

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 78 (1952)
Heft: 22

Artikel: L'équipement hydro-mécanique de la Centrale d'Ottmarsheim
Autor: Hirschy, J. / Lieber, J.H. / Piguet, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-59009>

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: 26.01.2026

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

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

Abonnements :
Suisse : 1 an, 24 francs
Etranger : 28 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Pour les abonnements
s'adresser à :
Administration
du « Bulletin technique
de la Suisse romande »
Librairie Rouge & Cie
S. A., Lausanne
Compte de chèques pos-
taux II. 5775, à Lausanne
Prix du numéro : Fr. 1.40

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Société vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitoux, architecte, à Lausanne ; Secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg : MM. P. Joye, professeur ; † E. Lateltin, architecte — Vaud : MM. F. Chenaux, ingénieur ; H. Matti, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; Ch. Thévenaz, architecte — Genève : MM. L. Archinard, ingénieur ; Cl. Groscurin, architecte ; E. Martin, architecte ; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel : MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur — Valais : MM. J. Dubuis, ingénieur ; D. Burgener, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration de la Société anonyme du Bulletin Technique : A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitoux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces

Le millimètre
(larg. 47 mm) 24 cts
Réclames : 60 cts le mm
(largeur 95 mm)
Rébais pour annonces
répétées

Annonces Suisses S.A.



5 Rue Centrale. Tél. 22 33 26
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : *L'équipement hydro-mécanique de la Centrale d'Ottmarsheim*, par J. HIRSCHY, J. H. LIEBER et P. PIGUET, ingénieurs aux Ateliers des Charmilles, à Genève. — **NÉCROLOGIE :** Edmond Lateltin, architecte cantonal. — **BIBLIOGRAPHIE.** — **SERVICE DE PLACEMENT.** — **DOCUMENTATION GÉNÉRALE.** — **DOCUMENTATION DU BATIMENT.** — **NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.**

L'ÉQUIPEMENT HYDRO-MÉCANIQUE DE LA CENTRALE D'OTTMARSHEIM

par J. HIRSCHY, J. H. LIEBER et P. PIGUET, ingénieurs aux Ateliers des Charmilles, à Genève¹

Généralités

Lorsque le Grand Canal d'Alsace sera terminé, l'aménagement du Rhin entre Bâle et Strasbourg sera accompli du double point de vue de la navigation fluviale et de la production hydroélectrique.

En effet, les chalandes et les péniches, qui empruntent encore le lit naturel du fleuve sur la plus grande partie de ce parcours de 120 km, quitteront le Rhin un peu à l'aval de Huningue, le port de Bâle, pour ne plus le retrouver qu'à l'entrée de Strasbourg. Ils auront franchi cette distance en empruntant constamment le Canal d'Alsace et traversé sept écluses pour regagner les 107 mètres de la dénivellation entre ses extrémités.

Au cours du siècle passé, le cours du Rhin entre ces deux villes a fait l'objet de travaux de correction pour l'endiguer et éviter ainsi les dégâts causés par les inondations dues aux crues. Mais, par la suite, la vitesse du courant s'en trouva accrue et provoqua un approfondissement marqué du lit du fleuve. Ainsi, dans la moitié amont du parcours Bâle-Strasbourg, à partir de 1860, date d'achèvement de travaux très importants, l'affouillement atteint 6 cm par an en moyenne et, même dans certaines sections particulièrement resserrées, l'approfondissement global accuse plus de 7 m aujourd'hui. Après entraînement partiel des alluvions, des barres rocheuses sont apparues et des rapides se sont ainsi créés, rendant la navigation dangereuse, voire impossible. Déjà main-

tenant, un chaland ne passerait plus la barre d'Istein s'il ne pouvait éviter cet écueil en empruntant le canal de Kembs.

Du point de vue de la production d'énergie électrique, l'équipement du Rhin sur ce tronçon présente un attrait exceptionnel du fait de la pente moyenne relativement forte — soit de 0,9 m par km — de l'importance du débit et de sa régularité due au fait que dans son cours supérieur, jusqu'à Bâle, le Rhin est tributaire d'un bassin versant de 36 000 km², comportant de nombreux lacs et de grands glaciers. Relevons qu'à Bâle le débit semi-permanent, c'est-à-dire disponible durant 6 mois par an, dépasse 1000 m³/s. Il en résulte que quand le Rhin aura été équipé de Bâle à Strasbourg, on pourra compter, en année moyenne, sur une production annuelle d'énergie de plus de 6,5 milliards de kWh. Si l'on évalue la « puissance sauvage kilométrique » résultant du débit semi-permanent que nous venons de mentionner, on trouve qu'elle est de 14 700 ch entre Bâle et Brisach, soit sur 57 km du parcours amont. Vers Strasbourg, où la pente du fleuve a déjà sensiblement diminué, elle est encore de 8700 ch, donc toujours fort appréciable.

Nous ne retracerons pas ici l'historique de ce vaste projet d'aménagement, mais rappelons qu'une loi récente du 19 février 1950 a concédé à Electricité de France la réalisation du Grand Canal d'Alsace de l'aval de Kembs jusqu'à Strasbourg.

D'après les études actuelles, l'équipement hydroélectrique sera réparti vraisemblablement entre 7 centrales dont Kembs et Ottmarsheim sont les deux premières en partant de l'amont, comme on peut le voir sur le plan général de la figure 2.

¹ Article tiré de la revue *Informations Techniques Charmilles*, n° 4.

Le premier palier du Grand Canal d'Alsace a été aménagé de 1928 à 1932 par la réalisation des ouvrages de Kembs, qui comportent un barrage sur le Rhin, à 4 km à l'aval de Huningue, un canal de force motrice et de navigation sur la rive gauche du fleuve, canal qui se développe sur une distance un peu supérieure à 4,5 km pour se subdiviser, à partir de là, en deux branches, celle de gauche alimentant la centrale hydroélectrique au km 6, l'autre aboutissant à deux écluses, d'une dénivellation de 18 m.

La centrale de Kembs est disposée normalement au sens général de l'écoulement de l'eau. Elle comporte six groupes, dont cinq sont constitués chacun par une turbine-hélice de 36 000 ch entraînant un alternateur de 31 000 kVA à la vitesse de 93,8 t/mn. Le sixième groupe comporte une turbine Kaplan à pales réglables et un alternateur de mêmes caractéristiques. Cette centrale très importante, construite par l'« Energie Electrique du Rhin », a été notamment décrite dans le *Bulletin technique de la Suisse romande* des 25 novembre et 9 décembre 1933. Les alternateurs proviennent des Ateliers de Belfort de la Société Alsthom, tandis que les turbines, construites sur les plans des Ateliers des Charmilles, ont été exécutées en grande partie par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, à Mulhouse.

Les groupes sont de conception classique, avec un étage turbines et un étage alternateurs bien distincts, chaque alternateur reposant sur un poutrage massif en béton armé transmettant les charges aux fondations. Le pivot, de 700 tonnes, est placé au-dessus du croisillon de l'alternateur, croisillon qui est, à Kembs, particulièrement robuste et indéformable, mais aussi fort lourd.

En cas d'arrêt des groupes, le débit total peut néanmoins être évacué dans le canal de fuite au travers de pertuis dont l'ouverture amont est placée au-dessus des chambres d'eau des turbines, pertuis qui débouchent à l'aval au-dessus des aspirateurs. Ces canaux passent donc au travers de l'usine, à l'étage intermédiaire situé entre les alternateurs et les turbines. Cette idée, fort ingénieuse et unique à l'époque où elle fut réalisée, est due au grand ingénieur que fut le regretté René Köchlin, qui l'avait brevetée avec l'entreprise Locher & C^{ie}, à Zurich. Malgré l'importance du débit à déverser, on évitait ainsi la création d'un déversoir latéral qui aurait notablement augmenté la largeur du bief amont de la centrale.

Ces canaux d'évacuation, comportant des bajoyers de guidage judicieusement conçus, enveloppent donc le massif de béton supportant l'alternateur et sont obturés à l'amont par un double jeu de vannes-wagons de fond et de surface, commandées par des treuils. A l'aval de l'usine, un court canal en coude restituait au Rhin, avant d'être récemment désaffecté,

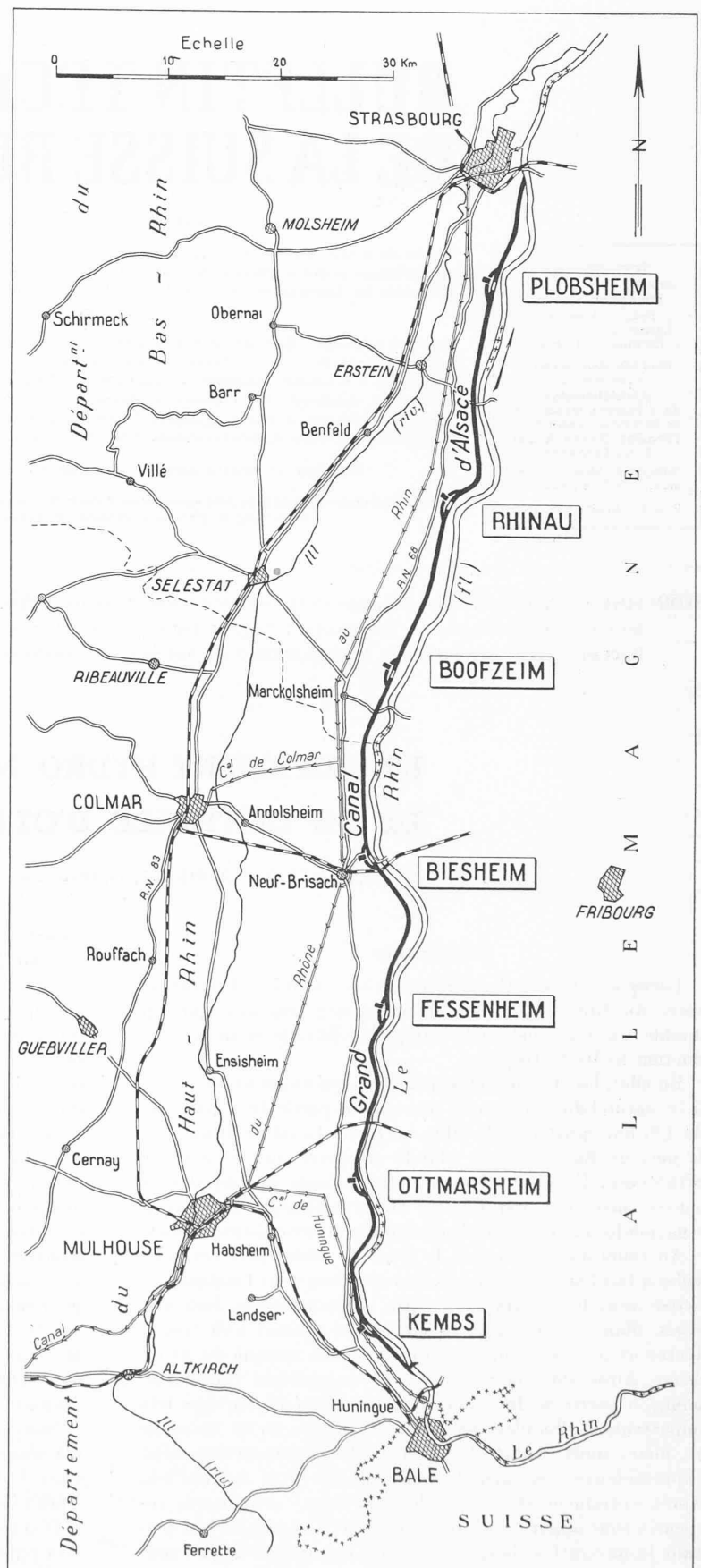


Fig. 2. — Plan général actuel de l'aménagement du Grand Canal d'Alsace.

l'eau dérivée après son passage au travers de l'usine ou des écluses. Avec ses 186 000 kVA installés, la centrale de Kembs a une production annuelle moyenne qui n'est pas éloignée du milliard de kWh.

Le second palier du Grand Canal d'Alsace, qui est celui d'Ottmarsheim et fait l'objet du présent article, est en cours de réalisation. Les travaux ont débuté en 1948 et ont été menés à bonne cadence avec des moyens extrêmement puissants et modernes. Ils sont actuellement très avancés, puisque la mise en eau des ouvrages est chose faite, que le canal et les écluses sont en service, tandis que le premier groupe fournira incessamment son énergie au réseau de transport. (Fig. 3.)

Le canal d'aménée a environ 14,4 km de longueur. Il commence immédiatement à l'aval de Kembs, à la naissance du canal de fuite qui, par une courbe, reliait naguère cette centrale au Rhin. Ce nouveau canal a 80 m de large au radier dans sa plus grande étendue, et 137 m environ au plan d'eau. Ses caractéristiques sont très voisines de celles du canal de Kembs. Il est prévu pour un débit maximum de 1160 m³/s, que les turbines d'Ottmarsheim seront capables d'absorber en fonctionnant toutes en surcharge.

L'extrémité aval de ce canal principal, sur une longueur de 600 m, s'étale jusqu'à accuser une largeur utile de 200 m, en créant ainsi un bassin de virage pour les péniches. Il se subdivise alors en deux branches ; comme à Kembs, celle de gauche, de 1200 m de longueur, alimente la centrale, tandis que celle de droite, réservée à la navigation et longue de 1000 m, aboutit aux écluses. Le petit sas a 12 m de largeur, le grand 23 m. Tous deux ont 185 m de longueur, la dénivellation maximum étant de 18 m. Des mesures spéciales ont été prises pour accroître la vitesse de remplissage et de vidange au maximum. Elle sera de 3 m/mn pour le petit sas et de 1,5 m/mn pour le grand. Il en résulte que, compte tenu du temps nécessaire aux manœuvres d'entrée et de sortie, un bateau mettra 12 mn à franchir la petite écluse et 20 mn à passer la grande, ces temps étant, toutes choses égales d'ailleurs, beaucoup plus courts que ceux antérieurement réalisés à l'écluse de Kembs.

La centrale hydroélectrique d'Ottmarsheim, comme celle de Kembs, est disposée perpendiculairement à l'axe général du canal d'aménée. Après de nombreuses études et grâce aux progrès techniques accomplis depuis la construction de Kembs, le débit a été réparti entre quatre turbines Kaplan, capables d'absorber chacune 270 m³/s sous toutes les chutes comprises entre 13,4 et 17,4 m. C'est donc dire que pour les chutes supérieures à la première de ces valeurs, la capacité de la turbine est normalement limitée. Cependant, lors des crues, on peut surouvrir les turbines et leur faire absorber 290 m³/s par unité.

Le problème général de cette installation motrice consistait à loger, sur un minimum de largeur, un ouvrage comportant, d'une part, les quatre chambres d'eau spiraliformes des turbines et, d'autre

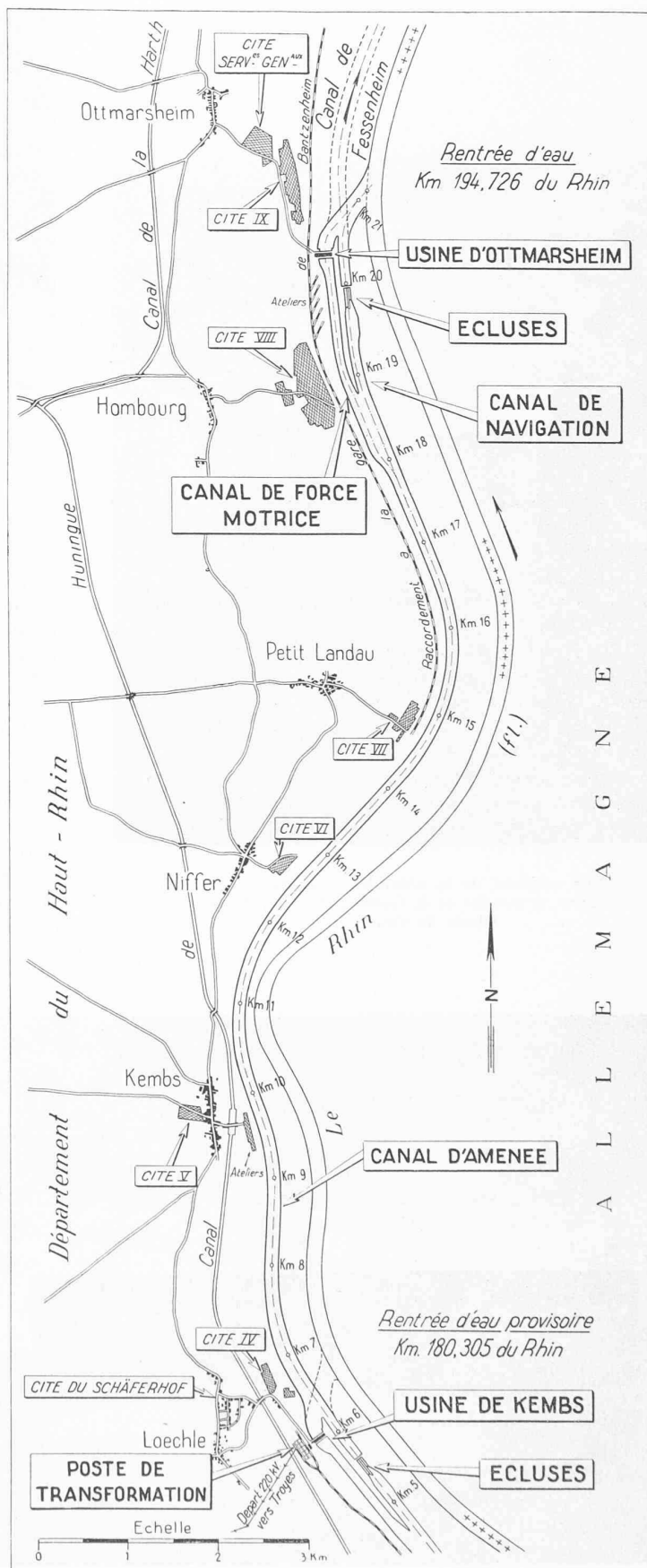


Fig. 3. — Tracé du canal entre les centrales de Kembs et d'Ottmarsheim.



Fig. 1. — Vue aérienne de la centrale, prise dans la direction de l'amont, avec, à gauche et à l'arrière-plan, les écluses et le bassin de virage.



Fig. 4. — Façade aval de la centrale d'Ottmarsheim.

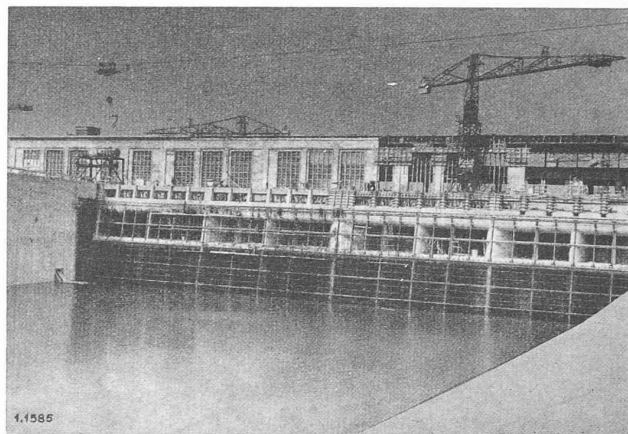


Fig. 33. — Vue de la centrale prise depuis l'amont, avant la mise en eau totale du canal d'aménée.

part, des passes de décharge capables d'évacuer à elles seules le débit total maximum du canal. La solution choisie se rapproche de celle réalisée à Kembs, dont nous avons dit quelques mots plus haut, mais elle en diffère sur certains points. Il vaudra la peine d'y revenir un peu plus loin. Notons, en attendant, que la retenue normale est à la cote 230,0.

La bêche spirale en béton d'une turbine est de forme tout à fait classique et l'eau, après avoir cédé son énergie à la roue Kaplan, est évacuée à l'aval par un aspirateur coudé, avec cloison médiane incurvée. L'ensemble des ouvrages d'adduction et de restitution est de dimensions imposantes puisque, au droit de la grille, la prise d'eau d'une turbine mesure 24,5 m de largeur sur 16 m de hauteur environ et que la section brute à la sortie de l'aspirateur est de 164 m². La distance horizontale entre le pied de la grille et cette section de sortie est de 69 m.

Côté amont, au-dessus des baches spirales, sont disposées les trompes des passes de décharge, qui sont au nombre de deux par groupe. Etant complètement immergées, ces passes fonctionnent donc en charge; une grille mobile en protège l'entrée. Elles traversent l'usine de part en part pour aboutir, à l'aval, à des coursiers inclinés construits au-dessus des plafonds des aspirateurs. Les deux passes de décharge correspondant à une seule turbine ont, vues en plan, tout d'abord un tracé parallèle. Puis elles se séparent pour contourner le puits en béton armé dans lequel est placé l'alternateur, pour se rejoindre ensuite à l'aval de la salle des machines. A 8 m environ de sa bouchure amont, chaque passe est subdivisée en trois pertuis par des guideaux en béton armé, qui se prolongent jusque un peu à l'aval de l'axe longitudinal de la salle des machines. Nous reviendrons plus loin au problème particulier qui se posait pour la réalisation de ce grand évacuateur de débit.

La salle des machines a 20,5 m de hauteur sous plafond, 18 m de large, 102 m de long, plus une plage de montage de 20 m et un hall de décuvage de 23,5 m; seuls les excitatrices et les chapeaux d'introduction d'huile pour le

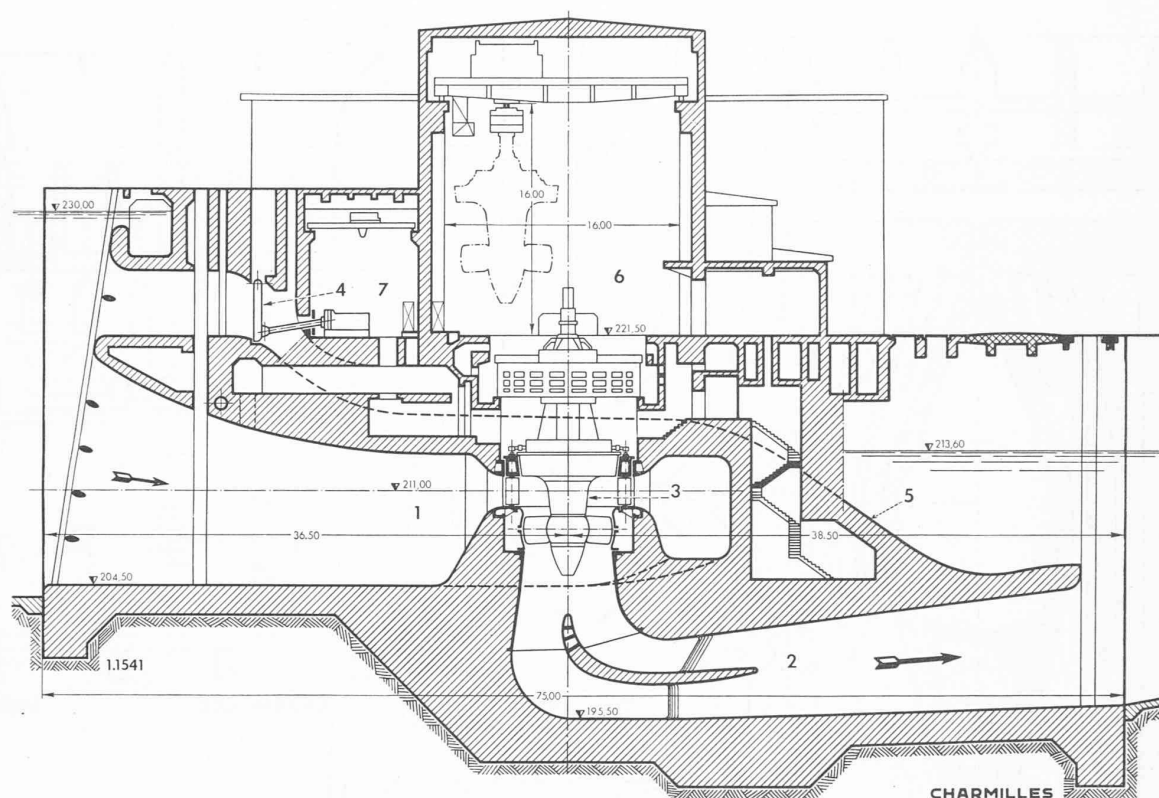


Fig. 5. — Coupe transversale de la centrale d'Ottmarsheim.

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Bâche spirale. | 5. Passes et coursier de restitution de 3 clapets. |
| 2. Tube d'aspiration. | 6. Salle des machines. |
| 3. Turbine. | 7. Salle annexe, contenant les commandes des |
| 4. Clapet de déversement. | clapets et les groupes de pompage d'huile des |
| | régulateurs. |

réglage des roues Kaplan sont apparents, les tôles de couverture des alternateurs étant même encastrées à 1,2 m de profondeur, dans les alvéoles où ils sont logés.

Conception du groupe

Chaque groupe est du type monobloc et constitué par une turbine Kaplan de 53 300 ch sous la chute normale (pouvant

développer exceptionnellement jusqu'à 56 200 ch sous la chute maximum) entraînant un alternateur triphasé de 44 000 kVA sous 10 000 V, à la vitesse de 93,8 t/mn. Si l'on veut bien se reporter à la figure 12, on constatera même qu'on pourrait parler, en quelque sorte, d'une combinaison de la turbine et de l'alternateur. En effet, un arbre unique relie la roue Kaplan au rotor de la génératrice, arbre guidé par deux paliers seulement, l'un monté dans le fond central

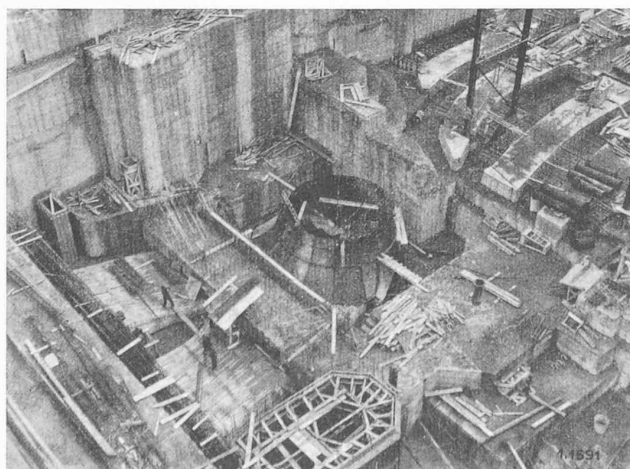


Fig. 10. — Bétonnage d'un des aspirateurs. On distingue le blindage métallique de sa branche verticale.

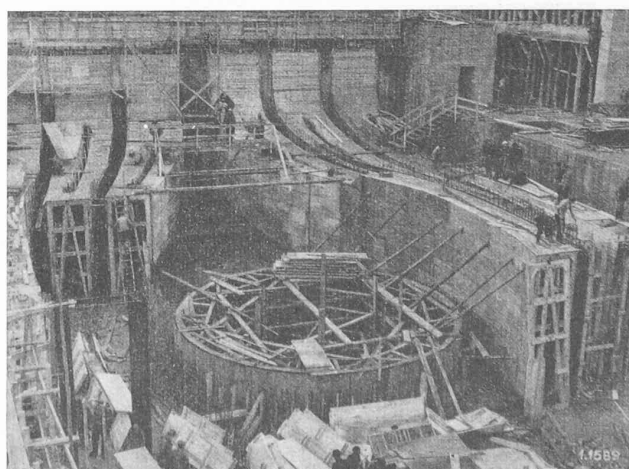


Fig. 14. — Bétonnage des passes des clapets, autour du puits contenant l'un des groupes.

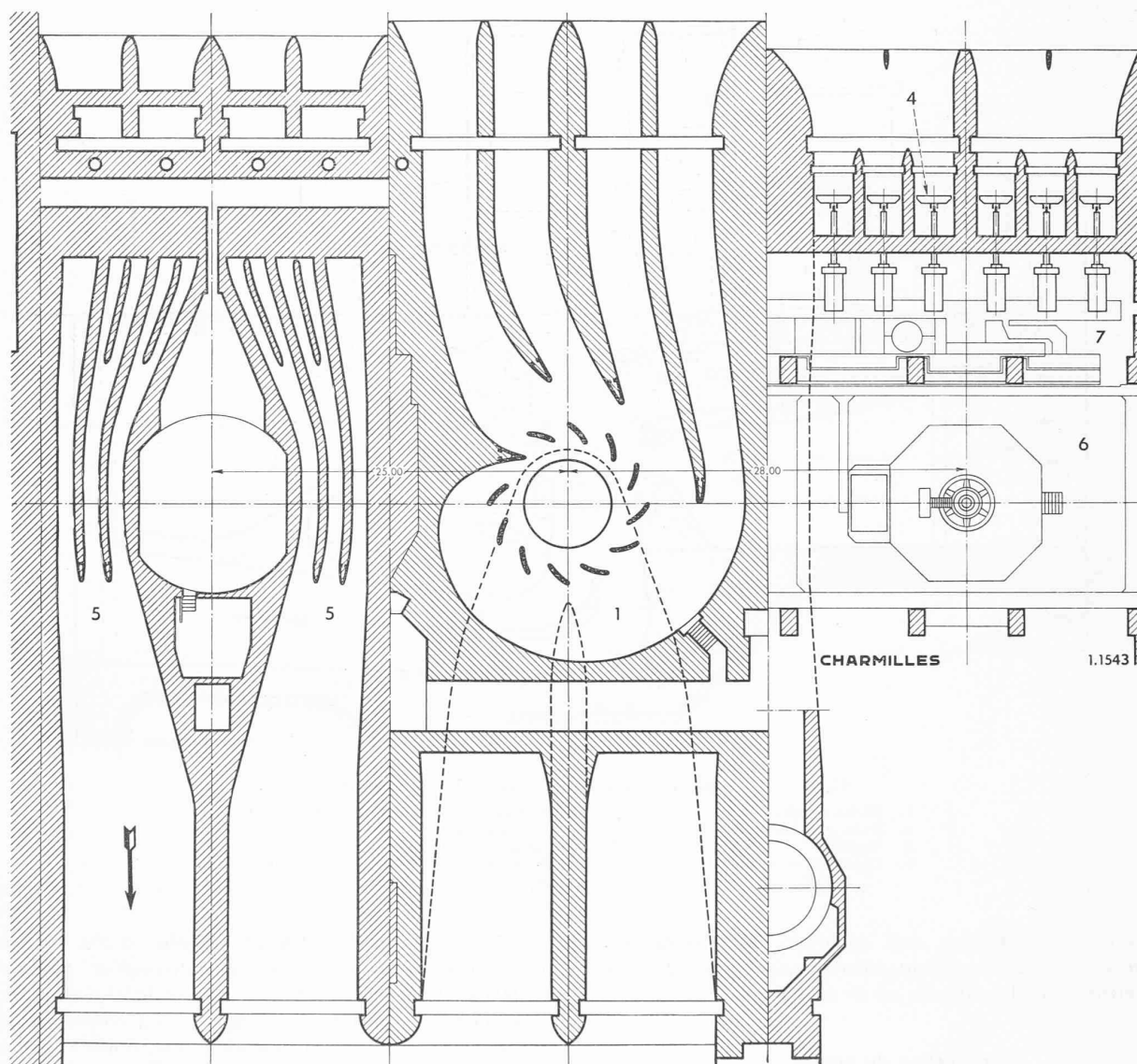


Fig. 9. — Coupes en plan de la centrale.

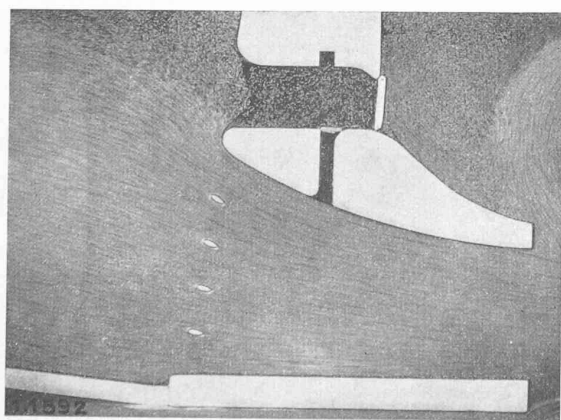


Fig. 6. — Essais d'écoulement en bassin après avoir parsemé le niveau libre avec de la poudre d'aluminium. Le clapet est ouvert, tandis que la turbine est fermée.

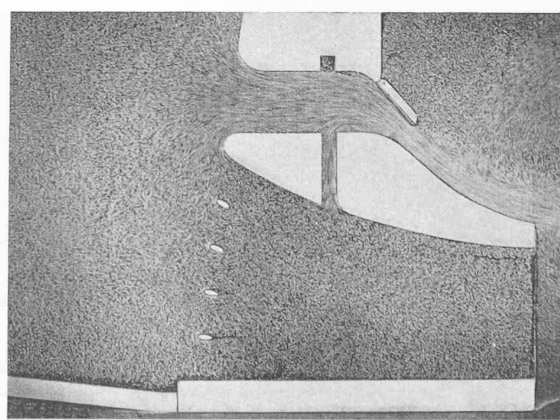


Fig. 7. — Contrairement à ce que montre la figure 6, la turbine est ici ouverte, tandis que le clapet est fermé.

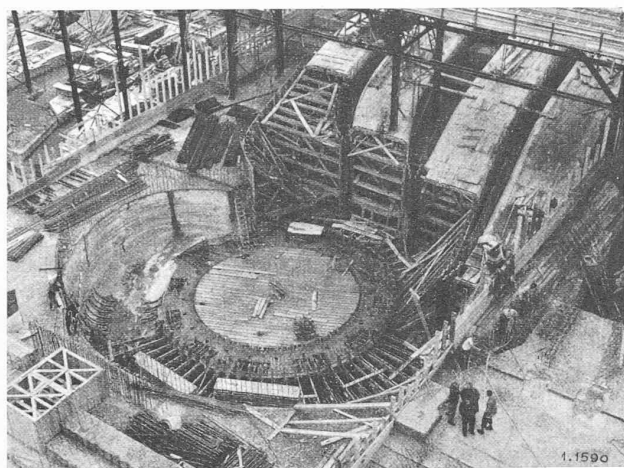


Fig. 11. — Bétonnage d'une des bâches spirales.

de la turbine, l'autre placé sous le dit rotor, ce dernier étant d'ailleurs combiné avec le pivot de 1100 tonnes qui supporte le poids de l'ensemble des parties tournantes ainsi que la poussée hydraulique axiale. Nous sommes donc en présence d'un alternateur du type parasol, puisque le pivot est porté par le fond de la turbine, fond qui transmet sa charge aux fondations par l'intermédiaire de pièces métalliques et, par conséquent, sans interposition du classique plancher en béton supportant l'alternateur. Le stator de ce dernier repose sur un puits en béton armé de très faible hauteur, entourant la turbine. Autre détail constructif qui illustre bien la conception de ce bloc turbine-alternateur : la pièce combinée qui coiffe l'arbre du groupe sert en même temps de manchon d'entraînement du tourteau du rotor, de cylindre du servomoteur de réglage de la roue Kaplan, et de support de l'anneau glissant du pivot. Cette pièce, extrêmement importante et pesant environ 30 tonnes, était certainement l'une des plus difficiles à réaliser par l'aciérie, aussi bien de par sa forme complexe qu'en égard à ses dimensions, son alésage étant de 1800 mm.

Le groupe ainsi constitué, bien qu'étant d'une hauteur totale qui atteint 19,8 m, est extrêmement ramassé, ce qui constitue un avantage évident du point de vue de la tranquillité de marche. A proprement parler, il n'y a plus d'étage turbine mais, sous l'alternateur, un puits d'accès au fond de cette dernière, juste assez haut pour que le personnel de service puisse aisément y circuler. On peut même dire qu'une centrale de ce type est à un seul étage : celui de la salle des machines, situé à la hauteur des excitatrices.

Le poids de la turbine est approximativement de 850 tonnes et celui de l'alternateur de 450 tonnes.

Alternateur

Bien que cet article soit essentiellement consacré à l'équipement hydro-mécanique de la centrale d'Ottmarsheim, nous désirons dire ici quelques mots de l'alternateur construit par la Société Alsthom à Belfort.

Nous rappelons que sa puissance de construction est de 44 000 kVA et qu'il débite du courant triphasé à 10 000 V. Son rotor comporte 68 pôles et accuse un diamètre extérieur de 8024 mm. L'entrefer étant de 13 mm, l'alésage du stator est par conséquent de 8050 mm. Cette roue polaire a un PD^2 de 12 000 tm^2 , pèse 235 tonnes et doit supporter sans inconvénient un emballement de 247 t/mn.

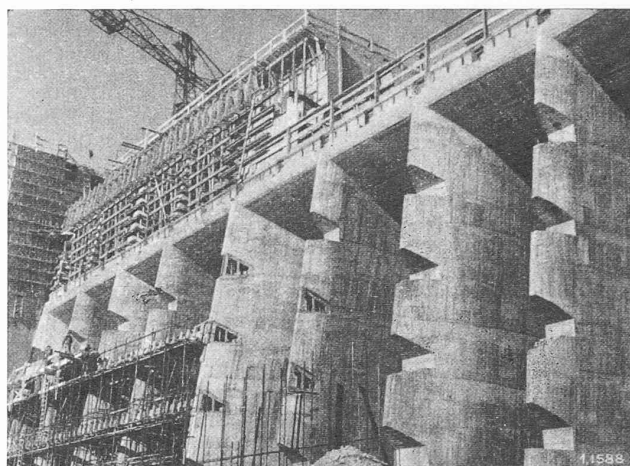


Fig. 13. — Pertuis d'entrée des bâches spirales.

La hauteur d'empilage est de 1620 mm environ, et l'air circulant dans les événements passe au travers de réfrigérants à eau montés à la périphérie du stator et à l'intérieur de l'alvéole.

Le croisillon supérieur est de construction très légère puisqu'il n'est pas appelé à supporter la pivoterie mais seulement l'excitatrice, puis l'alternateur-pilote du régulateur et, enfin, le chapeau d'introduction de l'huile servant au réglage de la roue Kaplan. Il porte des freins à air comprimé entrant en action lors de l'arrêt du groupe.

Le croisillon inférieur supporte également des freins analogues aux précédents ainsi que des vérins à pression d'huile permettant de soulever la roue polaire lors de certaines opérations de démontage. En contre-bas et au-dessus des couvercles annulaires de la turbine, il comporte une voie de roulement pour des palans permettant le démontage de certaines pièces peu importantes de la partie inférieure du groupe.

Description de la turbine (fig. 12)

Après avoir été amenée par la bache spirale (1) en béton, l'eau passe au travers des entretoises profilées (2) en acier moulé, qui sont au nombre de 12, l'une d'entre elles étant combinée avec l'éperon constituant l'extrémité de la bache. Ces entretoises transmettent aux fondations de l'usine le poids des parties fixes de la turbine situées au-dessus de la roue, ainsi que toute la charge de la pivoterie, auxquels vient s'ajouter une partie du poids des maçonneries formant le plafond de la bache. Ces entretoises sont fixées à des anneaux supérieurs et inférieurs (3) en acier moulé, fortement nervurés et partiellement scellés. Le diamètre extérieur du cercle d'entretoises, mesuré sur ces dernières, est de 11 200 mm.

Le distributeur comprend 24 aubes directrices (4) en acier moulé, ayant chacune 2250 mm de hauteur, tourillons non compris. Ces tourillons sont guidés par trois paliers, l'un fixé sur le fond inférieur (3) combiné avec l'anneau support des entretoises, et les deux autres montés dans l'anneau supérieur (6), cloisonné et de grande hauteur. Le cercle de division des axes de pivotement des aubes directrices a un diamètre de 7800 mm.

La roue Kaplan (7) comprend cinq pales en acier moulé inoxydable, dont les tourillons d'orientation sont portés par un moyeu central de 2800 mm de diamètre. La roue complète a un diamètre extérieur de 6250 mm et pèse 87 tonnes.

Chaque pale possède un tourillon de pivotement de 580/480 mm de diamètre, venu de fonderie avec elle et supporté

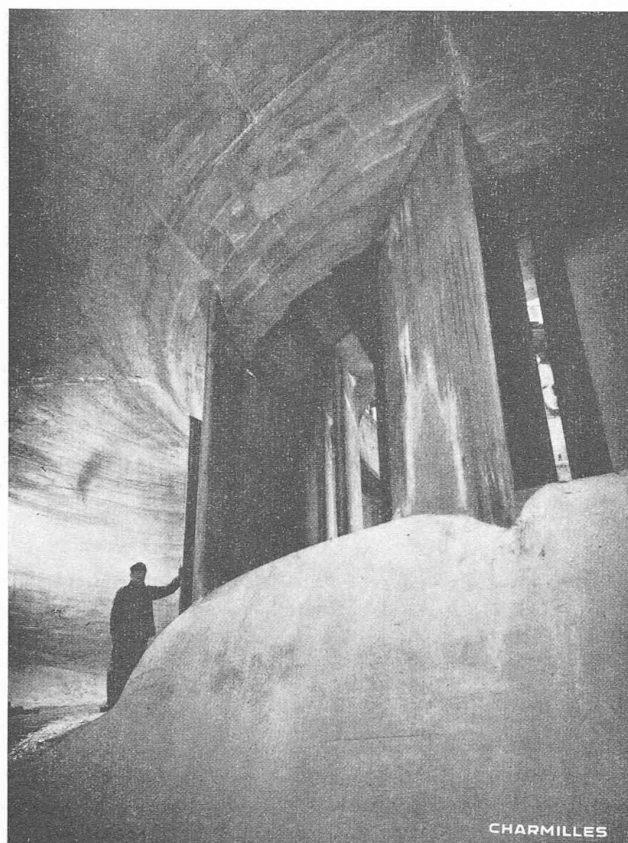


Fig. 15. — Vue intérieure de la bache spirale en béton, avec deux entretoises du préistributeur.

à l'intérieur du moyeu par deux douilles en bronze dont le graissage est assuré par l'huile épaisse dont ce moyeu est rempli. Le poids d'une aube terminée étant de 7,2 tonnes, il en résulte qu'en cas d'emballlement, à la vitesse maximum de 247 t/mn, chacune développe une force centrifuge de 1044 tonnes. Cet effort est reporté sur une butée en bronze dimensionnée de telle façon que la pression spécifique y atteigne alors 490 kg/cm^2 . Dans ces conditions, il est inutile de préciser que le bronze utilisé est d'une qualité exceptionnelle, mettant le fonctionnement de cette butée à l'abri de tout incident. Le mouvement de pivotement simultané des cinq pales motrices est réalisé par le déplacement vertical, donc suivant l'axe du groupe, d'un croisillon en acier moulé auquel les tourillons des pales sont attelés par un système de leviers et de bielles.

En vue d'obtenir les meilleurs rendements possibles, la surface de chaque aube est très minutieusement usinée sur une raboteuse spéciale faisant partie du parc des machines installées et conçues par les Ateliers des Charmilles. Cette machine permet le rabotage précis de surfaces gauches, par reproduction et amplification des formes d'un modèle réduit de la pièce à usiner. Ce travail a été encore parachévé par un polissage de la surface des aubes au moyen d'une meule à grain fin, car on sait toute l'importance que revêt le degré de poli recherché, dans un écoulement où le nombre de Reynolds atteint une valeur considérable.

La commande de l'orientation voulue des pales est constituée par un servomoteur à pression d'huile situé au-dessus du pivot et dont le piston est fixé à une tige (8) guidée par l'arbre (9) foré axialement, à cet effet, suivant un alésage de

444 mm de diamètre. Cette tige coulisse dans l'arbre moteur. D'ailleurs, ce type de commande est fort connu, et de beaucoup le plus répandu.

Afin que le jeu radial à la périphérie des pales motrices de la roue soit maintenu constant quel que soit le degré d'orientation de ces dernières, remarquons que le manteau-cuvelage les entourant possède un profil à méridienne sphérique. Le maintien de ce jeu, que certains constructeurs ne réalisent que pour des turbines fonctionnant sous des chutes sensiblement plus élevées que celles se présentant à Ottmarsheim, a une grande importance, car il permet d'éviter l'apparition de la cavitation marginale à certains régimes de charge de la turbine. Soulignons toutefois que la réalisation d'une méridienne sphérique non seulement dans la partie inférieure du manteau, mais aussi au-dessus du plan des tourillons des pales motrices, implique que cette pièce soit divisée et assemblée dans son plan équatorial, afin de permettre le démontage de la roue.

L'arbre moteur (9) qui transmet donc le couple hydraulique au rotor de l'alternateur (10) a un diamètre moyen de 880 mm. Sa longueur totale entre plateaux d'accouplement étant de 9200 mm environ, il accuse un poids de 36 tonnes. La transmission de ce couple à partir du moyeu de la roue au plateau inférieur de l'arbre, comme du plateau supérieur au cylindre de servomoteur constituant le moyeu de l'alternateur, est réalisée au moyen de douilles en acier travaillant au cisaillement. Ces douilles, au nombre de douze par accouplement, sont logées et ajustées dans des alvéoles cylindriques. Cet arbre moteur est guidé par deux paliers du type dit à barbotage, l'un (11) placé à la hauteur du plan médian des aubes directrices, l'autre (12) situé immédiatement au-dessous du pivot. Ce système présente l'avantage d'une auto-lubrification par le moyen le plus simple. En effet, la partie inférieure du palier plonge dans un bain d'huile et, dès que l'arbre est en rotation, l'huile est entraînée par viscosité dans un système de rainures fraisées dans le métal blanc constituant la surface du coussinet entourant le renflement de l'arbre. C'est à l'intérieur de ce renflement que vient se loger la paroi annulaire interne de la cuvette du palier. Ainsi, sans le secours d'aucun organe auxiliaire, tel qu'une pompe par exemple, s'établit une circulation constante entre la surface du coussinet et celle de l'arbre en rotation. Un serpentin de réfrigération est logé dans le métal blanc et reconduit la chaleur produite par le frottement visqueux s'établissant à l'intérieur du film d'huile.

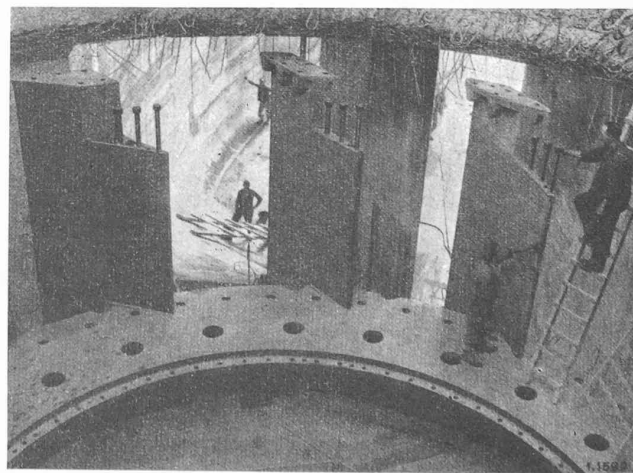


Fig. 16. — Vue partielle du préistributeur fixe, combiné avec le fond inférieur de la turbine.

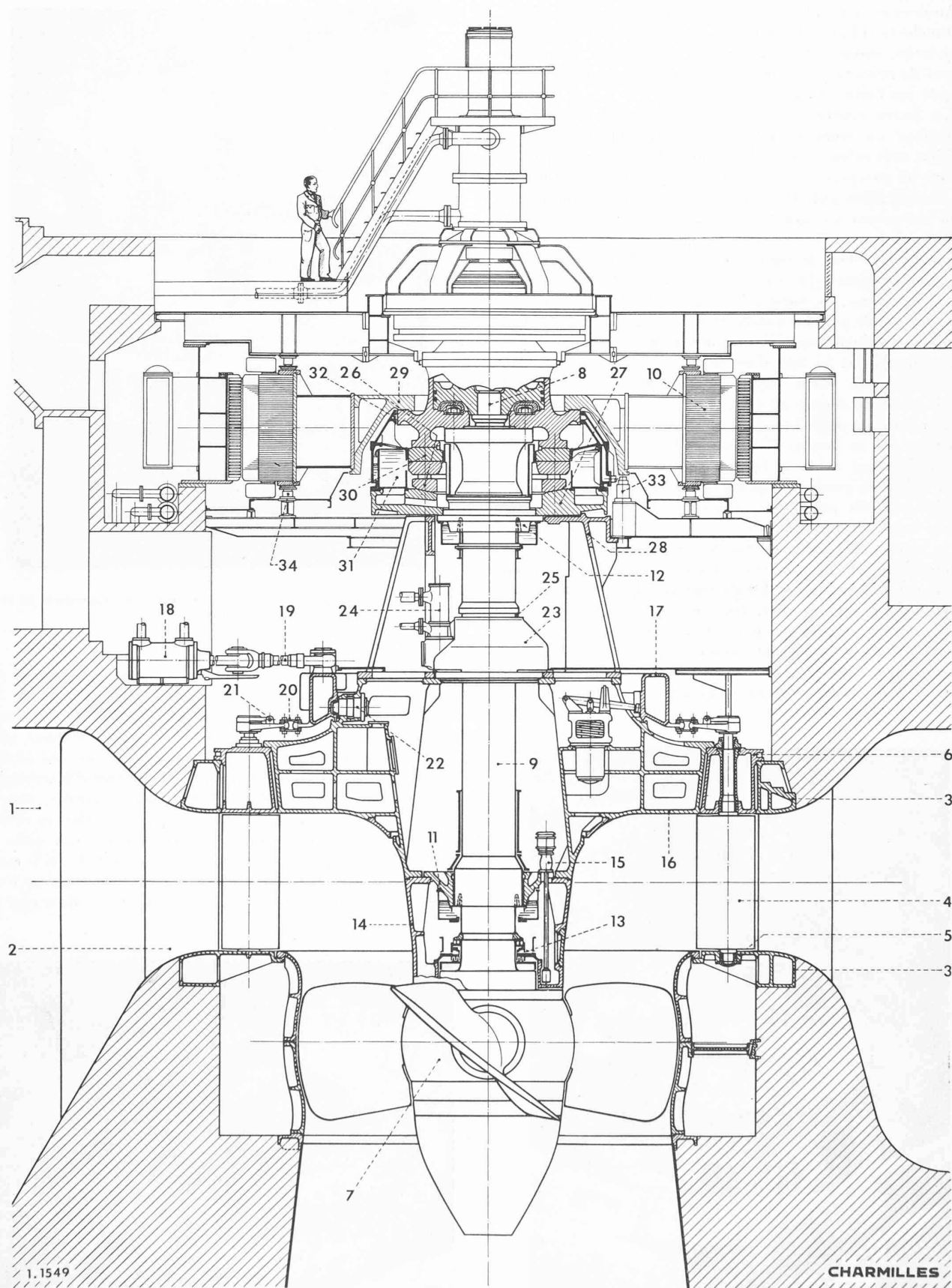


Fig. 12. — Coupe verticale de la turbine, de l'alternateur et du pivot.

Au-dessous du palier inférieur, nous trouvons un joint d'étanchéité (13), constitué par une série de chicanes formant labyrinthe, suivies de deux anneaux de charbon pressés au moyen de ressorts, et s'appuyant contre un anneau de bronze, claveté sur l'arbre de la turbine.

Les fuites éventuelles ou les eaux de condensation qui pourraient s'accumuler au fond du corps central (14) de la turbine, sont refoulées vers l'aval, hors de la centrale, par un groupe de pompage (15), commandé par un moteur alimenté en courant alternatif. Il est doublé d'un autre groupe possédant un moteur à courant continu.

Le fond central (16), en acier moulé, supporte le cercle de vannage (17), dont le mouvement de rotation est régi par deux servomoteurs (18) à pression d'huile l'attaquant sur un de ses diamètres, au moyen de deux bielles (19), de façon à créer un couple pur. Le mouvement est transmis, par l'intermédiaire des biellettes (20) aux leviers qui font pivoter les aubes directrices. Si, lors d'un mouvement de fermeture du distributeur, un corps étranger — tel qu'une planche qui aurait passé de champ au travers de la grille — venait à se coincer entre deux aubes directrices, un dispositif spécial, constitué par un boulon de rupture (21), portant une saignée convenablement calibrée, libérerait la liaison rigide de ces deux aubes au cercle de vannage, d'où il résulterait que ce dernier pourrait provoquer, malgré tout, la fermeture des autres volets du distributeur.

Un verrou (22), également monté sur le fond central, bloque automatiquement le vannage en position de fermeture en cas de manque accidentel d'huile sous pression dans le circuit de réglage. Il est, en effet, tout indiqué de le prévoir dès qu'il s'agit de grandes machines de ce genre, dépourvues de vannes à l'entrée de la bache spirale.

Sur le même fond central (16) sont montées trois soupapes d'entrée d'air, chacune étant commandée par un levier por-

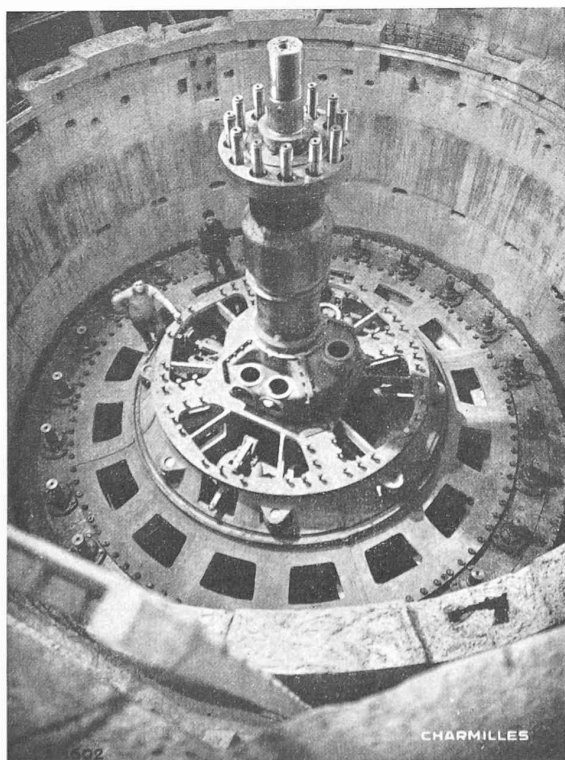


Fig. 26. — Phase du montage d'une turbine.

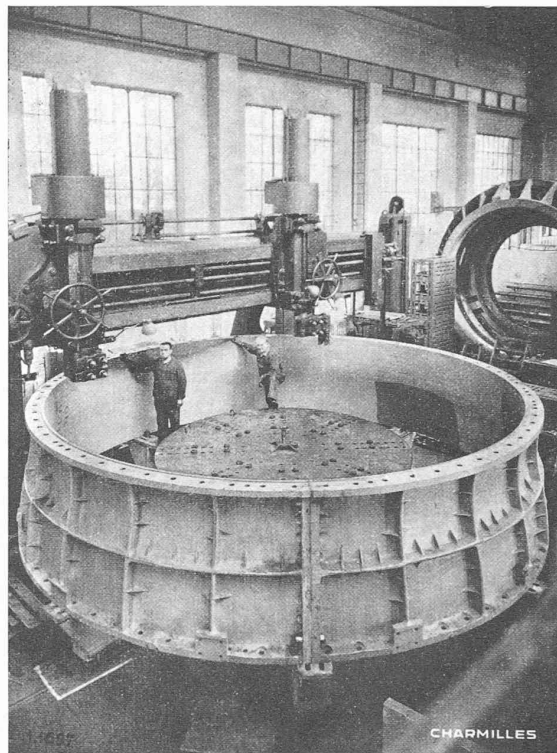


Fig. 18. — Tournage d'une moitié du manteau entourant la roue motrice.

tant un galet à l'une de ses extrémités, galet qui s'appuie sur un chemin de roulement solidaire du cercle de vannage. En cas de décharge brusque du groupe, partant de fermeture intempestive du distributeur, elles s'ouvrent rapidement pour introduire un grand volume d'air dans la turbine, qui servira de tampon amortisseur au moment où la colonne d'eau rompue par cette manœuvre, affluera à nouveau en arrière, vers la roue. En effet, en l'absence de ces soupapes, le choc en retour pourrait être si important qu'il serait dangereux pour le comportement des parties tournantes. En revanche, si le mouvement de fermeture du distributeur est lent, comme c'est le plus souvent le cas en cours d'exploitation, alors que les

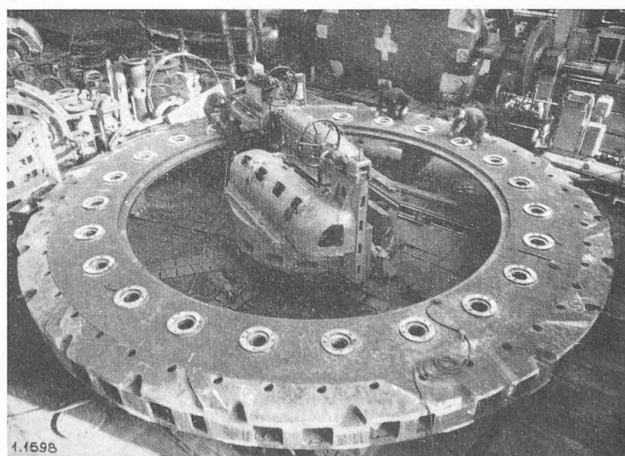


Fig. 17. — Usinage du fond annulaire et couronne inférieure de l'anneau d'entretoises, dans les ateliers d'Alsthom, à Belfort.

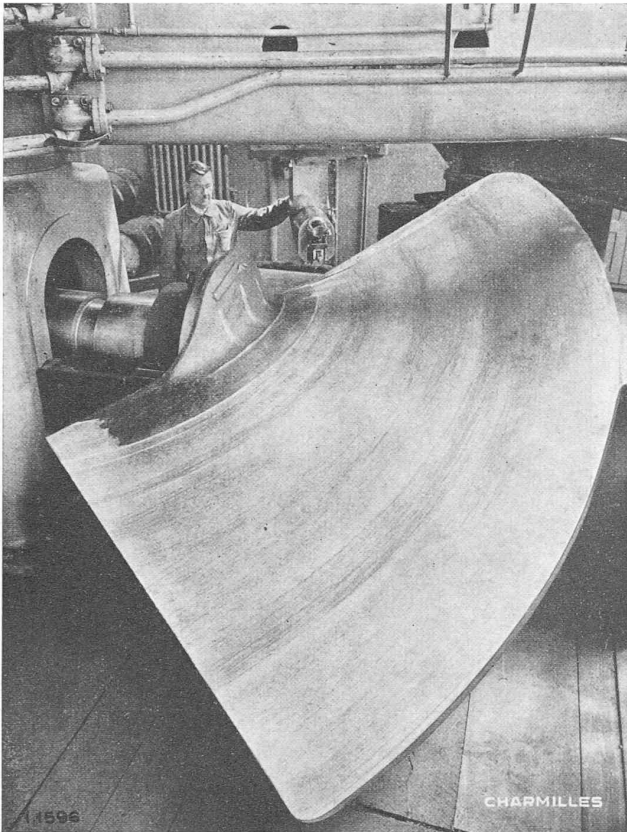


Fig. 19. — Rabotage d'une pale motrice, sur une machine spéciale conçue par Charmilles.

variations de charge sont faibles en valeur relative, ces soupapes d'air, munies de dash-pots ad hoc, ne fonctionnent pas. Il en est de même si la dépression à l'intérieur de la turbine n'atteint pas encore la limite pour laquelle la turbine pourrait déjà pâtir d'un certain choc subséquent.

Vers le milieu de sa portée, l'arbre-moteur (9) est entouré d'un carter (23) qui contient divers organes accessoires de la turbine. Il supporte aussi deux pompes (24) à axe vertical, dites d'emballement, dont nous dirons quelques mots plus loin, et qui sont mécaniquement commandées par un train d'engrenages. Nous y trouvons encore la commande des limiteurs d'emballement.

Immédiatement au-dessus de ce carter se trouve une portée (25) décollée dans la masse de l'arbre. Lors d'un démontage de l'alternateur, on y insérera un anneau métallique en deux pièces, lequel s'appuiera à son tour sur un support spécial, monté à demeure dans le carter des pompes.

Le pivot, qui supporte, en marche, non seulement le poids des parties mobiles du groupe mais aussi la poussée hydraulique axiale, est dimensionné pour une charge de 1100 tonnes. Par le truchement de la portée inférieure du cylindre du servomoteur de commande de la roue motrice, cette charge est transmise à un anneau glissant (30) dont la surface est parfaitement lisse, anneau qui s'appuie à son tour sur une

couronne (26) comportant huit patins aux surfaces soigneusement glacées. Ces patins sont venus chacun de fonderie avec une colonnette flexible, solidaire à son tour d'un anneau inférieur dont l'appui est sphérique. L'anneau de base (27), qui soutient cette couronne, transmet la charge totale au tétrapode (28) en acier moulé et, de là, au fond central de la turbine. Cette grosse pièce intermédiaire est conçue de façon à répartir convenablement la charge, tout en éliminant les risques de déformation de la pivoterie.

Des raclours logés entre les patins du pivot évacuent l'huile échauffée par le frottement visqueux vers un déversoir circulaire, d'où elle s'écoule dans la chambre annulaire ménagée à la périphérie de la cuve. De là, des pompes montées dans un local à l'amont du groupe, la refoulent dans des réfrigérants tubulaires, puis à travers une batterie de filtres. L'huile refroidie et filtrée retourne ensuite à la cuve du pivot, où des chicaneles la dirigent à nouveau vers les surfaces actives.

Afin d'éviter que les vapeurs d'huile se dégageant de la pivoterie ne puissent souiller les bobinages de l'alternateur, on leur a opposé, dans la partie supérieure du couvercle de la cuve, un joint (32) à air sous pression, air qui provient du système de ventilation de l'alternateur. Ces émanations sont évacuées à l'extérieur au moyen d'une canalisation, dans laquelle est intercalé un pot de décantation, où l'air se dégage avant la récupération de l'huile.

Une batterie de vérins (33) permet de soulever les parties tournantes de la machine tandis que lors d'un arrêt du groupe, les freins (34) à pression d'air entrent automatiquement en service sous l'effet d'un contrôleur de vitesse. Notons même que leur effort de freinage sera plus énergique en cas d'arrêt d'urgence que lors de l'arrêt normal.

Au-dessus de l'alternateur et supporté par un croisillon, se trouve le chapeau compartimenté servant à l'introduction de l'huile à l'un ou l'autre cylindre du servomoteur d'orientation des pales motrices. Ses alvéoles communiquent à ces cylindres au moyen de tubes coaxiaux dont un, mobile et solidaire du piston de ce servomoteur, commande la transmission d'asservissement au régulateur, par secteur et ruban d'acier maintenu constamment tendu.

Enfin, le sommet du groupe est constitué par un réservoir

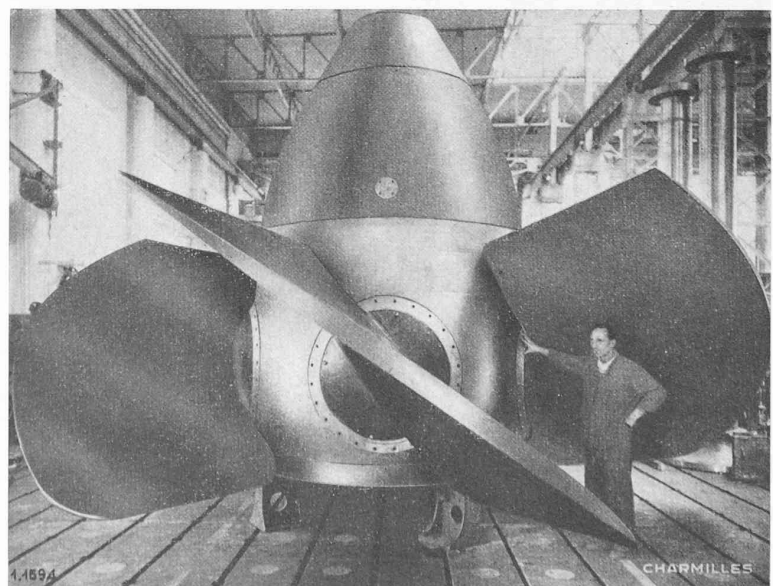


Fig. 20. — Roue motrice entièrement montée, en ateliers.

à niveau visible, servant à la charge de l'huile épaisse baignant le mécanisme d'orientation des pales motrices, logé dans moyeu de la roue.

Régulateur

Il n'est pas dans notre intention de décrire complètement ici le régulateur automatique de vitesse d'un groupe, pas plus que les circuits connexes affectés aux nombreux appareils de protection prévus.

Un autre article de la revue *Informations Techniques Charmilles*, consacré aux turbines verticales de la centrale du Pouget, montre ce qui peut être actuellement réalisé dans ce domaine. Toutefois, nous devons remarquer que les conditions d'exploitation des turbines d'Ottmarsheim n'exigeaient pas la réalisation d'une automaticité intégrale. Mais si l'on veut établir un parallèle grossier entre ces dernières et celles du Pouget, très différentes de par leur fonctionnement et dans leur conception, on se souviendra que des turbines Kaplan impliquent aussi, et nous dirons même par définition, un réglage combiné qui, cette fois, s'opère d'une part sur le vannage de la turbine et, d'autre part, sur l'orientation des pales de la roue motrice. La concordance voulue des positions réciproques de ces organes de réglage, essentielle à l'obtention du rendement optimum, est assurée ici, quelles que soient la charge et la chute, par une came-tambour à profil variable et à commande manuelle¹.

Comme le tableau du groupe correspondant, qui en est séparé, le régulateur est monté à l'étage supérieur de la centrale. Toutes les manœuvres et tous les contrôles s'effectuent donc à partir de ce tableau. Toutefois, en prévision d'un dérangement fortuit survenu aux dispositifs normaux de contrôle, on s'est encore réservé la possibilité de pouvoir manuellement commander les opérations, mais cette fois, sur le régulateur même.

Si l'on additionne les cylindrées des servomoteurs de commande du vannage, qui sont, eux, à l'étage des turbines, puis celle du servomoteur des pales motrices, on peut s'attendre

¹ Voir « Informations techniques Charmilles » n° 1, p. 13, 2^e col.

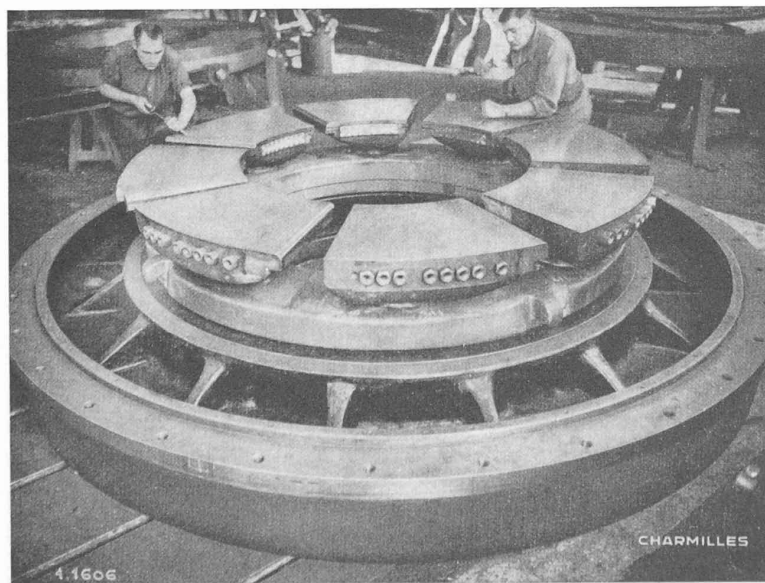


Fig. 23. — Glacage de la couronne de patins d'un des pivots d'Ottmarsheim. Charge : 1100 tonnes.

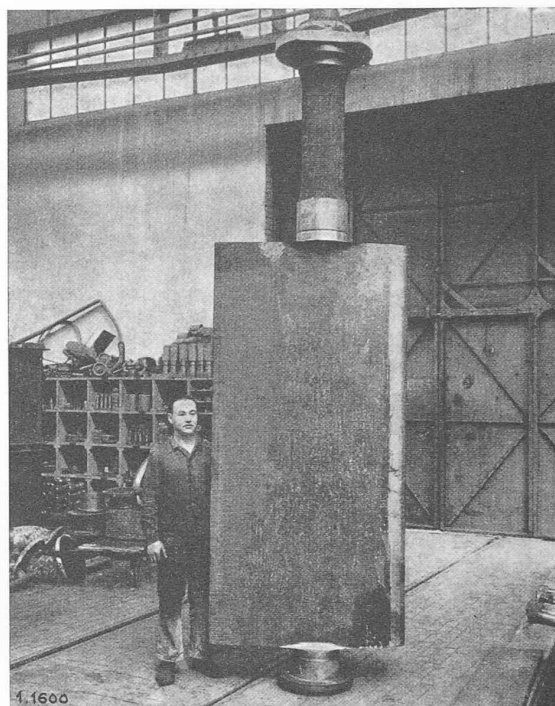


Fig. 24. — Aube directrice.

à ce que l'accumulateur d'huile sous pression, constituant la réserve d'énergie potentielle des circuits de réglage du groupe, soit de dimensions notables, surtout si l'on considère qu'on doit pouvoir effectuer trois manœuvres consécutives complètes, en débutant par la fermeture. C'est effectivement le cas, car le volume total de ce réservoir, où la pression interne atteint 28 kg/cm^2 en service, est de $16,5 \text{ m}^3$.

Les quatre accumulateurs d'huile sous pression soit à raison d'un par groupe, sont logés dans la chambre amont contenant les commandes des clapets de déversement au travers de l'usine. Chaque accumulateur est alimenté par deux groupes de pompage, tous deux à commande électrique, dont un de secours. En service normal l'un d'eux refoule de l'huile jusqu'au moment où la pression maximum interne est obtenue, moment à partir duquel il s'arrête automatiquement. Dès que, par suite de mouvements de réglage lents et successifs, la pression d'huile dans l'accumulateur s'abaisse d'une certaine valeur, il est automatiquement remis en marche. Cela signifie donc, pour chacun de ces deux groupes, un fonctionnement intermittent, qui présente non seulement l'avantage d'une économie sur la dépense d'énergie nécessaire, mais aussi d'être favorable à la bonne conservation des propriétés chimiques et physiques du gros volume d'huile en jeu dans les circuits de réglage.

Le régleur du régulateur est du type accéléro-tachymétrique Charmilles que chacun connaît. Il est entraîné par un moteur électrique asynchrone à grande puissance apparente alimenté par une génératrice-pilote.

En cas d'emballlement du groupe, un premier limiteur de vitesse à pendule astatique, connecte directement l'accumulateur d'huile aux

cylindres de fermeture des servomoteurs voués à la manœuvre du vannage. En supposant que, précisément à ce moment-là, la pression d'huile des circuits normaux de réglage soit défaillante, un second limiteur de vitesse de conception identique, mais réglé pour se déclencher à un nombre de tours supérieur, provoquera la fermeture de la roue motrice par mise en pression des pompes de secours, à haute pression, montées sur le carter placé au-dessus du couvercle supérieur de la turbine. En même temps, l'huile contenue dans le cylindre d'ouverture du servomoteur de la roue sera mise à l'échappement, afin qu'elle ne s'oppose pas à cette fermeture d'urgence.

Toutefois, précisons ici que la fermeture de la roue, dans le cas particulier d'Ottmarsheim où les pales possèdent un certain degré de recouvrement, ne suffit pas à provoquer l'arrêt complet du groupe. Mais elle a pour effet de limiter la vitesse de rotation à une valeur telle que la pivoterie ne soit pas exposée à un danger, tout en diminuant le débit de la turbine dans une proportion considérable. C'est ainsi que le personnel pourra poser sans trop de difficultés les batardeaux destinés à obturer l'entrée de la bêche spirale. Nous rappelons que les turbines d'Ottmarsheim sont de dimensions si importantes qu'il eût été fort coûteux de prévoir, en lieu et place de ces batardeaux, de véritables vannes dont le temps de fermeture serait suffisamment court pour que les groupes puissent être soustraits aux conséquences d'un emballlement.

Revenant au régulateur de vitesse, qui pour être de construction très perfectionnée n'en reste pas moins de conception tout à fait classique, bornons-nous à signaler que ses distributeurs principaux, assumant le réglage du vannage

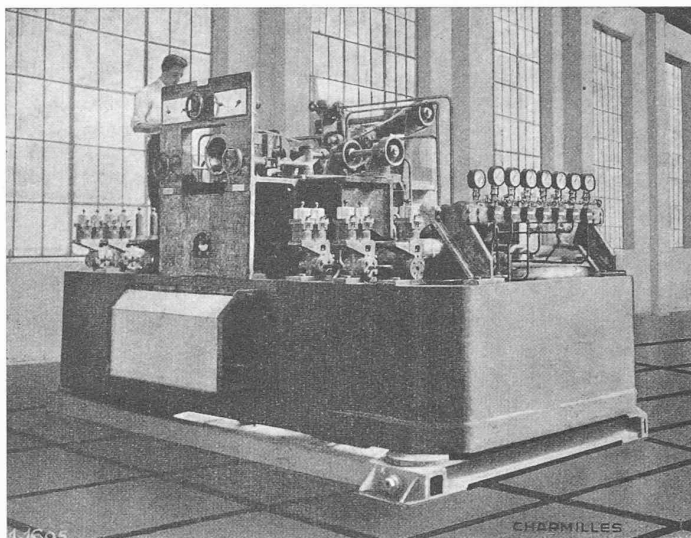


Fig. 25. — Mise au point du régulateur automatique de vitesse, en ateliers.

et de la roue, possèdent des arêtes à recouvrements fixes. Toutefois, chacun d'eux est doublé d'un distributeur auxiliaire dont les arêtes, en revanche, sont à recouvrements réglables.

Remarquons enfin qu'on s'est ménagé la possibilité, en cas de démontage du régleur, de pouvoir maintenir l'un quelconque des groupes en service, mais bien entendu à charge constante, assignée par le limiteur d'ouverture.

(A suivre.)

NÉCROLOGIE

Edmond Lateltin, architecte cantonal

La nouvelle du décès de M. *Edmond Lateltin*, architecte cantonal, survenue le 7 octobre dernier, a douloureusement frappé les nombreux collègues et amis qu'il comptait à Fribourg et dans toute la Suisse.

C'est après plus de quarante ans d'activité mise au service des Administrations de la Commune et de l'Etat de Fribourg et avant qu'il ait pu jouir d'un repos bien mérité que M. Lateltin nous a été enlevé.

Né à Fribourg en 1887, il avait suivi les classes des Frères des Ecoles chrétiennes puis celles du Collège Saint-Michel.

Orienté dès son jeune âge vers l'architecture, il commença son activité professionnelle dans les bureaux de MM. Broillet et Wulfle, architectes, où il s'initia avec bonheur à l'art qu'il chérissait.

Il suivit ensuite les cours de l'Ecole des Beaux-Arts de Munich pour se perfectionner dans sa profession, puis fit des stages auprès des architectes Laverrière, Tailens et Dubois, à Lausanne.

M. Lateltin fut appelé dès 1912 au service de l'Edilité de Fribourg où il eut à s'occuper des bâtiments communaux et particulièrement de la construction de l'école du Bourg.

En 1914, il entra comme architecte au Département des bâtiments de l'Etat pour devenir, en 1921, adjoint de l'architecte cantonal. En 1925, il succédait à M. Léon Jungo, appelé

au poste de directeur des Constructions fédérales à Berne.

C'est durant plus de vingt-cinq années que M. Lateltin eut à diriger tous les travaux que l'Etat avait à entreprendre et qui entraient dans le cadre de l'Intendance des bâtiments.

La nouvelle Ecole d'agriculture de Grangeneuve, les bâtiments du pénitencier de Bellechasse et particulièrement l'église de cet établissement, les arsenaux de Fribourg et de Bulle, les immeubles de l'Institut de Drogens et enfin les nouvelles casernes de la Poya, ensemble dont les spécialistes admirent la belle ordonnance et les aménagements réussis, furent les œuvres principales dont il eut à diriger l'exécution.

L'aménagement du sanatorium fribourgeois de Vermont, à Leysin, fut aussi un travail dont il eut à s'occuper.

Mais c'est dans le domaine des restaurations des bâtiments anciens qu'il montra tout son talent et un goût sûr qui lui permirent des réussites nombreuses.

C'est ainsi que l'Hôpital cantonal, le Collège Saint-Michel, les châteaux de Bulle, de Romont, de Morat et d'Estavayer-le-Lac, sièges des préfectures de district ainsi que les églises d'Estavayer et de Saint-Aubin, l'église et le cloître du couvent d'Hauterive furent aménagés par ses soins.

Nous n'aurons garde d'oublier dans cette énumération le château de Gruyères et sa chapelle seigneuriale, le château d'Attalens, les vestiges de Pont en Ogoz, de Obbermaggenberg ainsi que de nombreuses œuvres moins importantes auxquelles M. Lateltin vouait un culte profond et son amour ardent du respect et de la conservation des œuvres du passé.

Nous citerons encore la restauration des remparts de Fribourg et tout particulièrement le très heureux aménagement