

les fondations du barrage de Ridracoli (Italie)

P.P. ROSSI

Ingénieur responsable de la division géomécanique Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (I.S.M.E.S.)

1. INTRODUCTION

Le barrage de Ridracoli constitue l'ouvrage principal du vaste projet du réseau de distribution d'eau potable à un ensemble de 25 communes en Romagne, Italie (fig. 1).

Le commettant de l'ouvrage est le consortium des eaux des provinces de Forli et de Ravenne qui a confié le projet à la Société Alpina, de Milan.

Le barrage est situé dans les Apennins centraux entre les régions de Toscane et de Romagne, à 50 km de la ville de Forli, et barre la vallée du fleuve Bidente à 460 m d'altitude, constituant un réservoir d'environ 30 millions de m³ (fig. 2).

Le barrage du genre poids-voûte (1) s'appuie sur un «pulsino» de fondation et présente une hauteur maximum de 103 m, le développement du couronnement étant de 432 m avec un volume total de béton de 59 000 m³.

La figure 3 montre le barrage pendant la construction.

(1) Si un tel barrage à double courbure est appelé poids-voûte en Italie, on préférerait l'appeler en France voûte épaisse.

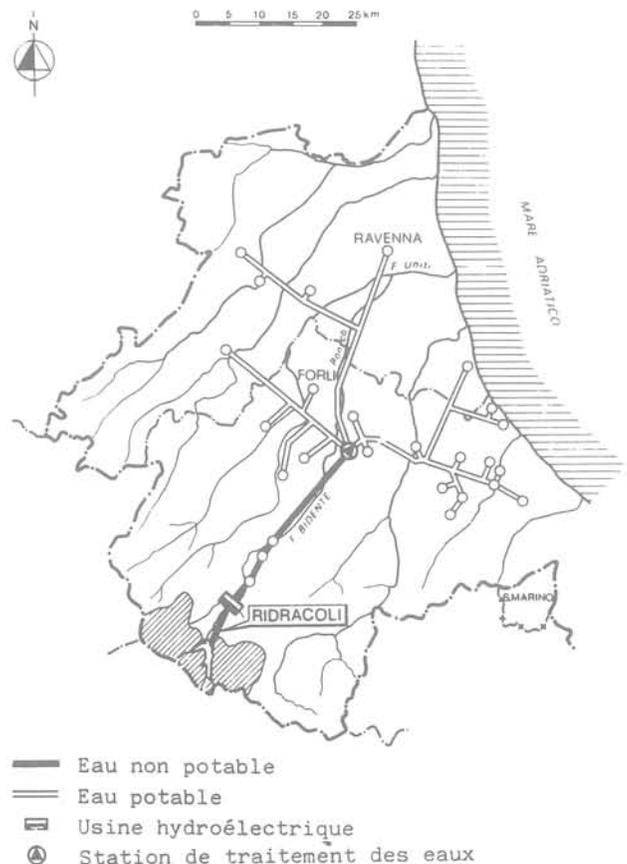


Fig. 1. — Schéma général de l'installation.

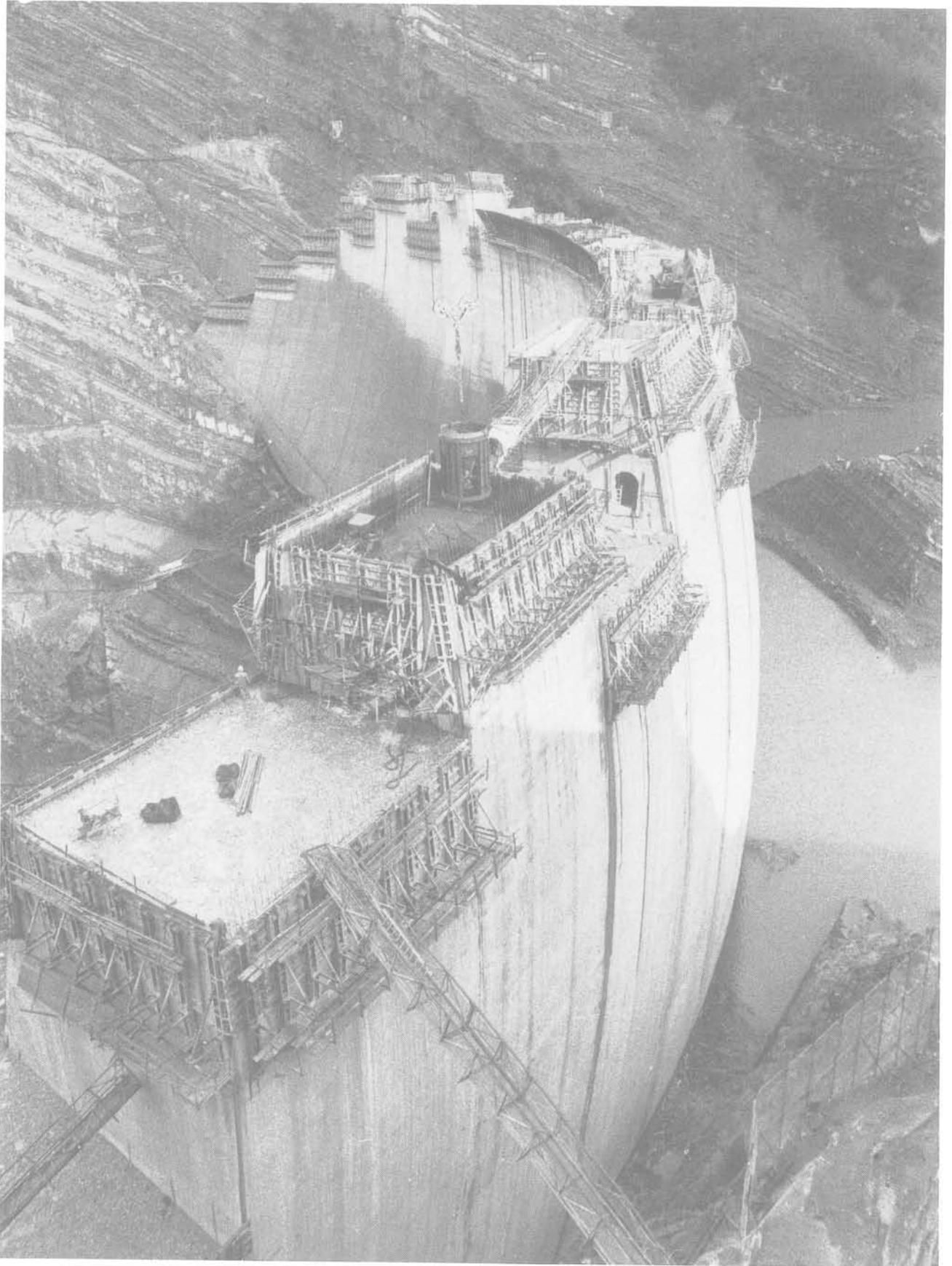


Fig. 3. — Vue du barrage en construction.



Fig. 2. — Plan de la vallée et du barrage: en pointillé galeries de reconnaissance, galeries de dérivation, et tunnel de la route d'accès au sommet de la rive gauche.

2. CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES ET STRUCTURALES DE LA FORMATION ROCHEUSE DE FONDATION

Dans la surface du réservoir et dans la section d'appui du barrage affleure presque partout une formation de marnes et de grès du Miocène.

Cette formation, ayant une épaisseur de plus de 5 000 m, est constituée par une alternance rythmique de grès (44 %), de siltites et de marnes (56 %).

Chaque séquence marne-grès a des épaisseurs variables allant de quelques décimètres jusqu'à plus de 7 m et présentant une grande continuité selon le plan de stratification. Les couches sont parfois des intercalations de quelques centimètres de marne laminée et feuilletée et de voiles de calcite secondaire fortement striée dans le sens du plongement des couches.

Dans la zone du barrage, la succession présente un plongement vers le sud-ouest avec une allure monoclinale régulière.

La figure 4 montre une coupe géologique relevée le long de la vallée du fleuve Bidente. On peut y observer que dans la zone d'appui du barrage la formation marne-grès présente une stratification très régulière. En amont et en aval du barrage sont clairement visibles deux chevauchements ayant dérangé profondément la formation et ayant donné lieu à de nombreuses failles.

Le schéma structural du massif rocheux d'appui du barrage a été déterminé par un levé stratigraphique de

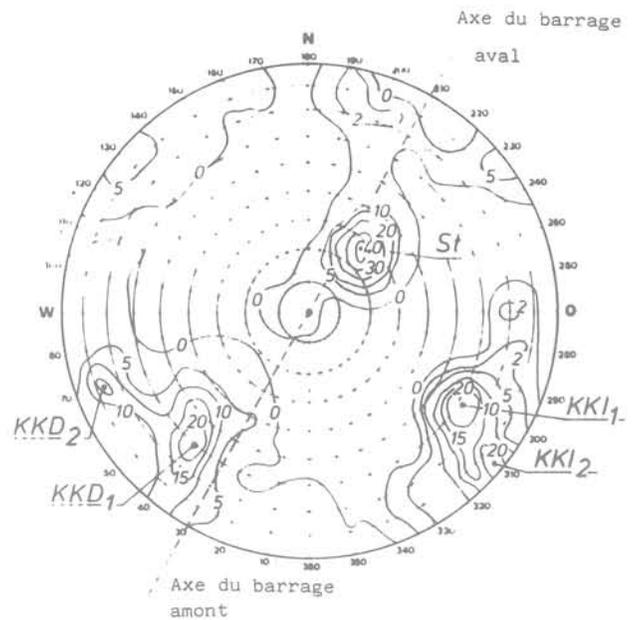


Fig. 5. — Schéma des caractéristiques structurales du massif rocheux d'appui du barrage (diagramme de Schmidt).

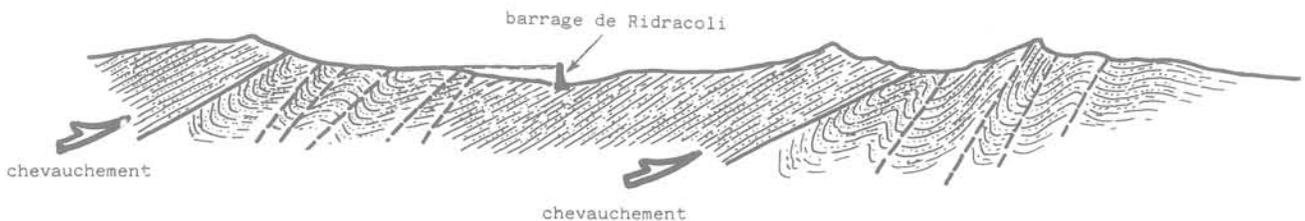


Fig. 4. — Coupe géologique le long de l'axe de la vallée.

surface détaillé concernant 660 couches et aussi par 20 sondages poussés jusqu'à une profondeur d'environ 80 m. Les principales caractéristiques structurales du massif rocheux illustrées dans le diagramme polaire de la figure 5 sont les suivantes :

— un système de joints de stratification S_t avec plongement vers l'amont selon l'axe du barrage de 218° , avec un pendage de 27° ;

— quatre systèmes de fractures subverticales, concernant surtout le grès, dont deux (KKI) ayant presque la même direction que l'axe de la vallée et les deux autres (KKD) à peu près perpendiculaires aux précédentes. Ces fractures présentent des ouvertures de 1 à 3 mm remplies de calcite et parfois de matière terreuse mais seulement dans les zones les plus décomprimées et superficielles.

Les principaux systèmes de discontinuité présents dans le massif rocheux sont indiqués dans le schéma structural simplifié de la figure 6.

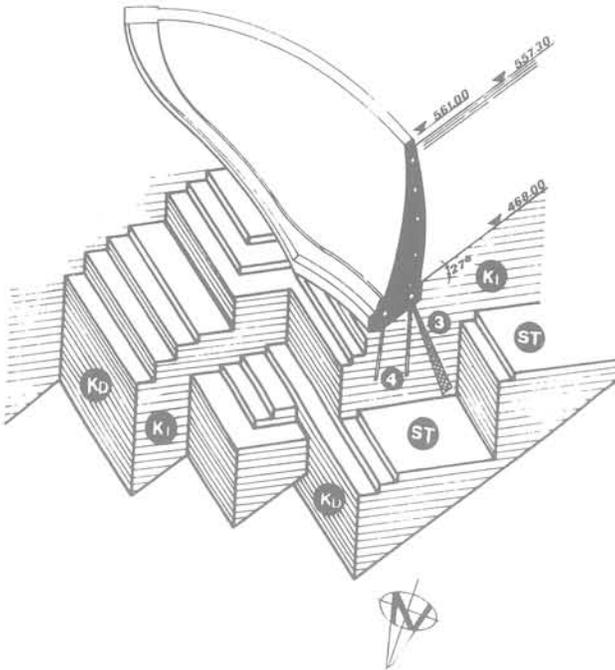


Fig. 6. — Représentation schématique des principaux systèmes de joints.

L'étude des surfaces de stratification a été effectuée avec une attention particulière, avec un levé photogrammétrique détaillé réalisé dans la zone d'appui du barrage, après avoir mis à nu le substrat rocheux.

On a observé la présence de 3 joints de stratification caractérisés par des intercalations de marne laminée. Le long de ces joints, la résistance au glissement s'abaisse jusqu'à des valeurs très petites.

Dans la coupe de la figure 7 est illustrée la série stratigraphique concernant la fondation du barrage avec indication de la position des 3 joints de stratification caractérisés par la présence de la marne laminée, ainsi que le pourcentage de marne et de grès présent dans les différentes couches du massif rocheux.

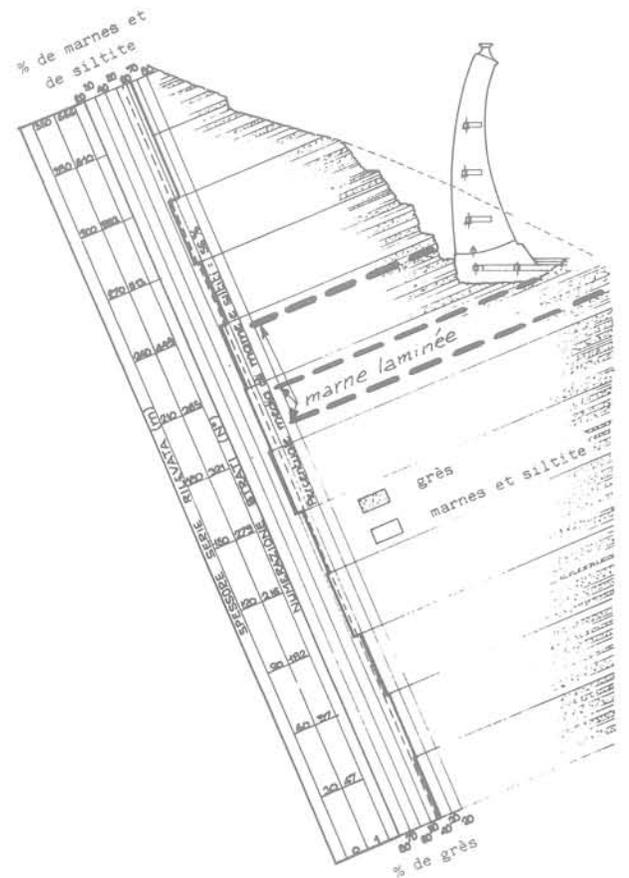


Fig. 7. — Relevé stratigraphique de la fondation du barrage.

Dans la figure 8 on voit une vaste partie de la roche d'appui du barrage rive droite.

3. CARACTÉRISATION MÉCANIQUE DE LA FORMATION ROCHEUSE DE FONDATION

Une vaste série d'essais « in situ » et au laboratoire a été effectuée par I.S.M.E.S. pour déterminer les caractéristiques mécaniques du massif rocheux et des différents types de roche composants.



Fig. 8. — Vue générale de la rive droite avec l'indication de la zone d'appui du barrage.

3.1. Essais de laboratoire

Des essais de laboratoire effectués sur des échantillons cylindriques ayant un diamètre $\Phi = 80$ mm et une hauteur $h = 160$ mm, prélevés avec un triple carottier, ont donné, pour les deux types de roche, les valeurs moyennes suivantes (tableau I).

TABLEAU I

	Grès	Marne et siltite
Poids volumique (g/cm^3).....	2,70	2,65
Résistance à la compression monoaxiale (MPa).....	de 75 à 145	de 45 à 74
Module d'élasticité (MPa).....	de 18 000 à 26 000	de 8 000 à 18 000

Sur le lithotype marneux ont été effectués de nombreux essais de compression monoaxiale et triaxiale pour l'étude des caractéristiques mécaniques de déformabilité et de résistance en fonction de l'orientation entre le plan de sédimentation et la direction des contraintes. Les échantillons ont été prélevés avec trois angles d'inclinaison (α) différents par rapport à la surface de stratification :

$$\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$$

Les résultats des essais, effectués avec les valeurs suivantes de la pression de confinement

$$0 - 2,5 - 5,0 - 10 - 15 \text{ (MPa)}$$

sont résumés dans le diagramme de la figure 9 dans

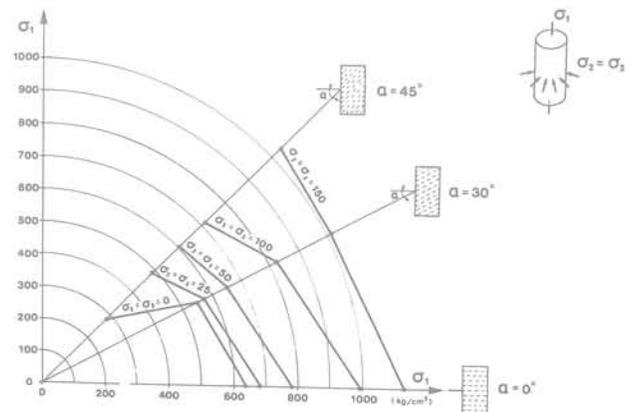


Fig. 9. — Essais triaxiaux de laboratoire sur échantillons de marne. Etats de contrainte de rupture en fonction de l'angle entre l'axe de l'échantillon et le plan de stratification (les échelles et les pressions de confinement sont en kg/cm^2 , le texte en MPa; $1 \text{ MPa} = 10 \text{ kg/cm}^2$).

laquelle sont indiquées les valeurs moyennes de la résistance à la compression en fonction du confinement latéral ($\sigma_2 = \sigma_3$) et de l'angle α entre la direction de la contrainte axiale σ_1 et le plan de stratification.

On observe une sensible diminution de la résistance lorsqu'on passe des essais avec $\alpha = 0^\circ$ à ceux avec $\alpha = 45^\circ$. Cette diminution de résistance apparaît de moins en moins accentuée à mesure que la pression de confinement augmente.

3.2. Essais « in situ »

En tenant compte des caractéristiques structurales particulières de la formation rocheuse de fondation du barrage, les essais effectués sur place se sont montrés beaucoup plus intéressants et plus significatifs que les essais en laboratoire, car ils ont permis de déterminer les caractéristiques mécaniques d'échantillons de grand volume certainement très représentatifs du massif rocheux.

A l'intérieur des galeries de reconnaissance creusées dans la zone d'appui du barrage, les caractéristiques mécaniques du massif rocheux ont été déterminées au moyen des essais suivants :

- Essais de déformabilité (charge sur plaque, chambre hydraulique, vérin plat).
- Essais de charge à longue durée avec vérin plat pour la détermination des caractéristiques de fluage.
- Essais de cisaillement le long des joints de stratification.

3.2.1. Essais de déformabilité

• Essais de charge sur plaque

De nombreux essais de charge sur plaque ont été effectués dans quelques sections des galeries de reconnaissance.

Ces essais ont été faits, soit dans la direction perpendiculaire soit dans la direction parallèle à la stratification,

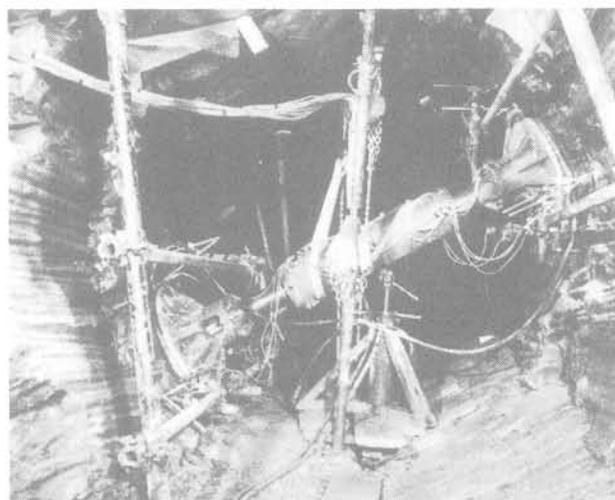


Fig. 10. — Essai de charge sur plaque en direction parallèle au plan de stratification.

en utilisant des vérins plats circulaires ayant un diamètre $\Phi = 60$ cm et une pression uniformément distribuée jusqu'à une valeur maximum de 6 MPa (fig. 10).

L'emploi de vérins plats appliqués directement à la surface rocheuse, qui doit être aplanie auparavant, permet d'obtenir une distribution uniforme des contraintes, ce qui donne ainsi, avec une bonne approximation, le schéma théorique d'une plaque parfaitement flexible.

Les déterminations des déformations dérivant de l'application de la charge ont été effectuées avec des extensomètres multibase spéciaux, à l'intérieur de trous de sondage ayant un diamètre $\Phi = 75$ mm perforés au centre de la surface de charge.

Dans la figure 11 sont représentés les diagrammes des déformations obtenues pour une section-type de la galerie de reconnaissance dans laquelle ont été effectués deux essais de charge (un en direction perpendiculaire et l'autre en direction parallèle à la stratification). Ces déformations ont été représentées dans le diagramme en fonction de leur profondeur et de trois valeurs différentes de la contrainte appliquée (2, 4, 6 MPa).

Les valeurs moyennes des modules de déformabilité pour chacune des trois valeurs de la charge à plusieurs profondeurs de la surface sont indiquées dans les tableaux ci-après (tableaux II et III).

La technique de mesure adoptée permet d'évaluer le module de déformabilité du massif rocheux non

TABLEAU II

Modules de déformabilité E_d (MPa/10 ²) dans la direction perpendiculaire à la stratification			
profondeur (cm)	0	25	50
$\Delta\sigma$ (MPa)			
2	98	138	152
4	77	117	139
6	78	118	139

TABLEAU III

Modules de déformabilité E_d (MPa/10 ²) dans la direction parallèle à la stratification			
profondeur (cm)	0	25	50
$\Delta\sigma$ (MPa)			
2	190	275	250
4	155	210	200
6	145	200	213

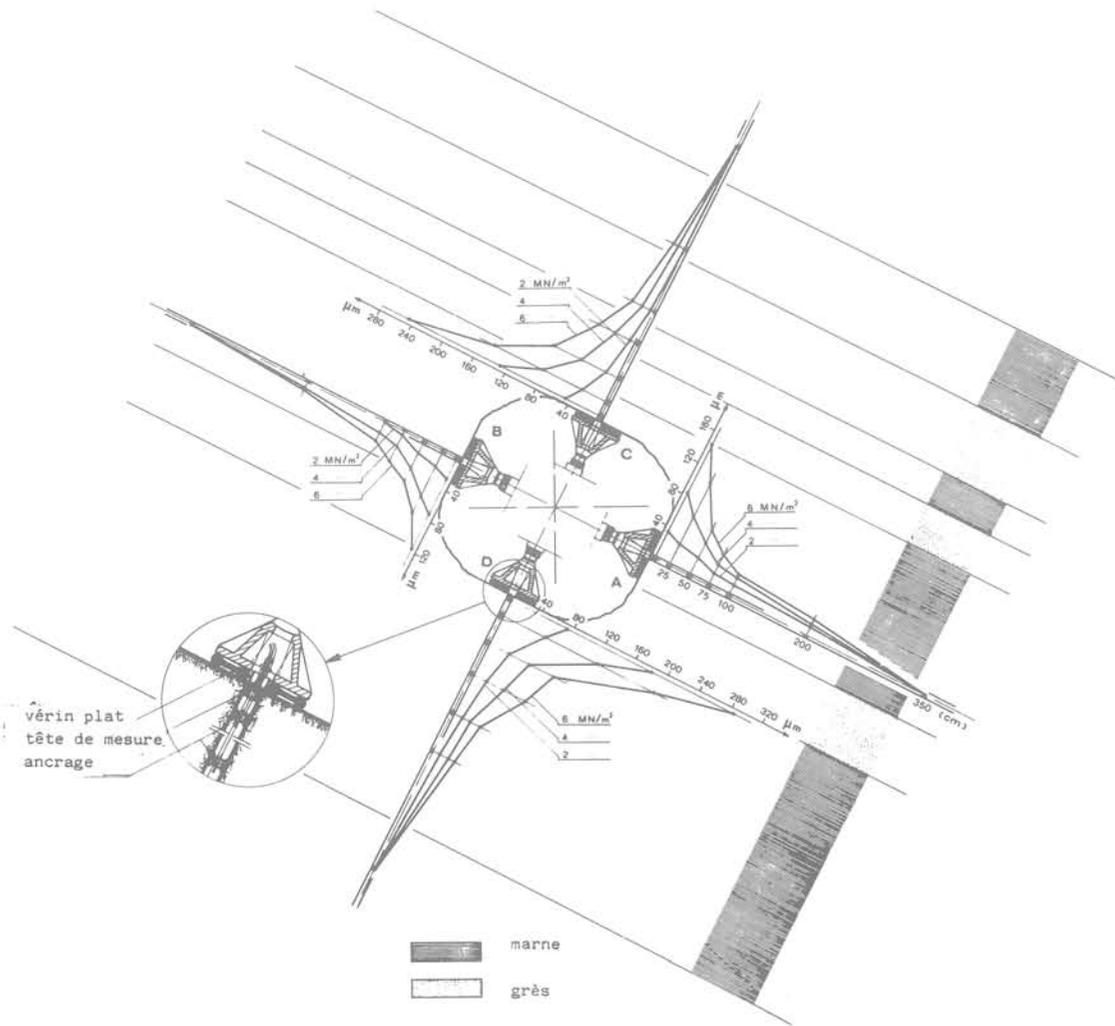


Fig. 11. — Essais de charge sur plaque en direction perpendiculaire et parallèle à la stratification. Diagrammes des déformations en fonction de la profondeur de la surface de charge.

dérangé au-dessous de la couche de roche superficielle altérée qui se trouve autour de la galerie de reconnaissance.

L'épaisseur de cette couche altérée était de 50 cm environ dans la direction perpendiculaire aux couches, comme on a pu le démontrer au moyen d'essais de vitesse sonique et de carottage sonique effectués à l'intérieur des trous perforés au centre des surfaces de charge.

Les mesures de vitesse sonique (V) effectuées à l'intérieur des trous ont été comparées avec les valeurs des modules de déformabilité E_d fournies par les essais de charge sur plaque. Dans la figure 12 est indiquée la corrélation entre E_d et V^2 trouvée dans une section d'essai de la rive droite.

● Essais avec chambre hydraulique

La présence de couches de grande épaisseur (jusqu'à 2 m) a conduit à recourir à des techniques d'essais

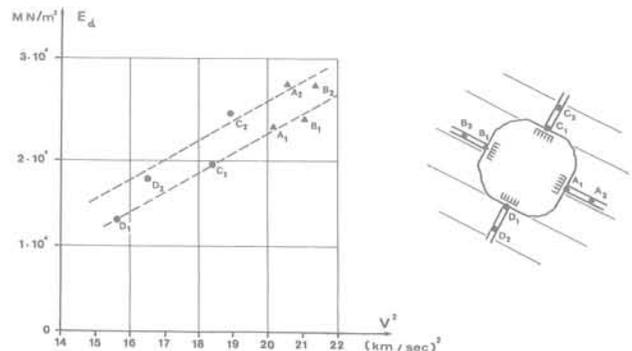


Fig. 12. — Essais de charge sur plaque. Corrélation entre le module de déformabilité (E_d) et la vitesse de propagation des ondes élastiques longitudinales (V) à deux profondeurs différentes de la surface de charge (7 cm et 50 cm).

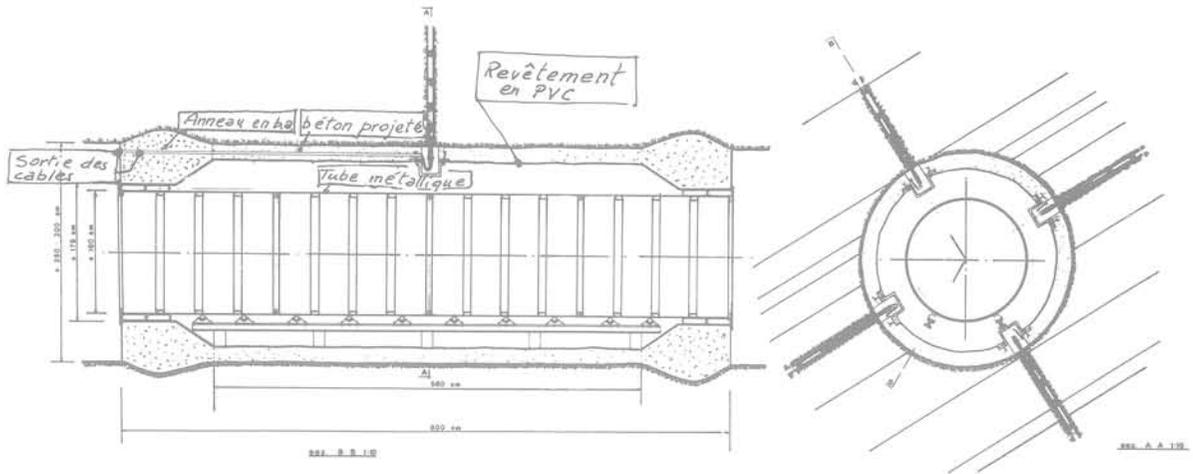


Fig. 13. — Schéma de l'essai avec chambre hydraulique.

capables de déterminer le comportement en déformation du massif rocheux sur volumes de dimension considérable.

Dans ce but, on a utilisé la technique d'essai avec chambre hydraulique, en appliquant sur la paroi de la galerie de reconnaissance, ayant un diamètre $D = 3$ m, une pression hydrostatique uniforme jusqu'à une valeur maximum de 4 MPa sur une longueur de 8 m. L'essai a été effectué aussi bien pour la rive droite que pour la rive gauche d'après le schéma représenté dans la figure 13. Cette technique, mise au point par

I.S.M.E.S., a été récemment perfectionnée au moyen d'améliorations essentielles du système d'application de la charge et de mesure.

Les déformations résultant de l'application de la charge ont été mesurées dans la section centrale de la chambre au moyen d'extensomètres multibases installés à l'intérieur de trous radiaux perforés dans les directions perpendiculaire et parallèle aux surfaces de stratification.

Dans la figure 14 on peut voir l'intérieur de la chambre pendant l'installation des extensomètres.



Fig. 14. — Vue de l'intérieur de la chambre pendant le montage des extensomètres radiaux.

Les déformations observées au cours de l'essai dans la rive gauche sont représentées dans les diagrammes de la figure 15, en fonction de la profondeur, pour plusieurs valeurs de la pression appliquée à la surface de la galerie.

Dans les diagrammes de la figure 16 sont représentées les valeurs du rapport f_1/f_2 entre les déformations observées dans la direction perpendiculaire et dans la direction parallèle aux stratifications, en fonction de la profondeur. On peut remarquer qu'en-dessous d'une couche corticale d'environ 50 cm d'épaisseur, où l'on observe un fort relâchement des couches rocheuses, le rapport f_1/f_2 présente des valeurs très basses, comprises entre 1,1 et 1,2. Ces valeurs sont très inférieures à celles observées au cours des essais de charge sur plaque, où le rapport entre les déformations dans les directions perpendiculaire et parallèle à la stratification est, en moyenne, compris entre 1,3 et 1,5.

3.2.2. Essais au vérin plat pour la détermination des caractéristiques rhéologiques des marnes

De nombreux essais au vérin plat ont été effectués sur des couches de marne de grande épaisseur (> 1 m) soit dans la rive gauche soit dans la rive droite.

Par ces essais on a voulu déterminer « in situ », en premier lieu, les caractéristiques de la déformabilité du

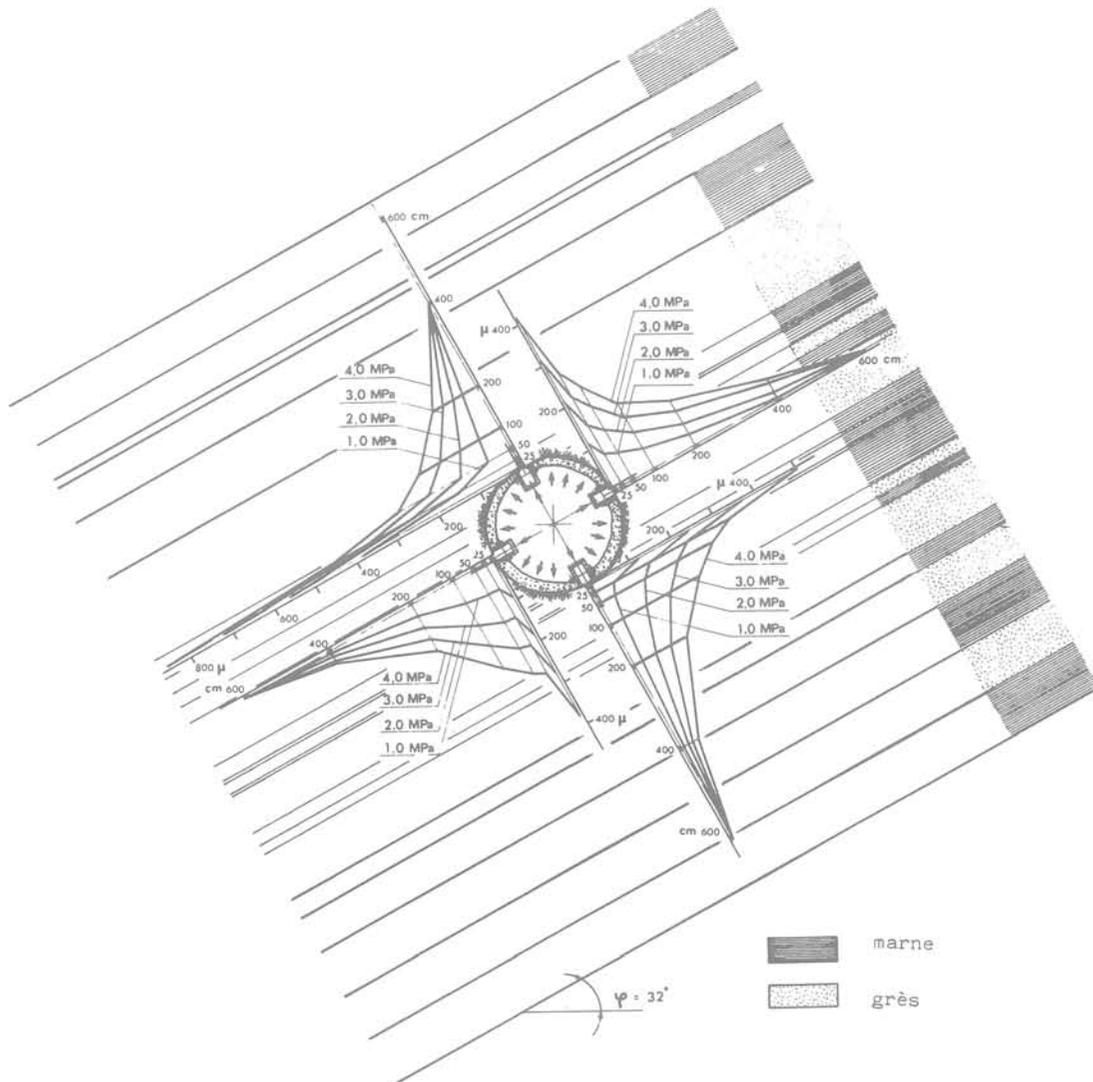


Fig. 15. Essai avec chambre hydraulique dans la rive gauche. Diagrammes des déformations en fonction de la profondeur.

lithotype marneux dans la direction perpendiculaire aux surfaces de stratification et l'état de contrainte naturel présent aux points d'essai.

Par la suite les essais avec vérin plat ont été utilisés avec succès pour la détermination des caractéristiques rhéologiques du lithotype marneux, au moyen d'essais de charge à longue durée (50 jours environ).

Dans chaque vérin plat a été appliquée une pression de 10 MPa laquelle a été maintenue constante pendant toute la durée des essais au moyen d'accumulateurs hydropneumatiques. Les mesures de déformation ont été relevées au moyen de transducteurs de déplacement, connectés à des enregistreurs automatiques.

A titre d'exemple, dans la figure 17 sont illustrés les diagrammes des déformations obtenues en fonction du temps sur trois bases de mesure à cheval sur le vérin. Au temps $t = 0$ les valeurs indiquées sont celles des déformations instantanées observées au moment de l'application de la charge.

Les déformations de plus grande ampleur se trouvent, naturellement, dans la base de mesure la plus proche du vérin plat (base 3-4). Les deux autres bases montrent des déformations de plus en plus décroissantes, étant donné que les contraintes diminuent à mesure que l'on s'éloigne du vérin plat.

Ces essais, compte tenu du dérangement restreint causé à l'échantillon et des grandes dimensions de celui-ci, ont donné des résultats beaucoup plus significatifs que les essais de compression de longue durée qui ont été effectués au laboratoire sur des échantillons de marne prélevés « in situ » par carottage.

3.2.3. Essais de cisaillement

Une attention particulière a été consacrée à la détermination des caractéristiques de résistance le long des surfaces de stratification.

De nombreux essais de cisaillement ont été effectués en galerie pour déterminer les paramètres de résistance le long des joints de stratification.

CHAMBRE HYDRAULIQUE
RIVE GAUCHE

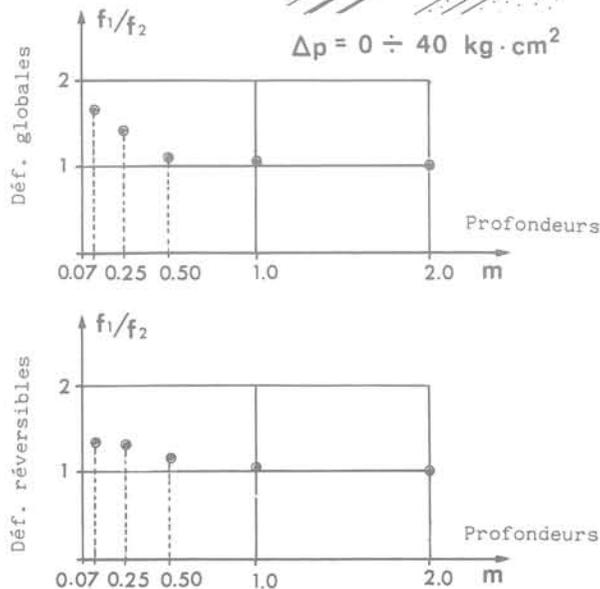
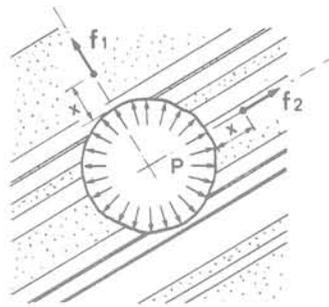


Fig. 16. — Valeurs du rapport f_1/f_2 entre les déformations en direction perpendiculaire et parallèle à la stratification en fonction de la profondeur.

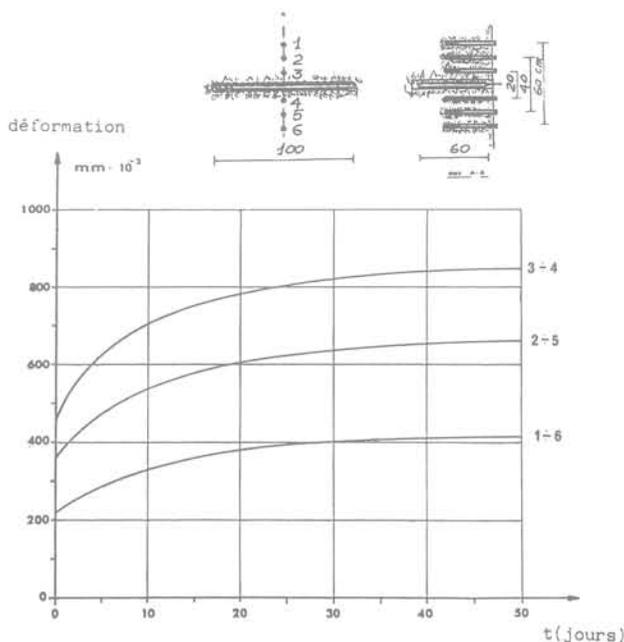


Fig. 17. — Essai de longue durée au vérin plat. Diagrammes des déformations en fonction du temps.

Ces paramètres, compte tenu de la structure particulière du massif rocheux, revêtent une importance déterminante pour les contrôles de stabilité.

On a observé une variabilité remarquable, selon le genre de contact examiné, qui va d'un angle de frottement $\varphi = 13^\circ$ du contact entre le grès et la marne laminée jusqu'à $\varphi = 30^\circ$ pour les contacts grès-marne.

D'autres essais ont été réalisés, dans la rive droite, dans un affleurement d'une couche laminée, ayant pour but d'approfondir la connaissance du comportement des joints laminés qui représentent l'élément le plus faible de la formation rocheuse. Ces essais ont confirmé la valeur $\varphi = 13^\circ$ et une cohésion de l'ordre de 0,2 MPa.

Les déformations nécessaires pour faire intervenir la résistance au cisaillement maximum se sont révélées très faibles, de l'ordre de 1 à 2 mm.

Le joint présente un comportement du genre élastoplastique.

4. STABILISATION DU MASSIF ROCHEUX PENDANT LES FOUILLES

Les caractéristiques structurales particulières du massif rocheux et la faible résistance observée dans les couches laminées ont demandé la solution de problèmes de stabilité pendant la phase d'exécution des fouilles d'appui surtout sur la rive droite où le creusement entraînait l'interruption des couches, ce qui compromettrait l'équilibre du front aval des creusements.

Les dimensions principales des fouilles d'appui du barrage sont les suivantes :

- largeur variable entre 10 m au couronnement et 38 m au pied ;
- hauteur moyenne du profil du terrain naturel au fond de fouille : environ 15 m.

Après avoir examiné plusieurs possibilités de creusement et pour des motifs techniques et économiques, on arriva à la décision d'appliquer une solution articulée dans les phases suivantes :

- creusement selon les couches de la formation rocheuse en suivant les systèmes de discontinuité (plans de stratification S_i et joints KI) ;
- mise en œuvre de tirants d'ancrage placés sur la surface aval creusée selon les couches ;
- creusement final à pleine section (dans la zone d'appui) après l'installation des tirants en partant du niveau de couronnement vers le pied.

Le dimensionnement des tirants d'ancrage (intensité et direction) a été établi après une analyse de stabilité des volumes rocheux à l'aval de la fouille.

L'analyse effectuée est du type tridimensionnel dans l'hypothèse de glissements éventuels le long de la ligne d'intersection des deux systèmes S_i et KKI .

Dans la figure 18 la méthode d'analyse tridimensionnelle est représentée graphiquement sur le diagramme polaire de Schmidt. Dans ce diagramme, on indique la courbe limite d'équilibre qui délimite la zone de stabilité à l'intérieur de laquelle doit se trouver la résultante des forces extérieures appliquées au massif rocheux pour que ces derniers soient en conditions d'équilibre stable.

On peut observer que, uniquement par l'effet des forces dues à son poids (\vec{W}), le massif rocheux est instable, étant donné que le point W se trouve en dehors du domaine de stabilité.

On a donc déterminé la résultante et la direction de la force (\vec{A}) à appliquer au moyen des tirants, de façon à ce que la résultante de toutes les forces $\vec{R} = \vec{W} + \vec{A}$

se trouve à l'intérieur du domaine de stabilité où le coefficient de sécurité F est plus grand que 1.

Pour le problème en question on a adopté une valeur du coefficient de sécurité $F = 1,2$.

Dans la rive droite, pour la stabilisation d'un massif rocheux d'environ $111\ 000\ m^3$, on a employé les tirants suivants:

- 573 tirants de 180 t et 37 m de longueur;
- 40 tirants de 150 t et 29 m de longueur;
- 14 tirants de 60 t et 29 m de longueur.

La figure 19 montre la planimétrie des creusements d'appui dans la rive droite avec l'emplacement des tirants.

Pour le contrôle des déformations au cours des creusements, des extensomètres multibase, ayant une longueur de 35 m, ont été installés.

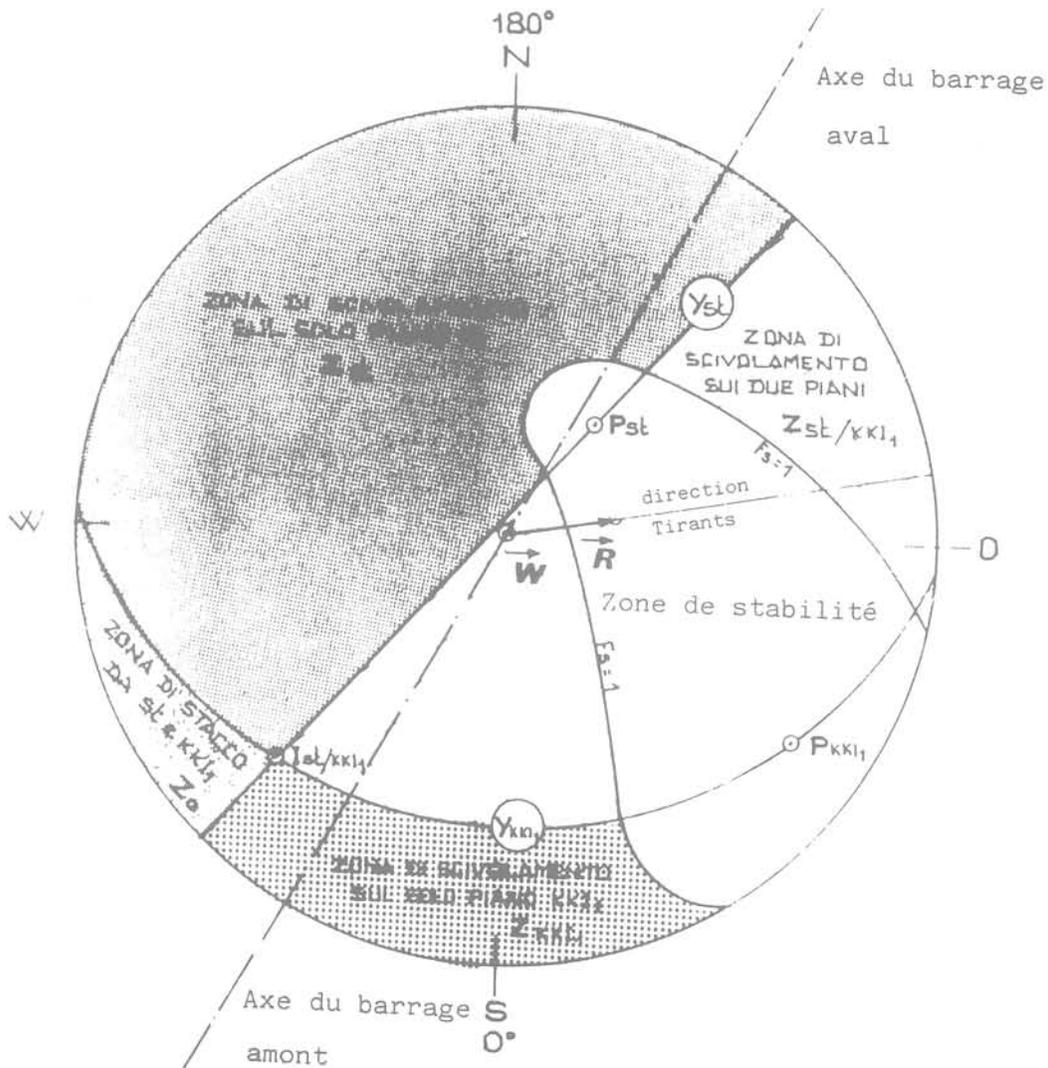


Fig. 18. — Représentation graphique de la méthode tridimensionnelle d'analyse de stabilité pour le dimensionnement du système de tirants: les lignes Y_{st} et Y_{KKI} séparent les domaines de stabilité sur un seul des deux plans St et KKI ou sur les deux plans à la fois.

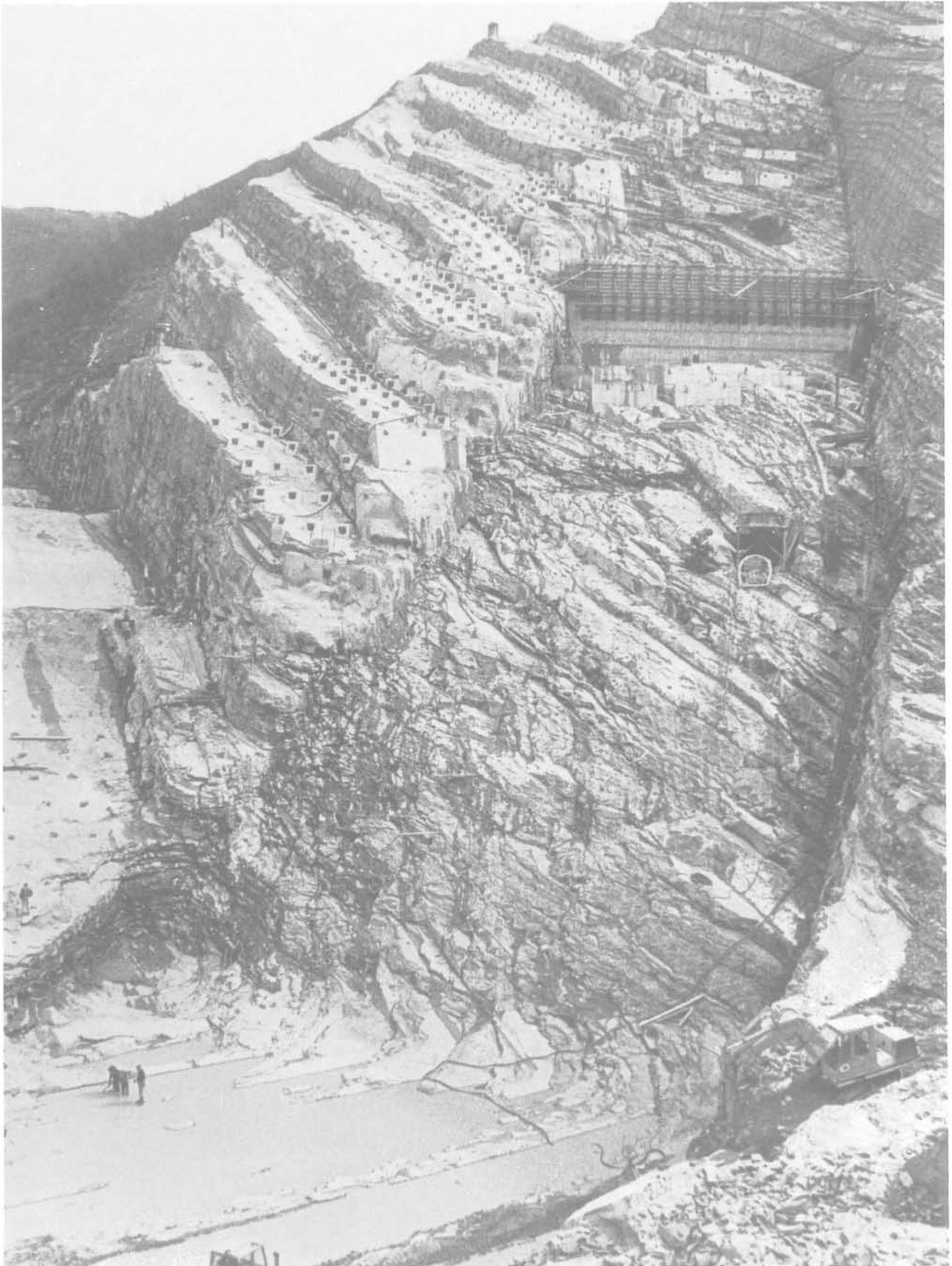


Fig. 20. — Vue générale de l'excavation de fondation dans la rive droite. Le système de tirants mis en œuvre pour la stabilisation de masses rocheuses à l'aval de l'excavation y est visible.

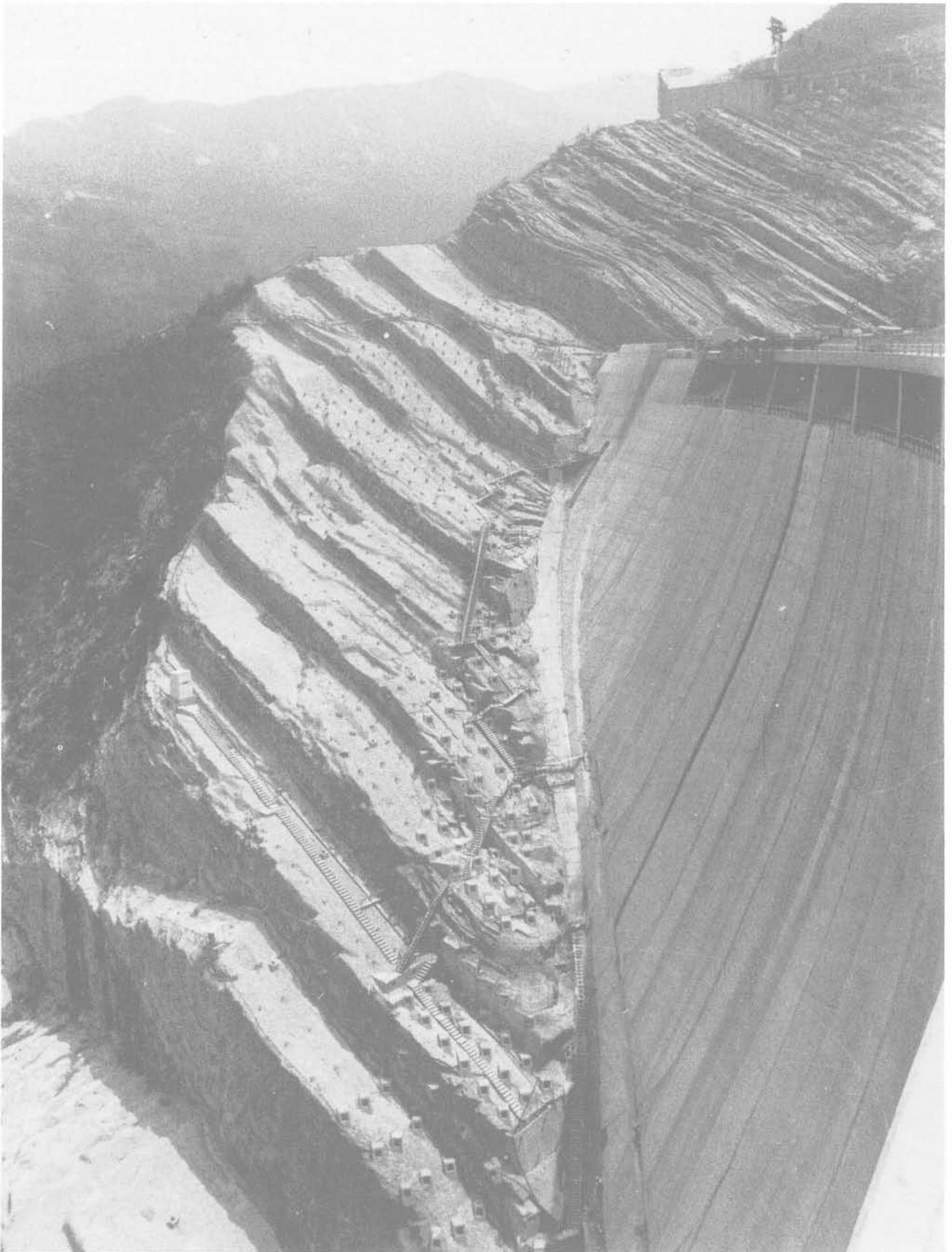


Fig. 21. — Vue générale de la rive droite à la fin de la construction du barrage. On voit nettement la séparation entre le barrage voûte et son coussin de fondation, le « pulvino ».

Le système de tirants en rive droite à la fin de la construction du barrage est visible dans la figure 21.

La rive gauche a présenté moins de problèmes de stabilité à cause d'une inclinaison des couches plus favorable. Dans cette zone, un nombre réduit de tirants a été utilisé pour la stabilisation de quelques amas rocheux superficiels à volume très modeste.

5. AUSCULTATION DU COMPORTEMENT DE LA ROCHE DE FONDATION

L'ensemble des instruments installés dans le barrage comprend aussi une série d'appareils de contrôle du comportement de la roche de fondation.

A cet effet, 19 extensomètres multibases d'environ 40 m de longueur ont été installés le long de la zone d'appui du barrage.

Dans la section centrale du barrage et dans deux sections latérales voisines, les extensomètres ont été installés d'après le schéma représenté dans la figure 22 en partant des galeries creusées dans le « pulvino ».

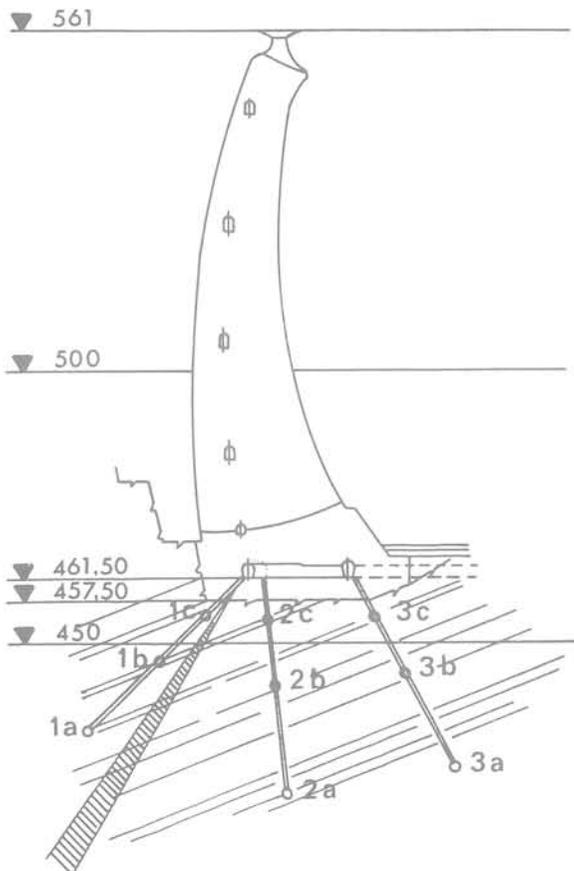


Fig. 22. — Section centrale du barrage avec la position des extensomètres multi-base pour le contrôle des déformations de la fondation.

Ces extensomètres, chacun muni de trois bases de mesure placées respectivement à des profondeurs de 8,20 et 40 mètres, ont une orientation différente par rapport aux plans de stratification.

Les extensomètres ont été installés dès le commencement des travaux de bétonnage dans le but précis d'enregistrer les déformations de la roche dues à l'application du poids propre de la structure, aux opérations d'injection et de consolidation et, en dernier lieu, à l'action de la charge hydrostatique.

Dans le but de suivre et de contrôler les déformations de la masse rocheuse soumise à l'action des charges ci-dessus mentionnées, on a préparé un modèle mathématique de la formation en utilisant les paramètres de déformabilité obtenus par les essais « in situ ».

La fondation a été considérée comme un milieu élastique orthotrope dont les directions principales sont parallèle et perpendiculaire aux plans de stratification.

La comparaison entre les résultats fournis par ce modèle et les observations du comportement en déformation de l'ouvrage pendant les phases de la construction et de l'exploitation permettront d'évaluer l'exactitude des paramètres de déformabilité du massif rocheux fournis par les essais « in situ » et qui ont été adoptés pour les calculs de projet.

Pendant la construction du barrage une comparaison entre le comportement de la structure réelle et le modèle prévisionnel n'a pas été possible à cause de l'exécution simultanée de travaux d'imperméabilisation et de consolidation de la fondation qui ont influencé sensiblement les déformations mesurées par les extensomètres.

Cette comparaison entre la structure réelle et le modèle de calcul deviendra très significative pendant les phases d'application de la charge hydrostatique.

Les premiers cycles de remplissage du bassin sont actuellement en cours. On remarque que, au cours du premier remplissage expérimental jusqu'au niveau 500 m qui vient d'être terminé, le comportement en déformation des fondations s'est montré en bonne concordance avec les données fournies par le modèle mathématique.

BIBLIOGRAPHIE

- BORSETTO, M.; GOFFI, L.; ROSSI, P.P. (1981). — *Studio di ammassi rocciosi stratificati riferito a prove di deformabilità in cunicolo*. — I.S.M.E.S. bull. n° 151.
- GOFFI, L.; ROSSI, P.P.; BORSETTO, M. (1978). — *Interpretazione di tecniche sperimentali per la misura dei parametri di deformabilità di ammassi rocciosi*. *Atti dell'Istituto di Tecnica delle Costruzioni del Politecnico di Torino*. — n° 112, I.S.M.E.S. bull. n° 113.

- OBERTI, G.; CARABELLI, E.; GOFFI, L.; ROSSI, P.P. (1979). — *Study of an orthotropic rock mass: experimental techniques, comparative analysis of results.* — Proceedings IV International Congress of I.S.R.M., Montreux.
- ROSSI, P.P. (1980). — *Analisi del comportamento deformativo di ammassi rocciosi stratificati mediante prove con camera idraulica.* — Atti del XIV Convegno di Geotecnica, Firenze.
- REBAUDI, A. (1980). — *Cenni informativi circa le indagini e le prove esperite per la ricerca delle proprietà fisiche e meccaniche della roccia di fondazione della diga di Ridracoli.* — Atti del XIV Convegno di Geotecnica, Firenze.
- BAVESTRELLO, F. (1983). — *Stabilizzazione temporanea degli scavi di imposta della diga di Ridracoli.* — Atti del XV Convegno di Geotecnica, Spoleto.