

LE COIN DU LABORATOIRE

Appareillage utilisé pour l'étude sur modèle réduit des cycles de fonctionnement d'une usine marémotrice

English text, p. 172.

Le problème consiste à déterminer, pour différents coefficients de marée, le cycle optimum de fonctionnement de l'usine, c'est-à-dire celui qui fournira l'énergie maximum, compte tenu des caractéristiques des machines utilisées.

On suppose évidemment déterminé le genre de cycle de l'installation (à simple effet ou double effet, avec un seul bassin, à deux bassins conjugués ou associés, avec ou sans pompage, etc...) et choisis l'équipement de l'usine et les dimensions des pertuis mettant en communication le ou les bassins avec la mer. Les facteurs qui peuvent varier alors pour modifier l'énergie du cycle sont :

- les heures de mise en route et d'arrêt des turbines,
- le débit passant à chaque instant à travers l'usine.

Au cours de la représentation d'un cycle sur le modèle, il faut donc connaître, à tout moment, le débit turbiné (ou pompé) et la chute qui s'établit entre l'amont et l'aval de l'usine. De plus, pour obtenir directement l'enregistrement de la puissance instantanée fournie par l'usine, il est nécessaire de tenir compte du rendement des machines ($N = \eta QH$) et, par conséquent, de disposer des courbes en « collines » représentatives de celles-ci.

L'ensemble de l'appareillage comprend, de ce fait, trois organes différents :

- un organe de contrôle du débit passant dans l'usine,
- un appareil mesurant la chute,
- un appareil que l'on pourrait baptiser « puissancegraphe » qui reçoit l'indication des valeurs mesurées par les deux premiers et les inscrit sur un graphique mobile représentant une « colline » de la machine considérée.

ORGANE DU CONTRÔLE DU DÉBIT PASSANT PAR L'USINE

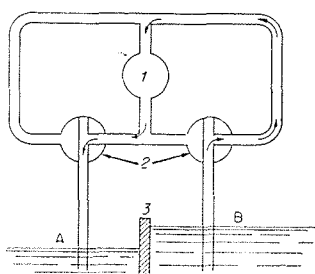
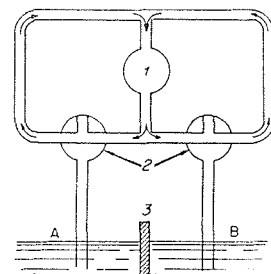
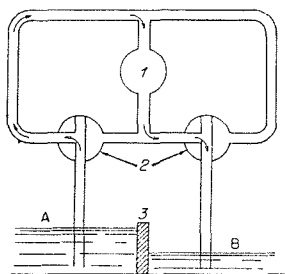
Parmi les cycles que l'on veut représenter, certains font intervenir du pompage pour effectuer un surremplissage artificiel du bassin amont; il est donc nécessaire de prévoir un circuit hydraulique spécial entre l'amont et l'aval de l'usine comprenant une pompe et un organe de réglage.

Puisqu'on envisage de faire fonctionner les groupes tantôt en turbines, tantôt en pompes, et éventuellement, dans certains cas, de turbiner ou de pomper dans les deux sens (double effet), cela suppose que l'on puisse inverser le sens de l'écoulement dans le circuit hydraulique de l'usine. Pour atteindre ce but, le circuit comprend, outre un groupe motopompe, deux robinets boisseaux à trois voies commandés simultanément et qui, après étalonnage préalable, per-

mettent de connaître le débit qui passe dans le circuit (v. fig. 1).

Turbinage ou pompage de A à B.
Water turbinéd or pumped from A to B.

Aucune circulation entre A et B.
Close circuit.



Turbinage ou pompage de B à A.
Water turbinéd or pumped from B to A.

FIG. 1. — SCHÉMA DU CIRCUIT HYDRAULIQUE DE L'USINE.
Diagram of the plant's hydraulic circuit.

- 1 Pompe. — Pump.
- 2 Robinets à boisseaux. — Three way valves.
- 3 Barrage usine. — Dam Power plant.

APPAREIL MESURANT LA CHUTE

Cet appareil est un limnigraphe à deux pointes palpeuses, perfectionnement, pour l'enregistrement de deux niveaux, de celui à une pointe décrit dans le numéro 1-1948 de *la Houille Blanche*. Il permet d'enregistrer à tout instant les deux niveaux de part et d'autre de l'usine et par conséquent la chute en fonction du temps (v. fig. 2).

PUISSANCEGRAPHE

Nous avons baptisé ainsi un panneau mobile et transparent portant un graphique sur lequel sont tracés les courbes d'égale puissance du type de machine prévu pour l'usine, en fonction du débit et de la chute.

Le déplacement rectiligne du cadre est assujéti à la commande des robinets de réglage du débit, l'échelle de ce débit sur l'axe du graphique étant la transformation linéaire de la courbe d'étalonnage des robinets.

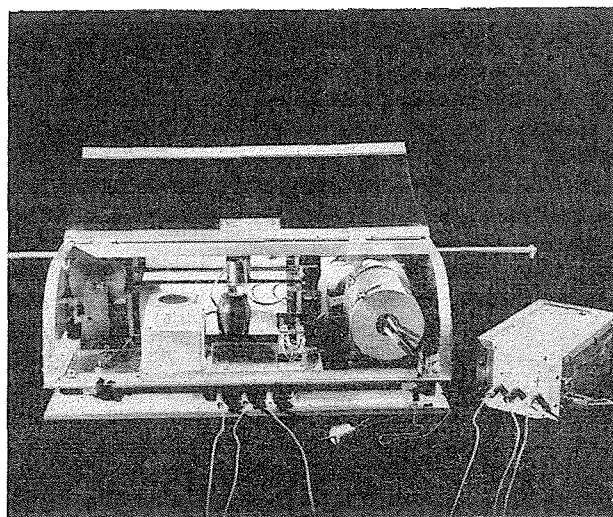


FIG. 2. — LIMNIGRAPHE A DEUX POINTES.
Twin-point limnigraph.

Par ailleurs, la valeur de la chute est transmise à l'appareil d'une façon optique par un manomètre différentiel placé derrière le panneau transparent, le niveau dans l'un des tubes (qui donne la moitié de la chute par rapport au niveau moyen) étant projeté, par un éclairage

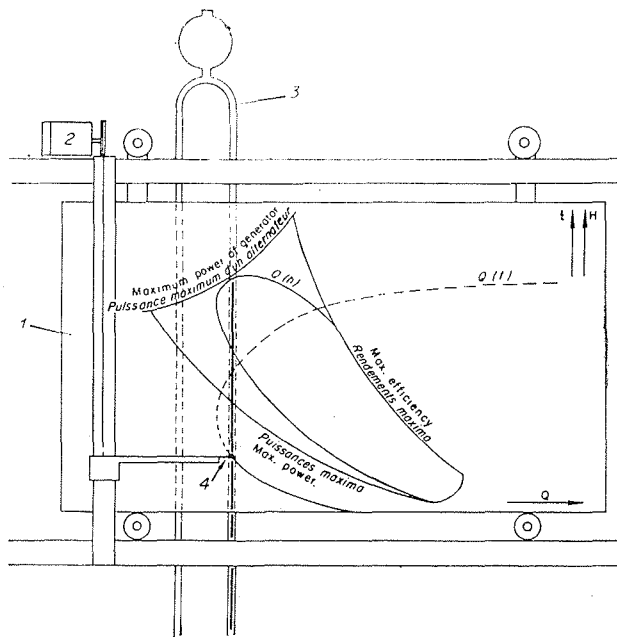


FIG. 3. — SCHÉMA DU « PUISSANCEGRAPHE ».
Diagram of "powermeter".

- 1 Cadre porte; graphique mobile.
Graph fixed to movable plate.
- 2 Moteur synchrone.
Synchronous motor.
- 3 Manomètre différentiel.
Differential manometer.
- 4 Style.
Pen.

adéquat, sur le graphique (voir schéma 3). Dans le cas où l'on désire *enregistrer* sur le graphique la loi de variation de la chute en fonction du débit, on peut télécommander électriquement, en partant du limnigraphe à deux pointes précédent, un style se déplaçant lui aussi linéairement suivant un axe parallèle à l'axe des chutes du graphique.

Enfin, on peut enregistrer sur le même graphique la variation du débit en fonction du temps, en faisant déplacer un autre style d'un mouvement uniforme parallèle à l'axe des chutes, qui est alors aussi un axe des temps; la courbe tracée par le style sur le graphique donne donc les déplacements du panneau en fonction du temps et par conséquent la loi $Q(t)$ (v. fig. 4).

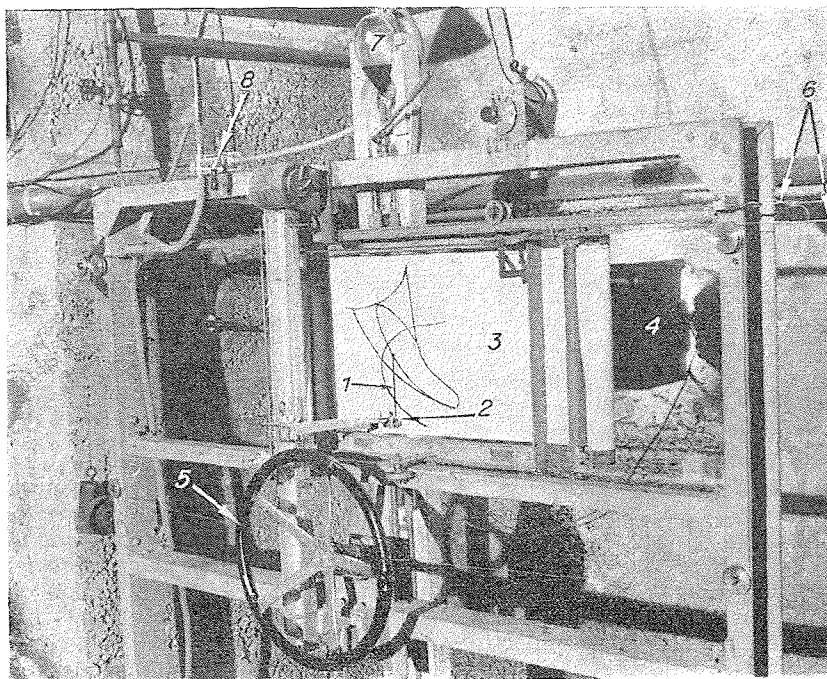


FIG 4. — LE « PUISSANCEGRAPHE ».

The "Powermeter".

ENREGISTREMENT D'UN CYCLE

On peut opérer de différentes façons selon celle des trois courbes $Q(H)$, $Q(t)$ ou $H(t)$ qu'on donne à priori.

Dans certains cas, on peut déterminer par le calcul, avec une assez bonne approximation, la loi $Q(H)$ correspondant au cycle optimum. On trace alors au préalable cette courbe sur la colline du graphique, et on réalise le cycle en déplaçant le panneau — ce qui entraîne la commande du débit — de manière à maintenir à tout instant sur la courbe $Q(H)$ la projection du niveau du manomètre transmettant la chute qui s'établit sur le modèle. Simultanément, sur le même graphique, s'enregistre la loi $Q(t)$ et sur le limnigraphe à deux pointes la courbe $H(t)$.

Une fois ces courbes enregistrées, il suffit de tracer la courbe $N(t)$ donnant la variation de la puissance en fonction du temps, obtenue à partir de deux des trois courbes précédentes, la colline donnant pour chaque groupe de valeur Q

et H la valeur de N correspondante. Le planimétrage de la courbe $N(t)$ donne l'énergie du cycle réalisé sur le modèle.

Dans d'autres cas, il pourra être plus facile de partir de la loi $Q(t)$; on pourra alors soit en déduire $Q(H)$ par calcul préalable approché et opérer comme précédemment, ou suivre la loi $Q(t)$ et enregistrer $Q(H)$ par le procédé du style transmettant à distance les indications du limnigraphe.

Cet ensemble, qui a été conçu, réalisé et mis au point avec le concours de M. G. SURREL, ingénieur E.D.F. détaché, à cette époque, à notre Laboratoire, présente l'avantage de permettre de multiplier très facilement les essais sans entraîner des calculs ou dépouillements longs et complexes. Les systèmes à visualisation optique de la chute et à enregistrement télécommandé de celle-ci ont été utilisés sur deux modèles différents et ont donné d'excellents résultats.

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE.
(Neyric, Grenoble.)

LABORATORY PRACTICE

Equipment used for the scale model study of the operation cycle of a tidal power plant

Texte français, p. 169.

See French text for illustrations (p. 169).

The problem consists in determining the most favourable operation cycle of the plant for various tide coefficients, i.e., that which would supply the maximum energy, account being taken of the characteristics of the turbines used.

The type of cycle of the installation (single, or double cycle system with one reservoir, two partly co-operating or completely co-operating reservoirs, with or without a pumping system, etc...) is presumed to be determined, and the equipment of the plant and dimensions of the sluices connecting the reservoir, or reservoirs, with the sea, to be chosen. This having been done, the factors which may be varied in order to obtain the maximum output, are as follows :

- the starting and stopping times of the turbines;
- the instantaneous discharge which passes through the plant.

During the reproduction of an operation cycle on the model, the turbined, or pumped discharge must be continually known, as well as the head existing between the water-levels above and below the plant. In order to obtain a direct recording of the instantaneous power supplied by the plant, it is moreover necessary to take into account the efficiency of the machines ($N = \eta QH$) and, consequently, to have the corresponding contour curves.

The equipment as a whole is thus formed of three different units :

- a device for regulating the discharge passing through the plant,
- an apparatus, known as a "powermeter", which registers the values measured by the first two units on a graph fixed to a movable plate and on which are already the turbines' contour curves.

Device for regulating the discharge passing through the plant.

Amongst the various operation cycles which are to be represented are some which make use of

pumped storage (1) in the upstream reservoir. In such cases, a special hydraulic circuit from above the plant to below it, is necessary, and should include a pump and a regulating device.

Since the units are to operate first as turbines and then as pumps, and eventually, in some cases, as both turbines and pumps working in the two directions (double cycle system), it is presumed possible to reverse the direction of flow in the plant's water circuit. To achieve this, the circuit has a motor-pump unit and two, three-way valves, which are controlled simultaneously. Before installation, these valves are calibrated, and it is thereby possible to check on the discharge passing through the plant (fig. 1).

Head measuring apparatus.

This consists in a limnigraph with two vibrating points—an improvement of the single point apparatus which was described in No. 1-1948 (p. 62) of *La Houille Blanche*. It enables the simultaneous recording of the water-levels on either side of the plant, and thus gives the head as a function of time (photo. 1).

"Powermeter".

This name was given to an apparatus consisting in a transparent, vertical sliding plate which can be moved horizontally, and on to which is fixed a graph of the constant power curves of the proposed type of turbine, as a function of the discharge and the head.

The movement of the plate is governed by the controls of the discharge regulation valves; the scale of the discharge is the linear transformation of the valve calibration curve on the horizontal axis of the graph.

As well as this, the head value is transmitted

(1) Filling of reservoir above high-tide level.

optically to the plate by means of a differential manometer placed behind the latter. The image of the level in one of the tubes (which indicates half of the head in relation to the mean level) is thrown on to the plate by an adequate lighting system (fig. 2). Should it be desired to record the head-discharge relationship on the graph, a tracing pen can be electrically connected to the twin-point limnigraph previously mentioned; the movement of this pen is parallel to the head axis of the graph (the vertical movement is, of course, a linear function of the head in question).

Lastly, it is possible to record the discharge-time variation on the same graph by means of another tracing pen, the movement of which is uniform and parallel to the head axis, which is then also the time axis. The curve drawn by the pen thus gives the movement of the plate as a function of time, whence the $Q(t)$ law (photo. 2).

Recording a cycle.

This can be carried out in various ways, according to which of the three curves, $Q(H)$, $Q(t)$ or $H(t)$ is used at the start.

In some instances, the $Q(H)$ law, corresponding to the most favourable cycle, can be determined fairly accurately by calculation. This being the case, the $Q(H)$ curve is first plotted on the graph. The cycle is then obtained by moving the sliding

plate—thereby modifying the discharge—so that the image of the level in the manometer, which indicates the model head, always follows the $Q(H)$ curve. The $Q(t)$ law is recorded on the graph and, simultaneously, the $H(t)$ curve is recorded on the twin-point limnigraph.

Once these curves have been drawn, one has but to plot the $N(t)$ curve, which gives the power variations as a function of time; this curve is obtained from two of the three curves mentioned above, and the contour curve gives the corresponding value of N for each value of Q and of H . The energy of the cycle reproduced on the model is given by the planimetry of the $N(t)$ curve.

In other cases, it may prove easier to start off with the $Q(t)$ law. This being so, one could either calculate $Q(H)$ approximately beforehand, and then continue as already described, or follow the $Q(t)$ law and record $Q(H)$ by means of the pen controlled by the limnigraph.

The great advantage of this apparatus is that it enables a numerous tests to be made without entailing excessive and complicated calculations. The system of the optical transmission of the head and that of its recording by long-distance control, were used on two different models, and gave excellent results.

Neyrpic hydraulic Laboratory.
Grenoble.

