26e Année — No 207 Juillet-Août 1927

LA HOUILLE BLANCHE

ÉDITIONS J. REY - B. ARTHAUD, Éditeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France... ... 40 francs / Étranger ..... 50 francs } Le Numéro : 7 francs

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

SOMMAIRE

HYDRAULIQUE

Détermination graphique de l'énergie à escompter des réservoirs ou lacs artificiels dans les projets d'aménagements hydrauliques

Par J. BOUDET, *Ingénieur A. & M., Membre de la Société des Ingénieurs civils de France et de l' « Associazione Elettrotecnica Italiana » (Sez. di Torino).*

L'énergie à attendre de l'utilisation rationnelle de l'eau accumulée dans un réservoir faisant partie d'un projet d'aménagement hydraulique se détermine, le plus souvent, par la voie analytique. Certains techniciens, connaissant bien les points faibles de pareille détermination, ont essayé de lui substituer différents procédés graphiques, mais, de façon générale, ces derniers procédés — pour plus simple qu'en fut l'application — n'ont pas jusqu'à ce jour donné de résultats bien satisfaisants, en raison des trop grands écarts d'approximation qu'ils présentaient, par rapport à la méthode analytique.

Il convient, toutefois, de faire exception en faveur d'un procédé nouveau, récemment développé dans l'*Elettrotecnica* par notre éminent collègue, Luigi Passerini, et que nous nous proposons d'exposer ici, pour les lecteurs de la *Houille Blanche.*

Ce procédé consiste, très simplement, dans l'utilisation des propriétés graphiques, universellement connues, du polygone funiculaire.

Principe

L'énergie potentielle de la masse d'eau accumulée dans le réservoir, au-dessus d'une altitude déterminée, peut, en effet, s'interpréter comme le moment statique du terme masse par rapport à cette altitude. De sorte que, si, à l'altitude de vidange du réservoir, nous supposons appliqué un bras de levier et que nous le chargions avec les poids hydrostatiques correspondant aux tranches d'eau délimitées par les courbes de niveau submergées par la retenue du réservoir, à l'aide d'un polygone funiculaire connectant les forces ainsi appliquées, on pourra mesurer sur l'horizontale d'encastrement des fondations du barrage, la longueur interceptée correspondant au moment total, c'est-à-dire, — dans l'état actuel des hypothèses faites — à l'énergie contenue, à l'état potentiel, dans le réservoir considéré.

Discussion

Supposons la contenance du réservoir aux différents niveaux représentée par la courbe continue ABC, dont les abcisses correspondent aux surfaces du remous à ces mêmes niveaux.

Divisons l'aire comprise entre la dite courbe et l'axe des ordonnées en tranches horizontales, égales ou non en hauteur, selon l'allure de la courbe ; puis, au centre de gravité de chacune, appliquons une force proportionnelle à la superficie de la tranche.

Cette dernière, ayant pour dimensions : d'une part la surface moyenne du remous au niveau de son centre de gravité, d'autre part la hauteur entre les deux plans parallèles et voisins déterminant la tranche, sa surface représente, graphiquement, le volume d'eau compris entre les altitudes considérées du réservoir.

Portant, à l'échelle du graphique, sur la droite MN, parallèle à l'axe SS' les longueurs représentatives des forces 0.1—1.2—.... ....7.8, joignant leurs extrémités à un pôle arbitraire P, et traçant le polygone funiculaire correspondant, nous aurons, sur l'axe SS', le segment cherché, 0'.8'.

Si *(d)* est ce segment intercepté, le moment a pour expression :

$$M = \frac{H \cdot d}{L \cdot v}$$

dans laquelle :

H = la distance du pôle à l'axe MN ;

d = le segment intercepté par le polygone funiculaire sur SS' ;

v = l'échelle des forces ;

L = l'échelle des longueurs.

La valeur de l'énergie, ainsi déterminée par lecture directe, n'est évidemment pas celle sur laquelle on pourra compter aux bornes des génératrices, mais celle de l'énergie ***brute***, disponible «naturellement», par la seul travail de l'eau accumulée dans le réservoir, sans aucune intervention des facteurs de rendement des machines transformatrices (turbines) ; mais on peut parfaitement adopter et faire intervenir, comme constante, un coefficient réductif *(a)*, modifiant la formule (1) comme suit :

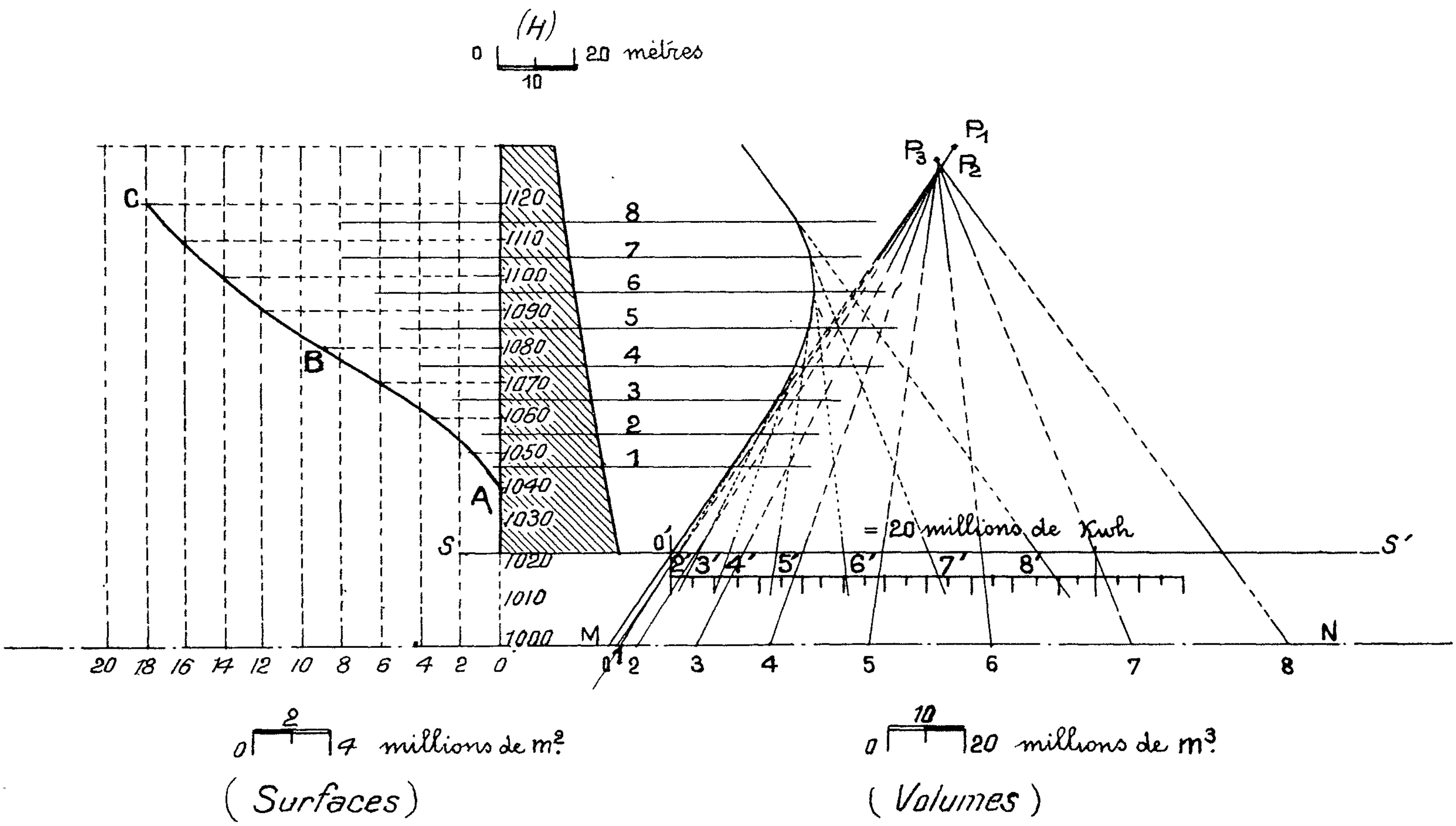
$$M = a\,K\,d \qquad (1')$$

laquelle devient, compte tenu encore des pertes inhérentes à la transformation mécanique-électrique :

$$M = K \cdot a \cdot b \cdot d, \qquad (1'')$$

avec, corrélativement :

$$H = K \cdot \frac{L \cdot v}{a \cdot b}$$



Puisque (H) est arbitraire, voyons quelle est la valeur qu'il convient de lui assigner pour donner au procédé le maximum de rapidité en ses applications.

Ce maximum de rapidité pratique sera évidemment atteint lorsque, en kutchant le segment déterminé *(d)*, on pourra obtenir directement la puissance à escompter, — en millions de Kwh, par exemple — par la seule lecture des millimètres du kutch, avec laquelle elle devra être, par suite, dans un rapport unitaire.

En général, si l'on a : $M = K\,d, \qquad (1)$

avec la constante :

$$K = \frac{H}{L\,v},$$

on devra avoir pour distance polaire :

$$H = K\,v\,L.$$

Applications

Exemple numérique. — Supposons un problème présentant les caractéristiques ci-après :

Echelle des volumes :

$$v = \frac{1}{4.000.000},$$

c'est-à-dire : $1\,m/m$ = 4.000.000 de mètres cubes ;

Echelle des longueurs :

$$L = \frac{1}{1}$$

c'est-à-dire : $1\,m/m$ = 1 mètre.

Rendement global :

$$a = 0{,}68$$

Rapport entre Kwh et Kgm :

$$b = 2723 \times 10^{-9}$$

Rapport entre dm³ et m³ : (*)

$$g = 10^{-3}$$

Echelle de lecture désirée :

$$K = \frac{1}{1.000.000}^{\text{è}},$$

c'est-à-dire : 1 m/m = 1.000.000 de Kwh ;

Nous aurons :

$$H = \frac{10^6 \,.\, 10^9 \,.\, 10^{12} \,.\, 10^{-3}}{68 \,.\, 2723 \,.\, 4 \,.\, 10^6} = 135 \text{ m/m}.$$

Construisant le graphique avec cette distance polaire et mesurant au kutch, la longueur du segment intercepté sur SS' on aura ainsi directement, en millimètres, le nombre de millions de kilowatt-heures à escompter de l'installation projetée.

Observation pratique

Dans l'exemple qui précède, choisi au hasard, on a supposé que le coefficient (*a*) demeurait fixe pendant toute la durée de vidange du réservoir. Or, chacun sait qu'il n'en est point ainsi en pratique courante, mais que, bien au contraire, ce coefficient varie avec la charge d'eau subsistant au-dessus de l'orifice de prise.

Cette variation n'est point une difficulté, et, pour demeurer dans les limites d'une approximation convenable, il suffit de faire varier corrélativement (H) et de tenir compte du déplacement du pôle dans le tracé des côtés successifs du polygone funiculaire.

C'est dans ces conditions qu'a été établi le graphique de la figure ci-dessous :

Aux altitudes : 1105, 1075, 1050, correspondent les rendements de turbines : 0,78, 0,77, 0,74, pour lesquels le rendement de l'alternateur est supposé constant et égal à 0,92 (variant seulement avec l'utilisation de la machine).

Les rendements d'ensemble (globaux) s'établissent ainsi à : 0,708, 0,718, 0,680 ; et les distances polaires correspondantes, à : 130, 128, 135.

En conséquence, le polygone funiculaire a été commencé avec le pôle (P_1) à 135 m/m de SS' ; puis on a passé à (P_2), avec H=128 m/m et finalement, à (P_3), avec H = 130 m/m.

***

Comme on le voit, la méthode graphique que nous venons d'exposer, d'après la relation de notre collègue Passerini, présente, par rapport à la méthode analytique, généralement usitée, le grand avantage d'être très expéditive, en même temps qu'elle conserve un degré d'approximation des plus acceptables.

Elle permet en outre, d'éviter de reprendre le problème de pied en cap lorsque — comme il arrive le plus souvent dans l'étude des barrages — il est nécessaire de comparer rapidement les diverses solutions possibles, touchant aussi bien l'emplacement et la hauteur de la retenue que la hauteur maximum de la tranche d'eau à utiliser.

Dans ce cas, en effet, le polygone funiculaire ne change pas, et il suffit de transporter la ligne d'axe SS' parallèlement à elle-même, à chacune des altitudes comparatives envisagées dans l'étude, et de lire pour chaque variante, — comme précédemment — la longueur du segment de cette directrice interceptée par les mêmes côtés du polygone.

A ces différents titres, cette méthode graphique méritait d'être connue, et nous nous estimerons assez heureux si, en l'exposant ici, nous avons pu rendre service à quelques-uns de nos collègues.

(*) Il s'agit là de kilogrammes et non pas de tonnes.