



PONTIFICIA
ACADEMIA
SCIENTIARVM

COMMENTARII

Vol. I

N. 7

GUSTAVO COLONNETTI

LES TEMPLES D'ABOU-SIMBEL EN DANGER

EX AEDIBVS ACADEMICIS IN CIVITATE VATICANA



PONTIFICIA
ACADEMIA
SCIENTIARVM

COMMENTARII

Vol. I - N. 7

pag. 1-24

LES TEMPLES D'ABOU-SIMBEL EN DANGER

GUSTAVO COLONNETTI

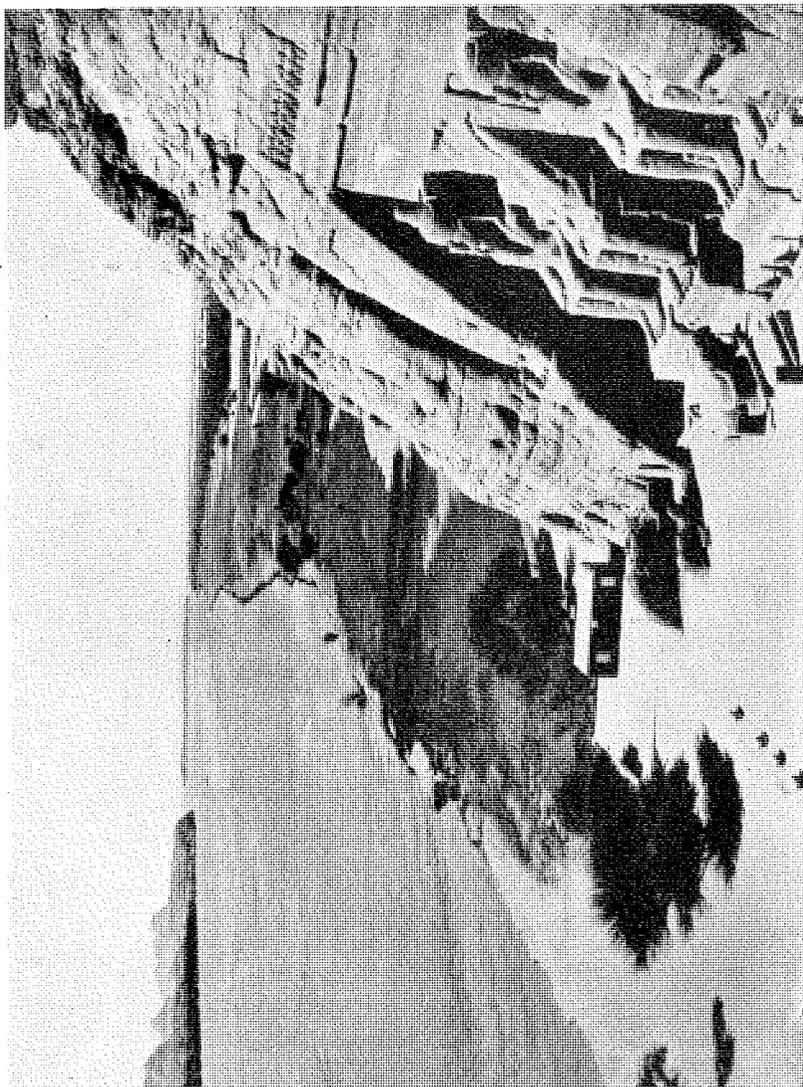
Accademico Pontificio

SUMMARIVM — Mox opus locabitur ad templa illa Aegyptia, quae ad Abou-Simbel sunt, conservanda. Cum autem in lege operis faciendi quaedam statuuntur, quae differant a regulis propositis ab Italis doctis et architectis, Auctor exponit quae sibi necessaria omnino videantur ut opus rite perficiatur ac bene cedat.

Le projet pour le sauvetage des temples d'Abou-Simbel, conçu et mis au point par une équipe de savants et de techniciens italiens groupés et coordonnés par ITALCONSULT, offert par le Gouvernement Italien à l'UNESCO et au Gouvernement de la RAU, fut accepté à l'unanimité par la Commission Internationale d'experts que l'UNESCO et la RAU avaient chargée de choisir la meilleure solution du problème.

Actuellement nous sommes à la veille de l'adjudication des travaux à des conditions qui négligent certaines caractéristiques essentielles du projet italien, et je crois mon devoir d'éclaircir une fois pour toutes quels sont les principes et les solutions qu'il est indispensable d'adopter pour assurer le sauvetage de deux parmi les plus précieux trésors de l'ancienne Egypte.

Note présentée le 4 Octobre 1962 au cours de la Session Plénière de l'Académie Pontificale des Sciences.



LE PROJET ITALIEN

Parmi les nombreux trésors archéologiques de la Vallée du Nil menacés par les eaux du lac qui va se former en amont du grand barrage d'Assouan, il y en a deux dont le sauvetage se présente comme tout particulièrement difficile: ce sont les Temples d'Abou-Simbel, creusés et sculptés à même le rocher dont ils sont, par conséquent, inséparables.

Dans un premier moment, on avait envisagé la possibilité de les conserver en les protégeant contre l'invasion des eaux au moyen d'un gigantesque barrage circulaire.

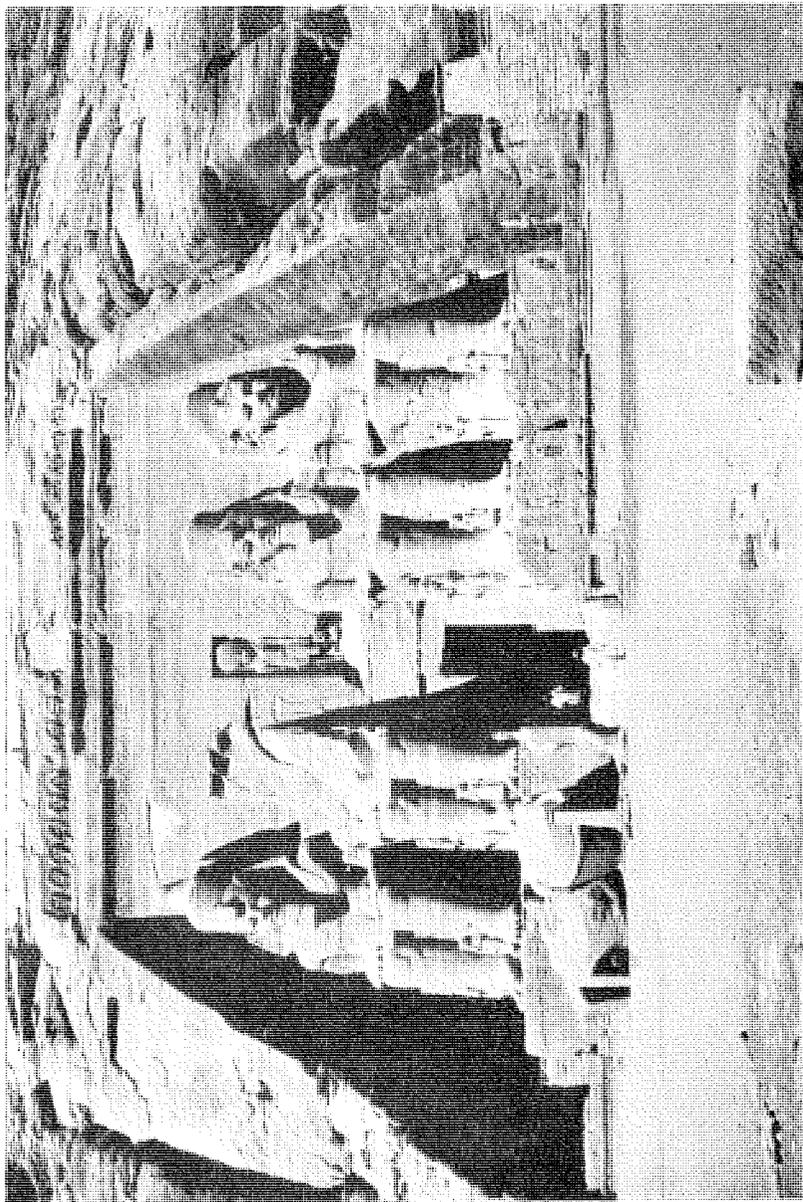
Mais, même sans compter la situation peu satisfaisante dans laquelle les monuments se seraient trouvés — au fond d'une grande fosse de plus de 60 mètres de profondeur — on a fini par reconnaître que leur conservation aurait été irrémédiablement compromise par les infiltrations d'eau qui se seraient inévitablement produites à travers le sous-sol: infiltrations contre lesquelles aurait mal lutté une station de pompage au fonctionnement précaire, dans une localité située à plusieurs centaines de kilomètres dans le désert.

Dans l'esprit d'un illustre archéologue, l'architecte Piero Gazzola, Surintendant aux Beaux Arts à Vérone, germa alors l'idée de sauver les monuments d'Abou-Simbel en surélevant les blocs rocheux dans lesquels sont creusés les deux Temples, jusqu'à les porter au-dessus du niveau du lac de manière à les placer sur la rive de celui-ci exactement dans les mêmes conditions où ils se trouvent actuellement sur la rive du Nil.

Entreprise des plus grandioses et des plus ardues, et qui a suscité initialement un sentiment légitime de perplexité.

Il suffit de dire que le bloc contenant le Grand Temple de Ramsès II ⁽¹⁾ ne pèse pas moins de 250 mille tonnes, et qu'il

(1) Ce temple est creusé dans un éperon rocheux. Contre la façade de 38 mètres de large sur 33 de haut, sont adossés quatre colosses représentant



devra être surélevé à une hauteur dépassant l'actuelle de 62 mètres.

L'ITALCONSULT a pris sur soi la responsabilité de traduire cette idée dans un projet réalisable dans la pratique.

Je n'hésiterai pas à dire que si l'on m'avait parlé d'une telle entreprise il y a cinquante ans — lorsque j'étais au début de ma carrière d'ingénieur — je l'aurais peut-être jugée moi-même irréalisable, ou, de toute façon, je me serais retranché derrière les plus amples réserves.

Mais, désormais, il n'y a plus rien d'impossible pour la technique moderne; et j'ai déjà eu plusieurs occasions de dire de quelle manière, en acceptant d'assumer la supervision du projet, j'ai estimé pouvoir affronter, en toute tranquillité et sécurité, les difficultés de l'entreprise ⁽²⁾.

En effet l'avant-projet que l'ITALCONSULT présenta au Gouverneman de la RAU et à l'UNESCO l'année passée fut finalement approuvé par la Commission d'experts internationaux expressément nommée.

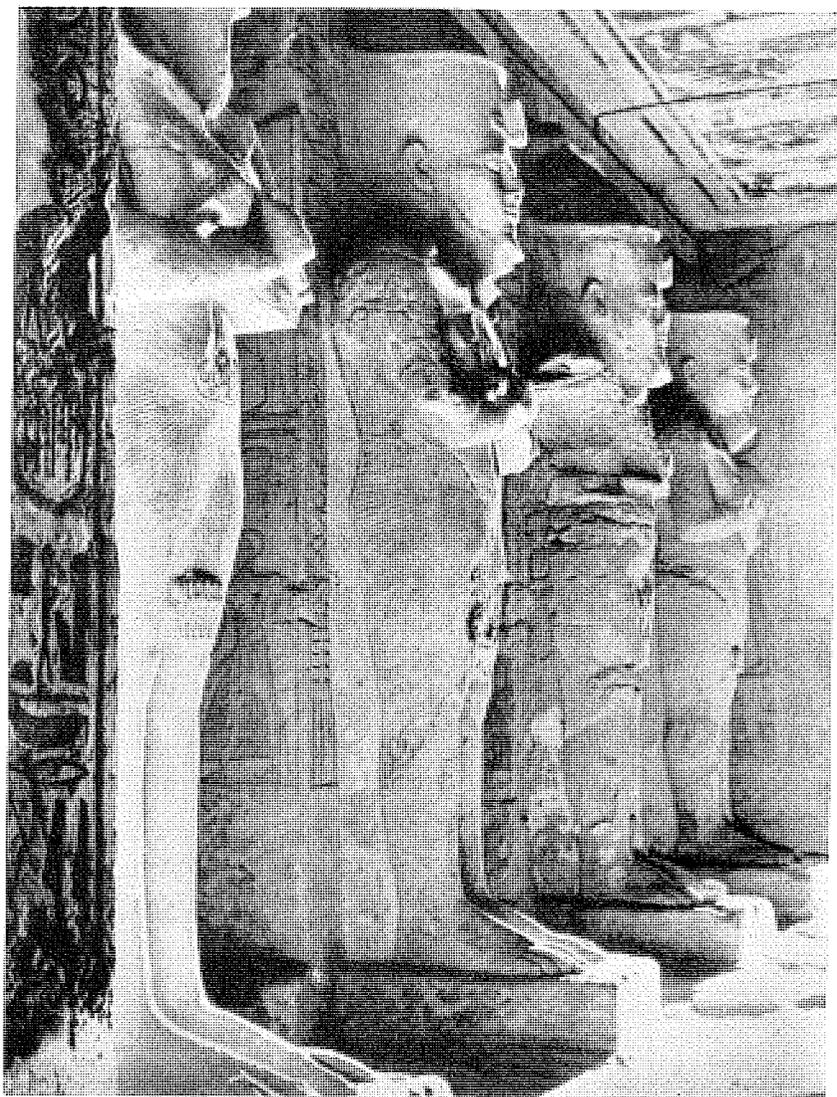
Isoler le bloc qui contient le Temple sans troubler l'équilibre

Ramsès II assis. Sculptés dans la roche, ils constituent un ensemble d'une grande simplicité et d'un aspect grandiose. Au-dessus, 22 cynocéphales en haut-relief forment un couronnement de plus de deux mètres de hauteur. Dans une niche au-dessus du portail, un haut-relief colossal représente une divinité avec tête d'épervier; de part et d'autre, des bas-reliefs représentent le Roi en train de l'adorer. L'intérieur, d'une profondeur de 63 mètres, comporte un pronaos de 18 mètres de long, dont le plafond est soutenu par huit piliers richement décorés, contre chacun desquels est adossée une statue d'Osiris ayant les traits de Ramsès. La décoration des parois montre l'épopée guerrière du Roi. A travers deux autres salles, on parvient au sanctuaire proprement dit (qui n'a que 4 mètres de large sur 7 de long), sur le fond duquel se détachent les statues d'Amon, taillées elles aussi à même la roche, et des autres divinités à qui le Temple était consacré.

⁽²⁾ « Il progetto italiano per il salvataggio dei templi di Abu-Simbel », Accademia Nazionale dei Lincei - Problemi attuali di scienza e di cultura (quaderno 49) 1961.

« Problemi di conservazione dell'equilibrio interno di una massa rocciosa eterogenea in corso di trasferimento », Accademia Nazionale dei Lincei, Rendiconti, vol. XXX (1961).

« Technique du soulèvement des Temples d'Abou-Simbel », Institut de France, Académie des Sciences, Comptes Rendus, t. 252 (1961).



des matériaux rocheux qui le composent — assez hétérogènes et par endroits même déjà fissurés — voilà la première difficulté à affronter.

Dans le projet mis au point, on se propose de creuser, au-dessous et sur les côtes du bloc rocheux, des galeries horizontales et des puits verticaux où seront jétées des structures en béton armé. Opportunément reliées entre elles, ces structures constitueront un énorme caisson, d'une très grande résistance, capable de contenir le bloc et de le maintenir dans son état d'équilibre intérieur actuel lorsqu'il sera détaché du rocher.

L'étude de ce gigantesque caisson a été confiée à l'habileté bien connue d'un éminent auteur et constructeur de structures en béton armé précontraint, le Prof. Riccardo Morandi ⁽³⁾.

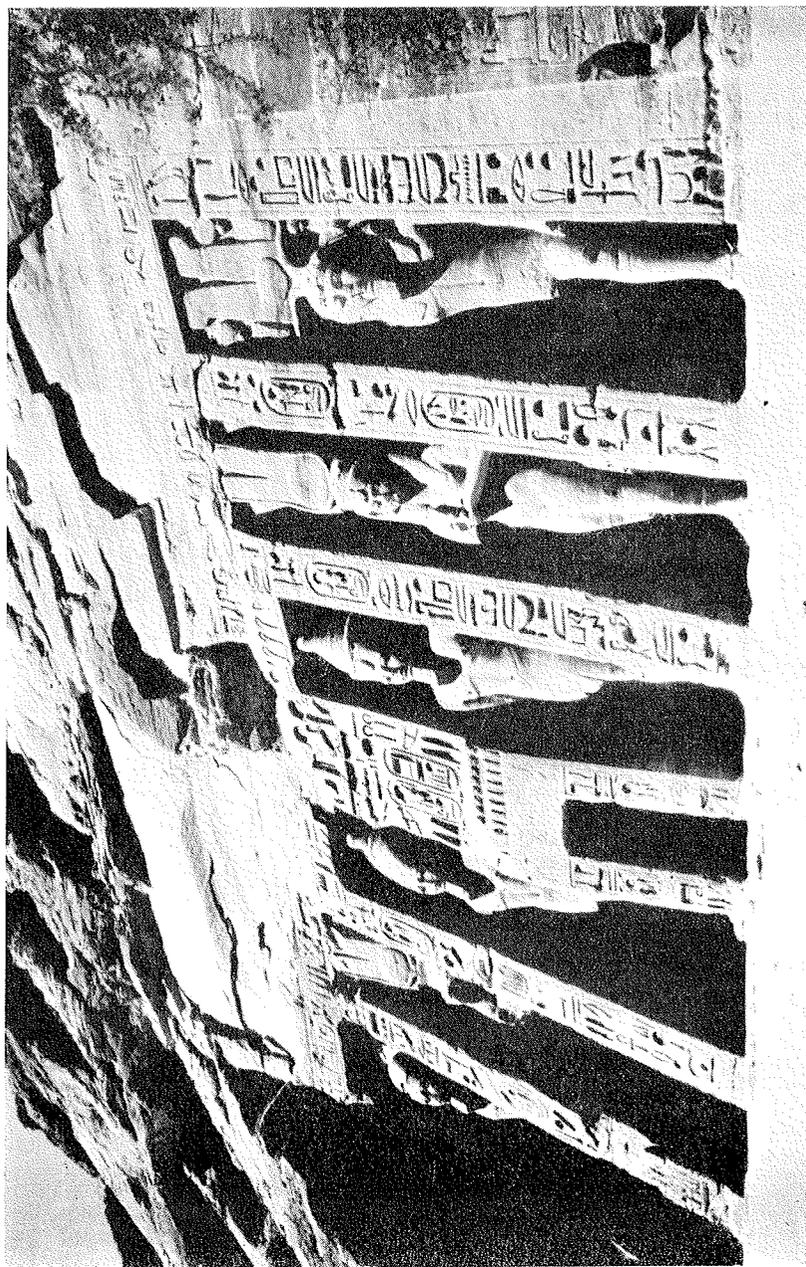
Une fois le sous-sol soigneusement consolidé, de manière à pouvoir être sûrs de sa capacité de supporter les charges qui pèseront sur lui pendant et après les opérations de soulèvement, un système de vérins sera installé au-dessous du caisson.

La puissance totale prévue de ces vérins est de beaucoup supérieure à celle qui est nécessaire pour le soulèvement. Et ceci, parce que nous ne sommes pas en condition de prévoir quel sera effectivement l'effort requis de chaque vérin.

C'est là la nouvelle difficulté qui différencie nettement cette opération de toutes celles dans lesquelles les vérins sont ordinairement employés; elle dépend du fait que la répartition des charges sur le plateau de base et contre les parois du caisson est inconnue.

La non homogénéité de la roche, les fissurations qui s'y sont produites dans le passé, la présence de la grande cavité constituée par le Temple, nous indiquent avec certitude que la distribution des charges est très irrégulière, mais ne nous permettent pas d'en prévoir, même de façon approximative, la loi de répartition.

⁽³⁾ « Il salvataggio dei templi di Abu-Simbel », Accademia Nazionale di S. Luca, Atti (1961).



La seule chose que nous savons, c'est que cette loi de répartition, quelle qu'elle soit, doit être respectée, car toute perturbation, même de faible importance, pourrait déterminer une aggravation des fissures existantes ou en provoquer de nouvelles.

On ne peut donc pas distribuer arbitrairement l'action de poussée des vérins au-dessous du plateau de base en confiant à la résistance du plateau même la tâche d'équilibrer par ces poussées, agissant au-dessous, les charges réparties de manière irrégulière au-dessus.

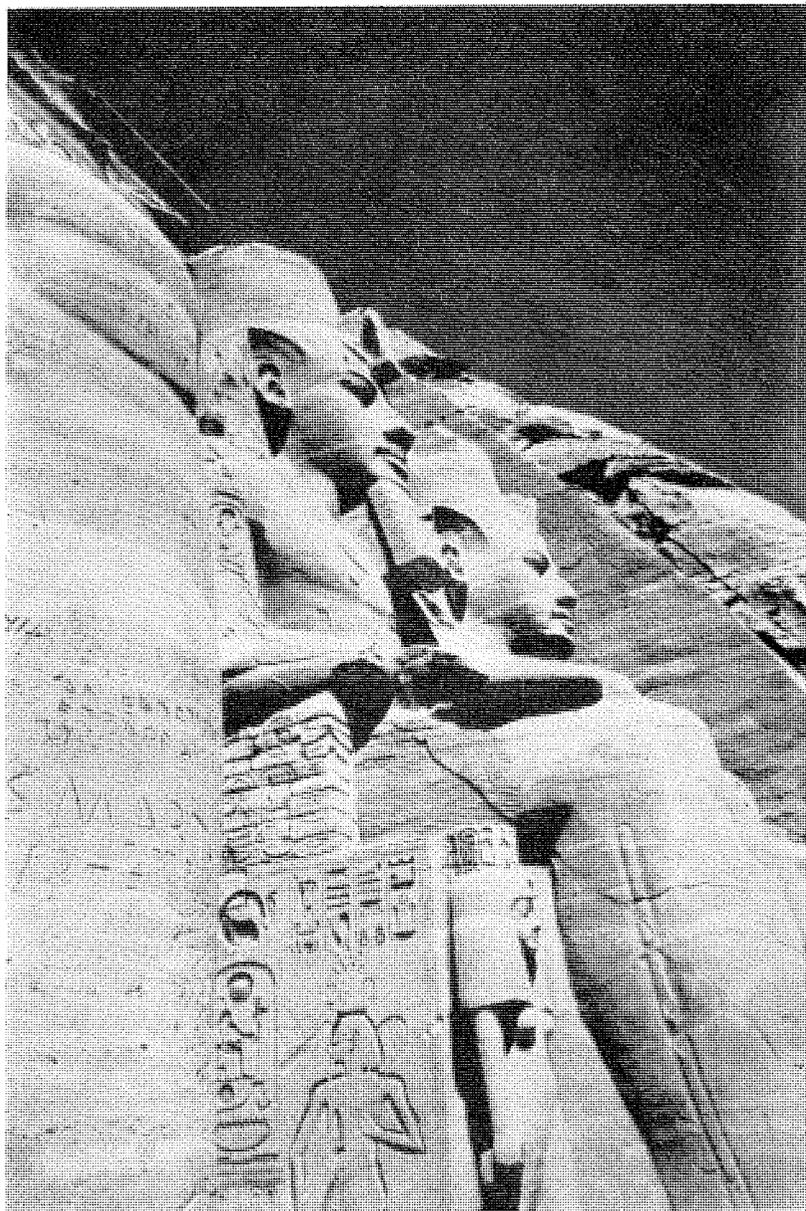
On pourrait en fait obtenir cela, mais au prix d'une déformation élastique du plateau et, par conséquent, d'une altération du régime statique du bloc; pour assurer l'intégrité de celui-ci, par contre, il est essentiel que, pendant son mouvement ascensionnel, le plateau soit maintenu plan et horizontal.

Le problème se présente ainsi dans des termes tout à fait différents de ceux qu'on rencontre dans la technique courante. Ce n'est pas en effet un simple problème de résistance du caisson à des efforts connus, mais bien plutôt un problème d'indéformabilité du caisson, qu'on doit réaliser quelle que soient les actions (inconnues) auxquelles il sera soumis.

Car l'indéformabilité du caisson est requise pour assurer l'indéformabilité — et donc la conservation de l'état de contrainte — du bloc pendant toute la durée des opérations.

C'est dire que cet état de contrainte devra être équilibré par des forces qui soient, dans chaque endroit, égales et contraires aux actions exercées par le bloc. Dans les parois latérales cet équilibre sera assuré par les armatures des poutres verticales; armatures qu'on mettra en tension si et dans la mesure qui se rendra nécessaire aux différents endroits.

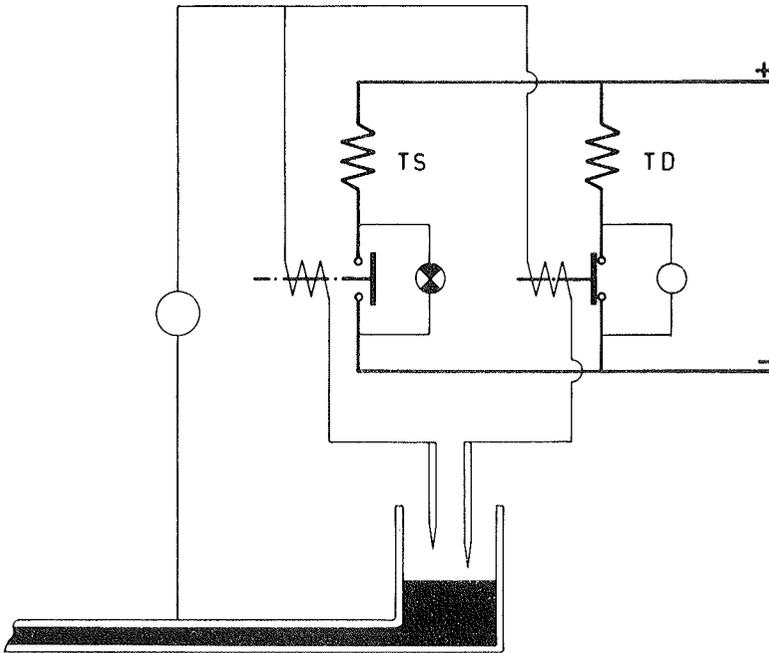
La résistance des parois a été d'ailleurs déterminée par le souci de créer de large marges de sécurité à l'ensemble de la structure; en réalité cette résistance ne sera utilisée que pour parer à des sollicitations secondaires.



LA PLANÉITÉ ET L'HORIZONTALITÉ DU PLATEAU

Il s'agit de conduire les opérations — soit de libération du bloc de toutes ses liaisons actuelles avec le rocher environnant, soit de son soulèvement au-dessus de sa position initiale — de manière que le plateau se conserve plan et horizontal. Résultat qu'on peut atteindre en disposant d'un grand nombre de vérins dont les pistons devront réaliser les déplacements qui, dans chaque endroit et à chaque instant, seront exigés par la condition de la planéité et horizontalité du plateau.

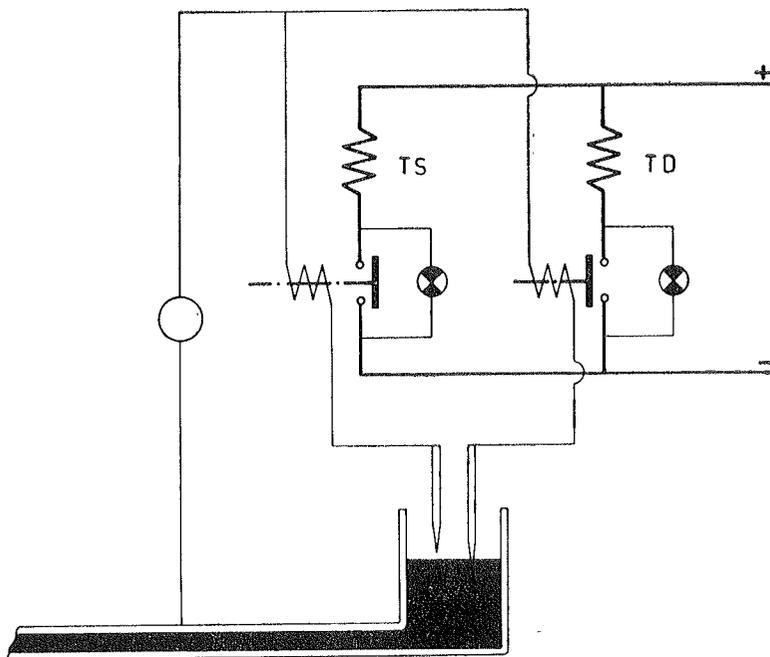
Un système de contrôle constitué par un réseau de vases



communicants remplis de mercure que le plateau portera avec soi, nous offrira comme élément de repère un plan horizontal défini indépendamment des objets environnants.

Tout écart d'un point du plateau par rapport au plan défini par les ménisques de mercure sera immédiatement signalé dès qu'il dépassera une limite de tolérance fixée à l'avance; et déclenchera les manoeuvres des vérins destinés à corriger l'écart et à restaurer automatiquement la planéité et l'horizontalité du plateau.

Dans ce but chaque ménisque de mercure commandera une couple de relais — représentés schématiquement dans les figures



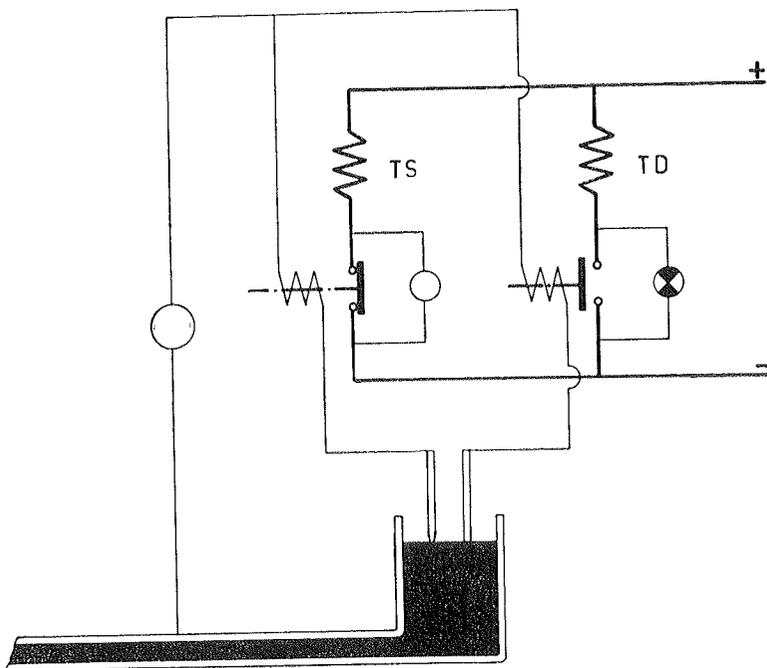
II

ci-contre — dont l'un normalement ouvert, l'autre normalement fermé.

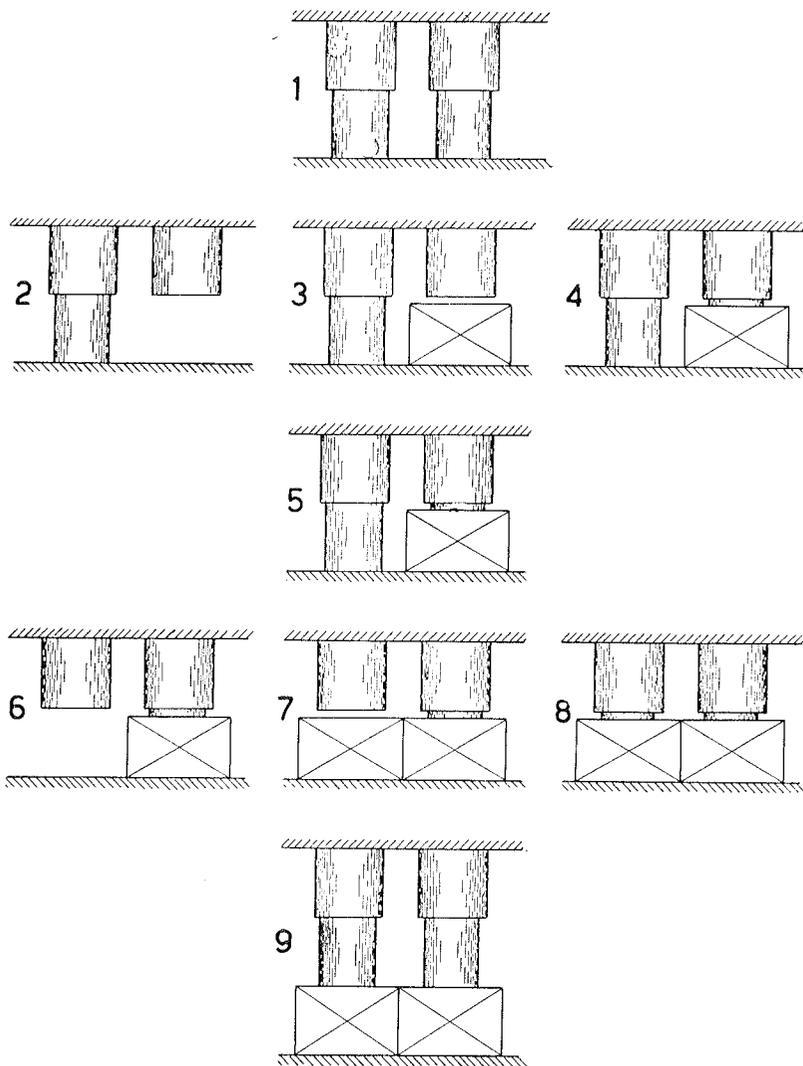
Ces relais commandent à leur tour des télérupteurs déterminant la descente (TD) ou la montée (TS) des vérins selon que le niveau du mercure descend au-dessous ou monte au-dessus des limites de tolérance prévues.

Des signaux lumineux avertiront d'ailleurs le Directeur des opérations de toute irrégularité dans le soulèvement du plateau et des interventions des vérins pour y remédier.

Un télérupteur général interrompra automatiquement les opérations si une intervention directe se rend nécessaire.



III



Ce système de relais et de télérupteurs sera intégré par des appareils permettant la mesure continue et l'enregistrement des déplacements des différents points du plateau. Dans chacun des vases communicants il y aura un flotteur : un capteur à induction, ou bien un conducteur plongé dans le mercure et dont on mesurera les variations de résistance, permettront l'enregistrement des mouvements, même très petits, du flotteur avec toute la précision désirable.

LA TECHNIQUE DU SOULÈVEMENT

Les manoeuvres se développeront différemment dans les différentes phases de l'opération.

Dans la première phase — *phase de la mise en charge du plateau* — lorsqu'on détruit les liens entre le bloc et les rochers environnants, et que le poids du bloc vient à être supporté par le plateau, celui-ci tendra à se déformer, mais ces déformations seront annulées par l'entrée en action des vérins correspondants, dès qu'elles dépasseront la limite de tolérance.

Lorsque la mise en charge sera terminée — la planéité du plateau étant respectée — on aura la certitude que la loi de distribution des réactions des vérins est identique à celle des pressions du bloc sur le plateau.

Dans la deuxième phase — *phase d'élévation du caisson* — les mouvements des pistons des différents vérins seront contrôlés par un système d'appareils de synchronisation assurant l'absolue identité d'avancement quelle que soit la résistance que chaque piston aura rencontrée.

La technique de la synchronisation a atteint aujourd'hui une telle perfection qu'on peut garantir cette identité d'avancement avec une précision de l'ordre des fractions de micron : énormément supérieure à celle dont nous avons besoin.

Il nous reste à envisager la possibilité qu'un tassement des fondations, ou des structures sur lesquelles agissent les pistons,

puisse absorber une partie plus ou moins grande du déplacement du piston et réduire en conséquence le déplacement du point du plateau qu'il commande.

Dans ce cas, le changement de niveau du ménisque de mercure non seulement dénoncera l'inconvénient, mais déterminera le déclenchement des appareils de synchronisation et arrêtera automatiquement les pistons, exception faite pour celui — ou pour ceux — dont la course n'a pas pu être utilisée intégralement et dont l'avancement continuera jusqu'à ce que planéité et horizontalité soient rétablies. Alors la synchronisation reprendra automatiquement à fonctionner et, avec elle, le mouvement ascensionnel du plateau.

Ce mouvement s'arrêtera seulement une fois la course des pistons terminées (par exemple après avoir atteint 30 cm. de hauteur) pour permettre l'introduction sous chaque vérin de pièces préfabriquées offrant un nouveau point d'appui au piston.

Dans ce but les vérins seront accouplés deux à deux de manière que la charge, répartie entre les deux vérins de chaque couple dans la phase de soulèvement, puisse être supportée par un seul des deux en état de repos pendant que dans l'autre se réalisent les opérations de retour du piston, de mise en place des pièces préfabriquées, et d'approchement en vue d'une reprise d'action du piston.

Le cycle de travail est indiqué dans les figures de la page 14 où :

1) représente les pistons de deux vérins d'un même couple en phase de soulèvement: les deux vérins travaillent ensemble portant chacun la moitié de la charge;

2), 3) et 4) décrivent les manœuvres du retour du piston de droite, de mise en place des pièces préfabriquées et d'approchement du piston, la charge étant entièrement supportée par le vérin de gauche en état de repos;

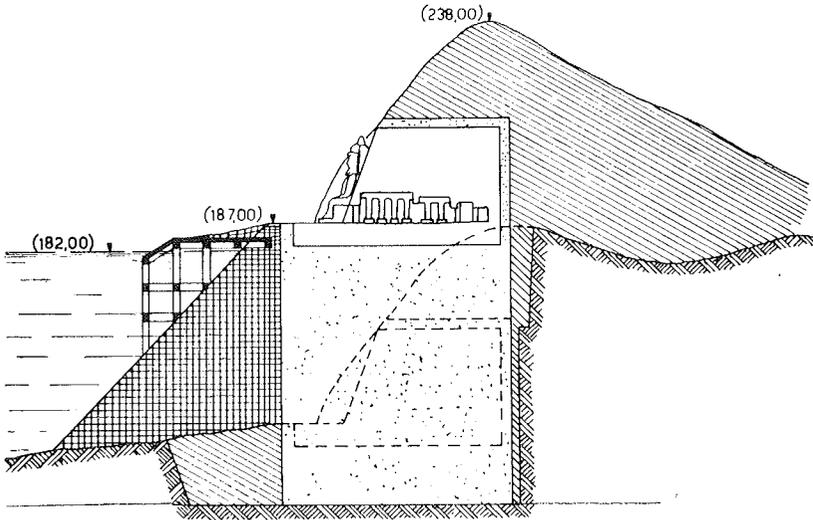
5) représente une phase d'attente; les deux vérins sont en repos, portant chacun la moitié de la charge; ils sont donc

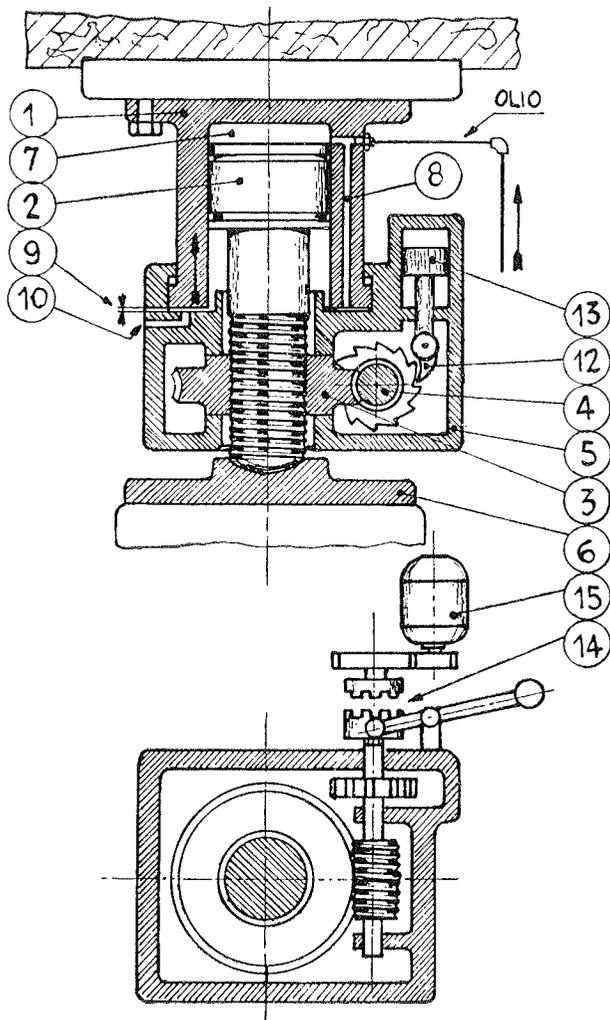
en condition d'intervenir si leur intervention se rendait nécessaire;

6), 7) et 8) décrivent les mêmes manoeuvres de retour du piston, de mise en place des pièces préfabriquées et d'approche-ment du piston dans le vérin de gauche pendant que le vérin de droite est en repos;

9) présente la reprise des opérations par une nouvelle phase de soulèvement.

Pour donner une idée d'une possible progression dans le temps, je suppose une vitesse de marche des pistons de 0,5 mm. par minute; l'élévation de 30 centimètres du plateau, correspondante à la course du piston, demandera 10 h. Compte tenu du temps nécessaire pour le transport et la mise en place des pièces préfabriquées, on est conduit à prévoir sept mois comme minimum indispensable pour la réalisation des opérations de soulèvement.





1: cylindre - 2: piston - 3: écrou - 5: étui - 6: socle - 7: fluide moteur.
8, 9, 10: canal et fente de décharge du fluide.

4, 12, 13: mécanisme pour la transformation du mouvement rectiligne du
moteur hydraulique en mouvement de rotation de l'écrou.

14, 15: moteur électrique, réducteur de vitesse et débrayage pour la com-
mande des mouvements rapides d'approche et de retour.

A la fin des opérations de soulèvement, c'est-à-dire lorsque le plateau de base aura atteint la cote fixée (dans l'espèce, 62 mètres au-dessus de la cote de départ), les charpentes réalisées en éléments préfabriqués, opportunément reliées entre elles et contreventées, assureront la stabilité du bloc surélevé dans sa position définitive.

Le bloc sera alors dégagé des parois qui le protègent, pour être reporté à la lumière du jour; le paysage environnant sera reconstitué et les temples apparaîtront sur la rive du lac dans des conditions tout à fait identiques à celles où ils se trouvent depuis trois mille ans sur la rive du Nil.

A travers la porte du temple de Ramsès II le soleil naissant frappera de nouveau de ses rayons la statue d'Amon; et le monument le plus précieux de la civilisation Egyptienne continuera à défier les siècles, grâce aux hardiesses qui ont été rendues possibles par les progrès les plus récents de la science et de l'art de l'ingénieur.

LE NOUVEAU TYPE DE VÉRIN

Pour répondre aux exigences que nous venons d'exposer, il est indispensable que les vérins réalisent des déplacements donnés quelle que soit la résistance qu'ils rencontrent.

Tel résultat peut être obtenu de différentes manières.

Particulièrement remarquable est un nouveau type de vérin ⁽⁴⁾ étudié et mis au point par les bureaux techniques de la FIAT Grandi Motori de Turin.

Dans la paroi d'un cylindre — à l'intérieur duquel un piston peut se déplacer sous l'action d'un fluide en pression — sont pratiqués des trous permettant au fluide de se décharger à travers une fente se formant entre le bord du cylindre et celui d'un

(4) G. COLONNETTI: *Un nouvel appareillage pour la création d'états de coaction*. Institut de France, Académie des Sciences, Comptes Rendus t. 255 (1962).

écrou vissé sur le corps même du piston, au moindre éloignement de ces deux pièces.

En état de repos le cylindre se trouve au contact de l'écrou, et la charge est directement transmise au piston.

Au contraire, sous l'action d'un fluide en pression, le cylindre s'éloigne de l'écrou juste ce qu'il faut pour rendre possible la décharge du fluide. Tout mouvement de l'écrou (désormais libéré de la charge et qu'on peut donc manoeuvrer sans effort) se traduit alors dans une variation de dimension de la fente et conséquemment de la pression du fluide; d'où un déplacement du cylindre qui reproduit automatiquement et fidèlement les déplacements imprimés à l'écrou. Et cela quelle que soit la charge, en relation à laquelle se règle automatiquement la pression du fluide avec une seule limitation: celle qui dépend nécessairement de la puissance de la pompe d'alimentation.

LES OEUVRES A ADJUGER

Tandis que le projet italien est caractérisé par le souci de ne pas modifier en aucune manière l'état d'équilibre des blocs contenant les temples — et subordonne constamment à cette préoccupation la distribution des actions que sur ces blocs seront exercées par le plateau de base et par les parois du caisson — les conditions d'adjudication des travaux prévoient l'intervention d'action extérieures fixées arbitrairement d'avance qui modifieront profondément l'état actuel d'équilibre.

Parmi ces actions, que je considère particulièrement dangereuses, je me limiterai à signaler les forces radiales dues aux poutres elliptiques en béton précontraint qui devraient contraindre latéralement les blocs, forces dont l'intensité dépend du rayon de courbure des poutres sans aucun rapport avec la distribution des contraintes existantes dans les différents endroits du rocher ⁽⁵⁾.

⁽⁵⁾ VALTER FURUSKOG, GÖSTA JOHANNESON, ARVID HARDMARK: *Salvage of the Abu Simbel Temples*, Swedish Construction, 1962.

Non moins dangereuse est la situation qu'on va créer dans le plateau de base du caisson.

Je me rapporte à la description des oeuvres à adjuger ⁽⁶⁾. Dans cette description on dit que « le soulèvement des blocs contenant les temples sera effectué par un système primaire de 440 vérins pour le grand temple (et 90 pour le petit) tous reliés à la même conduite d'huile, et par conséquent développant tous la même puissance: 600 tonnes par vérin lorsque la pression de l'huile dans la conduite d'alimentation rejoint les 350 kg/cmq. ».

On lit plus loin: « les vérins seront distribués non uniformément sous le plateau de base; de manière que l'effort développé par chaque vérin soit à peu près égal à la charge qui agit au-dessus. Si l'on pouvait obtenir une telle distribution parfaite des vérins il se produirait seulement de petits efforts dans l'épaisseur du plateau de base ».

Mais la distribution des charges sur le plateau n'est pas connue, ni l'on peut espérer de l'établir par des calculs; et cela à cause de la non homogénéité du rocher et des lésions qui s'y trouvent. Cette distribution est d'ailleurs susceptible de changer pendant le déroulement des opérations de soulèvement.

En pratique la parfaite distribution des vérins souhaitée par le cahier des charges est impossible à réaliser.

Les auteurs ne l'ignorent pas puisqu'ils ajoutent: « Dans le but de déceler si la distribution des vérins est appropriée, et pour permettre les adaptations qui se rendront nécessaires, on installera un certain nombre d'extensimètres sur les armatures du plateau de base ».

Si au croître de la pression de l'huile les extensimètres dénoncent des efforts anormaux, ou concentrés dans une seule région du plateau de base, un des vérins situés dans cette région sera mis momentanément hors service en le reliant à un système

(6) United Arab Republic - Ministry of culture and national guidance - « Salvage of the Abu-Simbel Temples - Contract for stage 1 » June 1962.

secondaire de vérins. « Et l'opération devra être répétée jusqu'à quand on aura obtenu des résultats satisfaisants ».

Mais il s'agit d'une vaine illusion!

Le système formé par le plateau de base et par les vérins qui lui servent de support est en fait un système hyperstatique avec un degré fort élevé d'hyperstaticité, et précisément avec un nombre d'inconnues de l'ordre des centaines. On ne peut résoudre un tel problème par des tâtonnements, chacun desquels pourrait aggraver la situation au lieu de l'améliorer.

Il y a d'ailleurs deux autres points où dans le cahier des charges on essaye de faire face au problème d'une distribution erronée des vérins. Mais soit dans l'un que dans l'autre cas on donne des suggestions ne pouvant qu'empirer la situation.

On lit: « De toute façon certains efforts seront introduits expressément pour garantir que ne se vérifient des tensions anormales ou des lésions au sommet du temple. Ce qui s'obtiendra en concentrant les vérins à la périphérie du plateau de base de telle façon que leur puissance de soulèvement soit légèrement plus grande de celle qui est requise par l'équilibre des charges, tandis que celle des vérins situés dans la partie centrale du plateau sera moindre ».

A mon avis il serait difficile imaginer une méthode plus sûre pour déterminer des tensions anormales et même des lésions!

On prévoit en outre un système secondaire comprenant environ 60 vérins pour le grand temple (et 15 pour le petit). Ces vérins seront du même type de ceux du système primaire, partagés en trois groupes. Chaque groupe relié à une conduite d'huile séparée de telle façon à former ce que les auteurs appellent un système de soulèvement à trois points.

Plus loin on lit textuellement: « Le système secondaire des vérins déterminant l'action du soulèvement à trois points du plateau de base devra pourvoir aux forces nécessaires pour corriger toute déviation du plateau de la position horizontale ».

Selon le cahier des charges cette déviation devrait être signalée par les quatre indicateurs de niveau (placés aux extrémités des deux axes du plateau) auxquels on a cru pouvoir réduire les 232 indicateurs prévus dans le projet italien pour le contrôle simultané de la planéité et de l'horizontalité du plateau.

Renonçant à tout contrôle de la planéité du plateau, on fait confiance à ces quatre indicateurs pour en vérifier l'horizontalité.

Il y a là en premier lieu une faute idéologique, parce qu'on ne peut parler d'horizontalité du plateau lorsque on n'en a pas vérifiée la planéité. Il est en outre facile de prévoir que les quatre indicateurs donneront dans la plupart des cas des indications incompatibles et pourtant inutilisables pour la manœuvre du système secondaire de vérins.

Le remède offert par ceux-ci serait d'ailleurs bien dangereux. La mise en fonction d'un des trois groupes dans le but de soulever le plateau là où celui-ci se serait éloigné de l'horizontalité ne ferait que déterminer des déformations ultérieures du plateau qui porteraient un ulterieur préjudice à l'intégrité du bloc qu'il supporte.

Il y a enfin une autre des suggestions des auteurs du cahier des charges qui serait suffisante à démontrer qu'on ne se cache pas le danger et qu'on est loin d'être sûr remèdes proposés: et c'est de construire à l'intérieur des temples des structures en béton armé (piliers boutants) à côté des piliers en rocher déjà existants.

Ces structures — décidément inutiles tant que ne se vérifie aucun tassement du rocher — si jamais elles devaient entrer en action et assumer une fonction portante, on ne voit pas comment elles pourraient être éliminées une fois les opérations de soulèvement terminées.