

<p style="text-align: center;">NOTULE HYDRAULIQUE HYDRAULIC BRIEF</p>

Utilisation de la calculatrice électronique pour l'étude des oscillations du système des galeries d'amenée de l'aménagement de Saint-Martin-Vésubie

Use of an electronic calculator for studying the oscillations of the supply tunnel system in the St. Martin-Vésubie project

L'ordinateur électronique a permis de calculer les oscillations des plans d'eau dans le système puits-cheminée d'équilibre de Saint-Martin-Vésubie. La souplesse du modèle mathématique utilisé a permis de comparer différentes solutions, correspondant à certaines valeurs des paramètres, dans des conditions de prix et de délais très avantageux.

The use of an electronic ordinator made it possible to calculate the water level oscillations in the shaft and surge tank system of the St. Martin-Vésubie project. The flexibility of the mathematical model used enabled a number of different solutions corresponding to certain parameter values to be compared and favourable price and delivery conditions to be maintained.

I. — POSITION DU PROBLÈME

L'aménagement projeté à Saint-Martin-Vésubie comportera, dans le stade de réalisation finale, une galerie principale AB reliant le réservoir d'accumulation de Gircopion à l'extrémité amont de la conduite forcée. Sur cette galerie sont greffées en D l'adduction du torrent « La Madone des Fenêtres » au moyen du puits incliné CD et en E l'adduction de deux autres torrents : le Spaillard et la Gordolasque. Cette deuxième adduction comprend la galerie EF, le puits FG, placé au droit de la prise du Spaillard, et la galerie à écoulement libre GH, transitant les eaux de la Gordolasque vers le puits GF.

L'ensemble de ce système d'amenée sera le siège, en période transitoire, d'oscillations complexes, les deux puits jouant le rôle de deux cheminées d'équilibre supplémentaires.

E.D.F. Alpes III ayant demandé à la SOGREAH d'analyser les régimes d'oscillation auxquels on peut s'attendre en exploitation et, en particulier, d'examiner les temps de manœuvre les plus défavorables, il a été décidé d'utiliser dans ce but la machine électronique IBM du Service scientifique de notre Société.

II. — PRINCIPE DU CALCUL

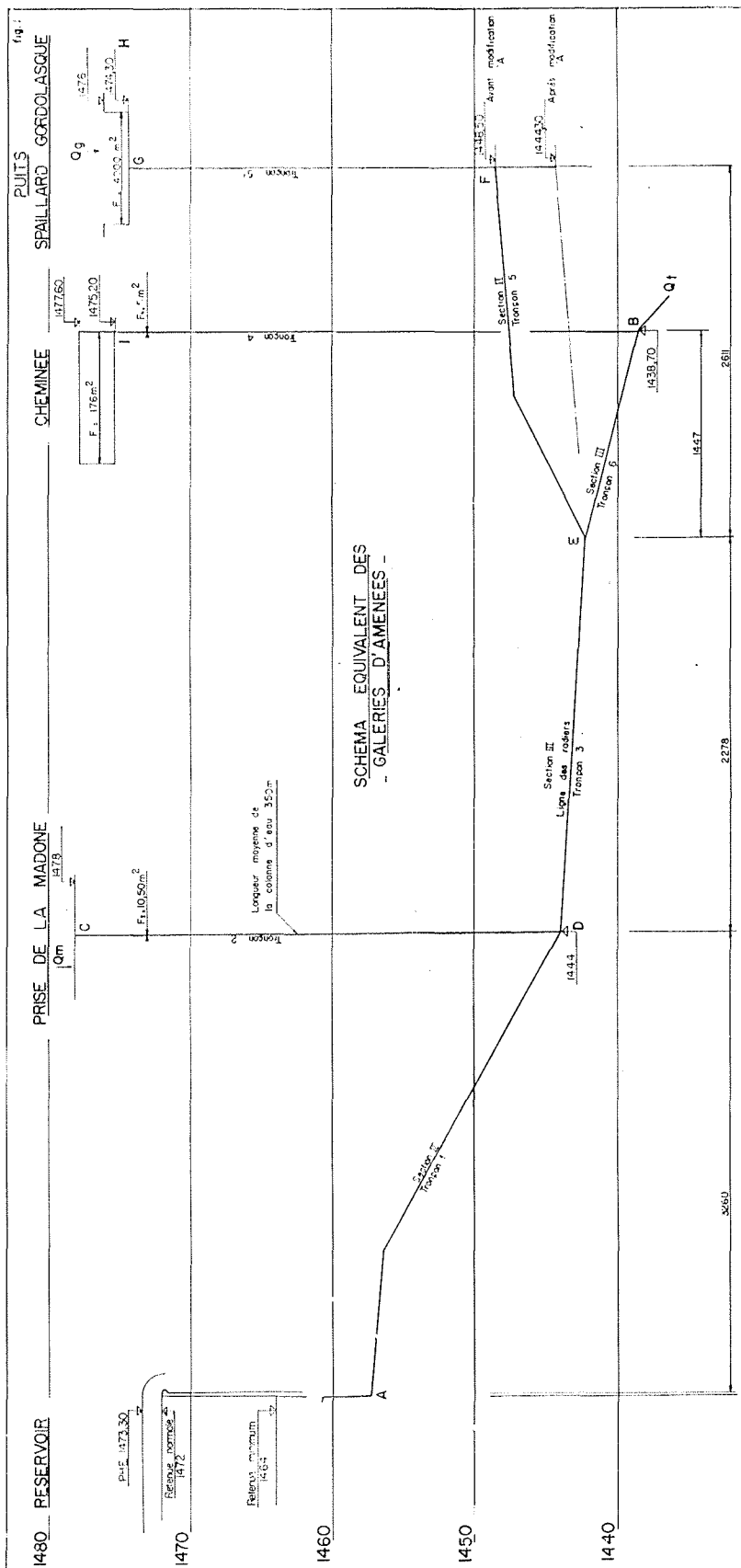
Les équations du mouvement transitoire dans les systèmes de conduites sont bien connues. Ce sont :

1° Les équations dynamiques de la forme :

$$\frac{L}{gl} \frac{dQ}{dt} + Z + H = 0$$

Z étant la différence des hauteurs piézométriques entre l'aval et l'amont du tronçon des conduites considérées.

H étant la perte de charge ($H = kQ^2$) — les autres notations étant classiques.



2° Les équations de continuité.

Pour les nœuds, elles sont de la forme :

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

Pour les surfaces libres, elles sont de la forme :

$$Q = F \frac{dz}{dt}$$

F : section horizontale du puits de cheminée;

z = cote de la surface libre.

Le calcul fait repose sur certaines hypothèses simplificatrices :

- On ne tient pas compte de l'inertie dans les tronçons courts à faible vitesse : puits FG et cheminée principale;
- Par contre, il a été nécessaire d'en tenir compte dans le puits GD, la vitesse de l'eau y étant relativement forte.

On a, d'autre part, admis que la galerie à surface libre GH se comporte simplement comme une expansion très grande, les phénomènes transitoires pouvant y prendre naissance ne devant pas affecter de manière sensible le régime d'oscillation dans l'ensemble de l'installation.

Ces hypothèses ne sont faites que pour réduire les temps de calculs, elles sont compatibles avec la précision demandée. On pourrait très bien envisager de traiter le cas général sur l'ordinateur.

On est ainsi amené à résoudre un système différentiel de 11 équations à 11 inconnues (5 équations dynamiques et 6 équations de continuité).

La méthode de calcul utilisée est une méthode d'intégration classique par différences finies.

Dans le cas présent, il était de toute façon impensable d'envisager une solution à la main, le Maître de l'Œuvre demandant que cette étude soit faite très rapidement, étant donné l'état d'avancement des travaux, en particulier dans la cheminée d'équilibre.

III. — RÉSULTATS

La machine a permis de traiter dans le délai imparti plus de vingt cas de manœuvre grâce à un programme de calcul standard.

Cette étude a fait apparaître la nécessité d'apporter quelques modifications à l'installation projetée, en particulier à cause de l'amplitude des oscillations constatées dans le puits FG. Nous

FIG. 1
 Cheminée d'équilibre
 de
 Saint-Martin-Vésubie
 Ouverture 0 à 4 m²/s
 en 8 s
 et ouverture 4 à
 8 m²/s en 8 s
 après 64 secondes
 Débit non réparti
 Niveau statique 1464
 Galeries revêtues à 85 %

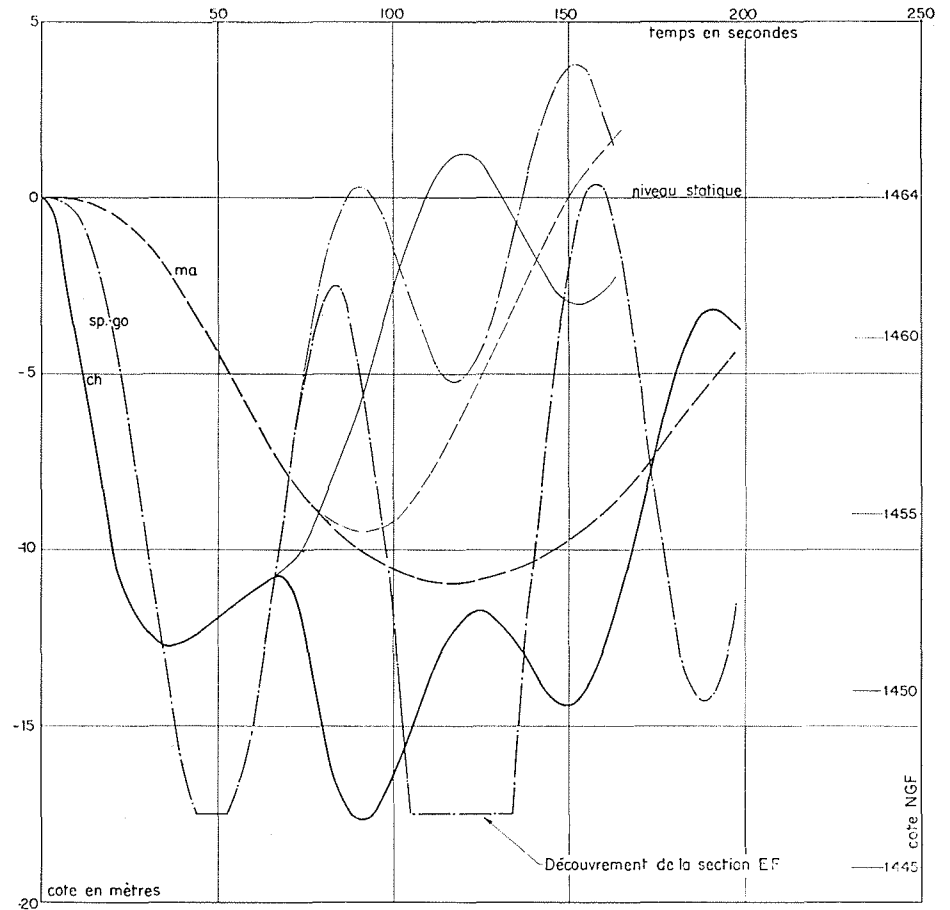
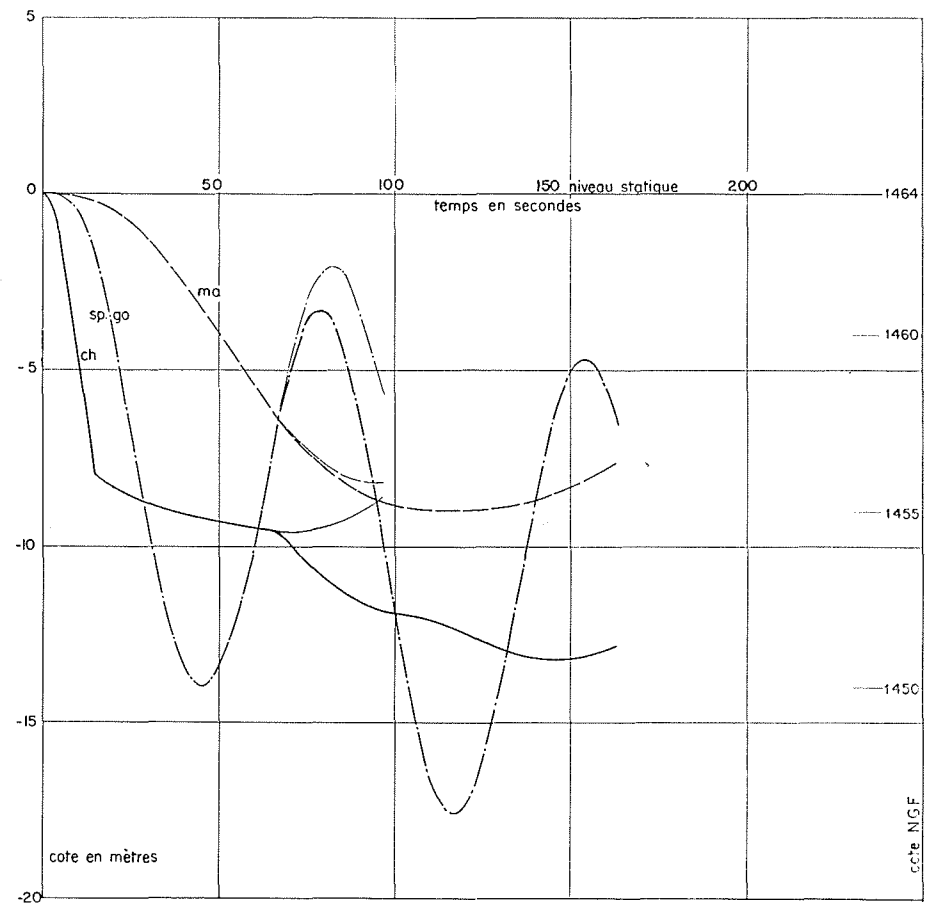


FIG. 2
 Cheminée d'équilibre
 de
 Saint-Martin-Vésubie
 Ouverture 0 à 4 m²/s
 en 8 s
 et ouverture 4 à
 8 m²/s en 8 s
 après 64 secondes
 Débit non réparti
 Niveau statique 1464
 Expansion S=30 m²
 au-dessous
 de la cote 1456
 Galeries revêtues à 85 %



avons proposé d'abaisser la cote du point F et, de plus, d'implanter à la partie inférieure de la cheminée principale une petite chambre d'expansion, dans le but de supprimer les découvre-

ments de la galerie EF, dans la partie ouest. Les deux graphiques font apparaître l'influence de cette expansion sur l'amplitude des oscillations dans le puits FG.

IV. — CONCLUSION

L'utilisation des machines électroniques permet de résoudre facilement et rapidement des problèmes qui demandaient jusqu'alors un travail extrêmement long et fastidieux, à condition cependant — et ceci est très important — que l'on puisse réunir autour de ces machines les spécialistes de la programmation et de la technique du problème traité.

Il est d'autre part toujours possible de conserver les programmes ou sous-programmes de calcul, de sorte que s'il se présente par la suite un problème analogue à résoudre, le travail de préparation est fortement réduit.

M. PACCARD,
(INGÉNIEUR A LA SOGREA).

NOTRE FRONTISPICE

HELMHOLTZ (1821-1894).

Dès sa prime jeunesse, Helmholtz se sentit vivement attiré par la physique; mais sa famille fit de lui un médecin militaire, carrière qui semblait plus sûre et plus rémunératrice...

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz était né le 31 août 1821 à Potsdam, où son père était professeur au « gymnase ». Docteur en médecine, puis médecin militaire à Potsdam en 1843, il ne tarda pas à donner sa mesure dans son célèbre mémoire *Ueber die Erhaltung der Kraft (Sur la conservation de la force, nous dirions aujourd'hui : de l'énergie)* (1847), qui fit époque, et traça les voies de l'énergétique moderne.

Nommé professeur d'anatomie et physiologie à Königsberg (1849) puis à Bonn (1855) et à Heidelberg (1858), il put donner peu à peu libre cours à ses inclinations d'antan en orientant ses travaux sur l'acoustique et la théorie de la musique qu'il allait totalement renouveler, sur l'optique physiologique qui le conduisit au processus d'accommodation du cristallin et, en 1851, à l'invention de l'ophtalmoscope, sur l'hydrodynamique, discipline dans laquelle il étudia les mouvements discontinus de l'eau et découvrit dès 1858 les lois fondamentales de la théorie des tourbillons. Ses recherches de 1866-68 : « *Sur les fondements de la Géométrie* », soulignent les origines empiriques de cette science et préparent les voies à la Relativité et aux Quanta.

En 1870-71, nous le retrouvons professeur de physique théorique à Berlin; là, il tourne son attention vers la jeune électricité, applique les lois de la thermodynamique à la théorie de la pile électrique, donne la notion de couche double électrique et démontre l'existence d'un atome d'électricité qui devait devenir l'électron. Avec Gibbs, il fut un des fondateurs de la thermodynamique chimique; il donna le premier une théorie complète de la dispersion de la lumière par la matière.

L'expérimentation l'avait conduit à la philosophie, lui faisant rejeter les idées préconçues et proclamer que « toute connaissance est fondée sur l'expérience, transmise par héritage ou acquise ».

Une œuvre aussi riche, aussi éclectique et aussi féconde le fait tenir pour l'un des plus grands esprits du XIX^e siècle et justifie l'opinion selon laquelle « il domina presque toute la science de son époque ».

Helmholtz mourut à Charlottenbourg le 8 septembre 1894, alors qu'il était directeur de la Technische Reichsanstalt (laboratoire physico-technique) dont il était le fondateur.

HELMHOLTZ (1821-1894).

Helmholtz felt a strong attraction to physics when he was quite young but his family made him become an army doctor as that seemed to be a safer and better paid career...

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz was born on August 31st 1821 in Potsdam, where his father was a teacher at the "Gymnasium." After qualifying and becoming an army doctor at Potsdam in 1843, it was not long before he demonstrated true abilities with his epoch making Ueber die Erhaltung der Kraft, (On the conservation of force, or, as we would say today, energy) (1847) which paved the way for modern energetics.

He was appointed Professor of Anatomy and Physiology at Königsberg (1849), then at Bonn (1855) and at Heidelberg (1858), and was thus gradually able to give free rein to his earlier inclinations by directing his attention to acoustics and the theory of music which he completely revised, to physiological optics which led him to his explanation of the mechanism of accommodation of the eye's chrystalline lens and, in 1851, to his invention of the ophthalmoscope. He also concerned himself with hydrodynamics and investigated the discontinuous motion of water. In 1858 he discovered the fundamental laws of the theory of vortices. His work from 1866 to 1868, which resulted in his paper, On the Fundamentals of Geometry, underlined the empirical origins of geometry and prepared the way for relativity and quantum mechanics.

In 1870-71 he became Professor of theoretical Physics at Berlin where he turned to electricity. He applied the laws of thermodynamics to the electric battery, formulated the concept of the electrical double layer and proved the existence of an electric atom, later to become the electron. He and Gibbs founded chemical thermodynamics between them and he was the first person to formulate a complete theory explaining the dispersion of light by matter.

His experimental work led him to philosophy. He rejected all preconceived ideas and proclaimed that "all knowledge is founded on experience, hereditarily transmitted or acquired." Such rich, eclectic and productive work marked him out as one of the greatest minds of the nineteenth century and justifies the opinion that "he dominated nearly all the science of his time."

Helmholtz died at Charlottenburg on September 8th 1894, when he was director of the Technische Reichsanstalt (Physico-technical Institute) which he founded.

RECTIFICATION :

Des informations précises venues d'Autriche nous ont appris qu'en dépit d'une opinion assez générale et semblant bien établie, et contrairement à des informations qui nous étaient parvenues de Brno, Victor KAPLAN, dont nous avons donné une biographie résumée dans notre numéro 3 de mai-juin 1958, page 228, n'était pas de nationalité allemande, mais autrichienne.

Nous nous plaignons donc à reconnaître l'erreur commise dans cette biographie, en restituant à Victor Kaplan, né en Autriche, sa qualité de citoyen autrichien.