

munitions ou à explosifs, si ce conducteur est aérien, de 10 m. si ce conducteur est souterrain. Cette distance se compte à partir de l'aplomb extérieur de la clôture qui entoure la poudrerie ou du mur d'enceinte spécial qui entoure le magasin. S'il n'existe pas de mur, on devra considérer comme limite :

- 1° D'un magasin enterré, le pied du talus du massif de terre recouvrant les locaux ;
- 2° D'un magasin souterrain, le polygone convexe circonscrit à la projection horizontale sur le sol des locaux et des gares ou couloirs qui mettent ces locaux en communication avec l'extérieur.

ART. 39. — Conditions d'application du présent règlement. — § 1er. — Des dérogations aux prescriptions du présent arrêté peuvent être accordées par le Ministre des Travaux publics, après avis du Comité d'électricité.

§ 2. — Le présent règlement ne fait pas obstacle à ce que le service du contrôle, lorsque la sécurité l'exige, impose des conditions spéciales pour l'établissement des distributions, sauf recours des intéressés au Ministre des Travaux publics.

Paris, le 21 mars 1908.

L. BARTHOU.

### ÉCOULEMENT DE L'EAU DANS LES CANAUX

Autre documentaire, nous croyons intéressant de signaler ici un article de l'*Engineering Record* qui donne une analyse d'une thèse soutenue par M. MERRILL, à l'Université du Michigan, sur l'écoulement de l'eau dans les canaux.

En comparant les résultats obtenus par divers expérimentateurs, l'auteur a été amené à rechercher s'il ne serait pas possible de représenter l'écoulement dans un canal par une fonction de la forme :

$$V = ZR^x \quad (1)$$

Dans laquelle  $Z$  et  $x$  sont des coefficients, et où  $R$  représente le rayon moyen.

Le coefficient  $Z$  est donné par l'ordonnée à l'origine, pour  $\text{Log. } R = 0$ .

L'auteur a reconnu que  $Z$  décroissait assez uniformément lorsque la vitesse augmente, dans le cas de canaux de petites sections, et, au contraire, qu'il augmentait avec la vitesse dans le cas des rivières ou des canaux à grande section.

L'auteur déduit des résultats d'expériences que  $Z$  est de la forme :

$$Z = KV^{-n}$$

En portant cette relation dans l'équation (1), celle-ci devient :

$$V^{1+n} = KR^x$$

En posant  $K = K' \sqrt{I}$ , on a finalement, en désignant par  $C$  un coefficient spécial à chaque paroi, et par  $I$  la pente du canal.

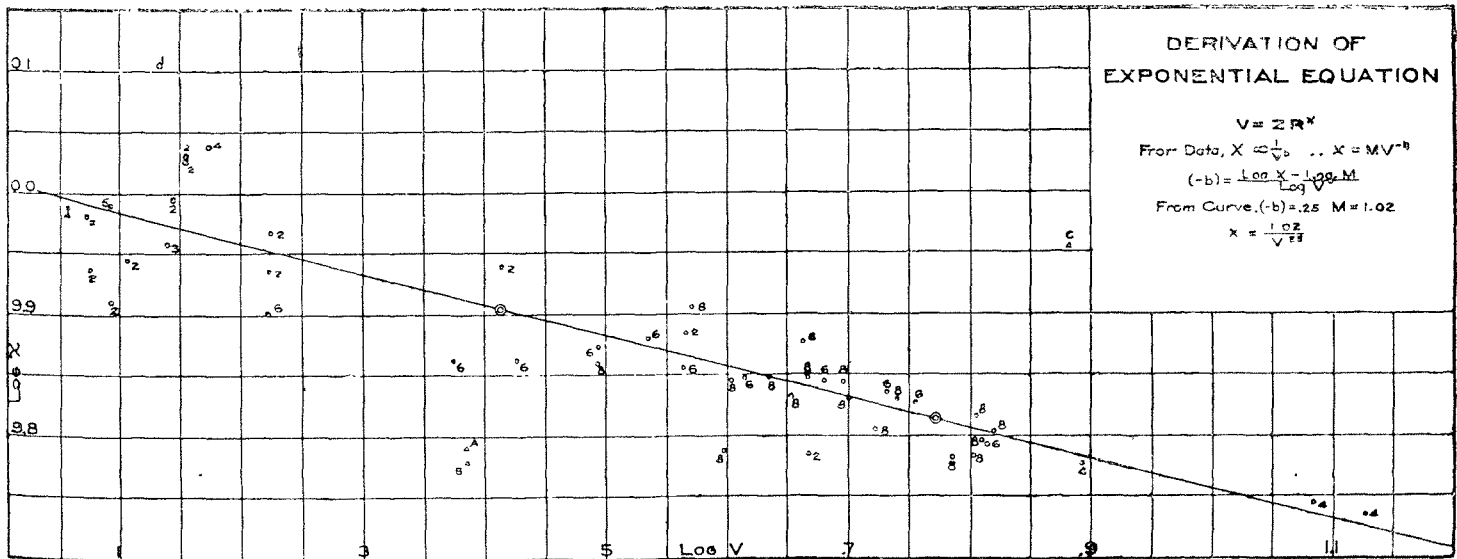
$$V = C I^a R^y \quad (3)$$

Voici, d'après l'auteur, quelles sont les valeurs de  $C$ , de  $a$  et de  $y$  pour les divers cas de la pratique, les grandeurs étant mesurées en pieds (0<sup>m</sup>304 795).

1° Canaux de section courante :

$$a = 0,43; \quad y = 0,869 V^{-0,25}$$

$C = 78$	pour des parois en planches non rabotées.
64	» » planches larges de 0 <sup>m</sup> 30.
44	» » planches de 0 <sup>m</sup> 64.
94	» » ciment pur.
56	» » béton de gravier fin.
45	» » béton de gros gravier.
75	» » briques.
77	» » maçonnerie rejointoyée.
22 à 32	» » terre.



Si l'on prend les logarithmiques, il vient :

$$\text{Log. } V = \text{Log. } Z + x \text{ Log. } R \quad (2)$$

qui représente l'équation d'une droite. Or, l'auteur a reconnu que, précisément, si l'on portait sur une épure des longueurs proportionnelles aux logarithmes de  $V$  et de  $R$ , on obtenait une série de points dont la moyenne correspondait à une ligne droite, ainsi que le représente la figure ci-jointe, sur laquelle les chiffres inscrits près des divers points différencient diverses expériences sur des canaux différents.

2° Canaux de section semi-circulaire :

$$a = 0,46; \quad y = 0,929 V^{-0,25}$$

$C = 97$	pour des parois en planches rabotées.
114	» » ciment pur.
104	» » mortier 1 : 3.
74	» » gravier fin.

3° Rivières et canaux de grande section :

$$a = 0,76; \quad y = 1,552 V^{-0,25}$$

$C$  varie de 174 à 278.

**Remarque.** — Il y a lieu de remarquer que le terme  $\gamma$  contenant  $V$  à la puissance  $(-0,25)$ , l'équation (2) n'est plus rigoureusement celle d'une ligne droite, et que l'équation (1) n'est plus aussi simple qu'elle en a l'air de prime abord; toutefois,  $\gamma$  varie assez peu avec  $V$ , car l'on a :

$$\frac{\Delta\gamma}{\gamma} = -\frac{1}{4} \frac{\Delta V}{V}$$

Si l'on a à calculer la vitesse  $V$ , il faut d'abord attribuer à  $V$  la valeur que l'on suppose la plus approchée, pour connaître le coefficient  $\gamma$ .

A titre de comparaison, nous croyons intéressant de rappeler la formule de KUTTER, qui est très employée en Amérique, et la nouvelle formule proposée en 1897 par M. BAZIN (Annales des Ponts et Chaussées, tome IV).

1<sup>o</sup> Formule Kutter :

$$V = \frac{A + \frac{b}{n}}{1 + A \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RI}$$

Dans cette formule,  $n$  est un coefficient de rugosité qui tient compte de la nature des parois.

En unités américaines (pieds), il faut prendre :

$$A = 41,66 + \frac{0,00281}{I} \quad \text{et} \quad b = 1,811$$

En unités métriques, ces coefficients doivent être multipliés par  $\sqrt{0,305}$ , ce qui donne :

$$A' = 23 + \frac{0,00155}{I} \quad \text{et} \quad b' = 1$$

2<sup>o</sup> Formule Bazin :

$$V = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \sqrt{RI}$$

$\gamma$  étant le coefficient de rugosité.

## Usine hydro-électrique de la Kern River

Dans le courant de l'année dernière, la *Edison Electric Co.*, de Los Angeles (Californie), a terminé l'aménagement d'une chute de la Kern River, pour alimenter en énergie électrique Los Angeles et les autres villes voisines de cette partie de la côte du Pacifique. La Kern River prend sa source aux glaciers des Monts Whitney (4000 m.), à l'extrémité sud de la Sierra Nevada, et est l'un des principaux affluents du San Joaquin River. Dans cet article, nous nous proposons de décrire, d'après l'*Engineering Record*, les parties principales de cette installation qui comprend : un barrage de dérivation, une série de tunnels d'une longueur totale de 14 kilomètres, une conduite forcée en galerie, une usine génératrice avec unités de 10000 HP, et une ligne de transmission de 188 kilomètres, à la tension de 75000 volts.

**Barrage.** — Le barrage est rectiligne et submersible. Il a 62 m. de longueur à la crête, 6<sup>m</sup>10 de hauteur au-dessus du lit de la rivière, et 10<sup>m</sup>66 au-dessus du rocher de fondation. Son couronnement de 2<sup>m</sup>14 de largeur, sur lesquels 0<sup>m</sup>30 seulement du côté aval est horizontal, le reste est incliné du côté amont avec une pente de 1/6<sup>e</sup>. Le parement amont

est incliné de un seizième sur toute sa hauteur. Celui d'aval est incliné à 45° sur 4<sup>m</sup>57 à partir du couronnement, puis se continue par un arc de cercle de 30<sup>m</sup>48, de telle sorte que la largeur à la base de la fondation est de 16<sup>m</sup>09.

Un tunnel, long de 241 m., sert à évacuer les apports de la rivière, et au besoin pour la vidange éventuelle du réservoir. Il servit tout d'abord à dériver les eaux de la Kern pendant la construction du barrage.

Le premier tunnel débouche dans le réservoir à la tête gauche du barrage, et sa largeur en ce point a été portée à 5<sup>m</sup>03. Il est muni de vannes de garde, et d'une grille de 6<sup>m</sup>10 de long sur 2<sup>m</sup>44 de haut, composée de barreaux de 76,2 × 12,7 mm., espacés de 76,2 mm.

**Tunnels.** — Entre la prise d'eau et la chambre de mise en charge se trouvent 19 tunnels, dont la longueur varie de 152 m. à 1330 m.; cinq d'entre eux ont plus de 900 m., cinq autres entre 600 et 900 m. et quatre entre 300 et 600 m.; leur longueur totale est de 13077 m. Ces tunnels ont été excavés suivant un rectangle, de 2<sup>m</sup>743 de large sur 2<sup>m</sup>286 de haut, surmonté d'un arc de cercle de 0<sup>m</sup>457 de flèche, les angles de base étant remplacés par des congés de 76 mm. Un revêtement en béton, de 152 à 244 mm. d'épaisseur, a été appliqué contre les parois. Ce béton était dosé à raison de 1 partie de ciment pour 3 de sable et 5 de pierres cassées passant dans un anneau de 51 mm. Sur ce béton, on a appliqué un enduit de 6,2 mm. d'épaisseur, dosé à raison de 1 partie de ciment pour 2 de sable. Le sable et la pierre du béton étaient obtenus par broyage du granit extrait de certains points du tunnel.

Le profil du tunnel, ainsi choisi, n'est pas le plus favorable au point de vue de la perte de charge (car, pour cela, il aurait fallu adopter une largeur sensiblement double de la hauteur), mais c'est celui qui a paru le plus pratique à cause de l'état relativement peu solide du rocher dans certaines parties de la dérivation. C'est ainsi que, sur environ 15 pour 100 de la longueur, on a dû renforcer l'épaisseur du béton à la clé de voute, et porter cette épaisseur à 30 cms, et même à 45 cms en certains endroits.

Les caractéristiques de la partie mouillée du canal de dérivation sont : hauteur 1<sup>m</sup>984, largeur 2<sup>m</sup>438, section 4<sup>m</sup>2837, périmètre mouillé 6<sup>m</sup>406, rayon moyen 0<sup>m</sup>7551, pente 1,5 mm. par mètre. Le débit prévu, d'après la formule de KUTTER, en prenant pour coefficient de rugosité la valeur 0,012, est de 13,15 mètres cubes (\*).

Pour l'excavation des tunnels, on s'est servi de perforatrices à air comprimé, à raison de 2 perforatrices par front d'attaque. L'avancement moyen était de 1<sup>m</sup>52 par journée de 10 heures.

**Aqueducs.** — Afin d'aller autant que possible en ligne droite, et par cela même de réduire au minimum la longueur de la dérivation, on fut amené à traverser des ravins au moyen de ponts-canaux, au nombre de 6, qui sont construits en bois, à l'exception du troisième qui est en béton armé. Le plus long de ces aqueducs a 314 m., les autres varient de 15 à 51 m. Les parois sont constituées par des planches de Séquoia, dont les extrémités sont taillées en biseau de manière à présenter à l'intérieur un joint de 6,3 mm. qui est bouché avec de l'étaupe de bateau. Les joints sont recouverts d'asphalte, sur laquelle est placé un léger voligeage. Sur les côtés, la moitié supérieure de ce voligeage est taillé en courbe, de manière à former un creux dans lequel on coule l'asphalte.

Le canal qui relie les tunnels n<sup>o</sup> 6 et 7 (numérotés dans le sens du courant) est en béton armé. L'armature métallique du canal proprement dit est constituée par du métal déployé reposant sur des poutrelles transversales à 1 en

(\*) L'application des formules précédentes donne  $V = 2<sup>m</sup>715$ .