

Compte rendu du 8^e Congrès d'Hydraulique

tenu à Pise en avril 1963
et organisé par l'Institut d'Hydraulique
de la Faculté de Pise

Report on 8th Hydraulics Congress
held at Pisa in April 1963
and organized by the Institute of Hydraulics of Pisa University

PAR M. RAMETTE,

INGÉNIEUR AU CENTRE DE RECHERCHES ET D'ESSAIS DE CHATOU

On trouvera dans le numéro 3-1963 (p. 234 à 236) de La Houille Blanche la liste complète des communications qui ont été présentées à ce Congrès. Les Actes du Congrès sont actuellement disponibles à l'Université de Pise, (Università di Pisa - Istituto di Idraulica, Via Diotallevi, Pisa, Italie). Le compte rendu dont l'essentiel est donné ci-dessous a été présenté à la séance du 21 juin 1963 du Comité Technique de la Société Hydrotechnique de France.

A complete list of the papers read at this Congress will be found on pages 234-236 of issue No. 3-1963 of La Houille Blanche. Copies of the Proceedings are obtainable from the University of Pisa (Università di Pisa, Istituto di Idraulica, via Diotallevi, Pisa, Italy). The report on the Congress was presented at the Technical Committee Meeting of "Société Hydrotechnique de France" held on the 21st June 1963. Its main contents are briefly reviewed below.

THÈME A

COURANTS A SURFACE LIBRE

Ce thème traite principalement des problèmes se rapportant au mouvement d'ondes, aux déversoirs latéraux, aux courbes de remous et au tracé de lames déversantes.

Des mémoires présentés, citons :

Le mémoire de G. COSTAGNOLI et G. FERRATINI sur la détermination du mouvement des ondes dans une galerie de dérivation à surface libre sui-

vie d'une chambre de mise en charge formant cheminée d'équilibre déversante. Les calculs sont confrontés avec des mesures faites sur modèle. La galerie de dérivation, après coupure rapide du débit (40 m³/s), se met en pression; le maximum de cette pression varie cependant dans des limites assez modestes (fig. 1).

Le mémoire de J. NOUGARO, G. THIRRIOT et J. PIALOT sur l'amplitude d'oscillations secondaires. Les auteurs montrent que cette amplitude (H_s) ne dépasse jamais 0,64 fois l'amplitude de l'intumescence positive de tête, ceci dans un canal rectangulaire. L'amplitude H_{max} de l'onde

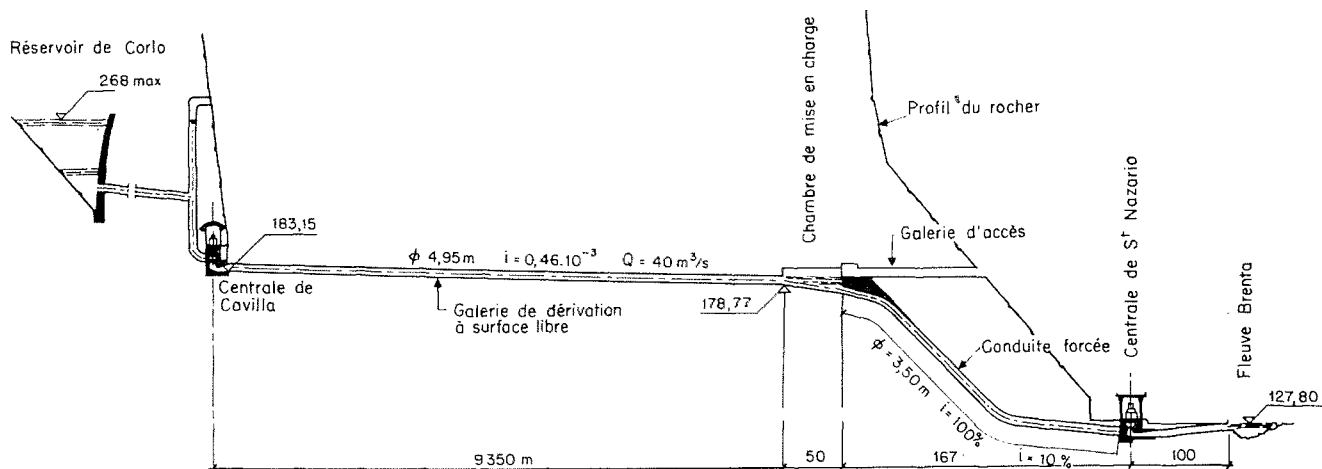


FIG. 1

de tête rapportée à la profondeur H_0 est une fonction du nombre de Froude (fig. 2).

Une étude expérimentale intéressante de U. MAIONE sur l'étude des écoulements à débit uniformément croissant, similaire dans son principe à celle des déversoirs latéraux abordée par I. SASSOLI dans le cas particulier d'un canal à section circulaire et enfin par J. NOUGARO et M. SAIZ, qui ont expérimenté sur un canal à section rectangulaire de pente nulle fermé à l'extrémité aval, c'est-à-dire que tout le débit est déversé. J. NOUGARO et M. SAIZ rappellent les équations de la ligne d'eau sur un déversoir latéral, équations obtenues en appliquant le théorème des quantités de mouvement et qui, simplifiées (en supposant négligeables les pertes de charge, la composante de la vitesse égale à la vitesse moyenne du courant principal), donnent l'équation de De Marchi. Les auteurs exposent

les méthodes graphiques et analytiques permettant de déterminer la répartition du débit le long du déversoir et les confrontent avec leurs résultats d'expérience.

Le tracé des lames déversantes est traité par L. ESCANDE et J. CLARIA qui donnent une méthode simple pour limiter les tâtonnements de la méthode classique de Prasil, ainsi que par V. BIGGIERO, qui met en évidence que les méthodes classiques de tracé restent valables même si les vitesses d'approche sont élevées.

Enfin, une méthode simplifiée de calcul de courbe de remous dans les canaux prismatiques est donnée par C. THIRRIOT; cette méthode, basée sur l'équivalence de deux écoulements dans un canal de grande largeur et dans un canal trapézoïdal, peut être intéressante dans d'autres domaines que celui des courbes de remous, et en particulier pour le calcul d'intumescences, en ce sens qu'elle permet d'utiliser la méthode simplifiée proposée par G. RATA.

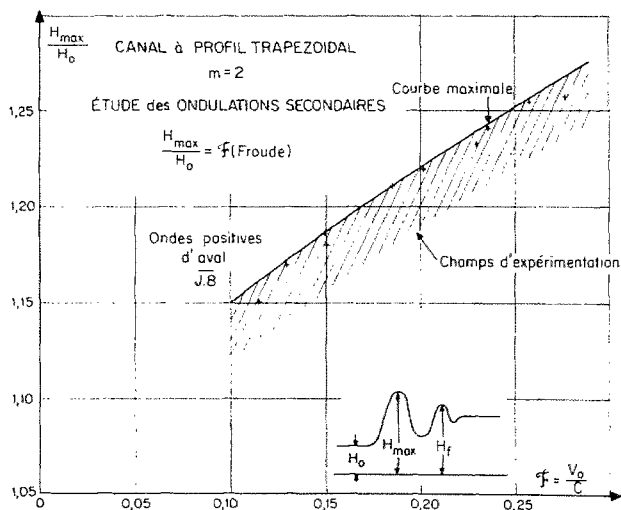


FIG. 2

THÈME C

TRAVAUX DE DÉRIVATION

Ce thème traite surtout de problèmes technologiques se rapportant aux barrages et aux ouvrages de prise d'eau.

Parmi les mémoires présentés nous citerons celui de BENDINI et NOVI sur les travaux de modernisation de l'aménagement de Boffetto sur la rivière alpine Adda; en particulier, une solution originale est apportée au problème de l'engrèvement de la prise d'eau; une pompe aspirante de 50 kW a en effet été installée au-dessus de la prise d'eau; elle permet de draguer des graviers allant

jusqu'à 150 mm de diamètre et de les rejeter en aval du barrage.

J. BOULOC décrit un type particulier de reniflard essayé sur modèle et particulièrement efficace pour faciliter l'échappement de l'air à la sortie de galeries en charge, ce qui limite les fluctuations de pression dues à la décompression brutale des bulles d'air (fig. 3).

Un déversoir en labyrinthe permettant d'évacuer un débit variant de quelques mètres cubes par seconde à 25 m³/s sous une charge variant de quelques centimètres est décrit par C. MARANGONI (fig. 4). La longueur développée du déversoir est de 320 m, alors que son encombrement est de 40 × 30 m environ, compte tenu des canaux latéraux d'évacuation.

Un panorama des divers types de vannes utilisées dans les barrages mobiles ainsi qu'une comparaison de leur prix de revient est donné dans le mémoire de G. LESI; ce mémoire comporte en outre de nombreuses références bibliographiques.

Enfin, quelques autres mémoires, non moins intéressants que ceux qui viennent d'être cités, traitent d'études sur modèle de barrages et de prises d'eau, tel le barrage hydroélectrique d'Isola Serafini sur le Pô, ou la prise d'eau d'Ailano sur le Volturno.

Citons, pour terminer le thème C, une étude expérimentale de la répartition des pressions sur les éléments d'une vanne toit, et l'étude expérimentale et théorique d'un écoulement à la sortie d'une galerie en charge débouchant dans une rivière.

THÈME D

DIVERS

Dans ce thème ont été classés des mémoires se rapportant à des problèmes hydrauliques divers.

Trois mémoires traitent des réseaux de distribution.

Le mémoire de P. GUIDICI propose un nouveau critère pour le dimensionnement économique des canaux de distribution.

G. IANNELLI souligne la complexité des méthodes de calcul de réseaux et, après avoir rappelé le principe de la méthode de Cross, propose quelques simplifications permettant d'éviter au maximum les erreurs de calcul et de signe. Enfin la convergence de cette méthode est étudiée dans un mémoire de M. CAO.

Le problème des infiltrations provenant de canaux d'irrigation est traité par G. KOVACS, qui considère le phénomène comme non permanent, ce qui est nouveau dans le traitement théorique de ce genre de question.

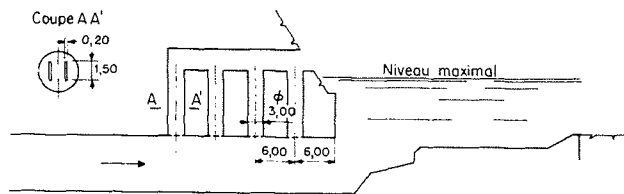


FIG. 3

Ouvrage proposé pour améliorer l'échappement de l'air à la sortie de la galerie.

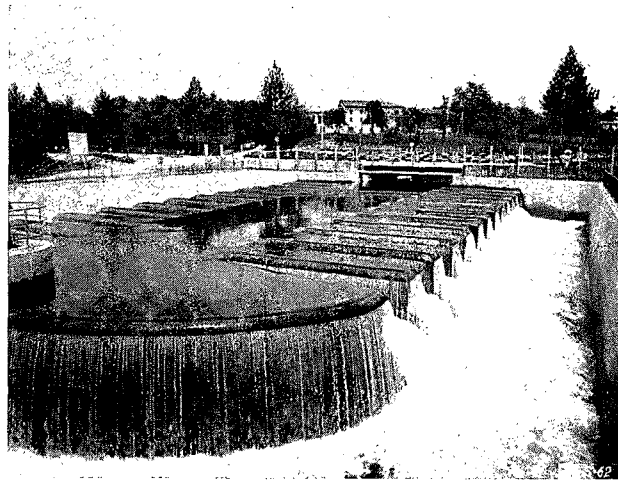


FIG. 4

C. THIRRIOT et C. CANGUILHEM font part d'un certain nombre de résultats obtenus au Laboratoire de Toulouse concernant l'étude numérique de coups de bélier, et ceci dans les cas suivants :

- conduite à double caractéristique;
- conduite avec bifurcation;
- conduite à caractéristiques multiples : conduite télescopique et conduite élastique reliant deux conduites rigides.

Les calculs, qui sont effectués sur calculatrice IBM 650, permettent de déterminer le maximum maximum des pressions.

Les auteurs montrent que ce maximum maximum ne se produit pas nécessairement au premier aller-retour des ondes; ils soulignent en outre les erreurs considérables qui peuvent être commises en assimilant une conduite à double caractéristique à une conduite dite équivalente à simple caractéristique.

Parmi les mémoires classés dans le thème D, nous citerons encore : une étude sur les pertes de charge dans les coudes, une étude théorique sur les contraintes d'origine thermique dans une voûte.

Le mémoire de E. BENASSAI porte sur une étude expérimentale et théorique de la réflexion d'une onde périodique sur divers obstacles à profil discontinu (paroi verticale suivie d'un plan incliné) engendrant un clapotis partiel. Ce mé-

moire comporte de nombreuses références à des auteurs français.

Enfin, toujours dans ce thème, un mémoire intéressant l'hydraulique maritime traite de l'évolution des fonds dans le détroit de Messine.

THÈME B

TRANSPORT SOLIDE

Le thème B traite des problèmes de débit solide, problèmes que nous avons classés dans les rubriques suivantes :

- études théoriques;
- observations et mesures dans les cours d'eau et les réservoirs artificiels;
- matériel de dragages.

Etudes théoriques :

Nous citerons trois études intéressantes :

1. Dans son mémoire sur les conditions de similitude des écoulements dans les rivières à fond mobile, G. KARADI rappelle que dans les canaux à fond fixe l'écoulement est quadratique si le nombre de Reynolds étoilé \mathcal{R}^* est supérieur à 50, c'est-à-dire si le rapport entre la dimension de l'aspérité et l'épaisseur de la couche limite $d/\delta \geq 4$; ce même rapport d/δ doit être supérieur à 18,5 environ pour que les forces exercées sur les grains de diamètre d constituant des fonds mobiles soient indépendants du nombre de Reynolds, c'est-à-dire que \mathcal{R}^* doit être supérieur à 215 (diagramme de Schields).

Ceci étant dit, G. KARADI donne la méthode à suivre pour déterminer les échelles d'un modèle réduit de rivière à fond mobile.

Si le nombre de Reynolds étoilé dans la nature \mathcal{R}^*_{n} est > 215 il faut que \mathcal{R}^*_{m} modèle soit aussi plus grand que 215.

Cette condition conduit aux relations d'échelles suivantes :

$$\lambda_d \geq \lambda_{\rho'}^{-1/3} \left(\frac{215}{\mathcal{R}^*_{n}} \right)^{2/3}$$

et, compte tenu du critère de Froude,

$$\lambda_h = \lambda_l^{1/2} \left(\frac{215 \cdot \lambda_{\rho'}}{\mathcal{R}^*_{n}} \right)^{1/3}$$

avec :

d : diamètre des grains;

h : hauteurs d'eau;

l : dimension en plan;

ρ' : poids spécifique sous l'eau du matériau.

Cette expression est obtenue en écrivant que l'échelle des vitesses moyennes est égale à l'échelle des vitesses qui provoquent le début d'entraînement des grains.

Si le nombre de Reynolds \mathcal{R}^*_{n} est inférieur à 215 dans l'écoulement naturel, il est nécessaire que l'égalité des \mathcal{R}^* naturel et modèle soit respectée, ce qui conduit à la relation d'échelle :

$$\lambda_{\rho'} = \frac{1}{\lambda_d^3}$$

$$\mathcal{R}^* = \frac{u^* d}{\nu} = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} \cdot \frac{d}{\nu} = \sqrt{kp'gd} \cdot \frac{d}{\nu}$$

Il faut en outre que le régime de déplacement des matériaux soit semblable, c'est-à-dire qu'il s'opère par fond lisse, rides, dunes ou antidunes. Pour établir de nouvelles relations d'échelles, G. KARADI s'appuie sur le diagramme de Bogardi, qui définit dans le plan ($\log \mathcal{F}^*$, $\log d$) les différents domaines de charriage. Les limites des différents domaines ont comme équation :

$$\mathcal{F}^* = \alpha d^{-0,6} \quad (\mathcal{F}^* = u_*^2/gd)$$

α étant un paramètre expérimental établi pour une densité du matériau sous l'eau de 1,65; pour une densité différente ρ' , ce paramètre est égal à $\alpha' = \alpha (\rho'/1,65)$.

Au domaine naturel de charriage correspond un ensemble de valeurs de α tel que :

$$\alpha_0 < \alpha < \alpha_1$$

sur le modèle, on doit avoir :

$$\alpha_0 \frac{\rho'}{1,65} < \frac{\mathcal{F}^*}{d^{-0,6}} < \alpha_1 \frac{\rho'}{1,65}$$

Ce nouveau critère suppose évidemment que le diagramme de Bogardi est exact. En fait, il ne rend pas compte de tous les résultats expérimentaux, en particulier de ceux qui ont été établis au Laboratoire de Chatou.

2. Mémoire de I. V. NAGY sur la théorie du transport solide en suspension.

A partir des équations de Reynolds et de résultats d'expériences qu'il a entrepris, l'auteur déduit les équations permettant de déterminer la concentration en un point d'une verticale et d'estimer la concentration en surface et la concentration moyenne.

3. Mémoire de J. PANTELOPULOS sur le mouvement des matériaux de fond.

L'auteur met en évidence l'influence de la turbulence sur la répartition de la force tractrice entre les grains du lit, ainsi que le caractère probabiliste de cette répartition; il exprime la variation de la force tractrice avec les paramètres de l'écoulement et les caractéristiques des matériaux; il en déduit une loi de charriage, proche

de celle de Kalinske qu'il a vérifiée en canal. Si $\bar{\tau}$ est la tension tangentielle moyenne exercée sur la surface du lit et τ_c la tension tangentielle critique pour le déplacement d'un grain, l'auteur trouve une expression théorique de $\bar{\tau}/\tau_c$ en fonction de \bar{u}/u_c qui paraît en très bon accord avec les mesures expérimentales qu'il a faite en canal et dans le Danube. Kalinske donnait la relation $\bar{\tau}/\tau_c = (\bar{u}/u_c)^2$ qui s'écarte de l'expression donnée par J. PANTELOPULOS pour les valeurs élevées de \bar{u}/u_c ; ceci du fait, d'après J. PANTELOPULOS, que la relation de Kalinske n'est applicable qu'à des matériaux immobiles (fig. 5).

En définitive, la loi de charriage à laquelle il arrive est la suivante :

$$\frac{G}{K\tau_c\sqrt{\tau_c/\rho}} = \frac{\bar{u}_g}{u_c}$$

\bar{u}_g/u_c est une expression calculable en fonction de $\bar{\tau}/\tau_c$ relation que l'auteur donne sous forme de courbe (fig. 6).

La connaissance de K et de τ_c permet donc de calculer le débit solide G (K est un paramètre de forme).

Cette relation s'applique en principe à des grains de diamètre uniforme, mais les expériences de l'auteur tendent à montrer qu'elle est applicable aux mélanges, du fait que les tensions critiques d'entraînement des différents grains ne sont pas tellement différentes (référence à un compte rendu de l'auteur donné à la 7^e assemblée de l'A.I.R.H., Lisbonne, 1957). Ceci rejoindrait d'ailleurs la conclusion, tirée d'essais effectués dans le Rhône, à Pierre-Bénite, et qui montrait qu'il existait un diamètre critique en dessous duquel tous les matériaux se déplaçaient simultanément pour une même force tractrice (*La Houille Blanche*, n° spécial A, 1962).

Observations et mesures :

Parmi les mémoires présentés, le mémoire de C. BENDINI et E. NOVI est particulièrement remarquable. Ce mémoire donne en effet pour deux fleuves de la Toscane, l'Arno, l'Ombrona, et leurs principaux affluents, les valeurs moyennes mensuelles de la turbidité déterminées sur une période d'une dizaine d'années. Les mesures à chacune des stations sont présentées sous forme de tableaux donnant par mois les valeurs moyennes maximales et minimales de la concentration (kg/m³), du débit en suspension (kg/s), enfin l'érosion des bassins en t/km². Pour l'Arno, par exemple, l'érosion spécifique moyenne annuelle du bassin en fonction de sa surface est donnée par la figure 7.

Le mémoire de P. BERTI traite d'observations

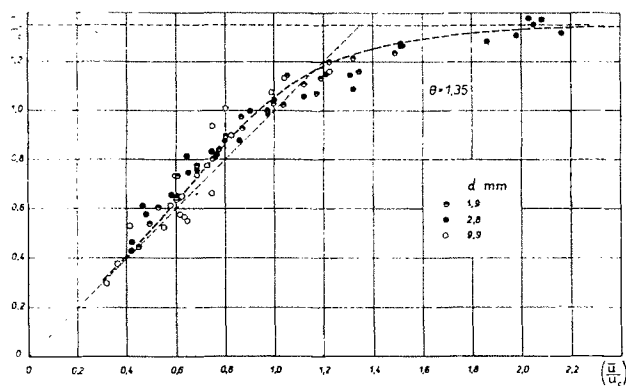


FIG. 5
Variation de $\bar{\tau}/\tau_c$ en fonction de $(\bar{u}/u_c)^2$
 $\theta = 1,35$ $K_u = 1/6$

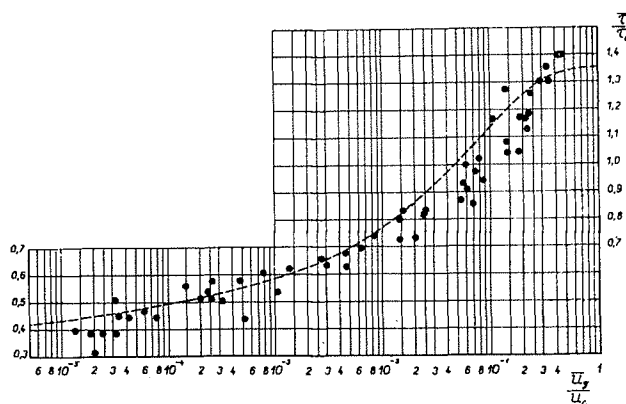


FIG. 6
Mélange sable-gravier.
Variation \bar{u}_g/u_c en fonction de $\bar{\tau}/\tau_c$
 $\theta = 1,35$ $K_u = 1,6$

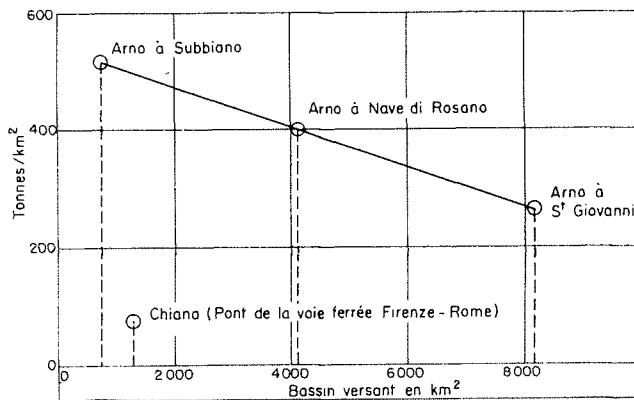


FIG. 7

faites sur les dépôts de limon dans le réservoir du barrage établi sur le fleuve Gela en 1948. La surface du bassin versant est de l'ordre de 238 km²; son érosion spécifique annuelle est assez intense, puisqu'elle atteint 560 t/km² (moyenne établie entre 1935 et 1947).

Depuis sa mise en service jusqu'en 1960, 6 mil-

lions de mètres cubes de limons se sont déposés dans la retenue, soit une moyenne annuelle de 500 000 m³.

L'auteur envisage les solutions pour remédier à cet état : surélévation du barrage ou adoption des solutions françaises pour le dévasement de la retenue du barrage Steeg sur l'oued Fodda, en Algérie, ou encore mise en place d'organes de dévasement comme ceux du barrage d'Iril Emda.

L. CATI présente un mémoire sur l'histoire de l'évolution du delta du Pô. Les documents qu'il a

pu recueillir lui permettent de connaître approximativement l'état du delta à l'époque étrusque et plus précisément par les documents cartographiques depuis 1620 jusqu'à nos jours.

L'avancement total moyen du delta vers la mer depuis 3 000 ans serait de 46 km, soit un avancement moyen annuel de plus de 15 m.

Matériel de dragage :

Nous terminerons ce compte rendu en citant le mémoire de G. FALDI, qui décrit un dispositif de dragage d'éléments sableux fonctionnant à l'air comprimé et qui répond aux exigences suivantes :

- dragage à des profondeurs importantes;
- possibilité de transporter la mixture à de grandes distances (plusieurs kilomètres) sans station intermédiaire;
- pompage d'une mixture contenant un pourcentage de 50 % et plus de matériaux solides en suspension, avec un rendement correct;
- usure réduite au minimum du fait de l'absence de piston et de toutes pièces tournantes au contact de la mixture.

Le dispositif décrit fait l'objet d'un brevet italien (fig. 8).

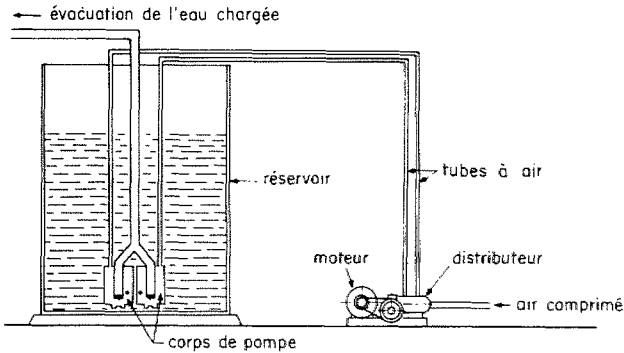


FIG. 8
Dispositif de dragage
avec corps de pompe immergé.

COMMENTAIRE

Président : M. TALUREAU

M. le Président remercie M. RAMETTE d'avoir présenté un compte rendu clair et remarquable du Congrès d'Hydraulique de Pise, et de l'avoir agrémenté de démonstrations au tableau et de projections.

