'infiltration.

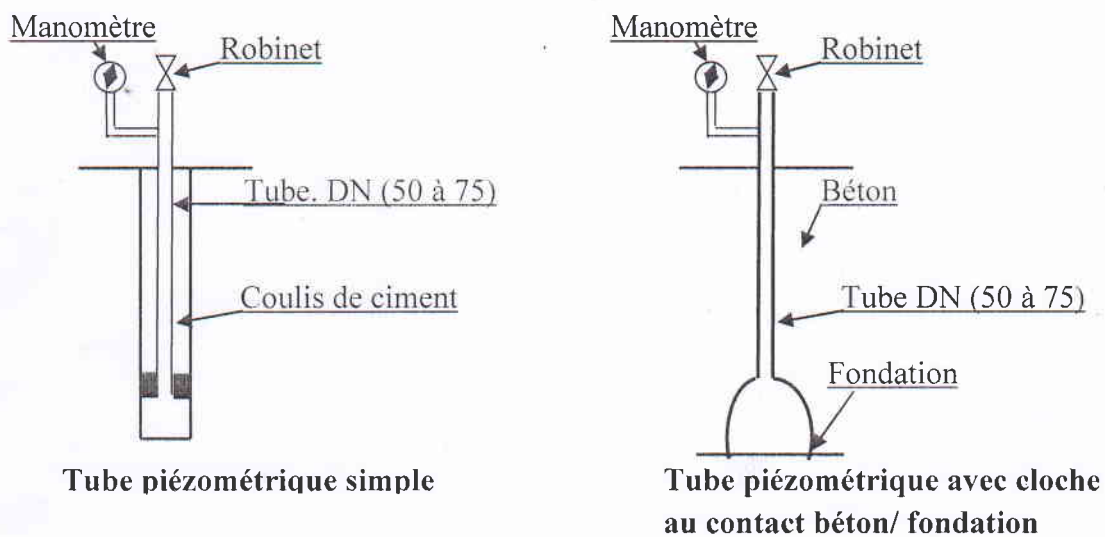
- **Piézomètres à système ouvert.**

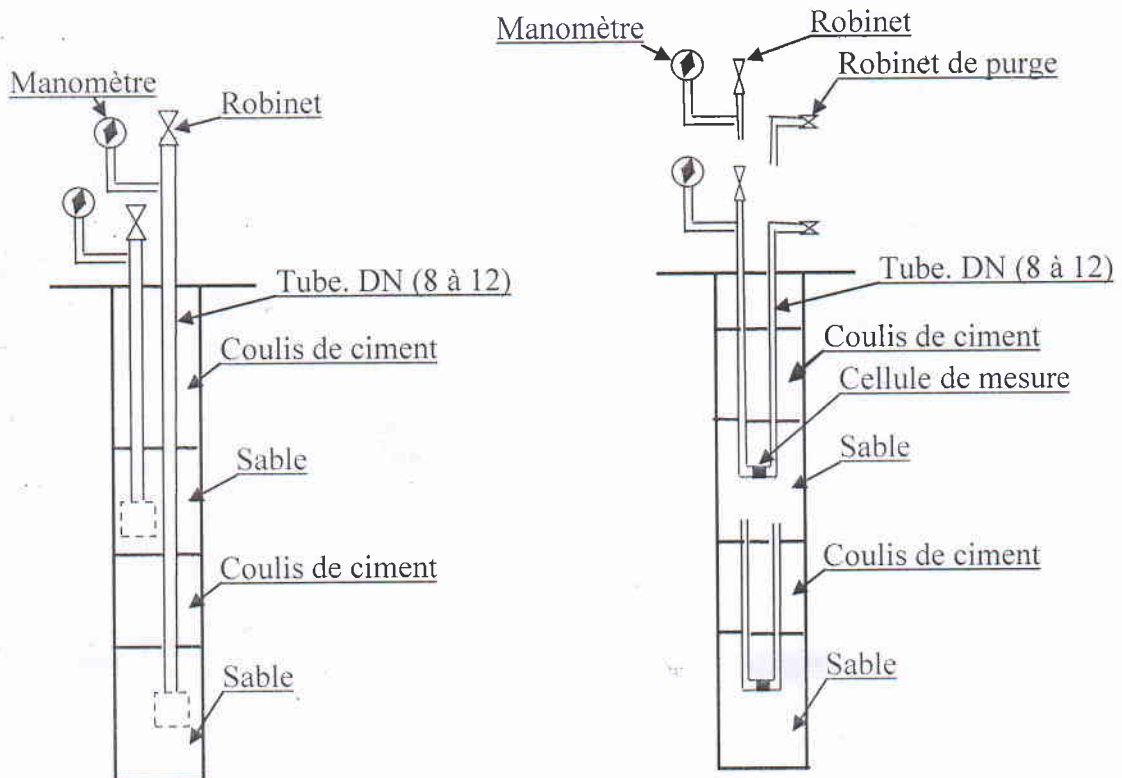
Le niveau d'eau dans les piézomètres est relevé à l'aide d'une sonde niveau équipé d'un indicateur lumineux ou sonore.



- **Piézomètres à système fermé.**

Dans ce type de piézomètre la mesure se fait grâce à un manomètre relié au point de mesure dans le barrage ou dans ses fondations. Ce genre de piézomètre est adopté lorsque la pression dépasse le niveau de la tête du piézomètre.





Tube piézométrique avec filtre et plusieurs points de mesure

Tube piézométrique avec cellule de mesure de mesure

3-10 Mesure du niveau du plan d'eau.

Dans le but de contrôler le niveau d'eau dans la retenue et cela pour savoir à tout moment le volume disponible dans le barrage, pour se faire nous avons plusieurs méthodes et moyens, dont nous citons les plus utilisées.

- **Balance à pression.**

C'est un appareil qui permet de mesurer la pression hydrostatique dans la retenue. Il est constitué en général d'un capteur de pression ou d'un manomètre de précision.

- **Flotteur.**

C'est flotteur simple qui permet surtout de mesurer les niveaux hauts de la retenue.

- **Echelle limnimétrique.**

C'est barre en bois ou acier inoxydable par l'eau graduée en décimètres et centimètres, il existe plusieurs modèles.

- **Manomètre.**

C'est manomètre placé généralement au niveau bas de retenue et il est lié par une conduite à la retenue. Il mesure la pression hydrostatique qui permet de savoir la hauteur d'eau au-dessus du point de mesure.

- **Sonde pneumatique.**

C'est une sonde qui sert à mesurer le niveau dans la retenue, le principe de son fonctionnement se base sur la compression d'azote ou d'air introduit dans un tube ouvert sous l'eau, et lorsque des bulles s'échappent dans l'eau une pression de gaz équivalent à la pression hydrostatique s'installe dans cette conduite et elle est mesurée par un capteur de pression.

- **Sonde à ultrasons.**

C'est un équipement qui sert à détecter le niveau du plan d'eau par réflexion d'impulsions d'ultrasons. La distance entre l'émetteur d'ultrasons et le plan d'eau à partir du temps d'émission d'ultras sons et leur réception et de la vitesse de propagation d'ultrasons dans l'air.