

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 88 (1962)
Heft: 9

Artikel: L'aménagement hydro-électrique de Schiffenen
Autor: Piller, Louis
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-771838>

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 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.L.A.)
de la Section genevoise de la S.V.L.A.
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole
polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: † J. Calame, ing. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grossgurin, arch.; E. Martin, arch.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermann, ing.; D. Burgener, arch.
Vevey: A. Chevallay, ing.; A. Gardel, ing.;
ML Renaud, ing.; J.-P. Vouge, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: M. Bridel; J. Favre, arch.; † R. Neeser, ing.; A. Robert,
ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION

Vacat
Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 28.—	Etranger	Fr. 32.—
Sociétaires	"	" 23.—	"	" 28.—
Prix du numéro	"	" 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,
N° 115778, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, changements
d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29,
Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:
1/1 page Fr. 320.—
1/2 " " 168.—
1/4 " " 85.—
1/8 " " 42.50

Adresse: Annonces Suisses S. A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales



SOMMAIRE

L'aménagement hydro-électrique de Schifffenen, par Louis Piller, ingénieur-conseil, Fribourg.

Bibliographie. — Divers. — Carnet des concours.

Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Nouveautés, informations diverses.

L'AMÉNAGEMENT HYDRO-ÉLECTRIQUE DE SCHIFFENEN

par LOUIS PILLER, ingénieur-conseil, Fribourg

L'idée d'aménager pour la production d'énergie électrique le tronçon de la Sarine compris entre la ville de Fribourg et la frontière bernoise n'est pas nouvelle. Cette possibilité avait été retenue déjà peu après le début du siècle, mais pour être réalisée après Rossens-Hauterive, afin de bénéficier de la régularisation des débits que procurerait cet ouvrage. C'est en 1959 que les Entreprises Électriques Fribourgeoises (EEF), après des études préliminaires très complètes, décidèrent de passer à l'exécution de l'aménagement de Schifffenen.

La production annuelle moyenne du nouvel équipement sera de 135 millions de kilowattheures (135 GWh). Cet apport s'intègre dans le programme final d'utilisation de l'énergie hydraulique en Suisse. Sur le plan national cependant, il ne présente pas un intérêt primordial immédiat, puisque la production annuelle du pays est maintenant d'environ 22 000 GWh pour une consommation interne de près de 19 000 GWh. Il en va autrement par contre sur le plan fribourgeois, celui des EEF. Celles-ci ont une production propre axée entièrement sur la Sarine et ses affluents, cours d'eau à caractère torrentiel prononcé. Le lac de la Gruyère, d'une contenance utile de 180 millions de m³, en a atténué les crues pour l'aval et a permis une certaine régulation des débits momentanés. Il ne joue cependant

pas le rôle d'une accumulation annuelle, ni même saisonnière et ne peut parer aux variations excessives de l'hydraulique au cours des années, voire au cours des mois d'une même année. De ce fait les EEF ont et auront toujours besoin d'un apport d'énergie étrangère pour compléter leur production propre et permettre de mieux utiliser cette dernière (pointes de charge, périodes sèches). Une saine économie exige que le volume de ces achats d'énergie se tienne dans une proportion acceptable par rapport à celui de la production propre, inférieure à 25 % par exemple. Or, hydraulique réservée, la production propre, fonction des usines existantes, est sensiblement constante, tandis que la consommation ne cesse de croître et ne peut être satisfait qu'en faisant appel à des compléments toujours accrus d'énergie étrangère. Il en résulte qu'avec le temps, la proportion entre l'énergie propre et les achats d'énergie devient toujours plus défavorable et qu'il faut périodiquement l'améliorer en établissant de nouvelles sources d'énergie propre. Ce sont ces considérations qui ont amené les EEF à passer à l'exécution du projet.

Disposition générale (fig. 1)

L'aménagement dit « de Schifffenen » utilise le palier inférieur, Fribourg-Laupen, de la Sarine. Les études

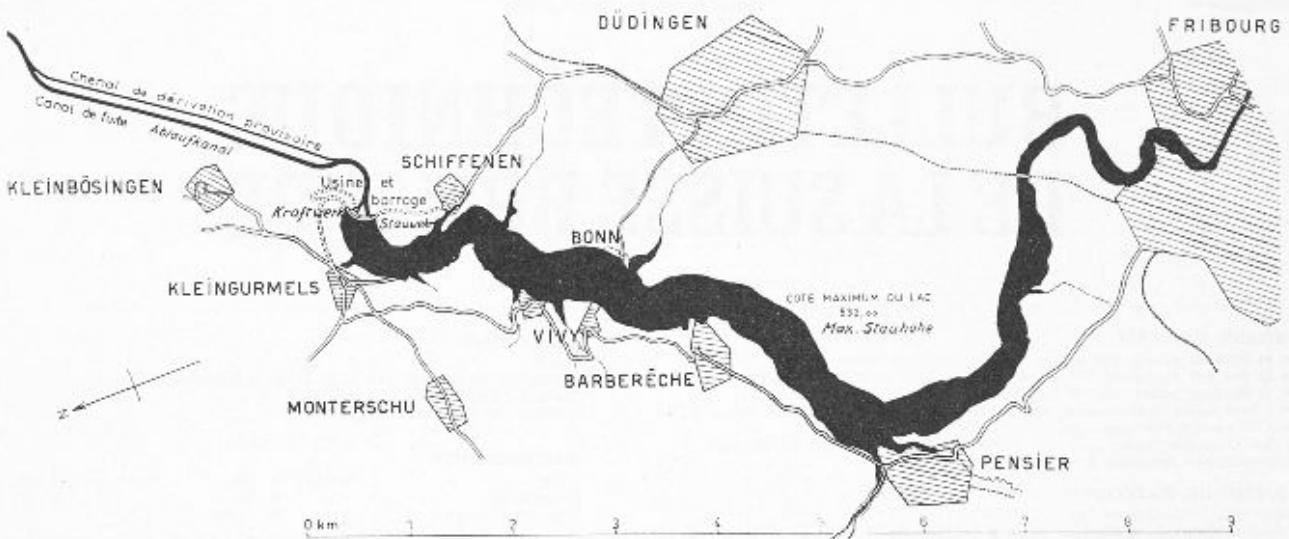


Fig. 1. — Disposition générale de l'aménagement.

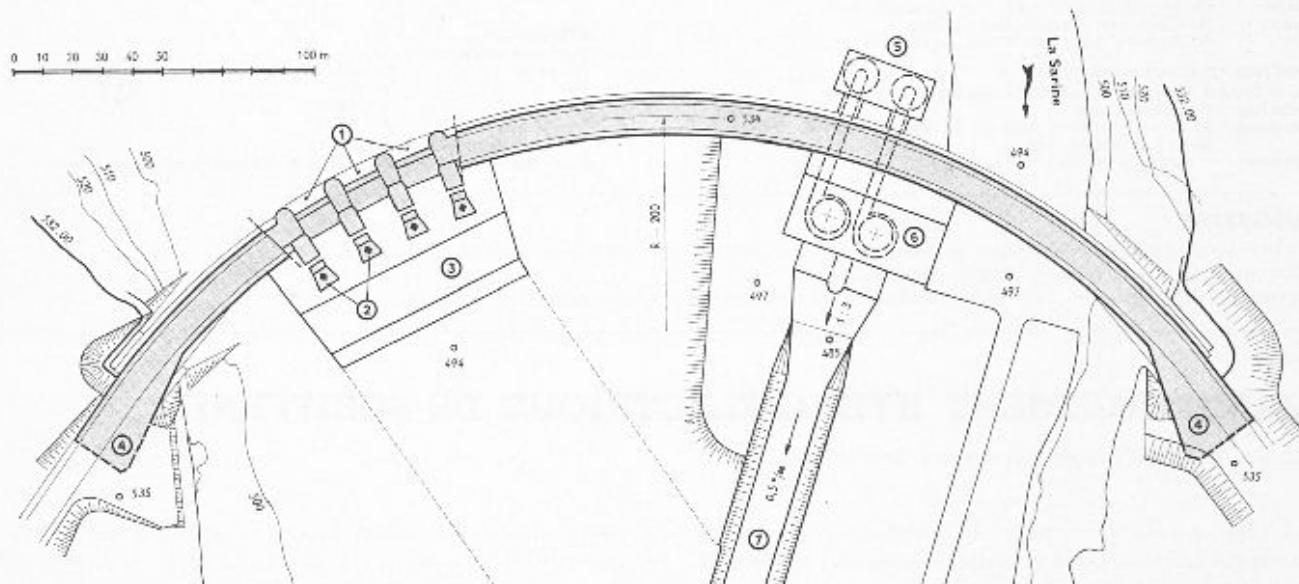


Fig. 2. — Vue en plan du barrage et des ouvrages adjacents.

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Déversoir. | 4. Culées des extrémités supérieures. |
| 2. Diffuseur des vidanges de fond. | 5. Prise d'eau. |
| 3. Bassin amortisseur. | 6. Centrale. |
| | 7. Canal de fuite. |

préliminaires ont conduit à implanter le barrage entre les derniers contreforts rocheux de cette rivière, dans la région Schiffenen - Petit-Cormondes. Elles ont fait adopter, comme niveau maximum de l'accumulation, la cote 532, qui crée un lac de 66 millions de m³, dont 35,5 utiles. L'intérêt du projet réside dans le fait que, grâce à la conjonction avec le lac de Gruyère, il sera possible de travailler à Schiffenen presque constamment avec une hauteur de chute de 40 à 45 m, c'est-à-dire avec un niveau très élevé du lac. Le remous de ce dernier arrivera aux Neiges, à la sortie de la ville de Fribourg.

L'usine aurait logiquement dû être installée au point le plus à l'aval, à Laupen. Toutefois, les conditions géologiques entre le barrage et Laupen se sont révélées peu favorables pour l'établissement de la galerie d'alimentation. C'est pourquoi le pied du barrage a finalement été adopté comme emplacement de la

centrale. Pour éviter de perdre la chute Schiffenen-Laupen, un canal de fuite avec pente de 0,5 % sera creusé sur un tronçon dans le lit de la Sarine, approfondissant celui-ci d'environ 12 m au départ. Pour pouvoir exécuter ce canal de fuite dans des conditions favorables, une déviation momentanée de la Sarine a été décidée, à travers un chenal provisoire prévu sur la rive droite.

Il avait été envisagé, tout d'abord, de placer les organes de vidange sur la rive gauche, où passait la Sarine, et la centrale sur la rive droite. Diverses considérations ont fait intervertir in extremis ces dispositions. C'est la centrale qui s'établit sur la rive gauche, où il est possible d'aménager une route d'accès directe qui ne nécessite pas de pont intermédiaire (fig. 2).

Les débits extrêmes à turbiner ont été déterminés d'entente avec les usiniers aval et en accord avec les autorités cantonales de Fribourg et de Berne. Ces

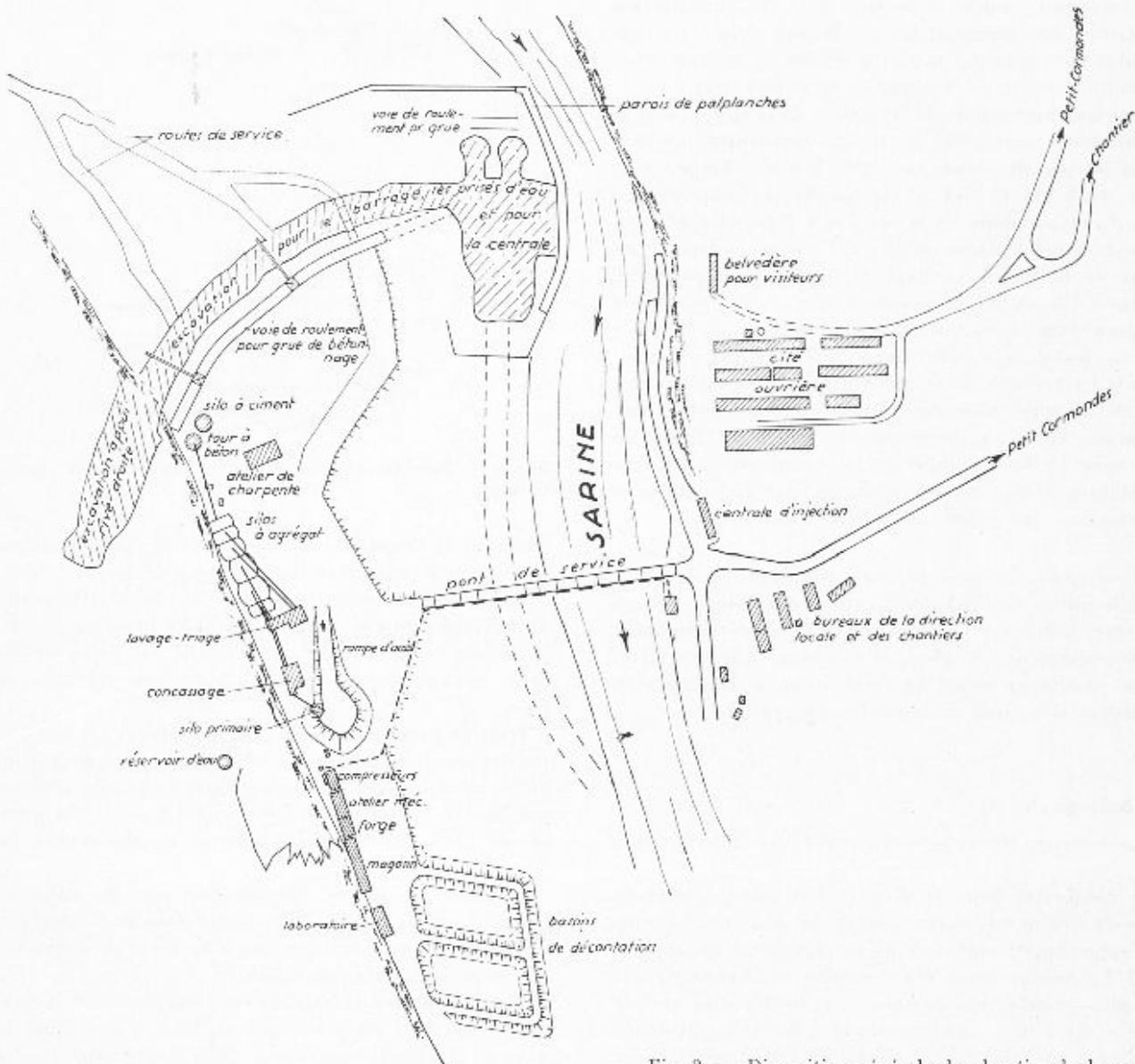


Fig. 3. — Disposition générale du chantier du barrage.

débits ont été fixés au maximum à $135 \text{ m}^3/\text{sec}$, crues et déversements exceptés, et au minimum à $5 \text{ m}^3/\text{sec}$, eau de dotation à laisser en tout temps à la rivière, sécheresse exceptionnelle réservée.

Le dernier tronçon de la Sarine ainsi mis à contribution se trouve avant Laupen et constitue la frontière entre Fribourg et Berne. De ce fait, les EEF ont demandé et obtenu du canton de Berne une concession pour l'utilisation de la partie bernoise correspondante.

Travaux préliminaires

Bien avant que la décision d'exécution ait été prise, les EEF ont fait procéder à une étude géologique très complète, accompagnée de nombreux sondages et forages. Elles les ont renseignées sur la constitution des terrains et sur la possibilité de trouver sur place, dans le lit de la rivière ou à proximité immédiate, le sable et le gravier nécessaires.

En 1960 on a construit, sur la rive gauche à partir de Petit-Cormondes, les routes d'accès au barrage et à la centrale. Le tronçon Petit-Cormondes - barrage se

prolongera d'abord sur le couronnement de ce dernier, puis, sur la rive droite, par un tronçon barrage - Schifflingen. On remplacera ainsi la liaison actuelle des rives par le pont de Schifflingen, celui-ci devant être immergé. Le tronçon de la rive droite n'était pas urgent; sa construction a débuté en 1961 et s'achèvera dans le courant de 1962.

Les adjudications des travaux de génie civil ont été faites en automne 1960. Elles comprenaient trois parties : le barrage et l'usine, le chenal provisoire de dérivation de la Sarine, et le canal de fuite.

L'Entreprise du barrage de Schifflingen s'est mise immédiatement au montage de ses installations (fig. 3). Elle a procédé tout d'abord sur la rive gauche, à l'extrême du plateau de Petit-Cormondes, à l'établissement de la cité ouvrière. En même temps les bureaux étaient aménagés en bordure de la rivière, au pied de la falaise. Un pont de service en bois, prévu pour les plus fortes charges, a été jeté sur la Sarine pour donner accès aux installations de chantier, sises au pied de la falaise de droite et comprenant un laboratoire à béton,

des magasins, forge et atelier, puis les installations de triage, concassage et lavage des matériaux, les silos à sable et à gravier, un silo à ciment, la tour à béton et enfin l'atelier de menuiserie et charpenterie.

Le chenal provisoire de dérivation de la Sarine, adjugé à une autre entreprise, a été très rapidement exécuté dans les premiers mois de 1961. Il a une longueur de près de 4 km et s'étend de Schifflingen jusqu'à un peu avant l'embouchure de la Singine à proximité de Lauzen. Son débit de 80 m³/sec lui permet d'écouler les eaux de la Sarine pendant la plus grande partie de l'année. Un jeu de vannes se trouve en tête du chenal et permettra en cas de crues, de renvoyer au lit de la Sarine les eaux excédentaires. Pendant ces déversements les travaux d'exécution du canal de fuite, c'est-à-dire d'approfondissement de la rivière, seront suspendus. Après l'achèvement du canal de fuite, en automne 1962 sauf imprévu, le chenal provisoire sera remblayé, le terrain sera remis en état et rendu à sa destination antérieure.

L'entreprise du canal de fuite a commencé ses travaux vers le milieu de 1961 par l'établissement des ouvrages de tête, barrage et vannes, servant au détournement et au réglage de l'écoulement des eaux. Elle s'est attaquée ensuite au canal de fuite et en a déjà exécuté approximativement le tiers des excavations.

Le barrage (fig. 4)

Le barrage, du type voûte-poids, est incurvé selon un rayon constant de 200 m (voir aussi fig. 2). Il barre une vallée très large et a de ce fait une longueur de plus de 370 m au couronnement. Sa hauteur moyenne est approximativement de 47 m, enca斯特ement compris, sauf à l'emplacement des conduites d'aménée où elle est plus grande. Son épaisseur est de 13 à 14 m à la base et de 7 m au couronnement. Celui-ci est aménagé comme route cantonale, complétée en encorbellement par deux trottoirs.

Diverses galeries d'accès sont prévues, dont une de base qui se prolonge dans chacun des appuis latéraux d'environ 50 m, comme galerie de contrôle et de drainage. Une autre galerie est aménagée sous les évacuateurs de crues. Il existe enfin cinq puits pour pendules directs ou inversés.

Dans sa partie droite le barrage comprendra à sa partie supérieure trois passes rectangulaires servant de déversoir de crues et, à sa partie inférieure, quatre

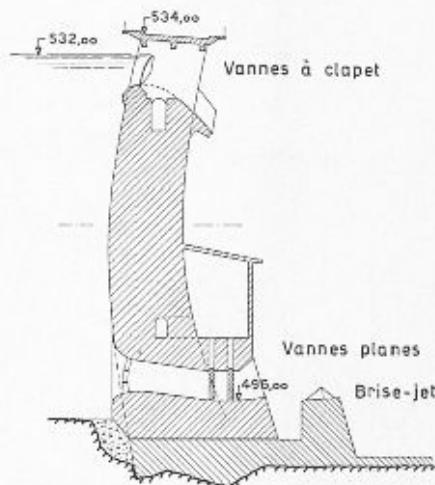


Fig. 5. — Principe de l'évacuateur de surface et des vannes de fond.

ouvertures, circulaires du côté amont, rectangulaires du côté aval, destinées aux vidanges de fond.

La figure 5 représente une coupe à travers cette partie du barrage. On y remarque, figurées schématiquement, la vanne à clapet d'un évacuateur de crues et les deux vannes planes obturant l'une des vidanges de fond.

Dans sa partie gauche, le pied du barrage est traversé par les conduites des prises d'eau, soit par deux conduites de 5 m de diamètre amenant l'eau aux groupes principaux et par une conduite de 1,4 m de diamètre placée entre les deux précédentes et alimentant un groupe auxiliaire.

Le barrage repose entièrement sur la molasse, marine dans les appuis, d'eau douce dans les fondations. Sa construction se fait par blocs de 17 m de longueur, directement accolés l'un à l'autre.

L'exécution est prévue en trois étapes, dont la première (fig. 6), a été achevée à fin 1961. Elle a consisté dans les fouilles et excavations de la rive droite, jusque et y compris celles de la centrale, dans l'exécution du barrage sur cette rive, puis des fondations au centre du barrage sur la longueur de trois blocs, et enfin du bloc suivant jusqu'à mi-hauteur environ. On a entrepris simultanément une partie des prises d'eau et des fondations de la centrale. Pendant cette étape, la Sarine a suivi normalement son cours le long de la falaise rive gauche. Les chantiers, spécialement les excavations de la centrale, ont été protégés des eaux par des parois de palplanches (fig. 7).

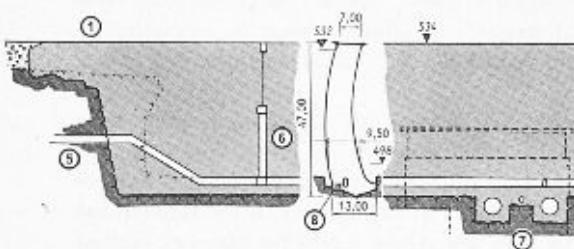


Fig. 4. — Coupe en long développée du barrage et coupe type en travers.

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. Culée. | 5. Galerie de contrôle et de drainage. |
| 2. Evacuateur de surface. | 6. Puits des pendules. |
| 3. Ouverture de vidange. | 7. Conduites de prise d'eau. |
| 4. Galerie de base et d'accès. | 8. Joint de base injectable. |
| | 9. Grès tendre (molasse). |

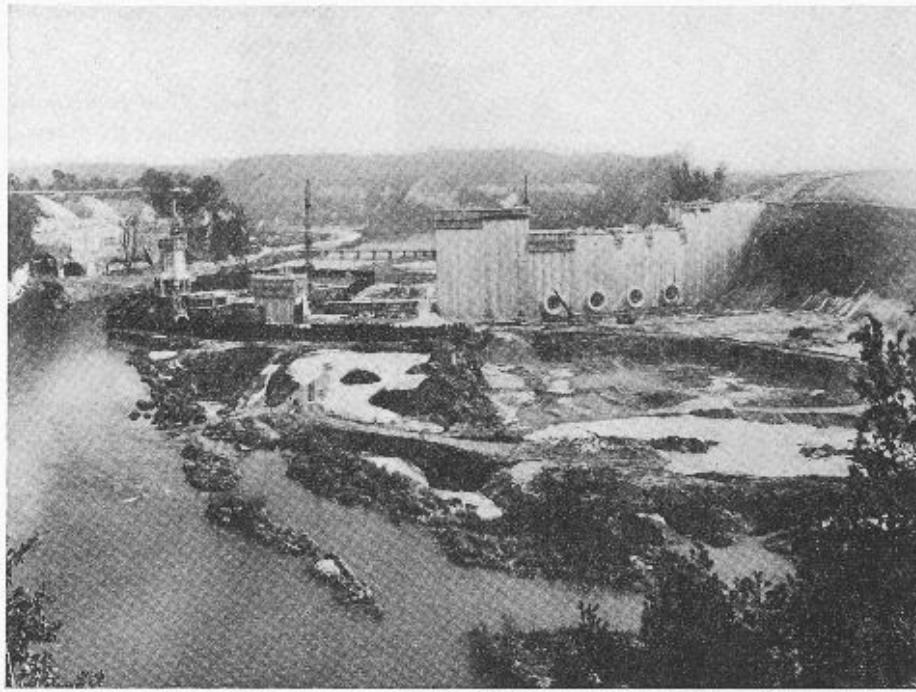


Fig. 6. — Situation des travaux, vue de l'amont, à fin 1961.
(Photo Mülhauser, Fribourg.)

La deuxième étape, précédée en janvier 1962 de travaux préparatoires, a débuté le 1^{er} février par le détournement de la Sarine de son lit ancien et son passage à travers la brèche de 51 m ménagée au centre du barrage (fig. 8 et 9). Elle comprendra les fouilles et excavations de la rive gauche (fig. 10) et l'exécution de la partie correspondante du barrage. Cette deuxième étape, au cours de laquelle se poursuivront les travaux des prises d'eau et de la centrale, sera terminée en automne.

La troisième étape enfin, qui s'achèvera vers fin 1962, comprendra la fermeture de la brèche médiane du barrage. Dès ce moment, les eaux passeront à travers les vannes de fond ou s'accumuleront à l'amont.

Pour l'exécution du barrage, une voie de roulement a été aménagée sur toute sa longueur à son aval. Des silobus y amènent les bennes de béton, reprises par des grues se déplaçant sur la voie et déposant à l'emplacement choisi le matériel qui y est ensuite per vibré.

L'usine

La figure 11 représente en principe les positions réciproques de l'usine, du barrage et des prises d'eau. Du fait du creusage du canal de fuite, l'usine est enfoncée profondé-

ment dans le sol. Sa coupe transversale ne demande guère d'explications : à la partie inférieure se trouve la turbine, surmontée de l'alternateur, dont l'excitatrice seule est visible dans la salle des machines, où se trouvent encore deux ponts-roulants de 50 t chacun. A son arrière seront disposés les locaux annexes, et spécialement la salle de commande et une salle de tableaux auxiliaires.

L'encombrement en plan est fonction du nombre de groupes installés. Deux solutions pouvaient être envisagées : ou trois groupes, dont un de réserve, correspondant chacun à la demi-puissance de l'usine, ou deux groupes seulement mais surdimensionnés afin de pouvoir débiter une puissance encore suffisante en cas d'arrêt de l'un d'eux pour révision ou réparation. C'est cette dernière solution qui a été choisie.

La turbine Kaplan de chaque groupe tourne à 214 t/min : elle peut débiter 48 200 CV en absorbant 90 m³/sec, soit les deux tiers du débit extrême admis à 135 m³/sec. Son rendement est excellent dans de grandes limites, spécialement aux trois quarts de sa charge, qui correspondent à la marche des deux groupes chacun avec la moitié du plein débit, soit 67,5 m³/sec. Les alternateurs, de 42 000 kVA chacun, alimentent

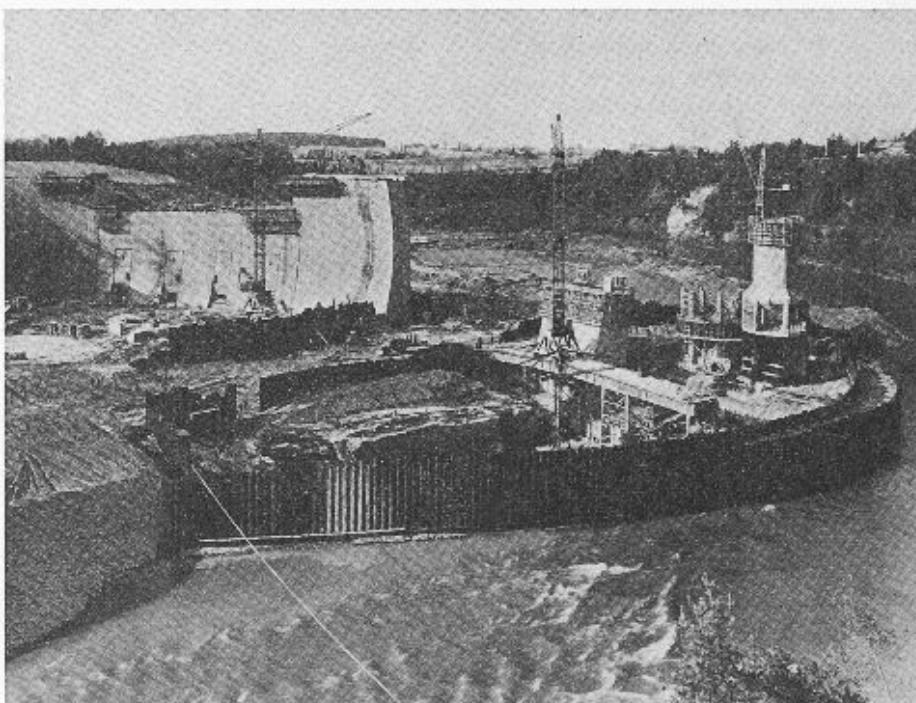


Fig. 7. — Situation des travaux, vue de l'aval, à fin 1961.
(Photo Mülhauser, Fribourg.)

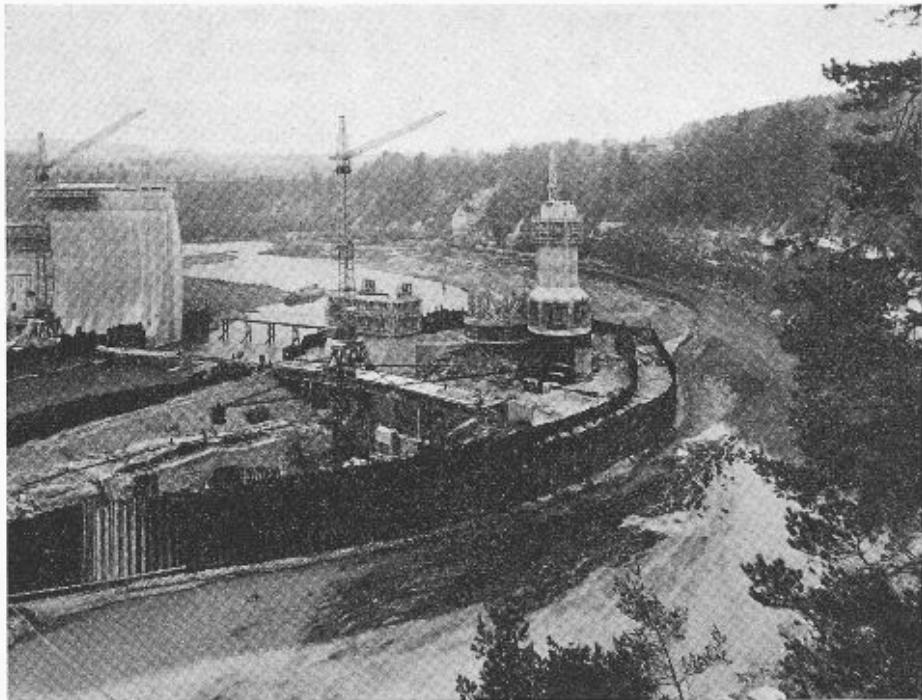


Fig. 8. Début de la deuxième étape, février 1962. La Sarine passe par la brèche médiane du barrage.

(Photo Mülhauser, Fribourg.)

directement des transformateurs de même puissance. La tension des alternateurs a dès lors été choisie indépendamment de celle des réseaux EEF; elle a été fixée à 10 kV, pour correspondre aux conditions d'exécution les plus économiques.

L'usine est équipée en outre d'un groupe auxiliaire avec turbine Francis de 3120 CV, 500 t/min, destiné, lors de l'arrêt des groupes principaux, à restituer à la Sarine, sans perte d'énergie, son eau de dotation, soit 5 m³/sec. Cette restitution n'aurait pu se faire économiquement par les autres groupes. L'alternateur triphasé est construit pour 3 kV. Il travaille sur un transformateur 3/17 kV et fournit son énergie soit aux services internes de l'usine, soit au réseau 17 kV des EEF, raccordé par deux lignes à l'usine.

En arrivant à l'usine on trouve, avant la salle des machines, une halle de démontage avec fosse de décuvage pour les transformateurs. Ces locaux peuvent être séparés du reste de la centrale par une paroi antifeu et anti-explosive, qui peut s'escamoter dans le sol.

Un escalier circulaire dessert les divers étages. Il est complété par un ascenseur, qui va non seulement des fondations à la toiture mais se prolonge

encore jusqu'au couronnement du barrage.

Les prises d'eau principales, comme l'indiquent les diverses figures, sont constituées en forme de tour cylindrique. Il en existe deux, dont les axes sont distants d'environ 16 m entre eux et par rapport au parement du barrage. Les entrées de l'eau sont constituées par six passes, dont le seuil inférieur est à la cote 506. Ces passes peuvent être obturées par une vanne cylindrique à commande à huile sous pression. Le batardeau correspondant, de forme hémisphérique, a la particularité de passer à travers la vanne lorsqu'il est mis en place ou enlevé.

Pour la turbine auxiliaire, la prise d'eau est simplement adossée au parement amont du barrage; la commande de l'eau est réalisée par deux vannes papillons disposées en série et dont la première constitue le batardeau de la seconde, qui est l'organe de manœuvre.

Le poste de transformation est installé en plein air, directement à l'aval de l'usine, sur l'ancien lit de la Sarine (fig. 12). Il comprend en principe les deux transformateurs de 42 000 kVA alimentés par les

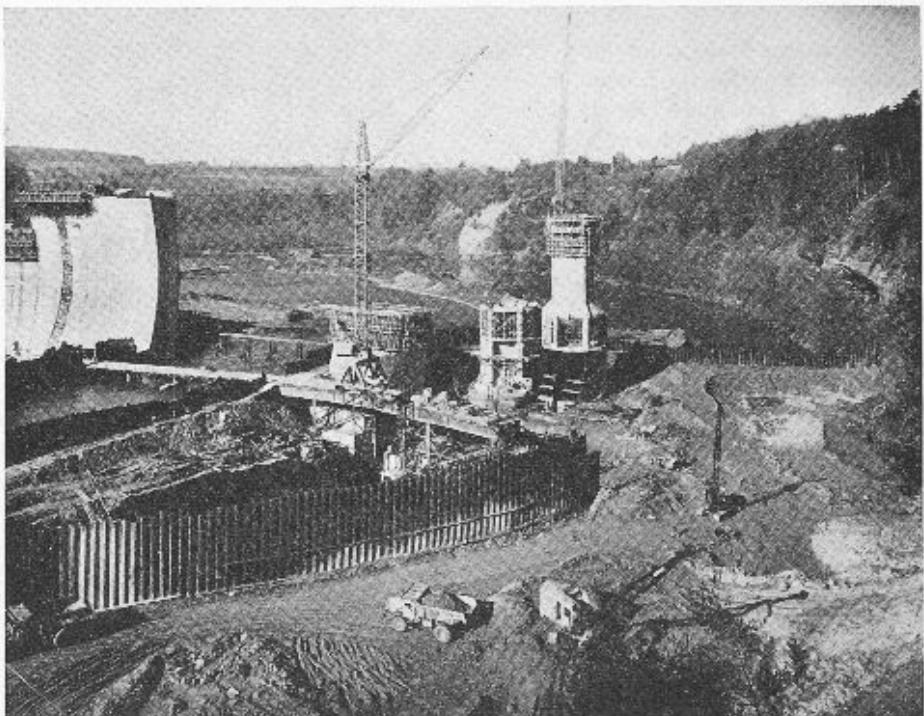


Fig. 9. La Sarine à travers la brèche du barrage, vue vers l'amont.

(Photo Mülhauser, Fribourg.)

groupes, avec rapport 10/65/130 kV, un transformateur auxiliaire 65/17 kV, deux départs à 65 kV, l'un vers Hauteville et l'autre vers Cressier, et deux départs à 130 kV, l'un vers Hauteville et l'autre vers Galmiz. Ces raccordements ont été faits en ramenant à l'usine des lignes existantes. A noter que la liaison entre les alternateurs de l'usine et les transformateurs principaux se fait par barres isolées 10 kV.

Le poste a été étudié de façon à réduire au minimum la charpente métallique nécessaire pour l'amarrage des lignes et des barres 65 et 130 kV.

Problèmes spéciaux

L'aménagement a posé un certain nombre de problèmes spéciaux :

Le barrage et le lac reposent entièrement sur une molasse en partie marine, en partie d'eau douce, présentant des différences d'homogénéité assez grandes. Comme il en a été de même à Rossens, cela n'a pas constitué un handicap majeur pour les EEP.

Les tractations avec les propriétaires des terrains mis à contribution, menées par une commission spéciale, sont lentes et difficiles. Il peut en résulter des retards créant des situations embarrassantes.

La future route nationale passant au voisinage de Fribourg doit traverser le lac projeté au moyen d'un pont. Celui-ci devra être construit avant la mise en eau.

Il est peu probable que l'épuration des eaux des agglomérations de Fribourg et de Guin puisse être réalisée pour la mise en eau, ce qui aurait été désirable. Les études à ce sujet sont encore en cours.

Le stand de tir de Fribourg et sa ciblerie ne pourraient subsister que moyennant des travaux de surélévation. Comme ces installations sont de toute façon trop restreintes, des études sont en cours en vue de leur déplacement.

Essais sur modèles réduits

De nombreux essais sur modèles réduits ont été effectués, afin de déterminer les dispositions optimales à adopter. Ils comprennent entre autres : Au laboratoire d'hydraulique de l'EPFL, à Lausanne :

Détermination de la disposition des prises d'eau, de leur distance réciproque, de leur distance du parement du barrage et des efforts sur les vannes, contrôle de la formation de vortex.

Au laboratoire d'hydraulique de l'EPF, à Zurich :

Détermination de la forme des évacuateurs de crues, étude des destructeurs d'énergie à l'aval des vannes



Fig. 10. — Deuxième étape. Excavation de la culée rive gauche.

(Photo Mühlauer, Fribourg.)

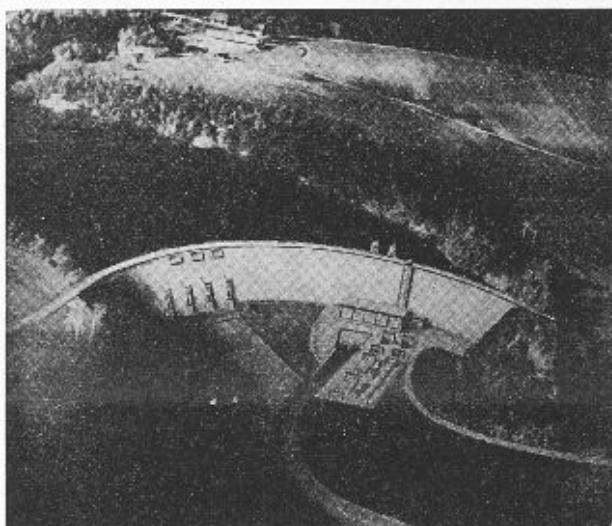
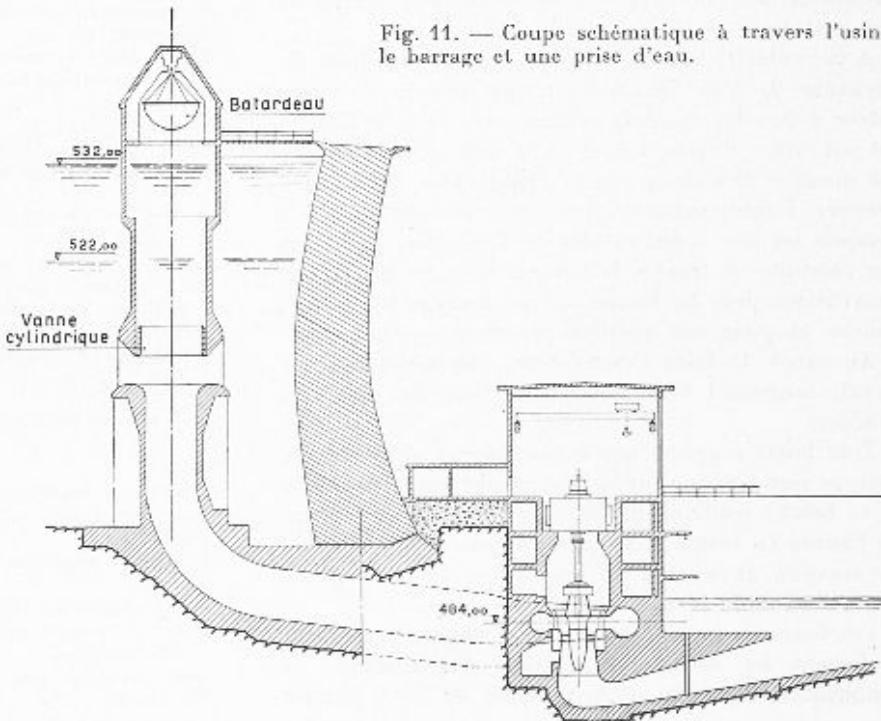


Fig. 12. — Vue d'ensemble : barrage, usine et station de couplage.

(Montage photographique.)

Fig. 11. — Coupe schématique à travers l'usine, le barrage et une prise d'eau.



de fond, étude de la brèche du barrage, des conditions d'écoulement de l'eau à l'aval, de la répartition de l'eau à l'entrée du canal de dérivation provisoire et des organes de réglage à y adapter.

Au laboratoire ISMES, à Bergame :

Etude sur modèle réduit du barrage, de la variation et de la répartition des pressions sous charges croissantes, allant jusqu'à cinq fois la pression normale, essai de rupture du barrage.

Frais de construction, dépense annuelle, prix de l'énergie

La dépense complète pour l'aménagement de Schifflenen, comprenant tous les frais y relatifs : terrains, barrage, usine, chenal de fuite, route d'accès et autres débours en relation avec l'aménagement, a été évaluée à 70 millions de francs. La dépense annuelle correspondante (frais d'exploitation, intérêts, amortissement) a été estimée à 7,5 %, soit 5,25 millions de francs.

La production moyenne annuelle, correspondant au débit moyen disponible de 44 m³/sec et aux hauteurs de chutes probables de 40 à 45 m, a été calculée à 135 000 000 kWh (135 GWh)

dont 70,2 GWh, soit 52 % comme énergie d'été et 64,8 " " 48 % " " d'hiver.

Le prix moyen annuel de l'énergie sera ainsi de 3,9 ct/kWh. Ce prix est favorable, si l'on tient compte de ce que l'énergie fournie sera en majeure partie de l'énergie de pointe.

Etat actuel des travaux, délais d'exécution et de mise en service. Vues d'avenir

Les travaux ont été exécutés jusqu'à présent conformément au programme préétabli. La première étape du barrage est terminée. Le barrage est achevé sur la rive droite, à l'exception du couronnement, auquel on travaille. Les vannes de fond sont en montage. Les vannes clapets du déversoir de crues vont également être installées.

A la centrale, l'excavation est achevée. La fosse de décuvage, la fosse de l'escalier sont exécutées, l'aspirateur d'une des turbines est bétonné, celui de l'autre est en voie d'exécution, l'ogive fixe d'une turbine est montée. Des deux prises d'eau, l'une est presque achevée, l'autre exécutée dans sa partie inférieure y compris les passes des entrées de l'eau. Les blindages des conduites à travers le barrage sont en place. Les excavations pour les fondations du barrage sur la rive gauche et pour son ancrage progressent rapidement.

Au canal de fuite l'excavation, commencée depuis l'aval, comprend déjà environ le tiers du volume à évacuer.

Tout laisse supposer que le programme sera tenu : le barrage sera terminé sur la rive gauche pour l'automne et la brèche médiane du barrage fermée avant la fin de l'année en cours. A l'année prochaine sont réservés les travaux de finition du barrage et de montage de l'équipement de la centrale.

Les fournisseurs des machines et appareils tiennent également les délais ; le montage des turbines va commencer, les deux ponts-roulants de 50 t chacun

sont prêts à être livrés. Les transformateurs principaux sont en voie d'achèvement. Dès la fin de l'année commenceront le montage des tableaux de commande et de la station de transformation. L'ensemble permettra, sauf circonstance imprévisible, de mettre en service le premier groupe à fin 1963 et le second dans la première moitié de 1964.

En réalisant Schifflenen, les EEF auront domestiqué de Broc à Laupen la Sarine, dont elles utilisent déjà la chute Rossinière-Montbovon (fig. 13). Dans quelques années, elles se verront à nouveau obligées de chercher une nouvelle source d'énergie. Mettront-elles alors à contribution, en totalité ou partiellement, le tronçon Montbovon-Broc, éventuellement Rossinière-Broc, ou trouveront-elles d'autres solutions ? L'avenir le dira. Tout pronostic à ce sujet serait aléatoire et prématuré.

Caractéristiques de l'aménagement de Schifflenen

Dans mon exposé, je me suis borné à n'indiquer que les données élémentaires indispensables, jugeant préférable de grouper à la fin les caractéristiques essentielles de l'installation, afin d'en faciliter éventuellement la recherche. Voici ces caractéristiques :

1. La Sarine à Schifflenen

Superficie du bassin versant	~ 1400 km ²
Débit moyen annuel	~ 44 m ³ /sec
Débit extrême max. momentané	1000 m ³ /sec
Débit extrême min. momentané	~ 4 m ³ /sec
Débit total moyen utilisable par année	1390 mio m ³

2. Lac d'accumulation Schifflenen-Fribourg

Cote max. de la retenue	532 m
Cote minimum normale	522
Cote minimum exceptionnelle	517
Superficie à la cote 532	4,25 km ²
Pourtour du lac	~ 30 km
Longueur du lac	12,5 km
Volume total du lac	66 mio m ³
Volume utilisable entre les cotes 532 et 522	35,5 mio m ³

3. Barrage

Type : voûte-poids	
Hauteur maximum	~ 47 m
Longueur au couronnement	~ 370 m
Epaisseur à la base	~ 13 m
Epaisseur à la crête	7 m
Largeur totale de la chaussée	~ 10,9
dont route	7,40 m
et trottoirs	2 × 1,75 m
Cube probable des fouilles	107 000 m ³
Cube probable du béton	155 000 m ³

4. Organes de vidange

3 vannes à clapet (déversoir de crues)	133/400 m ³ /sec
2 × 4 vannes à glissières (vidange de fond)	
Débit maximum : unitaire/total	150/600 m ³ /sec
Débit total des organes de vidange à la cote 532 m	1000 m ³ /sec

5. Usine et poste de transformation

a) Equipement hydraulique

2 turbines Kaplan à	48 200 CV/PS
Puissance totale installée CV	96 400
Vitesse	214 t/min
1 turbine auxiliaire Francis	3 120 CV
Vitesse	500 t/min
Débit maximum d'exploitation	135 m ³ /sec
Débit maximum absorbé par une turbine Kaplan	90 m ³ /sec
Débit absorbé par la turbine Francis min./max.	4/6 m ³ /sec

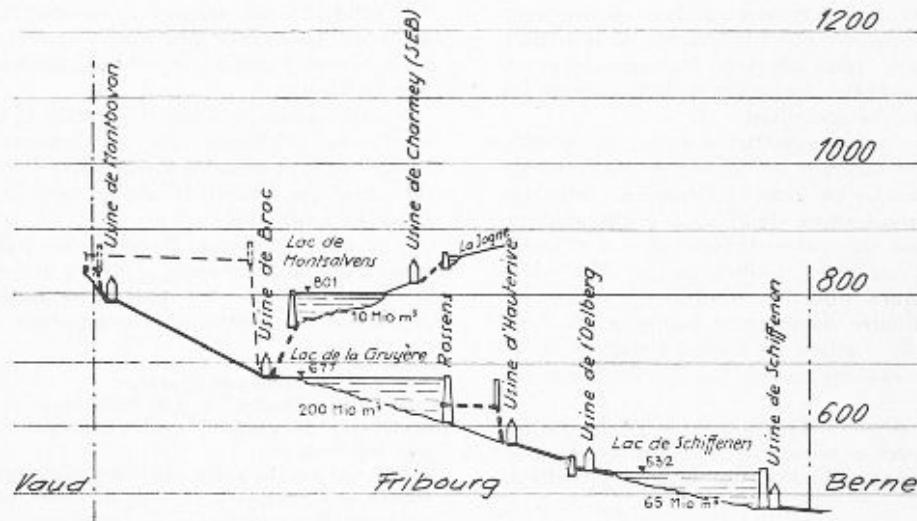


Fig. 13. — Schéma des installations hydro-électriques des EEF (bassin de la Sarine).

b) Equipement électrique

2 alternateurs principaux	2 × 42 000 kVA
Tension	10 000 V
1 alternateur auxiliaire	2 800 kVA
Tension	3 000 V
2 transformateurs principaux	2 × 42 000 kVA

Tensions	10/65-130-150 kV
1 transfo d'exploitation	2 800 kVA
Tensions	65/17 kV
1 transfo pour le groupe auxiliaire	2 800 kVA
Rapport de transf.	3/17 kV
2 lignes de départ	130 kV
2 lignes de départ	65 kV
2 lignes de raccordement au réseau	17 kV

6. Canal de fuite

Longueur	~ 4 km
Pente	0,5 %
Exécution trapézoïdale	
Largeur à la base	12 m
Pente des talus	1 : 2

7. Hauteurs max. brutes de chute

Avec débit 135 m ³ /sec.	~ 44 m
Avec débit 90 m ³ /sec.	~ 45,1 m
Avec débit 4 à 6 m ³ /sec.	~ 48,2 m
N.B. — Ces hauteurs de chute s'entendent pour accumulation à la cote 532. Pour une cote inférieure elles se réduisent en fonction de l'abaissement du lac.	

8. Production d'énergie (moyenne)

6 mois d'hiver	64,8 Mio kWh = 48 %
6 mois d'été	70,2 Mio kWh = 52 %
Année entière	135,0 Mio kWh = 100 %

9. Frais de construction et d'exploitation. Prix de l'énergie

Dépenses totales, devisées	70 mio Fr
Frais annuels d'exploitation estimés à	5,25 mio Fr
Prix moyen de l'énergie, départ usine	3,9 ct/kWh

10. Exécution des travaux

Routes d'accès début	Juillet 1960
Routes d'accès utilisables	Octobre 1960
Travaux principaux : début	Octobre 1960
Travaux principaux : fin	1963/1964
Mise en service de l'usine : fin/début	1963/1964

BIBLIOGRAPHIE

Détermination rapide et dessin des engrenages, par Pierre Aussant. 4^e édition revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars (1961). — Un volume 21 × 27 cm, 81 pages, figures, tableaux numériques. Prix : broché, 7 NF.

L'ouvrage de M. Aussant répond à un besoin : celui d'économiser le maximum de temps dans la détermination des tracés et dimensions des engrenages, plus spécialement des engrenages hélicoïdaux, à vis sans fin et pignons coniques.

L'auteur s'est attaché à rechercher les causes principales des temps perdus dans les bureaux d'études. Il a constaté qu'en particulier les projecteurs passaient beaucoup de temps à déterminer les engrenages spéciaux, et ce, par manque de documents réellement pratiques, donnant rapidement les tracés et les dimensions recherchées.

Par exemple, la détermination d'un jeu de roues hélicoïdales demande habituellement de trois à quatre heures, alors que ces temps s'échelonnent entre 15 et 45 minutes, grâce à l'utilisation des méthodes indiquées dans le présent ouvrage.

Celui-ci s'adresse donc aux techniciens des industries mécaniques et particulièrement aux ingénieurs et dessinateurs des bureaux d'études, aux professionnels de la

fabrication des engrenages ainsi qu'aux élèves des écoles techniques et professionnelles.

Sommaire :

Notations. — Tracé de référence et modules normalisés. — Nombres normaux. — Calcul des efforts et des dentures. — Engrenages droits : indications à porter sur les dessins. — Engrenages hélicoïdaux : à axes parallèles, cadre de calcul, indications à porter sur les dessins, à axes perpendiculaires, à axes obliques. — Engrenages à roue et vis sans fin : cadre de calcul. — Pignons coniques : valeurs numériques des angles. — Engrenages de la série horlogère. — Engrenages coniques à denture en spirale. — Roues de chaînes à rouleaux. — Matières utilisées pour la fabrication des engrenages. — Engrenages droits au diamétral pitch. — Conversion du diamétral pitch en module. — Tables numériques diverses.

Raum- und Bauakustik Lärmabwehr par Willi Furrer, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich. 2^e édition revue et augmentée. Bâle, Birkhäuser Verlag, 1961. — Un volume 17 × 25 cm, 258 pages, 195 figures. Prix : relié, 38 fr. 50.

Les problèmes d'acoustique et d'isolation phonique prennent de jour en jour plus d'importance dans la construction des édifices et des bâtiments, que ce soient des salles de concert et des théâtres ou des écoles, des hôpitaux, des hôtels, des immeubles locatifs, etc.