Grande Dixence: données techniques du projet EOS

Autor(en): **Favrat, Louis / Livio, André**

Objekttyp: **Article**

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

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

Heft 6

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-56014

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

$\beta_* = 0{,}75$, les deux vecteurs $\overrightarrow{OE}$ et $\overrightarrow{OE'}$ restent à peu près de la même longueur, mais celui $\overrightarrow{OE'}$ du réglage tachymétrique avec asservissement temporaire est *en retard* sur l'autre, critère d'un pouvoir stabilisateur moins prononcé.

XI. De la rapidité de réponse du régulateur. Généralités

J'ai jusqu'ici procédé à un examen comparatif des deux systèmes de réglage, au point de vue de la stabilité, à savoir celui des petites oscillations qui caractérisent le retour au régime établi. Le fonctionnement du régulateur n'est alors influencé par aucun changement extérieur, puisque la charge du groupe est supposée invariable.

Il s'agit maintenant de considérer l'autre aspect du réglage, celui de la réponse du régulateur en face d'une perturbation. Celle-ci peut provenir soit d'une modification de la charge consommée, soit d'un ordre de réglage, dans les deux cas d'une cause extérieure donnant naissance à un écart que le régulateur a pour tâche de corriger.

Dans la première éventualité, l'action du régulateur est déclenchée par l'accélération et l'écart de vitesse auxquels la modification de charge consommée donne lieu, du fait du déséquilibre qu'elle entraîne entre couple moteur et couple résistant. Le phénomène est régi par l'équation des masses tournantes du groupe. La rapidité de réponse du régulateur sera d'autant meilleure qu'il modifiera plus vite l'ouverture du vannage, en vue de rétablir l'équilibre des couples, et qu'en conséquence l'écart maximum de vitesse sera de valeur plus réduite. Le régulateur est appelé à ce mode de fonctionnement, que le groupe dont il commande le vannage soit en service isolé ou en parallèle avec d'autres ; dans ce dernier cas, il coopère avec les régulateurs des autres groupes pour limiter l'écart de vitesse. Afin de juger de la qualité du régulateur, au point de vue de sa rapidité de réponse, il est donc possible de le considérer en service isolé et tel résultat constaté, dans ces conditions, en sa faveur ou à son désavantage, demeurera évidemment le même dans la marche en parallèle.

La seconde éventualité, au contraire, celle de l'intervention d'un ordre de réglage, suppose généralement un fonctionnement en parallèle du groupe considéré. Bien que le régulateur contribue donc au maintien de la fréquence commune du réseau, on peut, pour étudier d'une façon distincte l'effet d'un ordre de réglage, admettre que la vitesse du groupe (fréquence) est rigoureusement maintenue par tout l'ensemble interconnecté. L'ordre de réglage est alors produit (par action sur le mécanisme d'asservissement permanent du régulateur) pour modifier la puissance fournie par le groupe. Cet ordre de réglage peut provenir soit d'une intervention à main (sur les boutons de commande du dispositif de changement de vitesse), soit du jeu d'un appareil automatique agissant en fonction d'une consigne horaire ou contrôlant la valeur de la puissance échangée par une ou plusieurs interconnexions (réglage puissance-fréquence).

Je reviendrai avec plus de détails sur ce sujet au chapitre XIV et examinerai d'abord la question de la rapidité de réponse, dans le cas d'une modification de la charge consommée. Je le ferai en premier lieu sans tenir compte d'aucun effet perturbateur, puis en introduisant celui que procure le coup de bélier dans le système d'alimentation d'une turbine hydraulique.

(A suivre).

GRANDE DIXENCE

Données techniques du projet EOS

par Louis FAVRAT, ingénieur en chef
et André LIVIO, ingénieur en chef-adjoint

Avant-propos

L'idée de l'agrandissement du bassin d'accumulation de la Dixence, pour créer une grande réserve d'énergie d'hiver, revient au Service fédéral des eaux. (Voir publication nº 30 du S. F. E. 1945.)

Un des avantages de ce projet sur ceux qui ont déjà été étudiés dans d'autres régions de la Suisse, provient de la très forte proportion de glaciers de son bassin d'alimentation. Il en résulte que pour les années de grande sécheresse, les apports ne seront pas insuffisants grâce à la fonte de la glace.

Il convient de relever aussi qu'aucune agglomération humaine n'est touchée et qu'aucun terrain agricole de valeur n'est submergé. A côté des rochers, des éboulis et des graviers, seuls seront recouverts de maigres alpages entre les cotes 2240.00 et 2365.00.

Par la suite la S. A. l'Energie de l'Ouest Suisse (EOS) à Lausanne, a repris ce vaste projet en l'adaptant aux conditions particulières d'exploitation de ses usines. Cet aménagement se ferait en quatorze étapes sur la base d'une augmentation de la production d'énergie d'hiver de 100 millions de kWh d'étape en étape. La réalisation de l'ensemble des ouvrages permettra d'atteindre la production totale de 1400 millions de kWh.

L'eau accumulée ne sera pas utilisée dans une seule nouvelle usine à Chandoline (Sion). Elle sera répartie entre l'usine de Chandoline d'une part et les usines existantes ou à créer le long de la Dranse et à Guercet-Martigny d'autre part.

Une des particularités les plus importantes du projet EOS est qu'il a été possible d'amener par gravité tous les apports nouveaux (soit 350 millions de m³ d'eau), dans le bassin de la Dixence agrandi, cela sans aucune station de pompage, et dans de bonnes conditions de réalisation.

Le barrage et le bassin d'accumulation

Le nouveau barrage de la Dixence est situé à 500 m en aval et au nord du barrage existant, à un endroit où la topographie du rocher se prête admirablement bien à la construction d'un grand ouvrage (fig. 1).

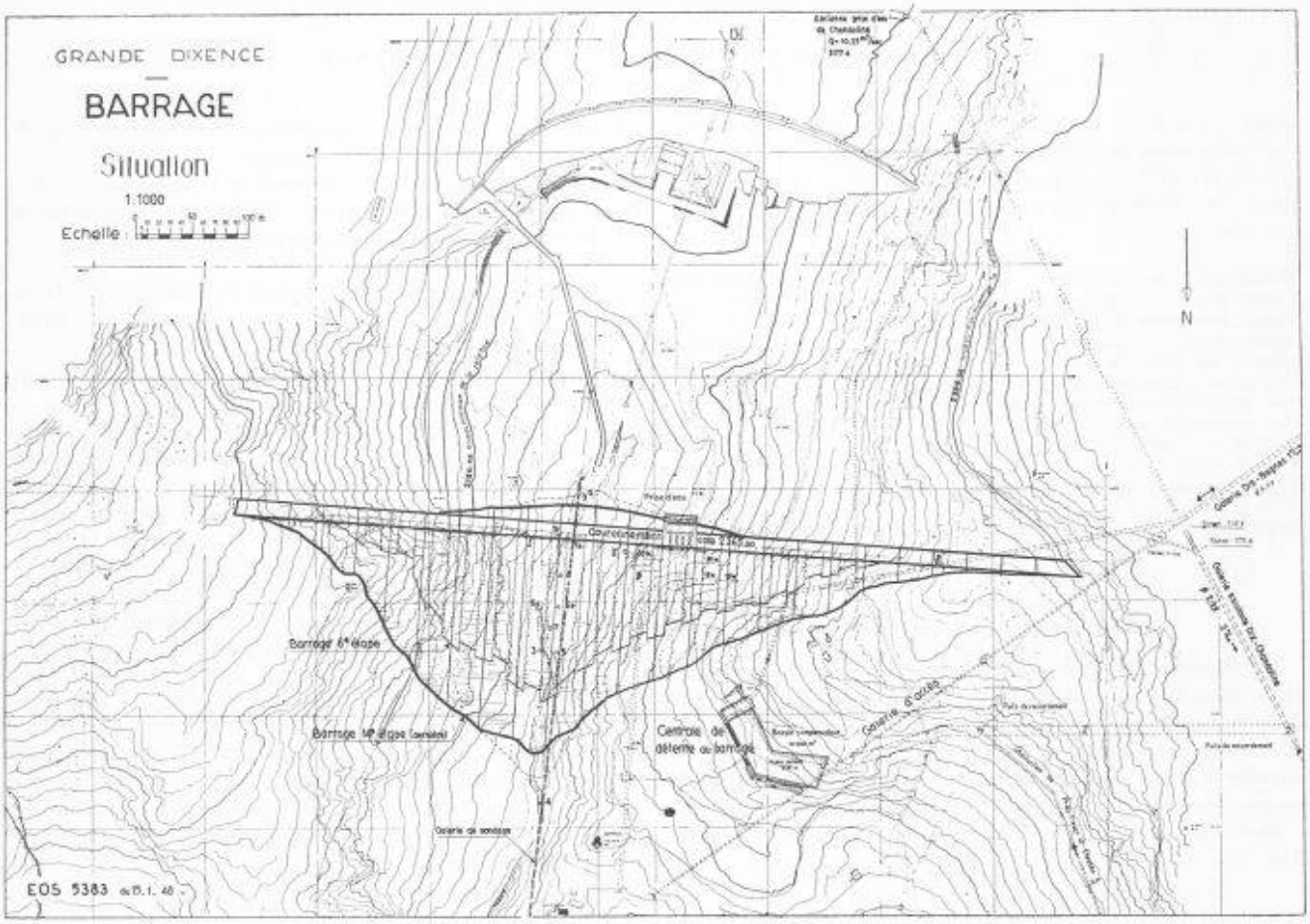
Les recherches géologiques basées tant sur l'examen de l'emplacement général que sur celui des sondages déjà exécutés, soit par galeries latérales, soit par forages en profondeur, ont démontré les conditions favorables pour l'assise du nouvel ouvrage et son étanchéité.

Il s'agit d'un barrage à gravité, massif, étudié spécialement en vue de la construction par étapes successives, sans avoir à bétonner dès le début toute la largeur de la base définitive (fig. 2).

Le niveau du couronnement est à la cote 2365, soit 124 m plus haut que le barrage existant qui, lui, sera noyé.

Il n'est pas possible de surélever dans d'aussi grandes proportions le barrage actuel de la Dixence, parce qu'il n'a pas été prévu pour cela lors de sa construction et que la topographie du rocher, à cet endroit, ne s'y prête pas.

Le nouveau barrage une fois achevé permettra d'accumuler, en supplément des 50 millions de m³ du lac de la Dixence



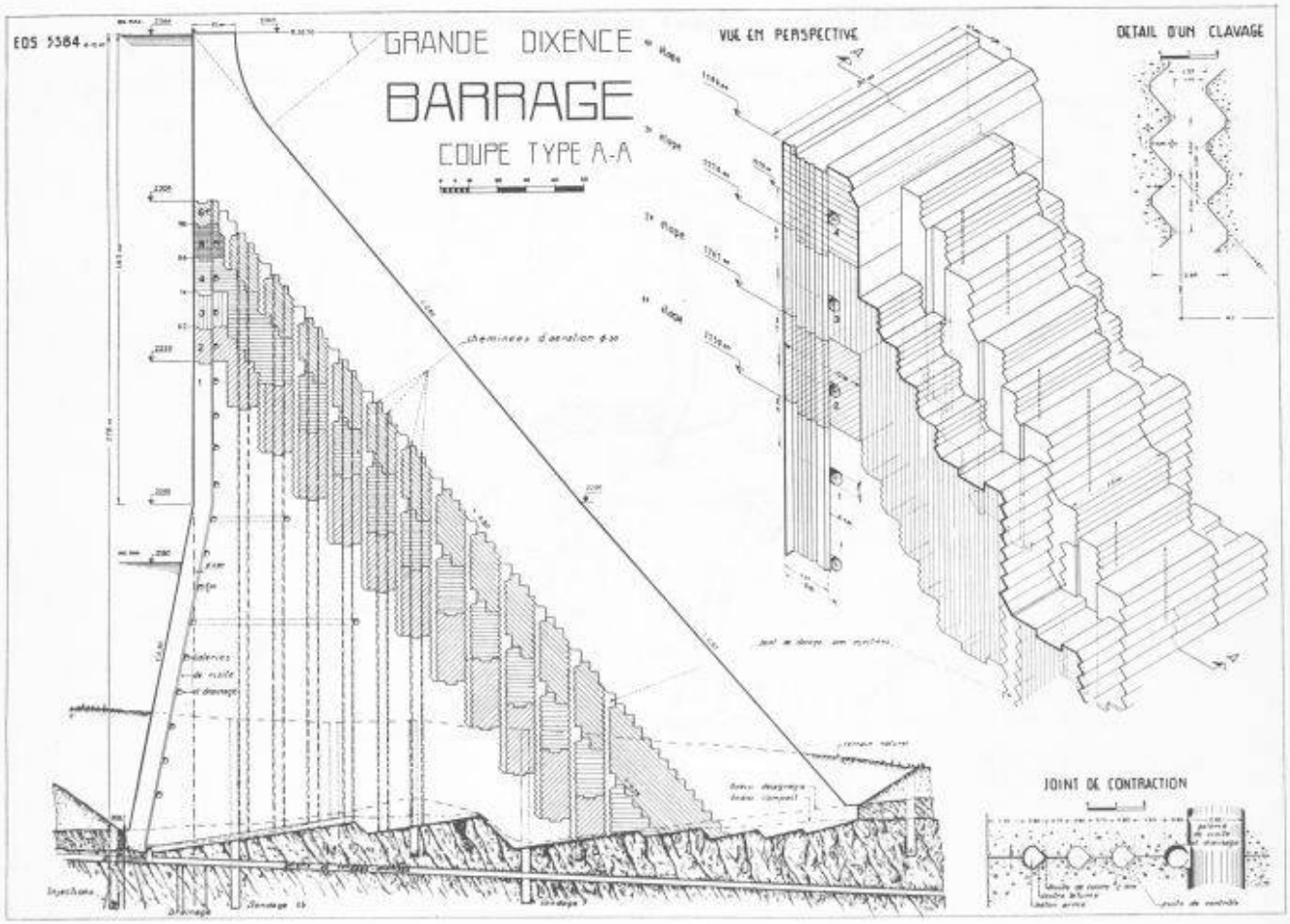


Fig. 1 et 2. — Barrage, plan de situation et coupe en travers type.

actuel, un volume de 350 millions de m³ d'eau. *La réserve totale sera ainsi de 400 millions de m³ d'eau.*

Les caractéristiques principales du barrage prévu, telles qu'elles résultent des calculs statiques détaillés et des métrés, sont les suivantes :

Niveau du couronnement	2 365 m
Niveau maximum de la retenue	2 364 m
Niveau minimum de la retenue	2 180 m
Longueur du couronnement	750 m
Largeur du couronnement	15 m
Plus grande hauteur sur fondation	278 m
Plus grande hauteur sur terrain naturel	230 m
Plus grande largeur à la base	250 m
Volume total de l'excavation des fouilles	1 000 000 m³
Volume total du béton	6 400 000 m³

A son niveau maximum la retenue aura une superficie totale de 4 km².

La plus grande longueur du lac sera de 5,5 km et sa largeur moyenne de 0,73 km.

Le bassin versant et les débits

L'ensemble du bassin versant s'étend du massif du Mont Rose, dans la région de Zermatt, à celui du Grand Combin, dans la vallée de Bagnes (fig. 3).

Il comprend à l'est de la Dixence :

la vallée d'Arolla avec les glaciers de Vouasson, des Aiguilles rouges, des Ignes, de Tsidjiore Nouve, de Pièce, de Vuibé, du Mont Collon, d'Arolla, des Bouquetins, de Bertol et de la Tsa ;

la vallée de Ferpècle avec les glaciers du Mont Miné, de Ferpècle, de Manzettes, de la Dent Blanche et de Bricola ;

la vallée de Zermatt avec l'Arbgletscher, le Hohwänggletscher, le Zmuttgletscher, le Matterhorngletscher, le Furggletscher, le Theodulgletscher et le Gornergletscher.

A l'ouest de la Dixence :

la vallée de Bagnes avec les glaciers de Sevreu, du Crêt, de Giètroz, de Lire Rose, de Breney, d'Otemma, de Crête-Sèche, de Fenêtre, du Durand et de Tsessette.

La superficie totale du bassin versant, tel que décrit ci-dessus est d'environ 300 km².

La surface recouverte de glaciers est approximativement de 215 km². La glaciation atteint en moyenne, pour l'ensemble du bassin versant, la très forte proportion de 72 %.

Les apports bruts de la totalité des nouveaux bassins versants sont d'environ 500 millions de m³ d'eau. Le projet d'EOS prévoit l'utilisation de 350 millions de m³. Il reste donc une marge très appréciable qui tient compte de l'eau nécessaire pour les installations de dessablage des prises d'eau, les besoins de l'irrigation, la pêche et le tourisme.

Prises d'eau et galeries d'adduction

L'altitude des prises d'eau varie de 2375 à 2450 m pour celles qui sont à l'est de la Dixence et de 2368 à 2376 pour celles qui sont à l'ouest. Les eaux ainsi captées sont dirigées sur le lac de la Dixence par deux grandes galeries collectrices à écoulement libre.

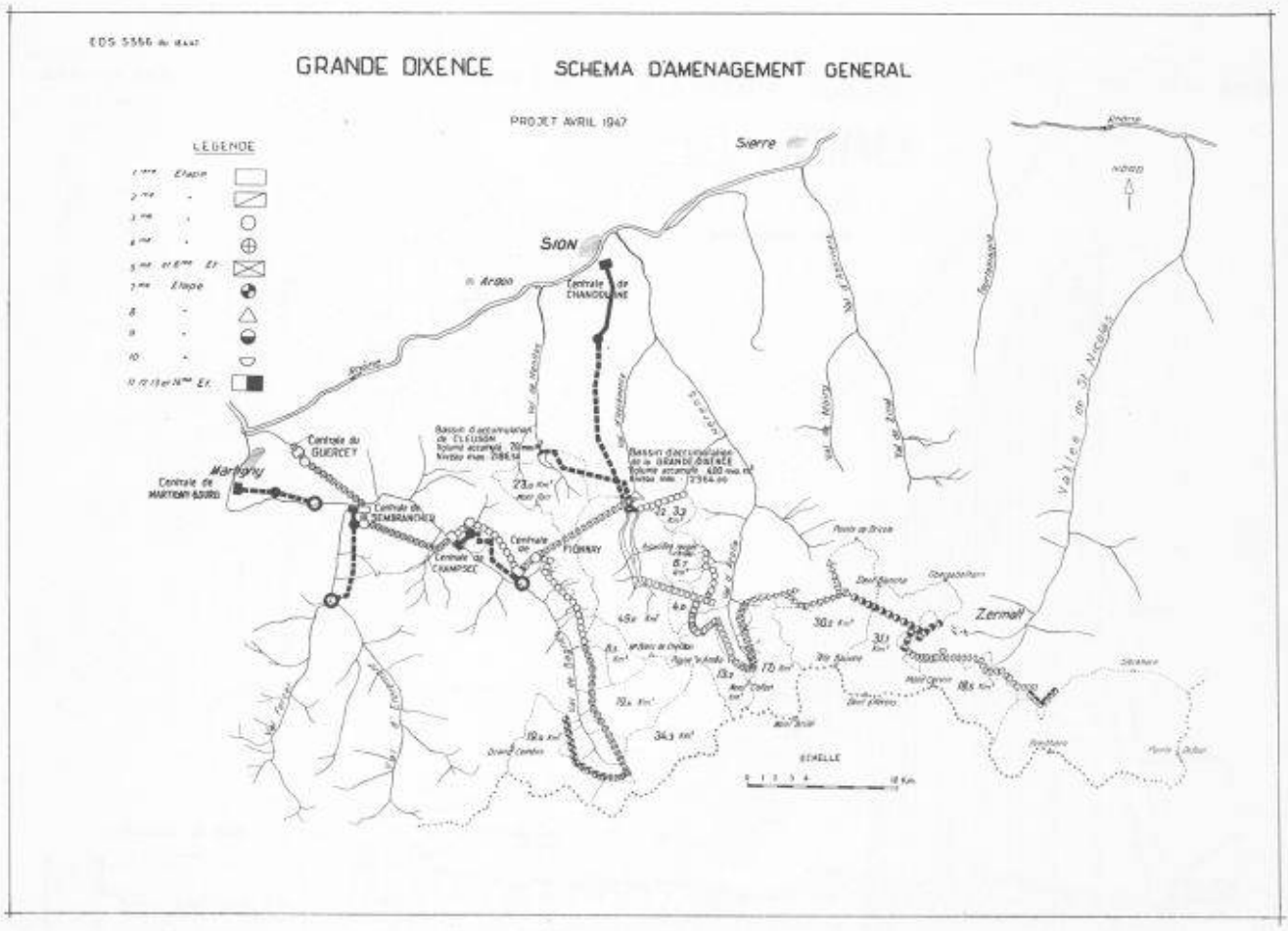


Fig. 3. — Schéma d'aménagement général.

Adductions à l'est de la Dixence :

Longueur totale de la galerie principale	41,73 km
Longueur des galeries secondaires	12,64 km
Nombre de prises d'eau ordinaires	21
Nombre de prises d'eau sous-glaciaires	7
Quantité d'eau dérivée dans le lac de la Dixence	240 millions de m³

Adductions à l'ouest de la Dixence :

La longueur totale de la galerie principale	23,58 km
Nombre de prises d'eau ordinaires	14
Nombre de prises d'eau sous-glaciaires	—
Quantité d'eau dérivée dans le lac de la Dixence	110 millions de m³
Aux galeries d'adduction il faut encore ajouter le tunnel Val des Dix-Bagnes	8,45 km

En résumé :

Nombre total des prises d'eau ordinaires	35
Nombre total des prises d'eau sous-glaciaires	7
Longueur totale développée des galeries d'adduction (principales et secondaires)	86,4 km

Les usines

Le projet EOS prévoit l'utilisation de 25 millions de m³ d'eau supplémentaires dans l'usine de Chandoline, qui conservera son équipement actuel soit au total 100 millions de m³ y compris les 20 millions de m³ provenant du bassin de Cleuson. Les 325 millions de m³ restants seront utilisés dans quatre centrales dont trois sont prévues souterraines et une à ciel ouvert, soit :

la centrale souterraine de Fionnay, avec des groupes de 38 00 kW.
la centrale souterraine de Champsec avec des groupes de 27 000 kW ;
la centrale extérieure de Sembrancher avec des groupes de 9000 kW ;
la centrale souterraine du Guercet-Martigny avec des groupes de 13 500 kW.

L'équipement de chacune de ces usines comprend sept groupes de même puissance, chaque groupe étant capable de travailler l'eau de deux étapes, soit 50 millions de m³ en 2250 heures.

Au pied du barrage de la Dixence sera installée une usine de détente de 18 000 kW, destinée à l'alimentation de l'usine de Chandoline, soit pendant la période où le plan d'eau du barrage sera supérieur à 2240,50. L'usine de Chandoline fonctionnera donc sous la même pression qu'actuellement.

Caractéristiques principales des usines

Usine de Fionnay

Prise d'eau directement dans le lac de la Dixence.

Galerie d'amenée sous pression :	
Longueur	8,45 km
Diamètre	4,00 m
Pente	1 ‰
Cheminée d'équilibre à Louvie :	
Deux puits blindés Louvie-Fionnay ayant chacun :	
Longueur	1250 m
Diamètre	2,60
Pente	74 %
Niveau supérieur du lac	2364 m.
Niveau axe des injecteurs	1485 m
Chute brute	879 m
Débit maximum	45 m³/sec
Equipement	7 groupes 38 000 kW

Usine de Champsec

Prise d'eau dans le bassin de compensation de l'usine de Fionnay.

Galerie d'amenée sous pression :	
Longueur	4,9 km
Diamètre	4,00 m
Pente	2 ‰
Cheminée d'équilibre à Sarrayer :	
Deux puits blindés, ayant chacun :	
Longueur	1350 m
Diamètre	6,60 m
Pente	50 %
Niveau supérieur du bassin de compensation à Fionnay	1482,50
Niveau axe des injecteurs	910 m
Chute brute	572,50
Débit maximum	45 m³/sec
Equipement	7 groupes de 27 000 kW

Usine de Sembrancher

Prise d'eau dans le bassin de compensation de l'usine de Champsec.

Galerie d'amenée sous pression :	
Longueur	6880 m
Diamètre	4 m
Pente	2 ‰
Cheminée d'équilibre aux Fontanettes :	
Deux conduites forcées, chacune,	
Longueur	420 m
Diamètre	2,30 m
Pente variable.	
Plan d'eau supérieur du bassin de compensation de Champsec	910 m
Niveau supérieur de restitution à Sembrancher	725 m
Chute brute	185 m.
Débit maximum	45 m³/sec
Equipement	7 groupes de 9000 kW

Usine du Guercet

Prise d'eau dans le bassin de compensation de l'usine de Sembrancher.

Galerie d'amenée sous pression :	
Longueur	4450 m
Diamètre	4,20 m
Pente	2 ‰
Cheminée d'équilibre au Mont-Chemin :	
Un puits blindé :	
Longueur	500 m
Diamètre	3,50 m
Pente	65 %
Niveau supérieur du bassin de compensation	725 m
Chute brute	267,30 m
Débit maximum de l'eau provenant de la Dranse d'Orsières	50 m³/sec
Equipement	7 groupes de 13 500 kW

La réalisation par étapes

L'ensemble du projet a été prévu pour une réalisation en quatorze étapes, comme déjà dit plus haut, chacune se justifiant, tant du point de vue constructif que du point de vue économique.

Il n'est toutefois pas exclu que plusieurs étapes soient groupées, pour assurer dès le début, par une réalisation plus rapide des ouvrages, une mise à disposition d'énergie d'hiver plus importante.

Les ouvrages de la première étape comprennent :

le nouveau barrage arasé à la cote 2250 soit 9 m plus haut que le couronnement du barrage existant, correspondant à un volume de béton de 1,5 million de m³ ;

le premier tronçon de la galerie d'adduction côté est de la Dixence, collectant 25 millions de m³ d'eau de la vallée d'Arolla jusqu'au glacier du Mont Collon y compris.

Cette première tranche d'eau sera acheminée par les ouvrages existants sur l'usine de Chandoline à Sion.

A partir de la deuxième étape, l'eau accumulée à la Dixence sera dirigée sur la vallée de Bagnes pour être utilisée dans

l'usine à construire à Fionnay et dans les usines existantes d'E O S à Champsec et à Martigny-Bourg.

Pendant les troisième et quatrième étapes on construira les nouvelles usines de Champsec et de Sembrancher et celle du Guercet près de Martigny.

Dès la cinquième étape les travaux ne comporteront plus que :

a) la construction de nouvelles prises d'eau et le prolongement des galeries d'adduction ;
b) la surélévation du barrage ;
c) l'installation de nouveaux groupes dans les centrales.

La construction du barrage

Le type du barrage a été tout spécialement étudié en vue de la surélévation successive. Pour cela il a été tenu compte des derniers progrès de la technique et particulièrement en ce qui concerne la mise en place du béton, la répartition des joints de contraction, le refroidissement des blocs de bétonnage, les surfaces de reprise et l'étanchéité du parement amont.

Le volume du barrage pour la première étape est de 1 500 000 m³.

Pour les autres étapes il s'agit d'une quantité variant d'environ 300 000 à 500 000 m³.

En conséquence les installations de bétonnage ont été prévues pour la mise en place de 5000 m³ de béton par jour, c'est-à-dire environ 150 000 m³ par mois. Ce qui donne pour le barrage complet environ quarante-trois mois de travail de bétonnage. En comptant avec 10 % d'imprévus, on peut admettre qu'il faudra au total quarante-huit mois de travail pour l'ouvrage complet.

D'après les expériences faites pendant la construction du barrage de la Dixence, de 1933 à 1935, on peut compter — avec une organisation rationnellement étudiée — travailler six mois par an, soit du 1er mai au 31 octobre.

Principales installations de chantier

Les agrégats, sable et gravier, proviendront des vastes dépôts morainiques du glacier de Praz-Fleuri situé à quelque 2 km à l'ouest du nouveau barrage.

Il s'agit de matériaux appartenant à des roches primaires, roches cristallines, gneiss. Un moyen de transport continu les amènera à l'usine à béton sur l'épaulement gauche du barrage.

La granulométrie de ces agrégats a été choisie entre 0 à 250 mm. Le classement se fera en cinq composantes de : 0 à 2 mm ; 2 à 10 mm ; 10 à 50 mm ; 50 à 150 mm ; 150 à 250 mm.

Les engins de mise en place seront :

deux groupes de blondins fixes avec passerelles suspendues pour la partie amont et le couronnement,
deux groupes de blondins mobiles pour la partie aval.

Le ciment et les autres matériaux seront transportés de Sion par deux téléphérages d'un rendement de 50 tonnes par heure chacun.

Prises d'eau sous-glaciaires

Il a été prévu sept prises d'eau sous-glaciaires. Il s'agit d'ouvrages pour lesquels E O S a déjà fait de longues études et dont les plans de principe sont prêts. On a profité pour cela des expériences réalisées sur un ouvrage existant, pour un important débit, sous un glacier du massif du Mont-Blanc.

Ces ouvrages robustes et simples comportent en général deux parties bien distinctes ; la prise proprement dite, adaptée aux conditions locales des cuvettes rocheuses sous le glacier et les installations de dégravage et dessablage.

La forme du lit rocheux sera déterminée par des galeries de sondage et par des forages mécaniques exécutés depuis la galerie.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE

Diplômes.

L'Ecole polytechnique a décerné, sur proposition du Conseil des professeurs de l'Ecole d'ingénieurs et avec l'approbation de l'Université, les diplômes suivants :

Section génie civil : Dupuis Jean-Jacques (Vaud), Béguin Philippe (Neuchâtel), Boissonnas Hugues (Genève), Borel Pierre (Neuchâtel), Courtot Paulin (France), Deléglise Bernard (Valais), Duttweiler Pierre [4] (Zurich), Glardon Emile [1] (Vaud), Knobel Hans (Vaud), Meyer René (Argovie), Rossetti Etienne (Vaud), Tappy Pierre (Vaud).

Section mécanique : Duval André (France), Erzinger Charles (Zurich), Gardiol Michel (Vaud), Gueissaz Charles (Vaud), Lewlin Maurice (Fribourg), Noverraz Pierre (Vaud), Prim Pierre (France), Ravussin Philippe [2 4] (Vaud), Moch Alfred [3] (Berne).

Section électricité : Wild Jean-Pierre (Saint-Gall), Baggenstos Gaston (Schwytz), Bojadzijevic Petko (Yougoslavie), Cousin Henri (France), Lalmant Jean (France), Lambert Jacques (Genève), Schmidt Bernard (Vaud), Villard René (Vaud), Viret Robert (Vaud).

Section chimie : Feigenbaum Louis (France), Türkölmez Sedat (Turquie).

Section géomètre : Mosini Oscar (Vaud).

BIBLIOGRAPHIE

Practical design of simple steel structures, par *David S. Stewart*. — 3e édition. — Constable & Company Ltd, 10 Orange Street, London WC 2, 1947. — Deux volumes in-8 comprenant en tout 490 pages, 445 figures, 11 planches hors-texte et de nombreux tableaux numériques.

Ce traité de constructions métalliques s'adresse aux étudiants qui possèdent déjà des notions de résistance des matériaux ainsi que les premiers éléments de la pratique des constructions.

L'auteur analyse surtout les questions de détail, tant au point de vue théorique qu'au point de vue technique, en mettant cependant l'accent sur les problèmes constructifs. Il ne fait appel, dans la mesure du possible, qu'aux mathématiques élémentaires, tout en laissant entrevoir au futur ingénieur la nécessité pour lui d'acquérir des notions plus étendues en mathématiques et en mécanique s'il veut dominer son sujet.

Sans ignorer les principes généraux, l'auteur réserve la plus large part aux applications. Il vise ainsi à mettre en mains de son lecteur un instrument à l'aide duquel celui-ci

[1] Lauréat du prix *Dommer*.
[2] Lauréat du prix de l'*Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique*.
[3] Lauréat du prix de la *Société vaudoise des ingénieurs et des architectes*.
[4] Lauréat du prix *Grenier*.