Étanchement de la zone d'assise perméable du barrage de Pinios-Ilias (Grèce)

Autor(en): **Rallis, R.G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **91 (1965)**

Heft 9

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-67655

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

91e année Lausanne, 1er mai 1965 No 9

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL
de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)
de la Section genevoise de la SIA
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE
Président: E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.; M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION
de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre, arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION
D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua, architecte
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 40.—	Etranger	Fr. 44.—
Sociétaires	»	» 33.—		
Prix du numéro	»	» 2.—	»	» 2.50

Chèques postaux : « Bulletin technique de la Suisse romande », N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à : Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, Lausanne

ANNONCES
Tarif des annonces:

1/1 page	Fr. 385.—
1/2 »	» 200.—
1/4 »	» 102.—
1/8 »	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. 1000 Lausanne et succursales

SOMMAIRE

Etanchement de la zone d'assise perméable du barrage de Pinios-Ilias (Grèce), par R. G. Rallis, ingénieur EPUL.
Le calcul des coupoles à degré d'hyperdétermination élevé, par A. Ansermet, professeur, ingénieur.
Bibliographie. — Les congrès. — Carnet des concours.
Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Nouveautés, informations diverses.

ÉTANCHEMENT DE LA ZONE D'ASSISE PERMÉABLE DU BARRAGE DE PINIOS-ILIAS (GRÈCE)

par R. G. RALLIS, ingénieur EPUL

Dans le présent exposé, nous voudrions donner une description sommaire d'une intéressante application des diaphragmes continus pour l'étanchement de la zone d'assise perméable du barrage de Pinios-Ilias, dans le nord-est du Péloponnèse, en Grèce. Nous remercions ici le Ministère des Travaux Publics de Grèce, maître de l'œuvre, de nous avoir autorisé à publier cet exposé.

Il s'agit d'un barrage en terre d'une hauteur maximum de 50 m et d'une longueur totale de couronnement de 2100 m, formant une accumulation de 460 millions de m³ d'eau destinés à l'irrigation d'une superficie de 23 700 hectares. La disposition générale de cet ouvrage est représentée sur les figures 1 et 2 (plan et coupe principale).

Le terrain d'assise perméable et sans cohésion du barrage est constitué d'alluvions passant de sables fins à des galets plus ou moins gros, sur une épaisseur maximum d'environ 20 m, avant d'atteindre le bedrock imperméable formé d'argile marneuse plus ou moins compacte.

Il était donc nécessaire, dans ces conditions, de rechercher le moyen le plus économique possible de parer aux infiltrations souterraines pour assurer la stabilité de la digue. Cette nécessité était impérative du fait que l'on se trouvait dans une région exposée à de fortes secousses sismiques (accélération de 0,15 g) capables d'ébranler la fondation, sans cohésion elle-même, sous l'effet des oscillations du massif du barrage.

La solution consistant à prolonger le noyau central argileux du corps du barrage jusqu'à au moins 20 m de profondeur avait dû être écartée dès le début, pour des raisons aussi bien techniques qu'économiques : le creusement d'une tranchée aussi profonde en plein hiver dans un terrain sans cohésion, délavé par l'eau, aurait en effet exigé la prévision d'un réseau de « well points » à plusieurs étages ; en outre, la longueur de ce diaphragme aurait rendu inévitables des interruptions de travaux, qui auraient posé des problèmes supplémentaires. Par ailleurs, l'exécution d'un écran par injection de coulis de ciment n'aurait eu, dans ce genre de ter-

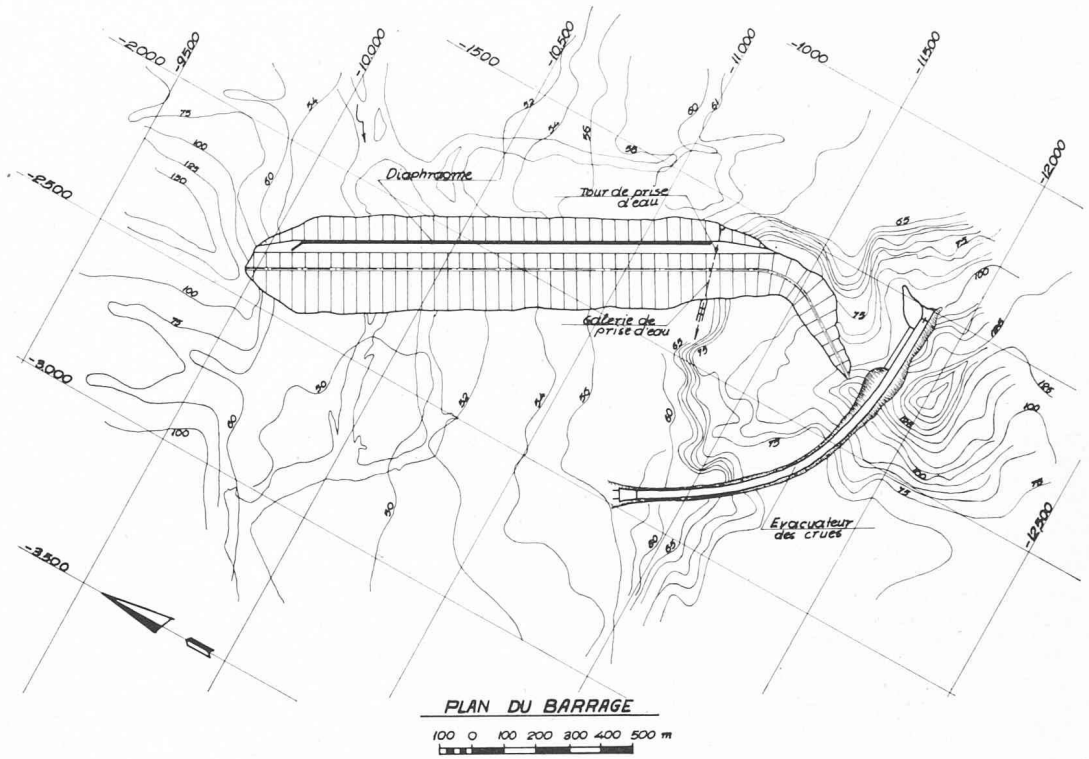

Fig. 1. — Disposition générale du barrage Pinios.

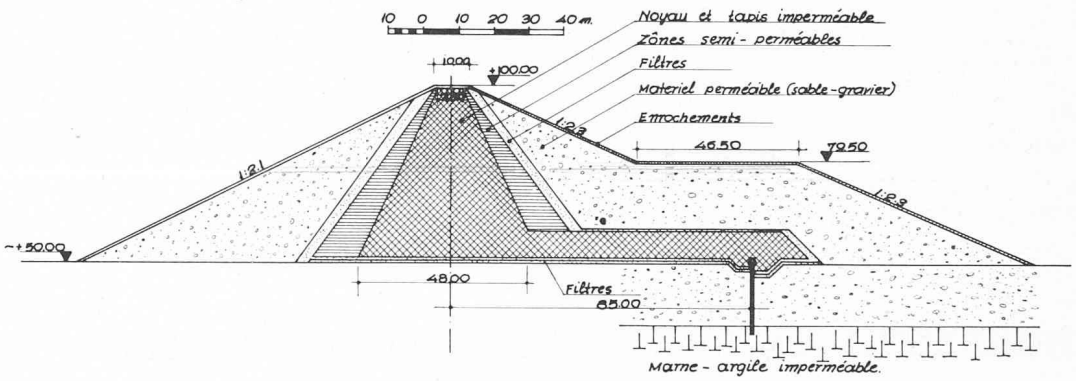

Fig. 2. — Coupe transversale du barrage Pinios.

rain, qu'une efficacité précaire et aurait été moins économique, à cause de l'étendue incertaine des absorptions.

On a été ainsi amené à retenir comme la plus avantageuse à tous égards la solution d'un diaphragme (mur) continu en béton armé, exécuté directement depuis la surface, en adoptant le procédé breveté Rodio-Marconi de la Société Ing. Giov. Rodio & Co., Milan, consistant à excaver une tranchée droite et profonde par circulation de boue de bentonite remplacée progressivement par du béton.

Le diaphragme en question avait une longueur totale de 1257 m, une épaisseur de 60 cm et une profondeur de 15 à 20 m avec double réseau de ferraillages de ⌀ 10 mm à mailles de 12,5 cm. Il comportait un cubage total de béton de 18 950 m³ au dosage de 350 kg/m³ de ciment grec normal (à 10 % de terre de Santorin ou puzzolanique). Ce diaphragme s'enfonçait jusqu'à environ 3 m dans le bedrock argilo-marneux.

Les travaux, commencés en été, ont été achevés dans un délai de sept mois environ. Ils se sont poursuivis sans interruption pendant la saison hivernale, malgré plusieurs crues survenues en cours d'exécution et dont le débit maximum s'est élevé à 250 m³/s.

Sur sa longueur totale, ce diaphragme comportait 212 panneaux de longueur constante (généralement de 6 m chacun). On a d'abord exécuté les panneaux de la série impaire, pour revenir ensuite aux panneaux des la série paire (fig. 3 *a* et 3 *b*). Chacun de ces panneaux a été coulé en monobloc de la façon suivante :

Le terrain était d'abord désagrégé par percussion d'une cloche à bords tranchants de 60 cm de diamètre et à course verticale de 30-40 cm. Cette cloche était également animée d'un mouvement de va-et-vient horizontal le long de l'axe d'excavation, l'équipement dans son ensemble étant monté sur un chariot mobile. A l'aide d'un train de tiges tubulaires, solidaire de la cloche, on introduisait une boue de forage de bentonite-eau (avec l'adjonction éventuelle d'argile de composition et dosage appropriés) circulant de bas en haut ; cette circulation était assurée par pompage-succion à la base du train de tiges, de façon à compenser continuellement le volume de terre évacué. La boue jouait ainsi le triple rôle suivant :

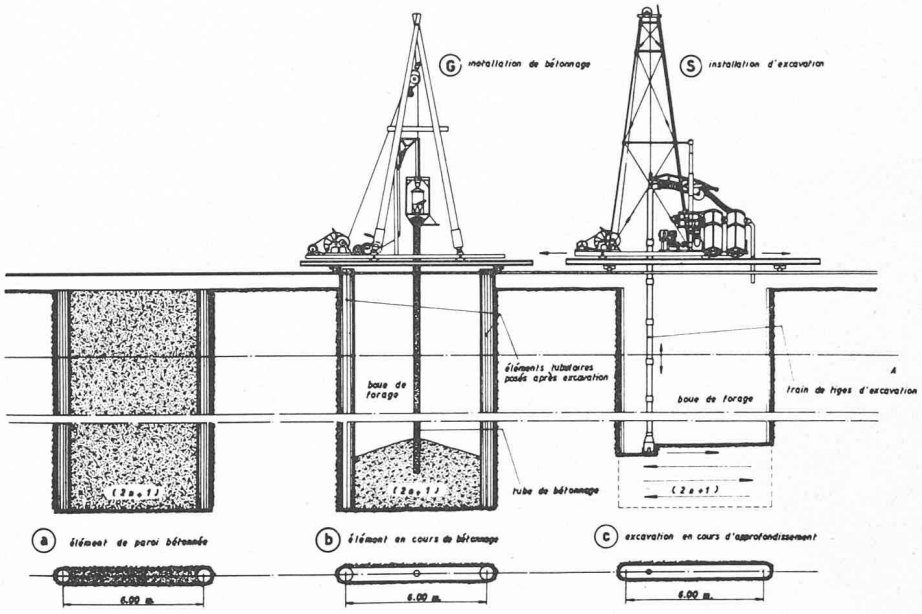

Fig. 3 *a*. — Excavation des tranchées série impaire, par circulation inversée.

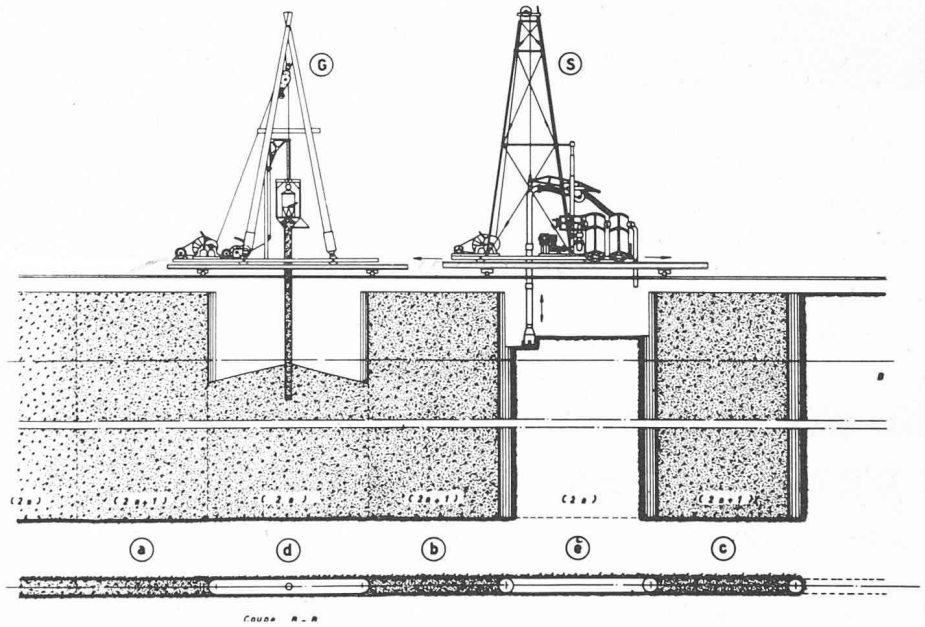

Fig. 3 *b*. — Excavation et bétonnage des tranchées série paire.

— imperméabilisation des parois de la fouille, la boue étant filtrée par les sables et déposant sur les parois un cake absolument imperméable ;
— maintien de la fouille ouverte et bien verticale sous l'effet de la poussée hydrostatique qu'elle exerçait sur le cake ainsi formé, poussée toujours supérieure à celle de la nappe phréatique baignant le terrain, par suite de la densité supérieure de cette boue par rapport à l'eau et de ses propriétés thixotropiques ;
— transport du produit d'excavation par circulation en sens inverse.

Le mélange terre-boue s'écoulait ensuite dans un couple de séparateurs appropriés où la boue était séparée de la terre par sédimentation, pour être recyclée dans la fouille avec adjonction de boue fraîche pour compenser les pertes dues à l'élimination de la terre imprégnée. Enfin, une fois le fond de la fouille atteint et la fouille remplie de boue, on plaçait à chaque extrémité du panneau un tube-coffrage de même profondeur que la fouille pour former les joints, et l'on procédait ensuite au bétonnage à l'aide du train de tiges tubulaires décrit plus haut. Après la prise du béton et l'extraction progressive des tubes-coffrage, les panneaux bétonnés présentaient à leurs extrémités des formes semi-cylindriques dont la concavité était orientée vers les fouilles des panneaux pairs qu'il restait à exécuter. Ainsi, lorsque ces derniers étaient forés et bétonnés à leur tour, leur béton adhérait parfaitement à celui des panneaux impairs en épousant leur forme semi-cylindrique. Cette configuration des joints entre panneaux consécutifs permettait de réaliser une étanchéité continue, même en cas de déformation du diaphragme par suite de l'action de secousses sismiques ou autres. La photo ci-contre (fig. 4) donne une vue générale du chantier décrit. Le rendement moyen à l'avancement était de 70 à 80 m² de diaphragme bétonné par vingt-

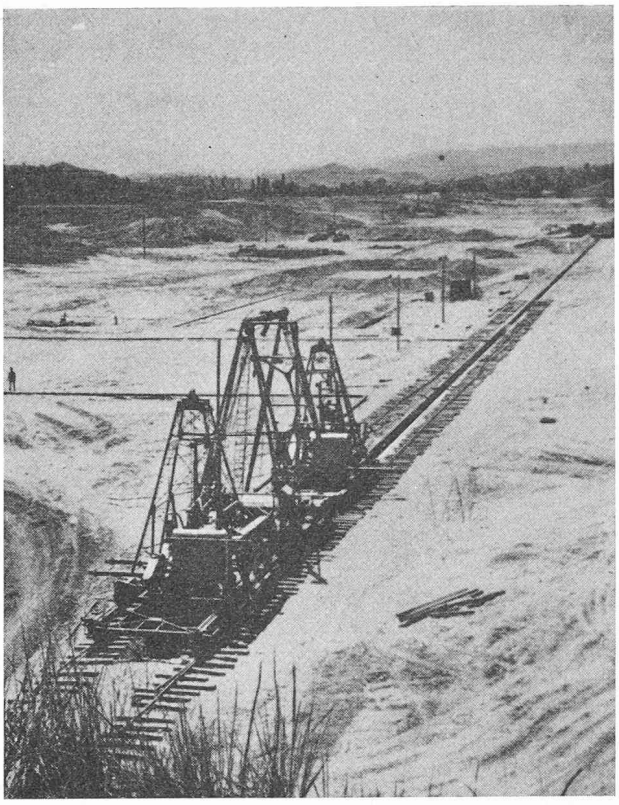

Fig. 4. — Disposition chantier Pinios.

quatre heures. L'installation à cet effet comprenait deux groupes « excavation-bétonnage ».

La tête du diaphragme était construite en béton armé conventionnel, de façon à pénétrer dans un chapeau

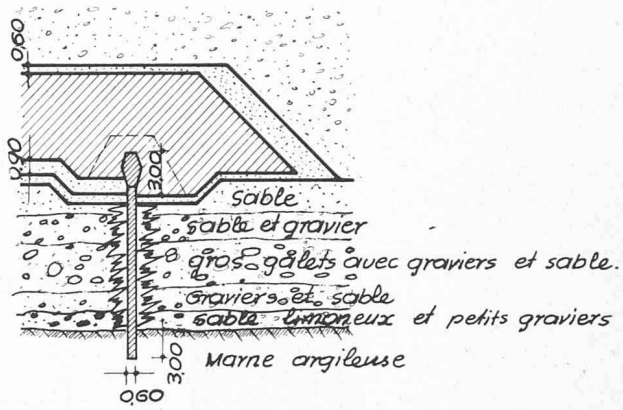

Fig. 5. — Tête de tapis argileux.

argileux plastique de couverture sur une longueur de 3 m environ. (Fig. 5.)

Pour le contrôle de son efficacité, on a procédé à une série de mesures piézométriques en amont et en aval du diaphragme. Il est intéressant de signaler que même en cours de construction (série impaire de panneaux seulement), l'on pouvait déjà déceler un rabattement de la nappe souterraine, ce qui montre bien que les niveaux amont et aval de la nappe d'eau, au droit du panneau considéré, étaient indépendants.

De pareils diaphragmes ont été exécutés en Grèce également comme enceinte de fouilles à ciel ouvert pour réduire les venues d'eau dans la zone d'excavation, et comme murs de quai en pleine mer jusqu'à 10 m de profondeur d'eau, l'un des côtés de ce diaphragme-mur étant remblayé par la suite pour former la plate-forme du quai.

LE CALCUL DES COUPOLES À DEGRÉ D'HYPERDÉTERMINATION ÉLEVÉ

624.915

Bo 5 Ref

par A. ANSERMET, ingénieur, professeur

Lorsque dans un système articulé (coupoles, etc.) le nombre des éléments surabondants (liaisons, barres) est peu élevé, le praticien ne se heurte en général pas à de grandes difficultés ; il peut choisir entre la solution judicieusement développée à l'aide du calcul matriciel dans le « Baustatik » du Prof. Dr Stüssi ou celle, analytique mais très différente, de B. Mayor (voir [1]) basée surtout sur des équations aux déformations.

Si le degré d'hyperdétermination est élevé, le problème est plus complexe ; la solution par les inconnues hyperstatiques n'est pas nécessairement la meilleure. Dans certaines publications même récentes ([2] p. 77-92) on préconise le fractionnement du calcul pour éviter des calculs trop laborieux ; dans les réseaux télémétriques on procède parfois de même et on sait l'analogie existant entre ces deux problèmes [1]. Cette conception est maintenant plus ou moins dépassée grâce aux progrès réalisés en calcul électronique. En général il y a lieu d'inverser des matrices symétriques et, dans ce domaine, on réalise de véritables performances par voie électronique.

Un élément de base est encore la condition connue étendue à toutes les barres

$$(1)\quad A = \sum\left(\frac{S^2 s}{2EF}\right) = \sum\left\{\left(\frac{Ss}{EF}\right)^2\left(\frac{EF}{2s}\right)\right\} = \Sigma\,(\varrho^2 p) = $$
$$= [p\varrho\varrho] = \text{minimum} \quad \text{(voir [3])}.$$

Il est assez rare que les praticiens de la méthode des moindres carrés bénéficient de poids p à priori aussi bien définis. L'interprétation est aisée :

S = efforts axiaux dans les barres (Stabkräfte) ;
E = coefficients d'élasticité ;
s = longueurs des barres ;
F = sections transversales des barres ;
ϱ = allongements ou raccourcissements des barres ;
A = énergie de déformation.

[1] « Die Analogie zwischen den Stabfachwerken und Streckennetzen wurde bald erkannt », dit-on outre-Rhin.

Publication au bénéfice de subsides du Fonds national de la Recherche scientifique et de la Société académique vaudoise.