

La chute du barrage, aménagée pour un débit maximum de 80 m<sup>3</sup>, atteindrait une puissance maxima de 70 000 HP et une puissance moyenne de 50 000 HP.

La régularisation de la Durance en aval permettra de récupérer une quantité d'énergie de plus de 500 millions de kilowatts-heure par an, lorsque toutes les chutes prévues, d'une hauteur nette totale d'environ 400 mètres, auront été complètement aménagées.

La dépense à faire pour réaliser ce projet n'est pas encore exactement connue, mais, en s'efforçant de compter largement, on a été amené à envisager une dépense totale de 65 millions, y compris le coût de l'usine du barrage. Cette dépense n'est pas hors de proportion avec les résultats à obtenir, surtout si l'on tient compte de l'intérêt considérable qui s'attache à la suppression des pénuries d'eau de la basse Durance et à l'extension éventuelle des arrosages.

### Les barrages sur le Verdon

Nous avons déjà donné dans *La Houille Blanche* la description du projet du barrage de Gréoulx (mai 1910). Le barrage de Caréjuan serait réalisé dans les mêmes conditions, c'est-à-dire avec des dispositions analogues à celles prévues pour le barrage de Serre-Ponçon. On sacrifierait également la partie inférieure de la retenue dans le but d'avoir une chute utilisable industriellement. La capacité utile de ce réservoir serait ainsi réduite à 117 millions de mètres cubes.

En complétant les réserves de Caréjuan par l'appoint, dans les années sèches, des réservoirs de La Martre et d'Allos, on obtiendrait une régularisation très sérieuse du régime du Verdon, qui serait encore accentuée en aval par le réservoir de Gréoulx. En vue de préciser cette régularisation, M. Wilhelm a fait des calculs qu'il a appliqués à la période de 38 années qui s'est écoulée de 1874 à 1911, et qui lui ont permis d'arriver à la conclusion suivante :

Alors que le débit du Verdon, à l'emplacement du barrage de Caréjuan, descend à 4 ou 5 m<sup>3</sup>, aussi bien en été qu'en hiver, on obtiendrait, au moyen des réservoirs projetés, un débit minimum de 20 m<sup>3</sup>, pendant les trois mois d'été, et de 15 m<sup>3</sup> pendant les autres mois. On réaliserait ainsi une régularisation très intéressante du Verdon, au double point de vue agricole et industriel. En admettant que l'on réalise le projet de dérivation de la source de Fontaine-l'Evêque à concurrence d'un débit maximum de 4 m<sup>3</sup>, et que l'on veuille plus tard affecter un débit supplémentaire de 3 m<sup>3</sup> à des irrigations à réaliser dans le département du Var, c'est-à-dire à faire sortir du bassin du Verdon un débit continu de 7 m<sup>3</sup>, on pourrait néanmoins apporter encore une certaine amélioration au débit d'étiage du Verdon vers son confluent avec la Durance, amélioration qui s'élèverait jusqu'à 7 ou 8 m<sup>3</sup> dans les années exceptionnellement sèches.

Nous ne saurions terminer ce pâle aperçu du travail de M. WILHELM sans lui adresser l'hommage de nos meilleurs vœux pour le succès de l'entreprise qu'il préconise. Elle est de celles qui contribueront à l'accroissement de notre outillage national et à ce titre mérite l'encouragement de tout homme qui fait généreusement effort pour mettre en œuvre nos richesses naturelles.

En de précédentes études, nous avons montré de quel intérêt doit être pour le développement de la prospérité économique de notre pays, la réalisation des grands projets d'aménagement du Haut-Rhône d'abord et ensuite du Rhône de Lyon à la mer. La régularisation de la Durance est une

œuvre du même ordre de grandeur, devant être menée à bonne fin dans le même temps que les précédentes, parce qu'elle les complète.

Il faut des centaines de millions, dira-t-on, pour exécuter ces grandioses entreprises et ce n'est point de sitôt que l'industrie sera capable d'absorber les centaines de mille chevaux qu'elles créeront. Assurément, ces objections méritent qu'on s'y arrête ; mais on ne doit s'y arrêter que pour faire l'examen très complet des solutions techniques proposées avant d'engager sur l'une d'elles les finances publiques, car pour ce qui est des avantages économiques devant résulter de l'exécution de ces grandes entreprises, la question n'est plus discutable. La France importe annuellement 20 millions de tonnes de charbons, tandis que la houille blanche, dont nous avons de si puissantes réserves, devient chaque jour d'un emploi plus pratique dans les industries de l'éclairage, de la force motrice, de la traction, de la chimie et de la métallurgie. Que l'on songe donc que le coût du charbon ira toujours en s'élevant, pendant qu'au contraire le prix de revient de la houille blanche ira en s'abaissant au fur et à mesure de l'amortissement des frais de premier établissement. Il importe d'assurer l'avenir !...

Qui donc modifiera chez nous cette mentalité de par laquelle le capital argent est considéré comme un instrument de travail plus productif à l'étranger qu'en France ? Les ports et les chemins de fer des Etats de l'Amérique du Sud, le développement de la civilisation et du commerce dans les pays d'Orient, sont certes des entreprises dignes d'intérêt, mais à un degré moindre, nul ne le contestera, que ces améliorations à notre outillage national. Quand donc nos grands établissements de crédit en viendront-ils à cette formule : L'or de France à l'outillage français !

E.-F. CÔTE.

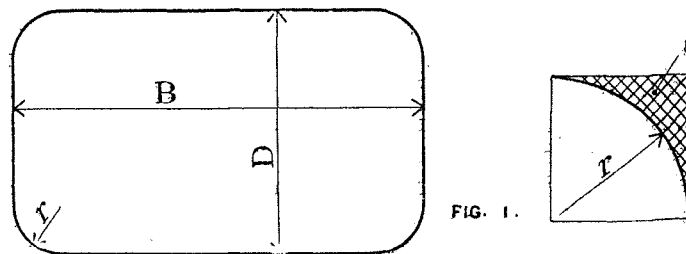
## HYDRAULIQUE

### Construction rationnelle des tuyaux d'aspiration en Béton

Depuis quelques années, les ingénieurs hydrauliciens se sont attachés à récupérer une partie de l'énergie perdue dans l'évacuation de l'eau des turbines par une construction plus rationnelle des conduits de sortie. L'emploi du béton a permis de donner facilement à ces conduits des formes diminuant les pertes de charge en cet endroit.

L'importance de cette récupération est d'autant plus grande que la chute à utiliser est plus faible ; le pourcentage perdu par la vitesse résiduelle de l'eau étant relativement plus élevé pour les basses chutes.

Nous allons exposer sommairement le procédé inventé par l'ingénieur R. Dubs, de Zürich.



Appelons  $D$  la largeur d'une section du tuyau considéré,  $B$  sa longueur,  $r$  le rayon des arrondis ; la section utilisable  $f$  a pour valeur :

$$f = BD - 4r^2$$

$\epsilon$  étant la section inutilisée d'un arrondi qui est donnée par la formule :

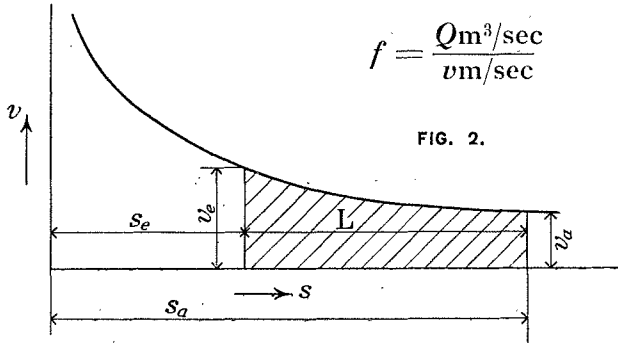
$$\epsilon = r^2 \left( 1 - \frac{\pi}{4} \right) = \frac{0,8584 r^2}{4}$$

d'où :  $f = B \times D - 0,8584 r^2$  (1)

D'une manière générale la section est donnée par :

$$f = \frac{Qm^3/sec}{vm/sec}$$

FIG. 2.



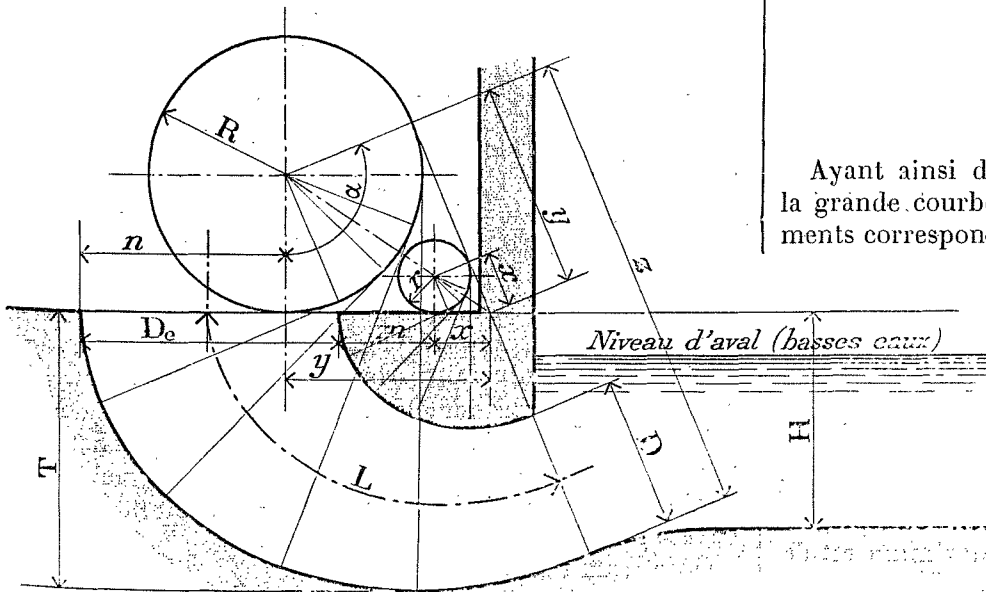
Supposons que la vitesse de l'eau soit variable. On se donne :

$$s v^2 = k = \text{constant} \quad (2)$$

$s$  étant le chemin parcouru sur la ligne moyenne du tuyau d'aspiration.

Désignons par  $v_e$  m/sec,  $v_a$  m/sec les vitesses de l'eau à l'entrée et à la sortie du tuyau d'aspiration, par  $s_e, s_a$  les parcours correspondants en mètres, et par  $L$  la longueur en mètres de la ligne moyenne du tuyau ; d'après l'équation (2) nous avons :

$$\left\{ \begin{array}{l} s_e v_e^2 = k \quad s_e = \frac{k}{v_e^2} \\ s_a v_a^2 = k \quad s_a = \frac{k}{v_a^2} \end{array} \right. \quad (3)$$



Nous voyons sur la fig. 2 que :

$$s_a - s_e = L = \left( \frac{1}{v_a^2} - \frac{1}{v_e^2} \right) k$$

$$k = \frac{L}{\left( \frac{1}{v_a^2} - \frac{1}{v_e^2} \right)} \quad (4)$$

$k$  étant connu, on calcule facilement  $s_e$  et  $s_a$ .  
Cherchons le temps mis par un élément d'eau pour par-

courir le tuyau d'aspiration suivant la ligne moyenne :

$$v = \frac{ds}{dt}; \quad v^2 = \left( \frac{ds}{dt} \right)^2; \quad s \left( \frac{ds}{dt} \right)^2 = k$$

$$\frac{ds}{dt} = \sqrt{\frac{k}{s}}; \quad \sqrt{s} ds = \sqrt{k} dt$$

$$dt = \frac{1}{\sqrt{k}} \cdot (s)^{\frac{1}{2}} ds$$

$$t = \frac{1}{\sqrt{k}} \int_{s_e}^{s_a} s^{\frac{1}{2}} ds = \frac{1}{\sqrt{k}} \frac{2}{3} \left( s_a^{\frac{3}{2}} - s_e^{\frac{3}{2}} \right)$$

$$d'où : \quad t = \frac{1}{\sqrt{k}} \frac{2}{3} \left[ s_a \sqrt{s_a} - s_e \sqrt{s_e} \right] \quad (5)$$

*Déterminations du développement des cercles suivant une coupe longitudinale*

Supposons donnés :  $H, T, D_c, L$  et  $D$ .

on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} T \geq H \\ n = \frac{\pi R}{2} \end{array} \right. \quad (6)$$

$$T + R = R : \pi, \text{ c'est-à-dire : } T = (\pi - 1) R \quad (7)$$

Dans la plupart des cas,  $T$  est donné, il suffit de calculer  $R$  et  $n$  en se servant des relations données plus haut.

$$\left\{ \begin{array}{l} R = \frac{T}{\pi - 1} = \frac{T}{2,1416} \\ n = \frac{\pi T}{2 \cdot 2,1416} = \frac{T}{1,3634} \end{array} \right. \quad (8)$$

Si  $T = H$  les formules se réduisent à :

$$\left\{ \begin{array}{l} R = \frac{H}{2,1416} \\ n = \frac{H}{1,3634} \end{array} \right. \quad (8a)$$

Ayant ainsi déterminé les deux éléments principaux de la grande courbe, nous allons maintenant calculer les éléments correspondants de la petite.

D'après la fig.3 nous avons les relations suivantes :

$$y = R \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad x = r \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad n = \frac{R \cdot \pi}{2}$$

$$z = n + \left( \frac{2\pi R}{360} \right) \alpha = \frac{\pi R}{2} + \left( \frac{2\pi R}{360} \right) \alpha$$

$$n + y - D_c - x = m$$

$$m + \left( \frac{2\pi r}{360} \right) \alpha = z - y - D + x$$

FIG. 3.

Entre les deux dernières relations, éliminons  $m$  il vient :

$$n + y - D_c + \left( \frac{2\pi r}{360} \right) \alpha = z - y - D + x$$

$$n + 2y - 2x + \left( \frac{2\pi r}{360} \right) \alpha = z - D + D_c$$

Remplaçons dans cette formule  $x$  et  $y$  par leurs valeurs :

$$n + 2 R \text{tg} \frac{\alpha}{2} - 2 r \text{tg} \frac{\alpha}{2} \left( + \frac{2\pi r}{360} \right) \alpha = z - D + D_c$$

Dans cette formule, substitutions les valeurs de  $z$  et  $n$ , on a finalement :

$$\frac{\pi R}{2} + 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - 2r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \left(\frac{2\pi r}{360}\right) \alpha = \frac{\pi R}{2} + \left(\frac{2\pi R}{360}\right) \alpha - D + D_c$$

$$2r \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{\pi \alpha}{360}\right) = 2R \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{\pi \alpha}{360}\right) - D_c + D$$

$$\left\{ \begin{array}{l} r = R - \frac{D_c - D}{2 \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{\pi \alpha}{360}\right)} \\ m = \frac{\pi R}{2} + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} (R - r) - D_c \\ x = r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \end{array} \right. \quad (9)$$

Dans le cas où  $\alpha = 90^\circ$  les formules se simplifient et on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} r = R - \frac{D_c - D}{2 - \frac{\pi}{2}} = R - \frac{D_c - D}{0,4292} \\ m = \frac{\pi R}{2} + R - r - D_c \\ x = r \end{array} \right. \quad (9a)$$

La connaissance de  $r$ ,  $x$  et  $n$  suffit pour déterminer la petite courbe.

On connaît ainsi tous les éléments du problème. Outre sa simplicité, cette construction possède l'avantage de réaliser les conditions d'un passage rationnel de l'eau.

Th. KACH,  
Ingénieur Hydraulicien.

## LA FABRICATION DU FERRO-MANGANÈSE AU FOUR ÉLECTRIQUE

Parmi les produits les plus employés actuellement dans l'industrie sidérurgique, il faut mettre au premier rang les ferros-alliages, dont la consommation augmente chaque année. On peut même dire que c'est là une industrie nationale pour la France, car si l'on se reporte aux colonnes « exportation et importation » des statistiques douanières, on voit que la France exporte plus de la moitié de sa production.

Les ferros les plus courants sont : le ferro silicium, le ferro chromé et le ferro manganèse. C'est sur ce dernier que nous nous arrêterons.

**Les différentes sortes de ferro-manganèse.** — On fabrique dans l'industrie plusieurs ferros-Mn à des teneurs en Mn assez différentes, depuis le spiegel, ou spiegel-eisen, ou fonte spéculaire, dont la teneur maximum est de 12 à 23 %, jusqu'au ferro-manganèse, Mn à 90-93 %, mais nous devons ajouter que, de plus en plus, c'est l'alliage 80-85 % qui a la préférence, pour plusieurs raisons.

Les spiegels et les ferros 50 % pour une même quantité de matière réductrice (Mn) renferment beaucoup plus de C, ce qui est parfois gênant ; car, dans un bain fortement oxydé, il faut plus de 1 % de Mn pour opérer la réduction totale et si, d'autre part, on ne veut pas un acier trop dur, il sera fort difficile d'introduire du spiegel, pour ne pas être ensuite obligé de faire un affinage complémentaire afin de réduire le taux de carbone.

Le ferro 90-93 % réaliserait bien le but proposé, mais d'une part, il est difficilement transportable, car il tombe

en poussière (le Mn étant sous forme de carbure de Mn) et, d'autre part, son prix de revient est trop élevé ; les fabricants qui en font, le consomment eux-mêmes d'ordinaire, les avantages de son emploi leur faisant accepter l'inconvénient d'une fabrication onéreuse.

En effet, le ferro 80 % se vend actuellement 200 fr. la tonne et revient à 160-165 francs, tandis que le 90-93 %, pour une faible élévation de prix de vente, voit son prix de revient augmenter considérablement, puisqu'il s'élève à plus de 250 francs.

Nous étudierons donc l'alliage commercial 80-85 % qui se fait, en grande partie, au four électrique, le haut-fourneau se prêtant bien à la fabrication du spiegel, mais revenant trop cher pour tous les autres ferros plus riches.

Jusqu'à ces derniers temps, la presque totalité du ferro-manganèse consommé provenait des hauts-fourneaux, mais le prix de vente ayant fortement baissé, on a dû chercher un procédé de préparation plus rémunérateur et, bien que certains auteurs aient prétendu que la fabrication électrothermique est trop coûteuse, il n'en reste pas moins vrai que le four électrique soutient contre le haut-fourneau la lutte sans désavantage, toutes les fois qu'on dispose d'énergie à moins de 60 à 70 francs le cheval-an.

\*\*\*

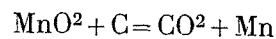
Une étude méthodique de la question devrait comporter l'examen de ses divers éléments dans l'ordre suivant : 1° matières premières ; 2° fabrication ; 3° propriétés et emplois des ferros-manganèses. Mais le lecteur nous excusera si nous commençons par la fabrication. La longueur de ce travail ne se prêtant pas à l'insertion en un seul article, nous croyons préférable, pour obtenir un meilleur équilibrage, de le diviser en deux parties principales : dans la première, nous opposerons le four électrique au haut-fourneau ; dans la seconde, nous réunirons les renseignements chimiques relatifs aux minerais employés et aux produits fabriqués.

### HAUT-FOURNEAU. — FOUR ÉLECTRIQUE

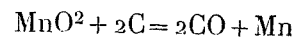
**Théorie de la fabrication.** — La mise en œuvre des matières premières s'effectue, à très peu de chose près, de la même manière dans les deux procédés : haut-fourneau et four électrique. Ces matières premières sont : le minerai, le charbon, le fer en riblons et les fondants. Les minerais de manganèse employés se rangent, au point de vue minéralogique, en deux groupes : les minerais oxydés et hydratés d'une part ; les minerais carbonatés et silicatés, d'autre part. Nous y reviendrons dans la seconde partie de cette étude.

Théoriquement, la fabrication se résume, dans tous les cas, en une réduction, par le carbone, de l'oxyde de manganèse contenu dans le minerai, et en la dilution du manganèse formé dans la fonte en fusion.

On a deux réactions :



et à température élevée :



En réalité, les réactions sont cependant plus complexes : il se forme d'abord des oxydes supérieurs, oxydes salins de Mn qui sont réduits à leur tour.

C'est ainsi que l'on a pu constater la présence de  $\text{Mn}^{304}$  dans certaines parties des scories se trouvant dans des zones de températures peu élevées ; on admet pour sa formation le processus suivant :

