

Mesure de flèche d'un radier par nivellement hydrostatique

par Michel ALVERGNAT

SUMMARY. — For nuclear power station, at the end of building reactor construction, it must be done a pressure test inside all the structure.

In order to know exactly settlement between center and circumference of raft foundation bred by the pressure, we have to set up a telemetrical equipment inside the bulding.

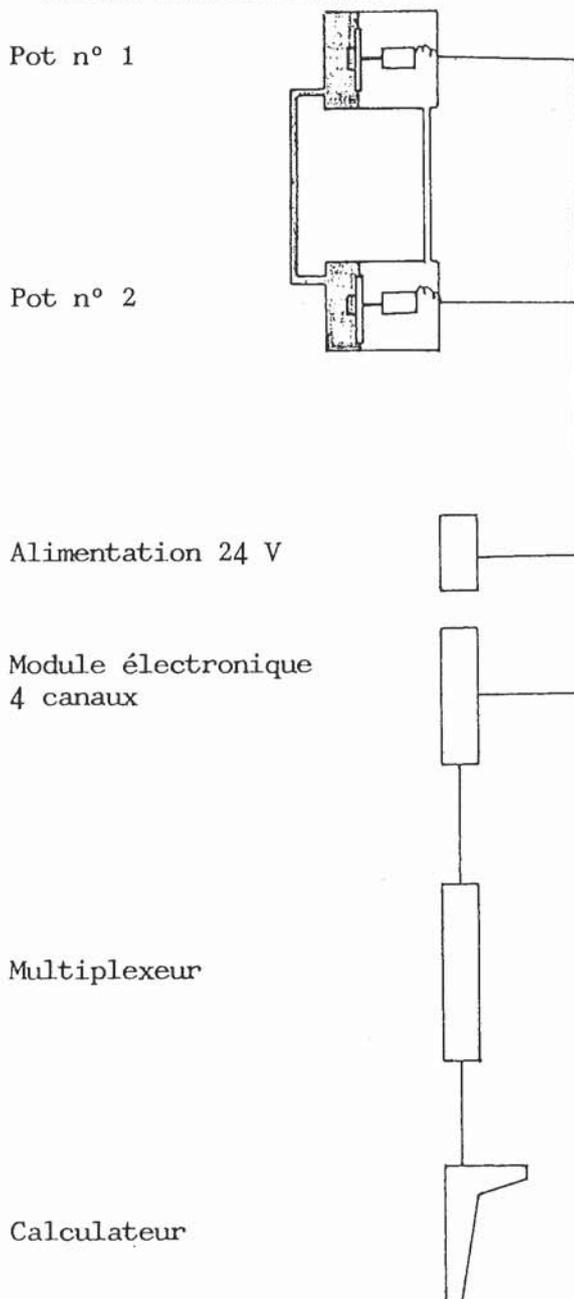
This system consists on two hydrostatic tanks filled with water, linked by a plastic pipe.

The variation of level inside tanks are caught by captors (range = 1 cm ; accurary = 644 mwolt/mm) which send inducted current signal to a computer outside the building reactor.

Results have permitted to know the variations of compression under raft foundation, during the pressure test.

La nécessité de connaître le suivi des ouvrages pose quelquefois des problèmes aux topographes qui ont pour habitude de mesurer directement avec des instruments classiques, soit des formes de terrain ou d'ouvrage, soit les mouvements de ceux-ci.

MESURE DE LA FLECHE DU RADIER PENDANT L'EPREUVE ENCEINTE DU REACTEUR 1



Le site de Nogent-sur-Seine où sont en construction 2 tranches nucléaires PWR de 1 300 MW, n'échappe pas à ces exigences.

Le problème posé est celui de la mesure de la flèche entre le centre et la périphérie du radier d'un réacteur, pendant la période d'essai de mise en pression de l'enceinte.

Cet essai d'épreuve enceinte consiste à gonfler le bâtiment réacteur, en passant par des paliers successifs, jusqu'à 4,2 bars, et de mesurer l'étanchéité du bâtiment.

Pour quelle raison la flèche du radier pendant cet essai est-elle à mesurer ?

Tout simplement pour confirmer le calcul de cette flèche, car pendant l'essai de gonflement, la déformation au centre du radier provoque un écrouissage supplémentaire du sol sur lequel repose le réacteur ; la connaissance de l'ensemble des contraintes au sol sous le réacteur est importante.

Par ailleurs, il faut noter qu'à l'intérieur du radier, un système d'auscultation altimétrique est installé dans la galerie périphérique.

Ce système est opérationnel depuis l'origine de la construction et cela jusqu'à la fin du fonctionnement de la centrale.

Pendant l'essai, 8 mesures d'auscultation ont été réalisées.

L'inaccessibilité du centre du radier pendant l'épreuve enceinte nous a donc conduits à adopter un dispositif par télémesure ; celui-ci a l'avantage de numériser en continu l'évolution de la flèche du radier, en fonction de la pression de gonflage (vitesse de gonflage : environ 80 mb/h ; dégonflage : environ 100 mb/h).

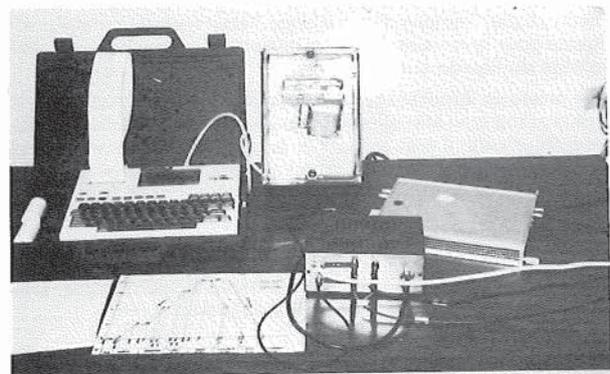
La recherche d'un matériel opérationnel nous a conduits au CERN (Centre Européen pour la Recherche nucléaire).

Cet organisme a développé, pour ses propres besoins, un pot de mesures hydrostatiques, aux caractéristiques suivantes : plage de mesure 1 cm - sensibilité des capteurs 644 mvolt/mm.

Ce matériel est normalement étanche ; notre hantise était qu'il ne supporte pas la pression nominale de l'essai.

Le déroulement satisfaisant de l'épreuve nous prouvera que nos craintes n'étaient pas fondées.

L'interface entre les pots de mesure et le calculateur était assurée par le Département Mesures de la Société Simexsol.



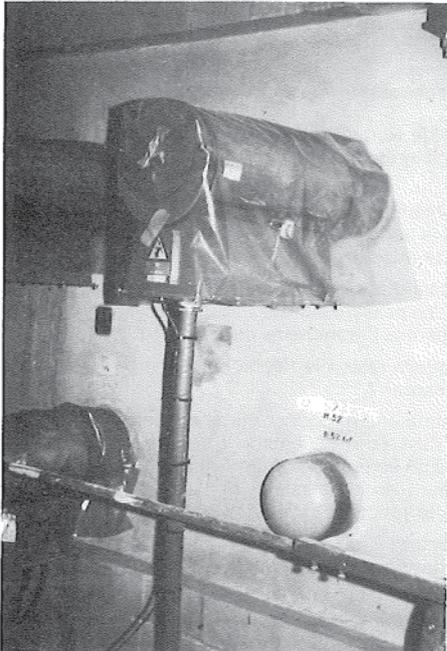
Chaîne de mesure

Afin de tester le fonctionnement de la chaîne de mesure, l'installation du matériel a été réalisée 8 jours avant la fermeture du réacteur ; nous nous soucions de savoir si ce matériel, essen-

tiellement conçu pour fonctionner en Laboratoire, risquait de subir des dommages occasionnés par le travail des monteurs mécaniciens ou des personnes chargées du nettoyage du bâtiment avant sa fermeture.

La partie la plus délicate se trouvait être la liaison hydraulique, d'une trentaine de mètres, entre les deux pots de mesures ; heureusement il n'y eut pas de problème et, au jour J, l'installation était opérationnelle.

La mesure s'effectue par différence de niveau hydraulique, à l'intérieur de deux pots hydrostatiques reliés entre eux par une tuyauterie.



Traversée électrique étanche

A l'intérieur de chaque pot de mesures, le noyau plongeur du capteur est en contact avec le flotteur. Les variations du niveau du flotteur, transmises au capteur, génèrent un courant induit envoyé au multiplexeur.

La somme algébrique de la différence voltométrique du courant issu de chacun des capteurs, par rapport à la mesure initiale en début d'essai, après étalonnage de la chaîne électronique, est traduite en millimètres.

$$\Delta H = (I1_0 - I1_n) - (I2_0 - I2_n) \times \text{constante}$$

Le ΔH mesuré donne donc directement la variation relative (en mm) du centre du radier par rapport à la périphérie.

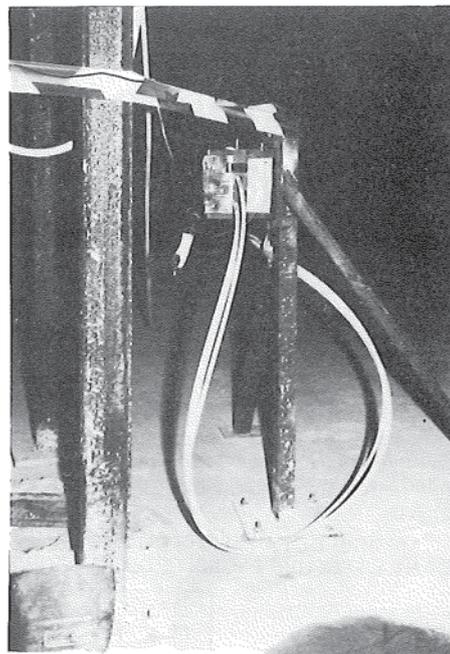
Les pots de mesures sont montés sur des supports en acier, fixés au sol et confortés par des étais afin que les capteurs ne subissent aucune vibration.

Deux liaisons relient physiquement les pots de mesures : l'une "gaz" pour équilibrer les pressions dans les deux pots, l'autre "hydraulique" remplie d'un mélange "eau + produit mouillant" (liquide pour lave-vaisselle) pour diminuer au maximum les contraintes du liquide sur les parois.

La phase de remplissage de la tuyauterie doit s'effectuer avec le plus grand soin afin qu'aucune bulle d'air ne subsiste à l'intérieur. Pour cela, il faut siphonner le contenu d'un grand réservoir dans un autre par l'intermédiaire de la tuyauterie utilisée pour l'essai et maintenir le circuit en fonctionnement 15 minutes.

Matériel utilisé pour cette mesure

- pots de mesures
Fabrication CERN - avec capteur Sangamo-Schlumberger - tension de sortie +/- 4V - haute impédance ;
- module électronique
4 canaux disponibles - alimentation 24 volts filtrée ;
- multiplexeur
Fabrication Simecsol - transformation de la tension de sortie des capteurs en signaux numériques ;
- calculateur
Epson PX8 - MEV 64 Ko.



Pot de mesure au Centre

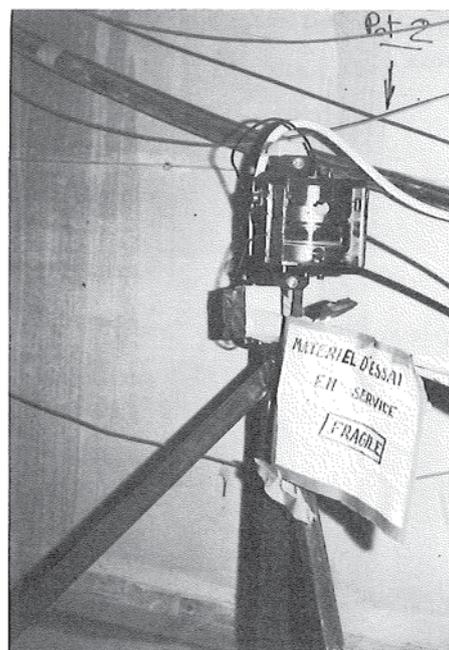
Le fonctionnement de la chaîne de mesure a permis de saisir l'évolution de la flèche au centre à partir du début du gonflage jusqu'au retour à la pression atmosphérique, avec le pas de mesure d'un enregistrement toutes les heures.

La flèche maximum mesurée est de - 7,30 mm au centre pour la pression maximum ; la flèche résiduelle en fin d'essai de - 2,7 mm.

Pour cette dernière valeur, nous avons dû apporter une petite correction à l'enregistrement donné par les capteurs car la dernière mesure d'auscultation du radier, sur les 20 points de la périphérie, mettait en évidence une légère variation du plan ausculté en fin d'essai.

Lors de l'implantation des pots de mesures, nous avons pris la précaution de les positionner sur la ligne de plus grande pente du plan, définie lors des auscultations antérieures à l'essai.

La connaissance exacte des deux valeurs caractéristiques, flèche maximum et flèche résiduelle, a permis aux ingénieurs mécaniciens du sol, d'enregistrer les valeurs exactes d'écroûissage pendant cet essai ; mais la mesure en continu aura permis de vérifier la déformation du radier, en fonction de la pression interne du bâtiment.



Pot de mesure en périphérie