

Quelques réflexions au sujet de la construction des installations hydro-électriques en Suède

Autor(en): **Schnitter, Gerold**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **74 (1948)**

Heft 25

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-56046>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

une caverne en rocher sans revêtement. Au même endroit, et à vingt-trois ans d'intervalle, le même bureau d'ingénieurs, en l'occurrence la Direction nationale des forces hydrauliques, a résolu deux fois le même problème. Deux conceptions différentes se sont succédé, conformes aux progrès de la technique et à l'évolution des idées.

Dans le canon de la rivière Göta, où mugissait autrefois le Trollhättan, les deux centrales d'Olidan (1920) et Hojum (1943) ne sont distantes que de quelques centaines de mètres, mais entre les deux on distingue l'expérience technique d'une génération.

Quatre jours passés en Suède laissent au voyageur l'impression d'un pays rationnellement organisé. Les usines hydro-électriques, soigneusement étudiées, collaborent à la réalisation d'un vaste plan économique orienté vers l'avenir. Si l'on pouvait déjà parler de style en matière de constructions hydrauliques, la Suède en fournirait les premiers éléments. L'architecture des barrages, ignorée hier encore, y est fille des paysages nordiques, de même que, chez nous, elle s'attache à suivre les contours des Alpes.

Littérature

1. LUDIN: *Die nordischen Wasserkräfte*. J. Springer Berlin 1930.
2. *Sweden Power and Industry*. World Power Conference, Stockholm, 1933.
3. *KMW, Werkkatalog*. Karlstad, 1946.
4. *Berichte vom schwedischen Centralkomitee für internationale Ingenieur-Kongresse*, Nr. 1, 1945 und Nr. 2, 1945, Stockholm

Quelques réflexions au sujet de la construction des installations hydro-électriques en Suède

par Gerold SCHNITTER, ingénieur, Künsnacht

A la suite du Congrès de Stockholm, un voyage d'études de plusieurs jours avait été organisé par le Comité suédois pour permettre aux visiteurs d'avoir une vue d'ensemble de la conception des installations hydro-électriques en Suède. Cette prise de contact fut précieuse d'autant plus que les publications dans ce domaine sont rares et relativement

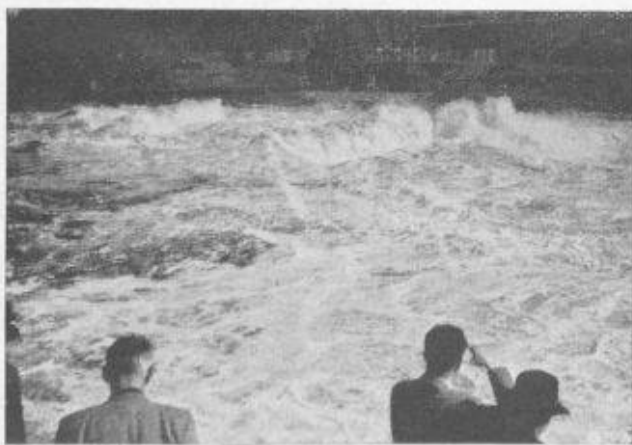


Fig. 8. — Nämforsen.

Écoulement au pied du barrage. A remarquer l'agitation de l'eau dans le bassin amortisseur non revêtu.



Fig. 7. — Chutes de Hårspranget.

Aspect caractéristique de cours d'eau suédois. A l'arrière-plan: la digue en construction.

anciennes. Ces visites ont permis, d'autre part, de constater une fois de plus comment chaque pays résout les différents problèmes qui se posent en s'adaptant aux données géologiques, hydrographiques et topographiques ainsi qu'aux conditions économiques et sociales, tout en respectant les traditions et les lois d'une esthétique qui lui est propre.

Les grands cours d'eau Indalsälvs, Angermamälv, Luleälv et Götaälv étant alimentés par de nombreux lacs, se trouvent dans des conditions hydrographiques très favorables comparées à celles de notre pays. De nombreuses centrales hydro-électriques importantes ont été construites de ce fait sur ces cours d'eau.

Des ouvrages relativement simples permettent l'utilisation rationnelle des réserves importantes accumulées dans les lacs, tandis que les barrages proprement dits sont construits de façon à concentrer les chutes aux endroits topographiquement favorables.

Ainsi le bassin du Luleälv à l'amont du Hårspranget a un débit annuel supérieur à 2,75 milliards de m³ pour une dénivellation jusqu'à la mer de 369 m. Cette chute sera utilisée en huit paliers dont le premier, près de Porjus, a été achevé pendant la première guerre mondiale, tandis que le second, avec une chute de 107,5 m, est actuellement en construction. Les conditions sont semblables pour l'Indalsälv dont le débit annuel disponible est de 5 milliards de m³ à 268 m d'altitude et dont l'utilisation complète prévoit l'aménagement de onze centrales.

Les conditions topographiques et géologiques, en général particulièrement favorables, ont conduit les ingénieurs suédois à établir leurs projets en réduisant à un minimum le développement du canal d'amenée, plaçant ainsi la centrale très près du barrage, et en allongeant par contre le canal de fuite réalisé en galerie à grande section (voir esquisse schématique). L'usine hydro-électrique de Wettingen en Suisse est une réalisation du même genre, mais à plus petite échelle.

Ces galeries de fuite atteignent des dimensions considérables; par exemple à Hjalta, la galerie a une longueur de 7600 m et une section de 135 m².

Ces galeries sont, soit à écoulement libre (Krångede) soit sous-pression (Hårspranget) avec chambre d'équilibre. Les conditions favorables du sous-sol sont ainsi utilisées au mieux.

Presque partout on rencontre du granit sain, et les ingénieurs suédois peuvent construire sans risque imprévu ces

galeries de fuite de grandes dimensions sans galerie d'avancement, sans boisage et sans revêtement.

C'est pour la même raison que les centrales sont généralement exécutées en souterrain et que l'on peut souvent faire l'économie de tout revêtement pour tout ce qui n'est pas fondation de machines.

A notre connaissance, la centrale de Porjus est une des premières en date réalisée en souterrain de grandes dimensions.

L'évacuation des crues par les passes aménagées à cet effet dans les barrages ne pose pas de problème quant aux affouillements en aval des ouvrages. De plus, les rivières se décantant dans de nombreux lacs (90 000 dans toute la Suède) charrient peu d'alluvions de sorte qu'en général il n'est pas nécessaire de prévoir des revêtements des piles et des seuils de barrage.

Par contre tous les barrages sont aménagés de façon à permettre un important flottage des bois (jusqu'à quinze mille troncs par heure) qui sont acheminés par eau jusqu'à leur point d'utilisation, généralement une fabrique de cellulose située à l'embouchure du fleuve.

Bien que toutes ces rivières soient très poissonneuses nous n'avons pas vu d'échelles à poisson dans les installations que nous avons visitées.

En largeur, les passes des barrages ont les mêmes dimensions que chez nous, soit des pertuis de 15 à 25 m; par contre elles sont généralement plus hautes, la partie inférieure étant un seuil fixe souvent évidé, la partie supérieure seule étant mobile sur 10 m de hauteur environ.

Cette partie mobile est presque sans exception réalisée par une vanne à secteur, dont les bras sont obliques par rapport au courant, ce qui est avantageux pour l'écran de la vanne, mais désavantageux pour les rotules. Les prises d'eau sont aussi équipées de vannes à secteur. Les ouvrages d'aménage sont généralement des puits qui, selon les conditions locales, sont construits sous forme de cylindres en béton armé ou sont excavés dans le rocher. De tels puits sous-pression atteignent jusqu'à 100 m de hauteur pour un diamètre de 5,60 m, le tronçon inférieur seul étant parfois blindé.

Ainsi, comme nous l'avons dit plus haut, la centrale et le poste de commande sont de préférence souterrains, avec ou sans le poste de transformation.

Le personnel et le matériel ont accès aux ouvrages souterrains par des puits équipés d'un ascenseur et d'un monte-

charge. Les câbles électriques et les canaux de ventilation sont installés dans des puits secondaires.

Les digues en enrochements sont actuellement en vedette dans la construction des barrages. Selon l'avis de nos collègues suédois elles sont, à sécurité égale ou même supérieure, plus économiques que les barrages en béton. Nous avons pu visiter deux digues de ce type en construction. Dans les deux ouvrages l'étanchéité est assurée par un écran élastique en béton fortement armé placé dans l'axe longitudinal de la digue. L'écran en béton est en outre doublé d'une couche d'argile placée du côté amont. Les détails techniques d'exécution ainsi qu'une coupe en travers d'une digue ont déjà été donnés dans l'article précédent.

Les points délicats de ces digues sont leurs liaisons avec les ouvrages nécessairement exécutés en maçonnerie ou en béton à savoir, la prise d'eau et les déversoirs de crues.

L'auteur de cet article n'est pas complètement persuadé de la supériorité de ce procédé de construction. Il est vrai que ce type de barrage est très répandu aux Etats-Unis, mais il y est généralement imposé par de mauvaises conditions géologiques du sous-sol.

Dans l'ensemble les méthodes de travail ne diffèrent pas sensiblement des nôtres. La mécanisation des chantiers est moins poussée que chez nous; par contre les Suédois ont développé d'une façon remarquable l'outillage utilisé en galerie. Nous avons ces dernières années adopté en Suisse leur méthode de travail et importé de leur matériel.

Le béton brut de coffrages des barrages et des façades des centrales fait un très bon effet, dû d'une part, au fort dosage en ciment des bétons (300 à 350 kg CP par m³) et, d'autre part, aux coffrages bien étudiés et très soigneusement exécutés. La largeur des planches, réduite à 10 cm environ, est fonction du diamètre des arbres débités. Elles sont rabotées et assemblées en panneaux de coffrage de petites dimensions. L'assemblage des panneaux se fait de façon excessivement soignée, les joints des planches étant toujours placés suivant la direction principale de l'ouvrage à coffrer. Par exemple les planches sont placées verticalement pour les piliers et parois. Les arrondis, gorges et arêtes sont coffrés selon le même principe. D'autre part le béton n'étant pas vibré, les coffrages ne subissent pas les fortes poussées qui sont la conséquence de nos méthodes de vibration.

Il n'y a rien de spécial à relever sur les installations de préparation de matériaux et de fabrication du béton. La

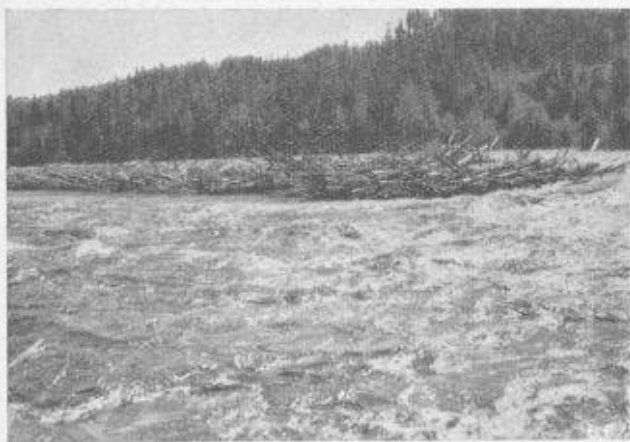


Fig. 9. — Nämforsen à l'aval du barrage.
Curieux amoncellement de bois de flottaison.



Fig. 10. — Cité ouvrière au nord
du Carole polaire.

bonne qualité du sous-sol conduit à des quantités de béton à mettre en œuvre très inférieures à celles dont nous avons l'habitude, par exemple pour nos centrales, galeries, etc.

Le ballast doit presque toujours être concassé car il est très rare d'avoir du gravier et du sable naturel à disposition. L'emploi du procédé « air-entraînement » a été récemment importé d'Amérique, généralement suivant le système « Darex ».

Les travaux de terrassement consistant presque toujours en excavation en rocher, il était d'autant plus intéressant de visiter le grand chantier d'un canal de fuite (Hölleforsen) où 2 millions de m³ de sable et de gravier sont dragués en rivière et réutilisés pour la construction d'une digue. On emploie dans ce but un excavateur auto-mobile américain du type « Marion » pesant 600 t, équipé en dragline avec une benne racluse de 6,5 m³ de capacité et un bras de 60 m de long. Les matériaux sont transportés par engins sur pneus ou mis directement en œuvre sur la digue par l'excavateur. Les spectateurs ont, d'une part, admiré ce « colosse » au travail mais, d'autre part, marqué un certain étonnement, presque un malaise, provoqué par les dimensions hors de toutes proportions de cet engin.

On peut aussi se demander si, étant donné le volume à extraire, de plus petites unités n'auraient pas été plus rationnelles qu'un engin de telles dimensions qui ne peut être transporté qu'avec des moyens à même échelle, dont les pièces de rechange sont coûteuses et qu'il faut amortir rapidement, car les possibilités d'un réemploi sont incertaines.

Les méthodes de construction doivent évidemment tenir compte des hivers longs et froids. A Hårspranget, au nord du cercle polaire, la durée du jour est d'une demi-heure pendant six semaines d'hiver et le thermomètre tombe à -30°. Malgré cela, le travail ne subit qu'une interruption totale de courte durée. Les conditions météorologiques sont une des raisons qui font préférer les digues en pierres aux barrages en béton, et conduisent à construire des centrales souterraines. Sur les chantiers des centrales en plein air on construit d'abord les murs extérieurs, les chemins de roulement des ponts-roulants et la toiture, puis on exécute à l'abri les chambres des turbines, spirales, aspirateurs, etc.

L'œil du visiteur est agréablement surpris par les teintes employées pour orner les constructions et vernir les machines. C'est une transposition sur le plan des constructions hydro-électriques, de l'usage local d'employer des teintes vives pour décorer les habitations suédoises.

Les congressistes ont visité deux grandes réalisations de galeries en cours de travaux comportant des profils d'excavation jusqu'à 190 m². La perforation se fait avec de légers marteaux suédois (environ 23 kg) fixés sur affûts « Jumbo ». La tête des fleurets est en acier « Coromant ». Le travail par équipe permet de réaliser des avancements journaliers de 5 à 6 m. Les mines sont actionnées par détonateurs électriques. Les déblais sont chargés par des pelles mécaniques avec bennes jusqu'à 2,5 m³. Sur l'un de ces chantiers, vu les difficultés rencontrées au début des travaux pour se procurer des véhicules sur pneus, les déblais sont chargés sur des wagons de 30 t à voie normale qui sont acheminés sur les décharges par monte-charge dans des puits de plus de 100 m de hauteur.

Sur l'autre chantier la pelle charge des véhicules sur pneus à grande capacité qui évacuent les déblais sur leur lieu d'emploi par des galeries en rampes inclinées construites à cet effet. Le volume total à excaver sur ce chantier atteint environ 1 million de m³ pour les galeries et la centrale en souterrain. Le rendement et les prix de revient très bas

qui sont les conséquences de cette méthode de travail sont remarquables ; ils sont déterminants pour la réalisation économique des aménagements hydro-électriques.

Les ingénieurs suédois nous ont fait remarquer avec une légitime fierté que tous les employés et ouvriers sont suédois à l'exception de quelques norvégiens. Les conceptions sociales très avancées des Suédois, trouvent matière à de remarquables réalisations notamment en ce qui concerne les conditions de logement et d'alimentation du personnel.

Selon la coutume en Suède centrale et nordique, les maisons sont presque toutes en bois. Sur les chantiers une partie des logements pour les ouvriers sont démontables et, ainsi que nous en avons été informés, ils peuvent être achetés et emportés par les ouvriers à la fin des travaux.

Nous avons en outre remarqué que presque sans exception tous les travaux (excavation, coffrage, bétonnage, etc.) sont donnés en tâche à des groupes, les salaires-horaire minima restant garantis.

EPILOGUE

Les auteurs du présent article s'en voudraient d'achever leur exposé sans relever encore la parfaite organisation du Congrès, la minutieuse préparation du voyage d'études — qui a permis aux participants, grâce à la proverbiale exactitude des Suédois, de visiter le plus de choses possible dans un temps minimum — ainsi que la magnifique hospitalité des Sociétés et Industries suédoises.

Ils tiennent à exprimer ici, une fois encore, leurs remerciements et ceux de tous les participants suisses, au Comité Suédois des Grands Barrages, et plus particulièrement à son président, le sympathique M. Westerberg, et à son secrétaire, le dévoué M. Nilsson.

H. GICOR.

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Communiqués du secrétariat

Voyage d'étude aux Etats-Unis

Le Secrétariat étudie actuellement la possibilité d'organiser un voyage d'étude aux Etats-Unis. Ce voyage comprendrait un séjour d'environ trois semaines dans la région New-York/Chicago avec visite des entreprises et des ouvrages techniques et des œuvres architecturales les plus intéressantes.

Voyage (aller et retour) en avion.

Frais totaux (tout compris), environ 5500 fr., si le voyage peut avoir lieu avant fin mars 1949.

Les intéressés sont priés de s'adresser au Secrétariat de la S. I. A. Beethovenstr. 1, Zurich.

Liste des présidents des sections de la S. I. A.

Argovie : Oscar Richner, ing., Wildegg.

Bâle : Hans-Rudolf Suter, arch., Elisabethenstr. 30, Bâle.

Berne : W. Huser, ing., Mûngerstr. 76, Bern.

La Chaux-de-Fonds/Le Locle : A.-E. Wyss, arch., rue Léopold-Robert 18, La Chaux-de-Fonds.

Fribourg : Léon Desbiolles, ing., Pérolles 23, Fribourg.

Genève : Marcel Humbert, ing., rue de Chantepoulet 4, Genève.

Grisons : H. Conrad, Obering., Nordstr. 1, Coire.

Neuchâtel : J.-J. Du Pasquier, arch., rue des Epancheurs 4, Neuchâtel.