Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 46 (1920)

Heft: 4

Artikel: L'usure des turbines hydrauliques, ses conséquences et les moyens d'y parer

Autor: Dufour, Henri

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-35753

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

46me année 21 Février 1920 N° 4

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. Demierre, ing. Paraissant tous les 15 jours.

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *L'usure des turbines hydrauliques, ses conséquences et les moyens d'y parer* (suite), par Henri Dufour, ingénieur, à Bâle.— *Le système Taylor et quelques considérations sur son application*, par R. de Vallière, ingénieur. — *Concours pour l'étude d'une cité-jardin, à La Chaux-de-Fonds.* — *Du danger de l'impropriété des termes.* — *Exposition internationale d'habitations à Arcueil-Cachan.* — *Exposition concernant les travaux hydrauliques et la navigation intérieure, à Stuttgart.* — *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.* — *Société genevoise des Ingénieurs et des Architectes.* — *Bibliographie.* — *Carnet des concours.*

L'usure des turbines hydrauliques, ses conséquences et les moyens d'y parer

par Henri Dufour, ingénieur, à Bâle.

(Suite.)[1]

Pour un constructeur de turbines il semble fort naturel que l'agrandissement et la déformation par l'usure des canaux dont sont composés les distributeurs et les roues motrices des turbines, type Françis, les pertes aux joints, etc., doivent préjudicier leur rendement. Bien qu'à cette époque nous ne possédions pas de données permettant de déterminer ou même d'estimer l'importance de ce préjudice, il nous parut que la connaissance exacte des pertes d'énergie, résultant de l'usure des organes cités, pourrait être un facteur décisif en faveur de la construction du nouveau dessableur et nous proposâmes de procéder à une détermination exacte du débit et de la puissance des 4 turbines.

Il serait trop long de décrire ici par le détail les instruments et les méthodes avec lesquels cette détermination fut faite ; nous nous bornerons à dire que l'exactitude et la sécurité des résultats que nous allons citer, sont les mêmes que celles des résultats obtenus par les spécialistes aux essais de réception d'usines hydrauliques importantes.

Les 4 turbines installées et en service en octobre 1911, date de ces expériences, étaient du type Françis à bâche spirale et roue motrice double. Les roues motrices des numéros I et II étaient, comme le montre la fig. 3, à disque-moyeu central sans couronnes latérales ; celles des numéros III et IV avaient chacune deux couronnes latérales. Les turbines numéros I et III étaient en service depuis le début de l'exploitation, en mai 1910, c'est-à-dire depuis 16 mois, les numéros II et IV venaient d'être réparées et pouvaient être au

[1] Voir *Bulletin technique* 1920, p. 25.

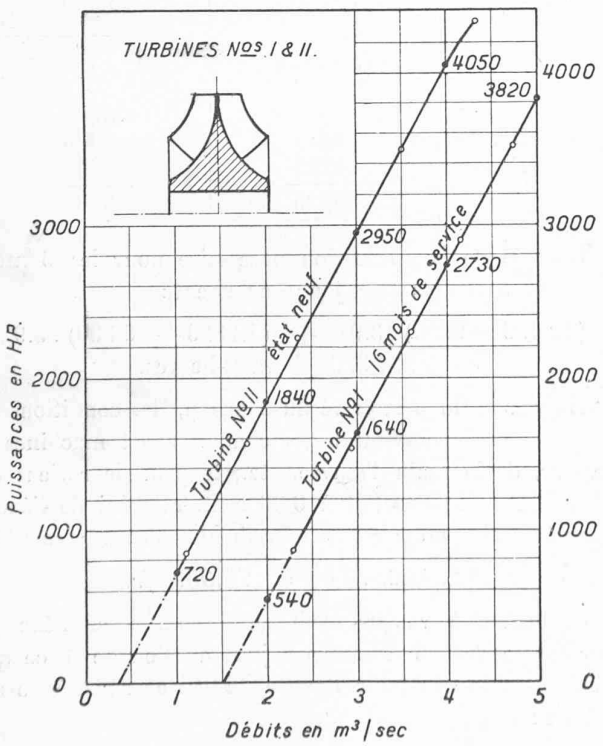

Fig. 3.

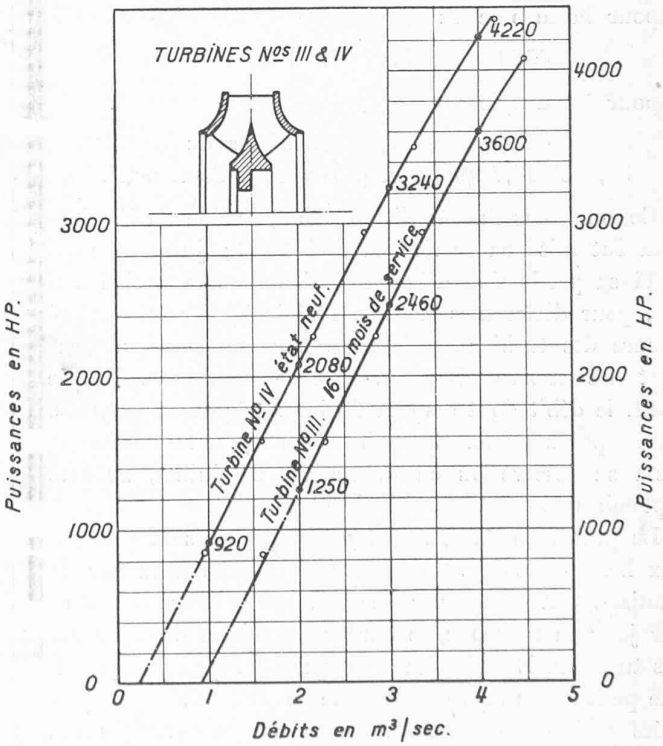

Fig. 3*a*.

Diagrammes des puissances des turbines de Florida-Alta à l'état neuf et après 16 mois de service.

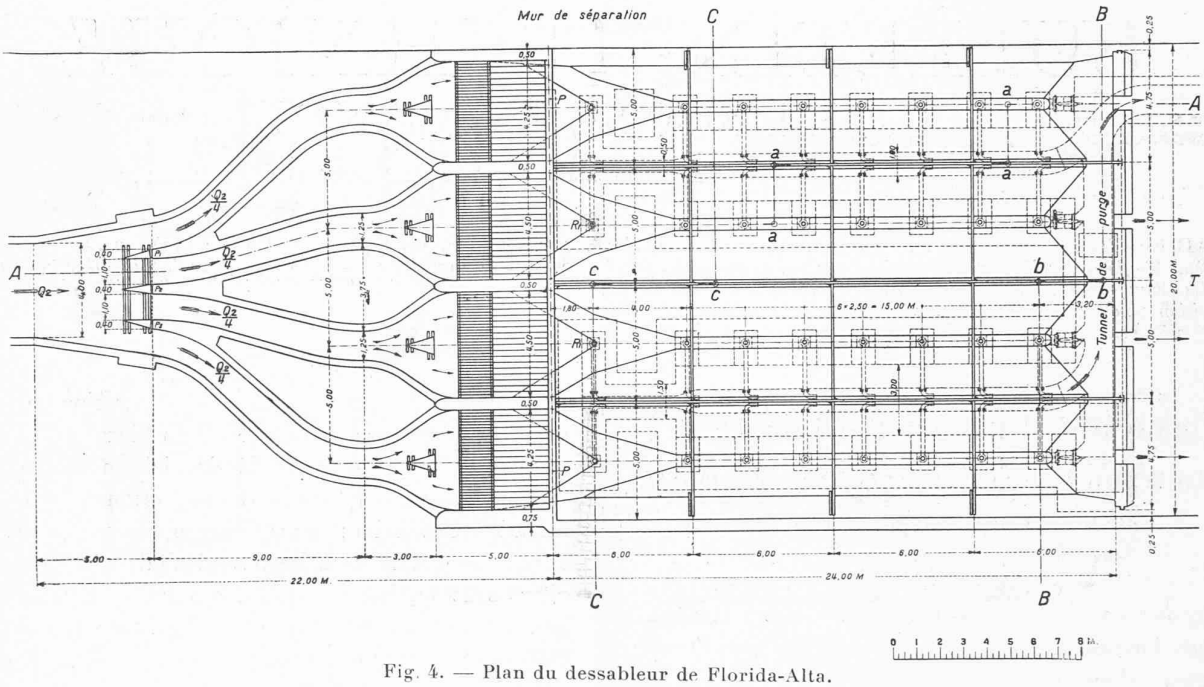

Fig. 4. — Plan du dessableur de Florida-Alta.

point de vue de leur rendement considérées comme neuves.

La fig. 3 représente le diagramme des puissances des turbines II à l'état neuf et I à l'état usé, la fig. 3*a*, le diagramme des puissances des turbines IV à l'état neuf et III à l'état usé.

On voit que la diminution de puissance due à l'usure est considérable ; au débit normal de 4 m³ par seconde elle atteint,

pour la turbine I :

$$4050 - 2730 = 1320 \text{ HP} ;$$

pour la turbine III :

$$4220 - 3600 = 620 \text{ HP soit :}$$

32,6 et 14,7 % de la puissance à l'état neuf.

Comme nous l'avons dit au début, l'usine de Florida-Alta fut mise en service en mai 1910 ; jusqu'en avril 1911 sa production d'énergie qui augmenta rapidement fut, pour différentes raisons, fort irrégulière et malgré l'usure des turbines, suffisante pour les besoins. Pendant les mois d'hiver, avril à septembre, de l'année 1911, le débit dont disposa l'usine atteignit en moyenne 12 m³ par seconde. En avril, mai et juin la turbine II resta en réserve ou en réparation, en juillet, août et septembre ce fut le tour de la turbine IV.

La production d'énergie hydraulique ne suffisant pas aux besoins de la ville, l'usine de réserve à vapeur de Santiago dut compenser pendant ces 6 mois, 3 heures par jour en moyenne, le manque d'énergie dû à l'usure des turbines. En admettant, ce qui est à peu près exact, que pendant ce laps de temps le rendement des turbines usées ne s'est pas modifié, nous obtenons la quantité d'énergie de compensation produite à la vapeur de la façon suivante :

Numéro des turbines en service	PUISSANCE EN CHEVAUX	
	Etat de neuf	Etat de service
	1) Période d'avril à juin.	
I	4050	2730
III	4220	3600
IV	4220	3600
	12490	9930
	2) Période de juillet à septembre.	
I	4050	2730
II	4050	4050
III	4220	3600
	12320	10380

Energie de compensation nécessaire pour les 6 mois pendant 3 heures par jour seulement :

$$(12\,490 - 9930) \,.\, 3.91 + (12\,320 - 10\,380) \,.\, 3.92$$
$$= 1\,234\,320 \text{ chevaux-heures.}$$

En raison du prix élevé du charbon, des conditions de travail peu économiques des chaudières et machines à vapeur, de la main-d'œuvre, etc., le prix de revient du cheval-heure se montait à 0,06 cent. et celui de l'énergie nécessaire pour compenser l'usure des turbines à :

$$1{,}234{,}000 \,.\, 0{,}06 = 74{,}059 \text{ fr.}$$

Si l'usine à vapeur avait eu à compenser l'énergie perdue pendant 6 heures par jour au lieu de 3, ce qui allait être le cas pour l'année 1912, la dépense aurait été de :

$$\frac{74\,059 \,.\, 6}{3} = 148'118 \text{ fr.}$$

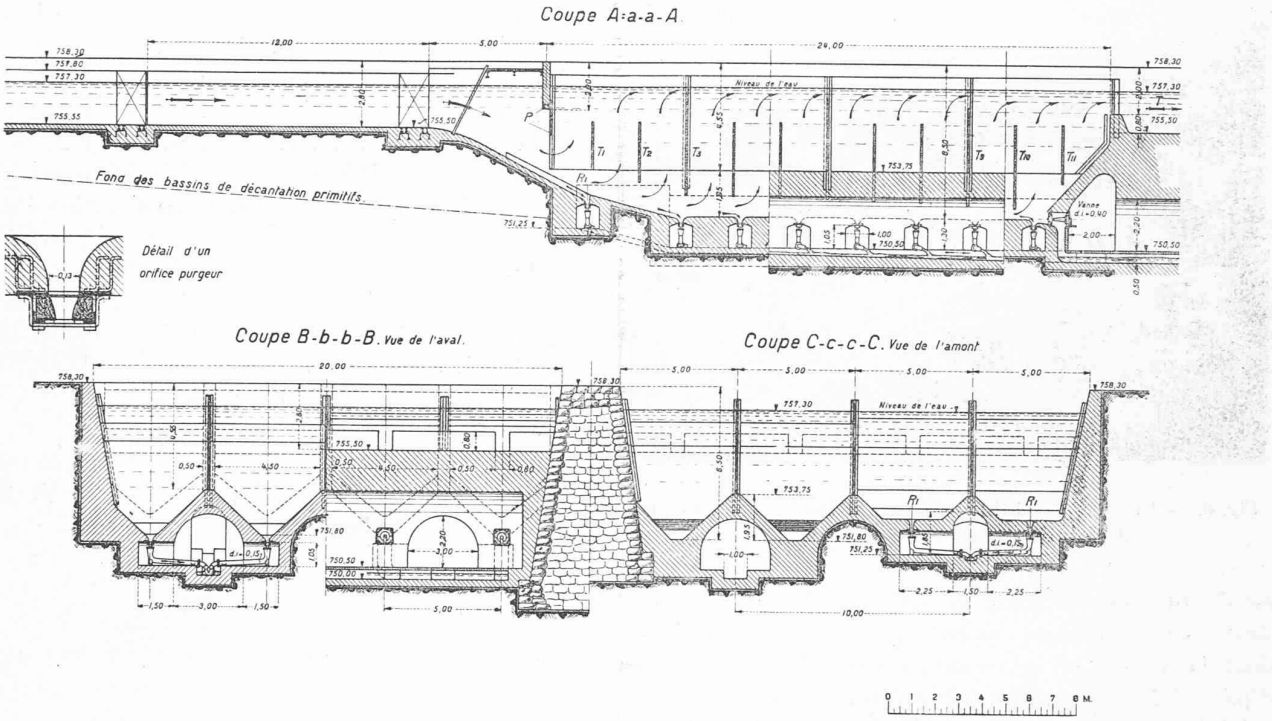

Fig. 5. — Coupes du dessableur de Florida-Alta.

Ces chiffres, auxquels il fallait ajouter environ 40 à 50 000 fr. par an pour frais de réparation des turbines, achevèrent de démontrer la nécessité absolue d'un meilleur dessablage de l'eau motrice et la construction du nouveau dessableur dont le coût était devisé à 250 000 fr., fut immédiatement décidée.

* * *

La fig. 1[1] montre en pointillé de quelle façon les dessableurs du nouveau système avec leurs canaux d'amenée et leurs canaux de purge ont été placés dans les bassins de décantation primitifs. Les deux vannes d'entrée et les deux vannes de sortie sont utilisées sans aucune modification ; le grand mur de séparation, également, le tunnel de purge conserve sa fonction et sert de galerie d'accès aux orifices de purge décrits plus loin. Les deux vannes de fond qui débouchaient dans les tunnels de purge ont seules été démontées.

Les bassins dans lesquels le dessablage de l'eau se produit sont au nombre de 8, ayant chacun une longueur de 24 m., une largeur de 5 m. ; leur profondeur mesurée depuis la couronne du mur de séparation est de 6,5 m. et la hauteur totale jusqu'au fond du canal de purge 8,3 m.

L'ensemble et les détails de ces dessableurs sont représentés par les fig. 4 et 5.

La fig. 6 est une vue prise en 1913 après la construction de la première moitié.

L'eau à dessabler traverse une grille grossière G (fig. 1), se divise entre les deux canaux d'amenée C_1 et C_2 dans lesquels, grâce à sa vitesse réduite, les alluvions en suspension dans l'eau se précipitent peu à peu et pour finir se meuvent en partie sur le fond sans cependant former de dépôts. Les prismes séparateurs P_1, P_2 et P_3 (fig. 4) sont placés de façon que les débits à clarifier Q_1 et Q_2 pratiquement égaux soient répartis en parties égales $\frac{Q_1}{4}$ et $\frac{Q_2}{4}$ dans chacun des canaux conduisant aux huit bassins. Ce dispositif est nécessaire puisque dans une section transversale du canal la vitesse de l'eau n'est pas uniforme.

Afin de répartir le courant de l'eau sur la largeur des grilles fines, un prisme séparateur est placé devant chacune d'elles. Ces grilles avec 25 mm. de passage retiennent tous les corps étrangers volumineux et concourent à la bonne répartition de la vitesse de l'eau sur toute la largeur des bassins. La paroi P oblige la masse liquide en mouvement à suivre le fond fortement incliné des canaux, les veines de matières précipitées avançant sur celui-ci sont amenées au premier orifice de purge R_1 par les seuils partant des bords et convergeant vers cet orifice.

L'eau, encore chargée d'alluvions, continue à couler vers la droite sur le fond des bassins dont la section transversale a la forme d'un entonnoir ; ses couches supérieures sont déviées et prennent, sous l'action des parois-guides transversales T_1, $T_2 \ldots T_{11}$, un mouvement ascendant cependant que les matières en suspension dans l'eau descendent peu à peu et parviennent aux orifices purgeurs répartis sur la partie la plus profonde du fond des bassins. La surface ou section horizontale de 4 bassins étant de : $4 \times 24 \times 5 = 480$ mètres carrés, la vitesse ascensionnelle moyenne de l'eau

[1] Voir *Bulletin technique* 1919, p. 280.

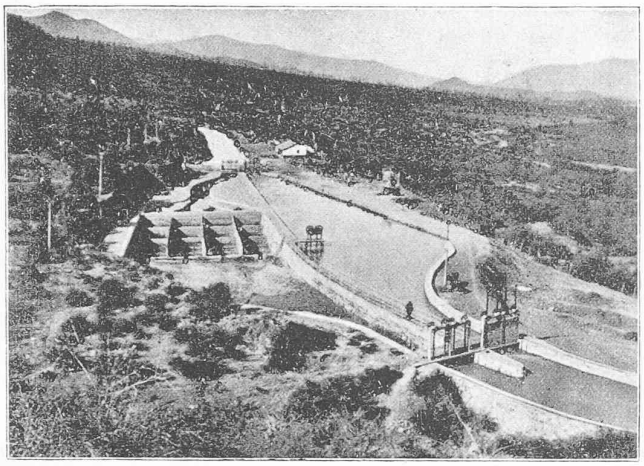

Fig. 6. — Vue prise en 1913 après la construction du nouveau dessableur dans le bassin de droite.

est de 10 : 480 = 0,021 m. par seconde ; ne pouvant suivre ce mouvement ascendant, toutes les alluvions dont la vitesse de précipitation dans l'eau tranquille dépasse légèrement cette faible valeur, continuent à se précipiter et arrivent, pour finir, dans l'un des orifices purgeurs situés vers la sortie des bassins.

L'arête inférieure des parois-guides est placée de telle façon que la vitesse de l'eau, coulant de gauche à droite entre ces arêtes et le fond du bassin, soit suffisante pour entraîner les alluvions les plus grosses sur la partie inclinée du fond, à l'entrée des bassins et les alluvions plus légères sur les parties horizontales du fond, comprises entre deux orifices de purge. Arrivée à la partie supérieure des parois-guides l'eau s'écoule vers la droite et le canal *T* (fig. 1, 4 et 5).

Les orifices purgeurs dont le détail est représenté sur la fig. 5 sont formés par une plaque en tôle prise dans le béton et munie d'un trou de 130 mm. de diamètre. Ces plaques portent un cadre en fer plat et cornières dans lequel vient se fixer au moyen de coins en bois, la tuyère, en chêne du Chili, doublée à sa partie inférieure d'une plaque en tôle de 5 mm. La tuyère placée sous le premier orifice à l'entrée du bassin a un passage de 100 mm. de diamètre. En raison de la plus petite quantité d'alluvions à évacuer le passage des tuyères diminue du côté de la sortie des bassins où il n'est plus que de 70 mm.

Les coupes *A-A*, *B-B* et *C-C* de la fig. 5 montrent comment l'eau de purge chargée d'alluvions est recueillie par des tuyaux en fonte et conduite par un système de canaux dans le tunnel de purge des bassins de décantation primitifs.

Pour vider rapidement les bassins lors d'une révision, d'une réparation, etc., comme aussi pour en évacuer rapidement les petits dépôts de matières qui pourraient s'y être formés, leur côté opposé à l'entrée est muni de vannes de fond, à obturateur conique.

La première moitié de ce nouveau type de dessableur à écoulement continu des alluvions, fut mise en service au mois de juin 1912. On installa la lumière électrique dans les voûtes où sont placés les tuyaux de fonte et le dessableur devint une des parties les plus volontiers visitées et non la moins utile de toute l'installation. Son action très efficace se fit bientôt remarquer et après une courte période d'observation, les sociétés intéressées décidèrent la construction de la seconde moitié qui fut mise en service en janvier-février 1914.

Les travaux ont été exécutés d'après nos plans dont les fig. 4 et 5 sont une reproduction, sous la direction de M. J. Lindacker, ingénienr en chef de la «Compania Alemana», et M. A. Lynch, ingénieur de la «Chilian Electric» et neveu de l'amiral chilien Lynch. Une partie des pièces mécaniques sort de le Fundicion Libertad, maison suisse fondée en 1877 par M. Küpfer, et conduite actuellement par ses quatre fils, dont l'un, M. Albert Küpfer est notre sympathique consul à Santiago.

Selon les divers rapports que nous avons reçus de Santiago de 1912 à 1918, ce dessableur dont la « Chilian Electric » est très satisfaite, a procuré à l'exploitation de l'usine Florida-Alta des conditions très acceptables ; à part les dépôts de sable qui se forment dans les angles morts et dont la hauteur se stabilise après un certain temps, l'écoulement automatique et continu de toutes les alluvions précipitées se fait très bien. L'usure des turbines et les pertes d'énergie qui en résultaient ont diminué dans une forte proportion, ce qui, pendant la guerre où dès l'année 1916 les pièces de réserve ne purent plus être obtenues d'Europe et où le charbon pour l'usine de secours à vapeur était excessivement cher, fut un avantage inappréciable.

Pour les lecteurs que l'usine de Florida-Alta pourrait intéresser plus spécialement, nous dirons que la *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen*, chez Oldenburg, Munich et Berlin, en a publié en 1916 une description détaillée signalant le fonctionnement excellent du dessableur.

Ce système de dessableur avec écoulement automa-

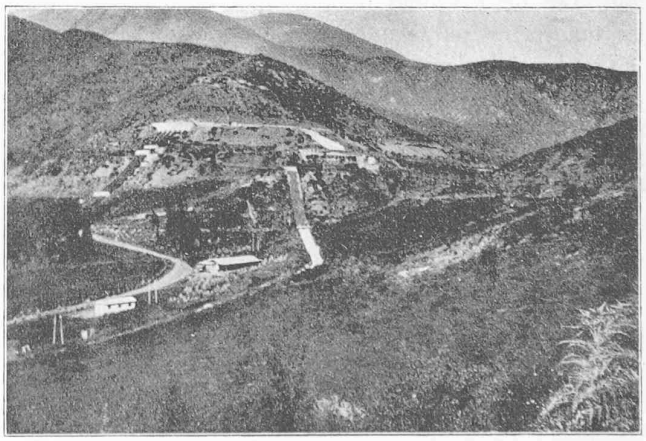

Fig. 7. — Vue du déversoir, du canal de décharge, du château-d'eau et des conduites forcées de l'usine de Florida-Alta.

tique et continu des alluvions éliminées (breveté en Suisse et à l'étranger) a été perfectionné et surtout simplifié par la suite. Appliqué dernièrement au dessablage de l'eau motrice d'une de nos usines hydro-électriques du Valais, dont la puissance est de 24,000 HP sous une chute de 722 mètres, il en élimine toutes les alluvions dont le diamètre des grains dépasse 0,5 à 0,6 mm., modifiant ainsi radicalement les conditions d'usure et de mauvais rendement des turbines.

Pour terminer, nous dirons que nous avons conservé de notre voyage au Chili par Buenos-Aires et le chemin de fer Transandin, de notre séjour de neuf mois dans ce pays, ressemblant à la Suisse par ses belles montagnes et ses rivières, comme aussi du retour par le Détroit de Magellan, le meilleur souvenir.

Le système Taylor et quelques considérations sur son application

par M. R. de Vallière, ingénieur [1].

Messieurs,

Je crois que vous serez d'accord, qu'à l'heure actuelle, la nécessité première pour l'industrie est non seulement une production ordonnée, mais une production *intensifiée*.

Tous les systèmes propres à conduire à ce résultat sont donc intéressants.

Or Taylor a précisément consacré toute sa vie à l'étude des lois de la production ordonnée, à la recherche de l'organisation propre à assurer le haut rendement.

Il a fait école, jusqu'à voir ses méthodes érigées en système.

Qu'est-ce que ce système ?

Les journaux, les revues techniques en ont beaucoup parlé ; les uns y voient la panacée à tous les maux actuels de l'industrie ; les autres une nouvelle forme du bluff américain. Beaucoup d'industriels s'en détournent au premier examen, parce qu'ils ont peur d'une méthode administrative entraînant des changements aussi radicaux. L'un d'eux a même appelé ironiquement le système :

« L'art de diluer le travail. »

D'autre part, le fait que le système Taylor est surtout connu par son étude du rendement de l'heure de travail et des moyens propres à l'augmenter, lui a valu d'être baptisé par un auteur socialiste français :

« L'organisation du surmenage. »

Voilà deux définitions qui ont au moins l'avantage d'être courtes. Nous n'allons pas tenter de les réfuter en en cherchant une troisième, ni en analysant et en commentant toutes les autres définitions qui ont été données.

[1] Conférence faite devant la Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes.

Nous pensons plus utile de vous exposer d'abord les mesures successives que prend Taylor lorsqu'il réorganise une usine ; les *réformes* qu'il entreprend, dans l'*ordre* dans lequel il les entreprend.

Nous pourrons ensuite mieux déduire ensemble les principes de Taylor.

Le prix de revient.

La *première chose* que fait Taylor, lorsqu'il entreprend la réorganisation d'une usine, c'est d'examiner la méthode de détermination des prix de revient ; puis, cas échéant, de prendre les mesures nécessaires pour obtenir des prix de revient vraiment exacts.

Il n'y a pas de difficultés très grandes à arriver à une comptabilisation exacte de la matière première par genre d'objet et par commande de fabrication, si de l'ordre règne au magasin et si les distributions se font sur la base de bons portant toutes les indications nécessaires.

C'est déjà plus difficile de répartir exactement la main-d'œuvre.

Mais la difficulté majeure réside dans la répartition des frais indirects de fabrication.

Le système usuel est de répartir ces frais en pourcent de la main-d'œuvre directe, exprimée en heures ou en francs. Pour la fabrication considérée, on fait d'une part, le total des heures ou des francs de main-d'œuvre directe, d'autre part, le total des frais indirects qu'elle entraîne : le quotient indique ce que coûte en frais indirects chaque heure ou chaque franc de main-d'œuvre.

Ce procédé a pour lui sa simplicité ; il est acceptable pour les fabrications très simples, n'employant que des machines approximativement toutes de même prix et de même capacité productive et occasionnant les mêmes frais ; desservies en outre par des ouvriers de même habileté et gagnant tous approximativement le même salaire.

Mais les cas aussi simples sont rares et pour les autres, on voit immédiatement que cette méthode ne peut donner des résultats suffisamment précis.

En effet, dans la grande majorité des ateliers, toutes les heures de machines, sans parler des heures de travail à la main, sont *loin* d'occasionner les mêmes frais.

Il est clair, par exemple, que l'heure de travail à un petit tour ou à une petite fraiseuse à main, coûte bien moins en amortissements, en force motrice et en outillage, que l'heure de travail à un gros tour monopoulie ou à une grosse fraiseuse automatique.

Beaucoup d'usines cherchent à corriger l'inexactitude de cette méthode, en classant les machines en catégories d'après leur prix d'achats et en répartissant les frais indirects sur ces catégories d'après des pourcentages différents.

Cela donne des résultats déjà notablement plus exacts.

Taylor lui, va plus loin encore :

Il établit pour chaque machine séparément ce qu'elle coûte par heure en amortissements, en force motrice, en outillage, en réparations.

Il lui fait supporter ensuite une part d'amortissements