

# Bassins de charge

par M. A. MAAS, Ingénieur en chef, Rovensburg

## GÉNÉRALITÉS

Le but principal à atteindre au point de vue de l'économie politique, en ce qui concerne l'établissement des installations hydrauliques, c'est celui d'utiliser et de valoriser toute l'énergie brute disponible. Ce serait d'autre part une faute d'utiliser com-

plettement cette énergie brute, si les frais d'installation des ouvrages hydrauliques et machines étaient si élevés, qu'ils mettraient en doute le succès financier. Les recherches sur le rendement d'une installation de force hydraulique sont délicates à faire à cause des fortes oscillations de l'énergie brute disponible. On peut néanmoins laisser une certaine constante dans ces variations, et c'est celle-ci qu'il s'agit de bien préciser dans les projets. Plus l'énergie disponible dépasse celle utilisée, plus on a d'énergie de chute et moins économiquement l'on utilise celle-ci. Si d'autre part l'énergie hydraulique n'est pas utilisée pendant une grande partie de l'année, on a une utilisation économique défavorable et il y a lieu alors de prendre des positions pour l'accumulation de l'excès d'énergie et l'utilisation de celle-ci au moment du besoin. C'est pour ce but que l'on établit des ouvrages d'accumulation hydrauliques. Avant d'entrer dans le

visu du sujet, nous voudrions donner un aperçu bref sur les différentes possibilités d'accumulation. Dans presque toutes les centrales, le volant joue un rôle important pour l'accumulation d'énergie. Il est cependant pour ainsi dire relativement faible, car son action n'est que d'une durée de quelques secondes. Dans le cas des laminoirs, on a été

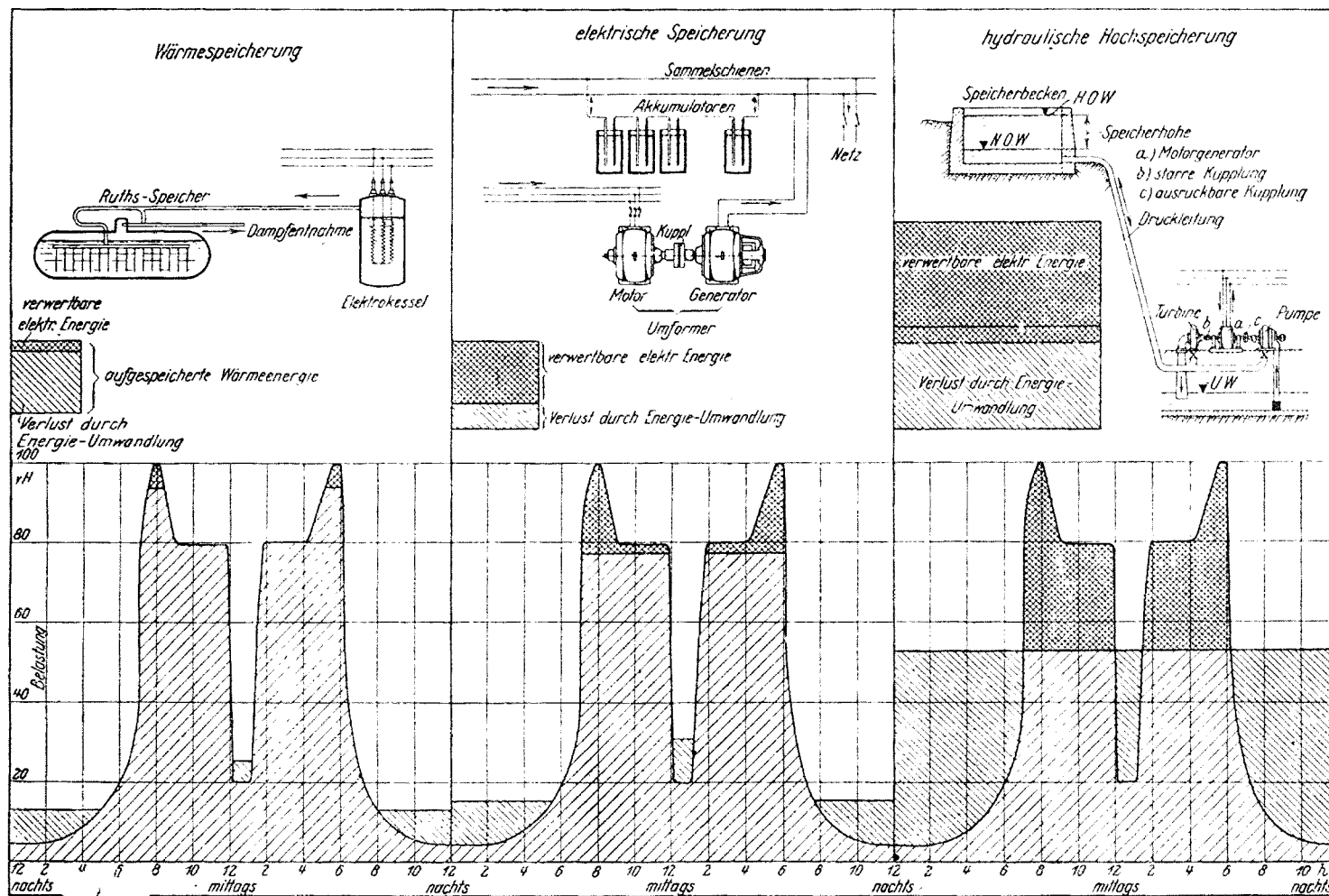


Fig. 1 à f. — Représentation schématique des différents systèmes d'accumulation

un peu plus loin, en séparant le volant Illgner du moteur, et on a pu accumuler de l'énergie disponible pendant plusieurs minutes. Récemment, on s'est dirigé du côté de l'accumulation d'énergie thermique avec succès. Il y a lieu de citer les ouvrages de l'ingénieur suédois Ruths (vol. 66 (1922) page 537 et suite). Comme l'on peut voir sur le diagramme, fig. 2, l'énergie accumulée sous forme de chaleur récupérable est très remarquable, mais elle ne peut presque pas être prise en considération si elle devait être transformée en énergie électrique, celle-ci étant créée par l'hydraulique. Dans le cas de transformation d'énergie électrique disponible, dans les installations hydrauliques en énergie thermique par la chaudière électrique Ruths, l'énergie que l'on peut utiliser sous forme de vapeur représente à peine les 12 % et au maximum 15% de la chaleur accumulée, d'où ce système n'est à utiliser que dans

un peu plus loin, en séparant le volant Illgner du moteur, et on a pu accumuler de l'énergie disponible pendant plusieurs minutes. Récemment, on s'est dirigé du côté de l'accumulation d'énergie thermique avec succès. Il y a lieu de citer les ouvrages de l'ingénieur suédois Ruths (vol. 66 (1922) page 537 et suite). Comme l'on peut voir sur le diagramme, fig. 2, l'énergie accumulée sous forme de chaleur récupérable est très remarquable, mais elle ne peut presque pas être prise en considération si elle devait être transformée en énergie électrique, celle-ci étant créée par l'hydraulique. Dans le cas de transformation d'énergie électrique disponible, dans les installations hydrauliques en énergie thermique par la chaudière électrique Ruths, l'énergie que l'on peut utiliser sous forme de vapeur représente à peine les 12 % et au maximum 15% de la chaleur accumulée, d'où ce système n'est à utiliser que dans

le cas direct. Le Dr Marguene propose un nouveau système d'accumulation qui consiste en un branchement d'une pompe thermique actionnée par l'excès d'énergie entre deux récipients à pression différente et alternativement, une motrice qui est destinée à vaincre les pointes. Par ce mouvement régulier d'échange où la chaleur est utilisée sur place sous forme de variation de température on a un rendement bien plus élevé. Il semble qu'il y ait des difficultés d'ordre économique et technique à résoudre à ce sujet, et que l'on ne puisse encore pas émettre un jugement exact au point de vue de la valeur du rendement de ces installations. L'accumulation de l'énergie électrique dans les accumulateurs, fig. 3 et 4, demande des batteries volumineuses et elle ne peut être que sous forme de courant continu. Le rendement est d'autre part plus élevé, mais une accumulation économique pour une durée plus étendue n'est pas possible, car le rendement baisse au fur et à mesure que l'énergie prélevée est éloignée du moment où a eu lieu la charge. Dans le cas de réseaux d'une certaine étendue, l'accumulation électrique ne joue plus un rôle important, parce que le rendement, par suite des transformations multiples, est très bas.

ACCUMULATION HYDRAULIQUE

La plus grande possibilité d'accumulation se trouve dans le domaine hydro-électrique. L'accumulation ici est indépendante de la tension et du genre de courant.

Les ouvrages d'accumulation hydraulique se divisent comme suit :

1. — D'après les rapports locaux de chutes en :

a) Réservoirs à basse pression dans les rivières, canaux, créés par ceux-ci même, ensuite installations tenues par le flux et reflux ;

b) Réservoirs à moyenne et haute pression, caractérisés par des barrages de vallées, digues, lacs élevés et réservoirs artificiels.

2. — D'après la capacité d'accumulation en :

a) Accumulateurs de jours et de semaines avec adduction d'eau naturelle ou artificielle ;

b) Réservoir d'un mois et d'une année qui se présentent dans le cas de barrages de vallées ou de lacs élevés.

3. — D'après le genre d'accumulation :

a) Par adduction naturelle d'eau ;

b) Par adduction naturelle et artificielle d'eau ;

c) Par adduction exclusivement artificielle d'eau. Ces réservoirs à basse et moyenne pression sont destinés principalement à alimenter les pointes de quelques heures. Comme dans ce cas les chutes sont relativement basses, il faut une quantité assez élevée d'eau par seconde, une condition réalisable au point de vue économique quand les travaux d'établissement ne sont pas considérables. De telles conditions naturelles et favorables ne se trouvent qu'isolément. Très souvent les rapports géologiques du terrain sont défavorables à un aménagement rationnel au point de vue économique.

RÉSERVOIRS A HAUTE PRESSION

On en est venu désormais aux réservoirs à haute pression, à côté de ceux à basse et moyenne pression, fig. 5 et 6. Ils consis-

lent en une installation de pompes, refoulant l'eau inutilisée dans des réservoirs naturels ou artificiels, et utilisable à demande. Grâce à l'élévation de ces réservoirs ou à des chutes élevées, peu de volume d'eau par conséquent des dimensions réduites du réservoir et de grandes puissances disponibles. Ce travail nécessaire pour actionner ces pompes est livré pendant les heures de nuit, et permet ainsi de contre-carrer les pointes pendant le travail de jour, d'une façon économique. Il y a là naturellement une certaine perte d'énergie. Dans le cas d'emploi d'énergie électrique pour la commande des pompes, il y a le rendement du moteur et de la génératrice qui intervient. Le rendement global dépend donc du genre de commande de la qualité des machines ainsi que de la longueur et du diamètre de la tuyauterie. Il correspond en pleine charge en moyenne à 50 jusqu'à 60 % et dans les cas favorables même au-dessus. Comme on peut

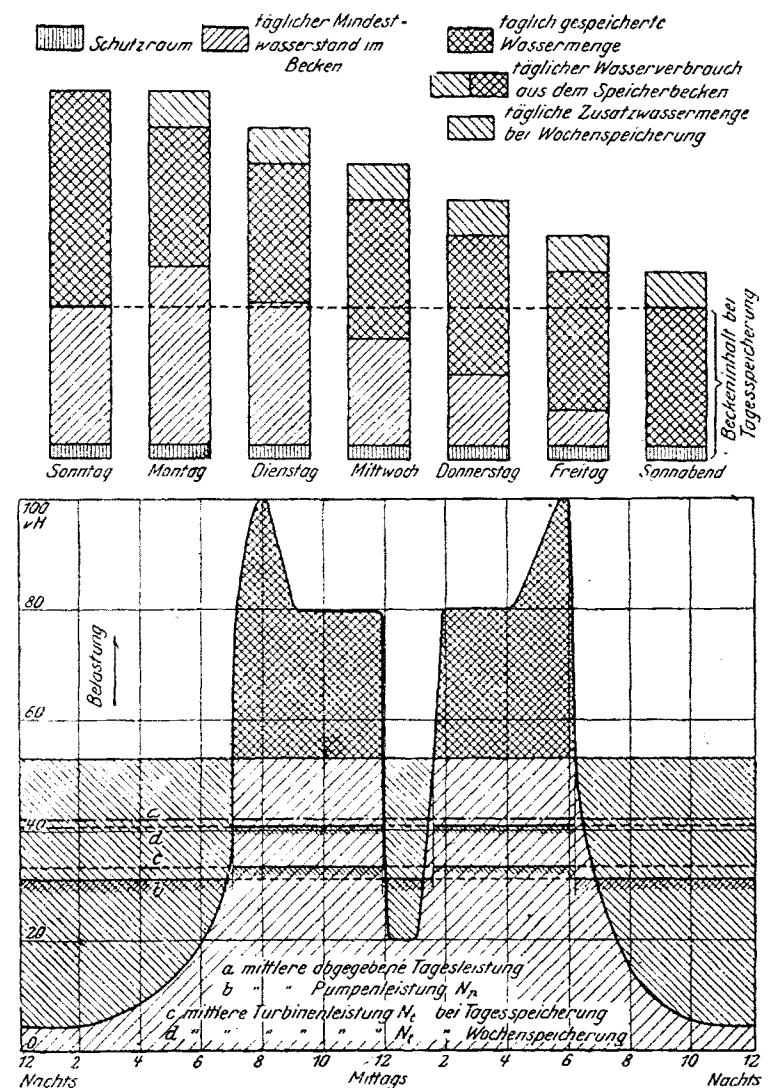


Fig. 7 et 8

apercevoir dans le diagramme de charge (fig. 6), si on prévoit les réservoirs de charge à haute pression d'une façon judicieuse, on peut obtenir une marche constante des installations à basse pression pendant la durée des heures de travail. On a par là une usure moindre des pièces de réglage des turbines et régulateurs, ainsi que de l'ensemble des parties de machines, conservation des parois des canaux et des digues par un niveau d'eau toujours constant et on évite les corrosions et l'entraînement de revêtements par suite de cette constance de niveau.

Autrement dans le cas d'installation avec grandes variations de débit et de longs canaux, il peut y avoir de grands inconvé-

nients, ce qui n'arrive pas si les installations à basse chute travaillent parallèlement avec des réservoirs hydrauliques.

CONTENANCE DU RÉSERVOIR

On aperçoit dans la fig. 7 schématiquement comment l'accu-

clairement l'influence de l'accumulation dans la semaine aux pointes supérieures rayurées qui indiquent les quantités supplémentaires prélevées. Le dessous est de nouveau indiqué par un diagramme de charge (fig. 8); la ligne supérieure à traits et points représente le débit moyen d'une journée. La ligne inférieure marquée et rayurée montre le débit moyen de la pompe  $N_p$  en 14 heures et la ligne au-dessus pointillée la puissance moyenne

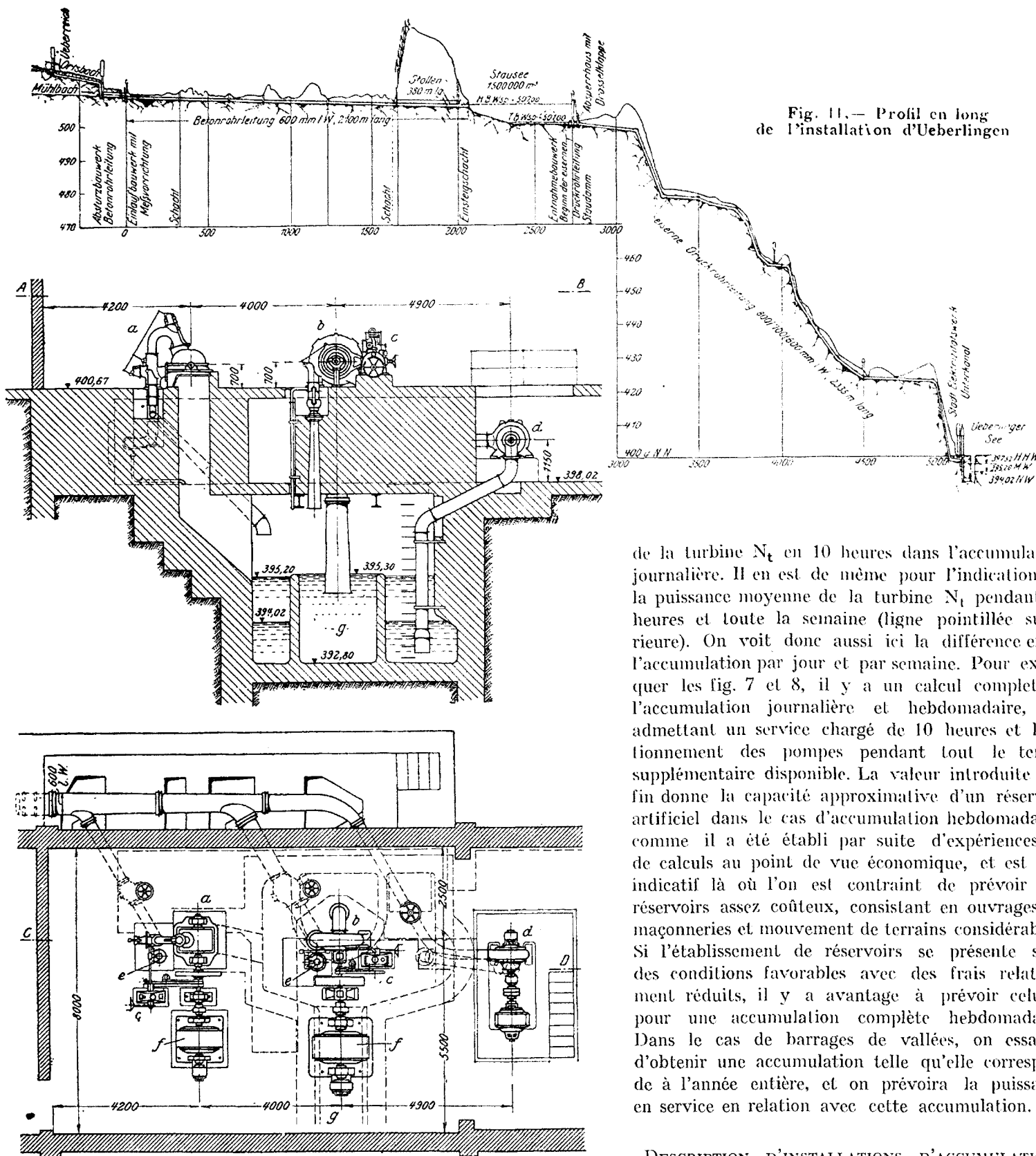


Fig. 9 et 10.— Installation d'Ueberlingen

Fig. 11.— Profil en long de l'installation d'Ueberlingen

de la turbine  $N_t$  en 10 heures dans l'accumulation journalière. Il en est de même pour l'indication de la puissance moyenne de la turbine  $N_t$  pendant 10 heures et toute la semaine (ligne pointillée supérieure). On voit donc aussi ici la différence entre l'accumulation par jour et par semaine. Pour expliquer les fig. 7 et 8, il y a un calcul complet de l'accumulation journalière et hebdomadaire, en admettant un service chargé de 10 heures et l'actionnement des pompes pendant tout le temps supplémentaire disponible. La valeur introduite à la fin donne la capacité approximative d'un réservoir artificiel dans le cas d'accumulation hebdomadaire, comme il a été établi par suite d'expériences et de calculs au point de vue économique, et est très indicatif là où l'on est contraint de prévoir des réservoirs assez coûteux, consistant en ouvrages de maçonneries et mouvement de terrains considérables. Si l'établissement de réservoirs se présente sous des conditions favorables avec des frais relativement réduits, il y a avantage à prévoir celui-ci pour une accumulation complète hebdomadaire. Dans le cas de barrages de vallées, on essaiera d'obtenir une accumulation telle qu'elle corresponde à l'année entière, et on prévoira la puissance en service en relation avec cette accumulation.

DESCRIPTION D'INSTALLATIONS D'ACCUMULATION DE FORCE

mulation se fait pendant une semaine, et même les lignes croisées représentent l'amenée et prélèvement d'eau du réservoir pendant la journée et celle pendant la semaine. On reconnaît

Plusieurs installations avec accumulation artificielle ont été construites ces dernières dix années. C'est surtout dans l'Allemagne du sud que l'on a poussé rapidement cette construction

Et spécialement les installations de Fridingen, Ueberlingen et Eulringen sont typiques à cet effet. La plus grande installation, et unique dans son genre, est celle de Schwarzenlachwerk, et depuis très peu de temps, celle de Kirchentelluisfurth et de la ville de Reutlingen et Imeribachwerk sont en fonctionnement. La

ville de Muthweida, en outre l'ouvrage de Leitzach de la ville de Munich. Tout dernièrement, on a imaginé de fournir l'installation de Walchensee d'un réservoir artificiel. Ces ouvrages sont indispensables à la Bavière pour réaliser d'une façon parfaite l'utilisation économique de ses forces hydrauliques. Les moteurs à gaz

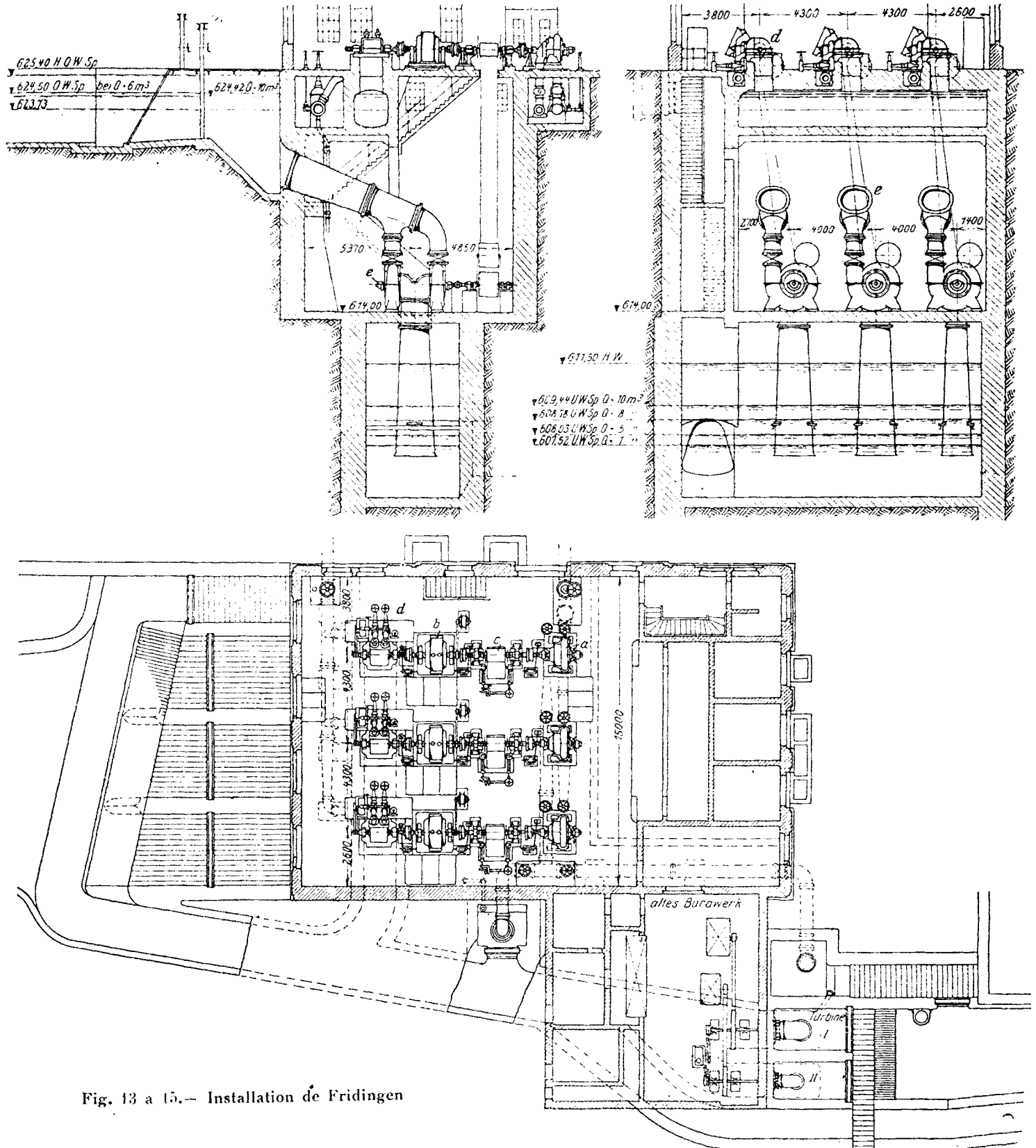


Fig. 13 a 15.— Installation de Fridingen

grande expérience acquise par suite de toutes ces installations, a amené dans ces dernières années les gens à construire les plus grandes installations que l'on puisse imaginer, telles que la centrale Hemperth II des Centrales prussiennes « Oberweser », l'installation Niederwartha de la ville de Dresde, centrale de la

prévu dans la centrale de la ville d'Ueberlingen fonctionnant de puis plusieurs dizaines d'années ne suffisaient absolument plus aux demandes toujours croissantes d'énergie et l'administration se décidait à remplacer les moteurs à gaz par des turbines et dans le but d'élever la charge totale et de couvrir les pointes, d'établir un

lac d'accumulation, à alimenter pendant la nuit avec une pompe qui puiserait l'eau du lac de Constance, v. fig. 9 et 10. L'avant-projet a été élaboré par le Prof. Dr Rehbock, de Karlsruhe, les plans par la firme Fritz Bauer, Stuttgart, qui assumait en même temps la direction des travaux. L'eau est captée dans un bassin d'alimentation au nord de Ueberlingen, à 5 km. et par une conduite en béton de 2.100 m. de long, 600 m/m de diamètre et un tunnel de 380 m., elle est amenée au réservoir fig. 11. Il y a des appareils de mesure de l'eau au bassin d'alimentation ainsi qu'à la sortie du réservoir. Celui-ci a une contenance de 1.500.000 m. c. utilisables et est capable d'accumuler environ 40 % de l'arrivée d'eau d'un semestre. Il se trouve à un niveau de 110 m. au-dessus du niveau moyen du lac de Constance et peut, rempli, donner une puissance de 280.000 KWH à tout instant. L'eau est prise dans le lac artificiel à l'aide d'un ouvrage avec tour à vannes et bâtiment à écluses. Dans la tour se trouvent les vannes et un hydromètre à flotteur pour enregistrer le niveau de l'eau. Dans les parois de la tour se trouvent quatre trop pleins pour la décharge de l'eau de crue. Cette eau de crue passe par un canal en tube à travers le lac vers le canal d'évacuation. Dans le bâtiment à écluse, au pied de l'escarpement du lac, il y a dans la tuyauterie même une vanne à papillon. La conduite forcée à partir du lac jusqu'à la centrale est d'une longueur exacte de 2.350 m. et répartie en zones de diamètre de 800, 700 et 600 m/m. Elle contient vingt-deux angles ancrés dans des blocs en béton. Un canal souterrain de la longueur de 35 m. amène l'eau dans le port de Cleberlingen. On voit déjà d'après ces données quelles distances sont nécessaires pour réaliser une installation de ce genre. On n'a pu placer plus bas le niveau de la centrale, dans le but de réduire la hauteur d'aspiration des turbines et des pompes, parce qu'il aurait été nécessaire de faire sauter une partie des fondations d'où danger pour l'ensemble du bâtiment. La perte en chute ne se manifeste que rarement, et est réduite par l'adjonction d'un bassin dans lequel plonge le tuyau d'aspiration, de façon que cela arrive seulement aux plus basses eaux du lac de Constance.

Par la turbine Pelton, il y a une perte de chute plus grande, mais étant donné la puissance réduite de celle-ci, il n'y avait aucune raison d'entreprendre d'importants travaux de fondation pour réduire cette perte. La pompe par contre est placée plus bas que les autres machines, et précisément là où il y avait les machines à gaz. En tout cas aussi bien pour la turbine Francis que pour la turbo-pompe, on a pris soin de ne pas dépasser la limite de hauteur d'aspiration.

La turbine à spirale Escher Wyss & C<sup>ie</sup>, Ravensburg, a une puissance de 600 HP avec chute de 93 m. et 1.000 tours (fig. 12). La partie tournante de celle-ci est en bronze phosphoreux et en porte-à-faux. Les palettes directrices sont en acier moulé et prévues pour réglage par l'extérieur. Les deux paliers principaux par suite de la vitesse élevée et de la pression spécifique élevée

due à la masse volant et à la pression axiale, sont prévus avec circulation d'eau pour le refroidissement.

La grande vitesse périphérique du volant, normalement de 70 m./sec. et 135 m./sec. dans le cas d'emballement, a obligé le constructeur à exécuter le volant d'une façon spéciale. Pour le moyeu, on a employé de l'acier meilleur Martin Siemens, et la couronne est en acier électrique laminé. Un régulateur automatique est relié au régulateur de pression. Un accouplement à disques avec bague intermédiaire est prévu pour la commande de l'arbre de la génératrice. Il y a aussi la possibilité de faire fonctionner la génératrice comme moteur synchrone dans le cas d'un arrêt assez prolongé de la turbine, grâce au déplacement de cette bague intermédiaire. Même pour le cas d'arrêts non trop prolongés, on peut utiliser la génératrice comme moteur synchrone, sans interrompre le service et détacher l'accouplement. Il n'y a qu'à fermer la vanne de la turbine et la roue équilibrée et la turbine marche après avec adjonction d'eau projetée.

La turbine Pelton, aussi d'Escher Wyss, développe une puissance de 200 HP avec une chute de 87 m. et une vitesse de 750 tours (fig. 12). Le petit diamètre de la roue dû à la vitesse réduite, autorise à la construire d'un seul jet. Comme matière on a employé de la fonte dure spéciale. L'eau est amenée sur la roue par deux injecteurs réglables. Les deux injecteurs sont reliés avec le réglage automatique de vitesse et avec celui de la pression.

Le volant est d'une seule pièce. L'arbre de la dynamo est attaqué par un accouplement électrique. En dehors de ces deux groupes, il se trouve aussi une turbo-pompe pour accumulation avec 112 m. de chute manométrique, 300 litres seconde, elle absorbe 580 HP à une vitesse de 1.000 tours. Elle puise l'eau directement dans la tuyauterie des turbines. La roue et la couronne distributrice sont en bronze. Les vannes sont du type EWC à sphère et commandées en cette circonstance par volant à main.

La centrale de Fridingen est prévue exclusivement avec accumulation, elle appartient à un consortium de communes du canton de Ruttlingen, à Wurmlingen, fig. 13 à 15. La petite installation de turbine construite avant la guerre, utilisant la chute de la Bära, à Fridingen, ne suffisait plus depuis longtemps, et on était dans la nécessité de puiser du courant à la centrale de Lauffenburg. Les conditions particulières dans lesquelles se trouvait cette installation au point de vue d'utilisation de force pendant la nuit ainsi que de la situation favorable à l'établissement d'un réservoir, permirent de réaliser rapidement l'œuvre projetée par l'architecte Kimmich, Stuttgart, de la firme Baresel, entre 1920 et 1923.

(Extrait de la Revue « *Des vereines deutscher Ingenieure* »  
N° 45, 46 et 52 de 1924)