PLACE MOULIN

PLACE MOULIN DAM

Arch-gravity, in concrete

Hydrographic basin:
Dora Baltea
River: Buthier
Region: Valle d'Aosta
Construction period: 1961-1965

BARRAGE DE PLACE MOULIN

Poids voûte, en béton

Bassin hydrographique:
Dora Baltea
Cours d'eau: Buthier
Région: Vallée d'Aoste
Période de construction: 1961-1965

1. FEATURES OF THE RESERVOIR

Purpose: Flow regulation to allow transfer, from the summer to the winter period, of more than 300 GWh power produced by the following hydroelectric plants on the Dora Baltea river.

Location: Upper valley of the Buthier torrent (Valle d'Aosta), over a length of about 4 km between Place Moulin (where the dam is situated) and Prarayer, both within the municipality of Bionaz.

Main data:

Normal water level	1,968.00 m a.s.l.
Maximum water level	1,969.00 m a.s.l.
Storage capacity	105.00 x 10^6 m^3
Catchment area:	
natural	74 .00 km^2
diverted	63.00 km^2
total	137.00 km^2
including glaciers (19.70%)	27.00 km^2

2. GEOLOGICAL FEATURES

Reservoir: The valley section where the reservoir is located consists of a rock formation belonging to the so-called "Valpelline series", which also constitutes the entire bottom of the valley and most of the Buthier upper valley slopes.
This rock formation consists of crystalline schists produced by the metamorphism of very old sea bottom deposits, and includes various type rocks, mostly "kinzigiti" and "calcefiri".

1. CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR

Destination: Régulation des écoulements de manière à permettre le transfert de la période estivale à la période hivernale de plus de 300 GWh à produire dans les aménagements du Buthier et dans ceux qui suivent sur la Dora Baltea.

Situation: Il occupe un tronçon de la haute vallée du torrent Buthier (Vallée d'Aoste) sur une longueur de 4 km environ, compris entre les localités Place Moulin (où s'élève le barrage) et Prarayer, toutes les deux dans la commune de Bionaz.

Données principales:

Niveau de retenue normal	alt. 1 968,00 m
Niveau de remplissage maximal	alt. 1 969,00 m
Capacité de la retenue	105,00 x 10^6 m^3
Surface du bassin versant:	
directement sous-tendu	74,00 km^2
dérivations	63,00 km^2
total	137,00 km^2
dont aire glaciaire (19,70%)	27,00 km^2

2. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES

Réservoir: Le tronc de la vallée intéressé par le réservoir est constitué par une formation rocheuse appartenant à ladite "série de Valpelline" qui forme également tout le fond et la majeure partie des versants de la haute vallée du Buthier.
Il s'agit d'un ensemble de schistes cristallins dérivant du métamorphisme de sédiments très anciens de fond marin qui comprend des roches de nature variée, parmi lesquelles principalement "kinzigite" et "calcephyres".

Site of the dam: It is characterised by a marked U-shape with slopes steeply rising to a great height above the broad and flat valley bottom, in which the torrent has cut its bed to a depth of some 10 m.

The banks are in a slightly oblique direction with respect to the line of the deep narrow channel of the valley (NE, SW).
Bedrocks include "kinzigiti", kinzigitic gneiss, amphibolites, "calcefiri" and marbles.

At the foot of the right bank of the Buthier, on its natural inward slope, there is an area of high tectonic stress, with sheer rocky banks that appear to be fractured to a varying extent, or split into thin layers, with frequent bands of cataclastic or mylonitic material.

Investigations: The following preliminary investigations were carried out:

a) in situ:

- some 100 exploratory soundings, 70 to 100 m deep, with continuous sampling of the bored soil, for approximately 5,000 m;
- a 157 m long adit, excavated through the rock formation of the valley bottom near the foot of the right slope, at El. 1,857 m a.s.l., in a radial upstream direction with respect to the structure;
- research on the static-elastic modulus supported by measurement of rock deformation by means of jacks inside headings, situated at approximately El. 1,900 m a.s.l., on the left and right slopes, and in the aforementioned valley bottom adit;

Emplacement du barrage: Il est caractérisé par une forme accentuée en U, avec des flancs qui s'élèvent très haut en pente raide au-dessus du fond de la vallée, large et plat, dans lequel le torrent a creusé son lit jusqu'à une profondeur de 10 m environ.

La direction des bancs est légèrement oblique par rapport à celle du sillon de la vallée (NE-SO).
Les roches d'implantation sont formées de kinzigites, gneiss kinzigitique, amphibolytes, calcephyres et marbres.

Au pied du bord droit, à côté de l'encaissement du lit naturel du Buthier, s'étend une zone d'intense contraintes tectoniques dans laquelle les bancs rocheux, fortement redressés, apparaissent plus ou moins fracturés ou laminés, et présentent une succession de bandes de matériaux cataclastiques ou mylonitiques.

Enquêtes géologiques et géotechniques: Dans une phase préliminaire, on a effectué les enquêtes suivantes:

a) in situ:

- sondages de reconnaissance comprenant une centaine de forages de 70 à 100 m de profondeur avec extraction continue d'échantillons des terrains traversés, pour un total de 5 000 m environ;
- galerie de reconnaissance de 157 m de longueur creusée d'aval en amont, à 1 857 m d'altitude, dans la formation rocheuse du fond de vallée près du pied du flanc droit, suivant une direction radiale par rapport à la structure;
- recherche de la valeur du module élastique statique au moyen de la mesure de déformation de la roche avec l'emploi de verins, à l'intérieur de galeries prédisposées à 1 900 m d'altitude environ dans les flancs droits et gauches et dans la galerie de reconnaissance du fond de vallée sus-mentionnée;

- research on the dynamic elastic modulus by measurements of the seismic wave propagation velocity, throughout the surface of the dam foundations.

b) laboratory:

- tests on samples obtained from the rock formation, to determine the modulus of elasticity and mechanical breaking resistance(compression and tension).

During construction:

in situ:

- research on the static elasticity modulus (before and after grouting), supported by measurement of the deformation of the internal surface of headings, excavated on the right and left slopes at El. 1,905 m a.s.l., and subjected to water pressure;
- research on the dynamic elastic-modulus by measurements of propagation velocity throughout the dam foundations.

During the experimental phase:

- monitoring of variations that occurred after a given time, by means of periodical measurements of the elastic properties of the rock formation supported by the dynamic and static methods mentioned above.

- recherche de la valeur du module élastique dynamique au moyen de mesures de vitesse de propagation des ondes sismiques à travers des parcours intéressant la surface du fond rocheux du barrage;

b) en laboratoire:

- essais sur des échantillons extraits de la formation rocheuse pour la détermination du module élastique et de la résistance mécanique à la rupture (compression et tension).

En phase de construction:

in situ:

- recherche de la valeur du module élastique statique (avant et après la consolidation par injections de ciment) au moyen de mesures de déformation de la surface interne de galeries creusées dans les flancs droit et gauche, à 1 905 m d'altitude, sous pression hydraulique;
- recherche de la valeur du module élastique dynamique au moyen de mesures de vitesse de propagation à travers des parcours intéressant également en profondeur le fond rocheux du barrage.

En phase expérimentale:

- contrôle des variations dans le temps au moyen de mesures périodiques des propriétés élastiques de la formation rocheuse avec les méthodes statiques et dynamiques sus-mentionnés.

3. FEATURES OF THE DAM

Type: Arch-gravity, in concrete.

Main geometric data:

Crest height (at El. 1,970 m a.s.l.): above deepest point of foundation	155.00 m a.s.l.
Freeboard:	
from normal water level	2.00 m
from maximum water level	1.00 m
Crest length	678.00 m
Chord of the middle fibre crest arc	480.00 m
Rise of the middle fibre crest arc	133.00 m
Ratio of the chord of the middle fibre crest arc to maximum height of dam	3.10
Thickness of main section:	
at the top	6.44 m
at the base	41.94 m
Radii of extrados:	
at the top	286.88 m
at the base	226.72 m
Radii of intrados:	
at the top	277.50 m
at the base	155.31 m
Volume of dam	1.51×10^6 m^3

The angular width of the arches ranges between a maximum of 117° at crest, and about 70° towards lower arches.

The middle fibre radius of the arches varies, in turn, from about 200 m at the foot to 282.18 m at the crest.

3. CARACTERISTIQUES DU BARRAGE

Type: Poids voûte, en béton.

Données géométriques principales:

Hauteur du plan de couronnement (alt. 1 970,00 m): au-dessus du point le plus bas des fondations	alt. 155,00 m
Revanche par rapport à la crête:	
au-dessus du niveau de retenue normal	2,00 m
au-dessus du niveau de remplissage maximal	1,00 m
Développement en crête	678,00 m
Corde de l'arc de fibre moyenne du couronnement	480,00 m
Flèche de l'arc de fibre moyenne du couronnement	133,00 m
Rapport entre la corde de l'arc de fibre moyenne du couronnement et la hauteur maximale du barrage	3,10
Epaisseurs de la section principale:	
au couronnement	6,44 m
à la base	41,94 m
Rayons d'extrados:	
au sommet	286,88 m
à la base	226,72 m
Rayons d'intrados:	
au sommet	277,50 m
à la base	155,31 m
Volume du barrage	$1,51 \times 10^6$ m^3

L'ouverture de l'angle des arcs varie d'un maximum de 117° au couronnement pour arriver graduellement vers les arcs inférieurs à 70° environ.

Les rayons de fibre moyenne des arcs varient à leur tour en croissant de 200 m environ au pied à 282,18 m à l'arc de couronnement.

Structure: The dam consists of a double-curvature structure, virtually symmetrical with respect to the main section plane, with a curved upstream face, according to an analytical law of the third order, and thicknesses that increase according to a similar law. The arches, which are horizontal sections of the dam, gradually increase in thickness from the key to the springing.

The arch rests on a concrete foundation surface, which runs along the excavation with a variable thickness and extends up to the crest to form abutments, which are 87 m long on the right bank and 18 m long on the left bank.

The structure is divided radially into 43 blocks by 42 radial joints, formed by ruled surfaces with horizontal generatrixes, converging to the respective centres of curvature of the middle-fibre arches; in a circumferential direction it evidences a joint running along the central surface of the foundation surface and of the structure up to El. 1,890 m a.s.l. (80 m below the crest).

The structure is provided with appropriate drainage, inspection and access systems. The drainage system consists of 215 x 25 cm diameter pipes, almost vertical, placed near the upstream face at a distance of 2.50 m.

The inspection system includes:

- a peripheral gallery running along the whole length of the surface supporting the structure, on the foundation surface near the upstream face;
- a peripheral gallery running along the surface supporting the structure, on the foundation surface, at the circumferential joint, limited to the extension of the latter;

Structure de l'ouvrage: La structure est constituée par un solide à double courbure, pratiquement symétrique par rapport au plan de la section principale, avec parement amont incurvé selon une loi analytique du troisième ordre et des épaisseurs croissantes selon une loi analogue; les arcs, sections horizontales du barrage, ont des épaisseurs graduellement croissantes de la clé à la naissance.

La voûte repose sur un pulvino de fondation qui se développe le long du profil d'excavation suivant une épaisseur variable jusqu'à arriver à former au couronnement des culées de 87 m de longueur sur le bord droit et de 18 m sur le bord gauche.

La structure comprend 43 blocs divisés par 42 joints radiaux présentant une surface réglée avec des génératrices horizontales convergentes aux centres de courbure respectifs des arcs de fibre moyenne et, dans le sens de la circonférence, un joint suivant la surface médiane du pulvino et de la structure jusqu'à 1 890 m d'altitude (80 m au-dessous du plan de couronnement).

L'ouvrage est doté de systèmes appropriés de drainage, de visite et d'accès. Le système de drainage est constitué par 215 tuyaux quasi verticaux de 25 cm de diamètre disposés au voisinage du parement amont à des entaxes de 2,50 m.

Le système de visite comprend:

- une galerie périmétrale se développant sur toute la longueur de la surface d'appui des structure sur le pulvino au voisinage du parement amont;
- une galerie périmétrale se développant le long de la surface d'appui de la structure sur le pulvino en correspondance du joint de circonférence et limitée à la longueur de celui-ci;

- 4 horizontal galleries in the lower section of the structure, situated at the circumferential joint;
- 3 horizontal galleries in the upper section of the structure, near the upstream face;
- two 80 m long horizontal galleries, situated in the rock formation of the left and right abutments at El. 1,906 m a.s.l., in a tangential direction with respect to the arch.

Access to the inspection galleries located inside the dam is provided by:

- an access gallery from the warden house;
- a lift connecting the upper inspection galley to the lower peripheral gallery;
- two downstream access galleries, leading to the inspection galleries at El. 1,906 m a.s.l., on the right and left banks;
- one transversal exit gallery at the downstream toe, on the dam's centre line;
- a passage connecting the access gallery to the bottom outlet and to the control house.

4. OUTLETS

The reservoir is provided with a spillway, a mid-level outlet, a bottom outlet and a reservoir drain.

Spillway: Located on the right bank, it consists of an approximately 101 m long overflow structure, flanked by two sills controlled by flap gates, each measuring 8 x 3.50 m. The automatically operated gates are also equipped with a servomotor which can be remote-controlled from the warden house.

- 4 galeries horizontales dans la zone inférieure de la structure, disposées en correspondance du joint de circonférence;
- 3 galeries horizontales dans la zone supérieure de la structure, disposées au voisinage du paramètre amont;
- 2 galeries horizontales de 80 m de longueur, dans les formations rocheuses des appuis de droite et de gauche, à 1 906 m d'altitude, tangentiellement à l'arc.

Pour accéder aux galeries de visites à l'intérieur du barrage, on a prévu:

- une galerie d'accès à partir de la maison des gardiens;
- un ascenseur de liaison, de la galerie de visite supérieure à la galerie périmétrale inférieure;
- 2 galeries d'accès, de l'aval aux galeries de visite, à 1 906 m d'altitude sur les bords droit et gauche;
- une galerie transversale de sortie au pied aval et au milieu du barrage;
- une galerie de liaison avec la galerie d'accès à la vidange de fond et à la centrale de contrôle.

4. OUVRAGES D'EVACUATION

Les ouvrages d'évacuation comprennent un évacuateur de surface, une vidange intermédiaire, une vidange de fond et une vidange d'épuisement.

Evacuateur de surface: Situé sur le bord droit, il est constitué par un déversoir de 101 m de longueur environ, flanqué de deux seuils surmontés par des clapets, mesurant 8 x 3,50 m chacun. Les vannes, à fonctionnement automatique, sont aussi dotées de servomoteurs télécommandables de la maison des gardiens.

Spilled water is collected in a 357 m long, variable section (maximum 100 m^2) collection drain and then conveyed by an open sluiceway to a spot about 500 m downstream from the dam.

This approximately 470 m long channel is divided into three sections with a 67%, 52.5% and 19% slope, respectively, and overcomes a 136 m drop.

Elevation of the fixed sill	1,968.00 m a.s.l.
Elevation of the flap gate sill	1,964.50 m a.s.l.
Elevation of the completely lifted automatic flap gates	1,968.50 m a.s.l.

Mid-level outlet: It is located on the right bank, with inlet at El. 1,899.55 m a.s.l., and consists of a 3 m diameter pressure tunnel, with a 175 m length, 60 m of which is metal lined, controlled by two 1.80 x 2.65 m gates in series, with a servomotor that can be remote-controlled from the warden house; the outlet also consists of a 170 m long free-flow, polycentric section tunnel, which flows into the aforementioned sluiceway. The hydraulic structures of the spillway, and the flowing into its sluiceway of the mid-level outlet were repeatedly model-investigated.

Bottom outlet: It is situated on the right bank, with inlet at El. 1,830.29 m a.s.l., below the inlet of the intake works, with the purpose of gravel trap for the latter; it consists of a 227 m long pressure tunnel, with circular section (3.50 m diameter), controlled by two 1.80 x 2.30 slide gates, with centre line at El. 1,829.85 m a.s.l., equipped with a servomotor which can be remote-controlled from the warden house; the outlet

Les eaux évacuées, recueillies dans un collecteur qui aboutit dans une galerie d'une longueur de 357 m, à section variable (maximum 100 m^2), sont acheminées jusqu'à 500 m environ en aval du barrage par un canal à ciel ouvert

Ce canal, d'une longueur de 470 m environ, divisé en trois parties avec pentes de 67, 52,5 et 19 pour cent, a un dénivellement qui dépasse 136 m.

Cote du seuil fixe	1 968,00 m
Cote du seuil des clapets	1 964,50 m
Cote du bord des clapets automatiques complètement rehaussés	1 968,50 m

Vidange intermédiaire: Elle est située sur le bord droit avec orifice à 1 899,55 m d'altitude et comprend: une galerie sous pression, de 3 m de diamètre et 175 m de longueur, dont 60 m revêtus d'une tuyauterie métallique, les organes d'interceptation étant constitués par deux vannes en série de 1,80 x 2,65 m, dotées de servomoteurs télécommandables de la maison des gardiens; un canal à écoulement libre en galerie, à section polycentrique, de 170 m de longueur aboutissant dans le canal de l'évacuateur de surface. Les ouvrages hydrauliques de l'évacuateur de crues de surface et l'introduction dans son canal de la vidange intermédiaire ont été l'objet de nombreuses enquêtes, contrôlées sur modèles.

Vidange de fond: Située sur le bord droit, avec entrée à 1 830,29 m d'altitude, elle se trouve au-dessous de l'embouchure de l'ouvrage de prise de la dérivation et sert de dégraveur pour celui-ci; elle comprend: une galerie sous pression à section circulaire (3,50 m de diamètre, 227 m de longueur, les organes d'interceptation étant constitués par un couple de vannes à glissières de 1,80 x 2,30 m, dont l'axe est à 1 829,85 m d'altitude, dotées de servomoteurs télécom-

also comprises a 424 m long free-flow tunnel, which conveys the water into the Buthier torrent, some 500 m downstream from the dam.

Reservoir drain: Its purpose is limited to water drainage between the cofferdam and the body of the dam. It passes through the foundation surface in the bottom of the valley area, and consists of: an inlet formed by a drawoff tower with sill at El.1,826.50 m a.s.l.; a 20 m long, 1.50 m diameter metal pipe, embedded in the foundation surface; control devices, located in special chambers inside the body of the dam, consisting of two wedge gate valves in series, which operate only when the water level reaches El. 1,848 m a.s.l.(crest of the cofferdam); a subsequent 50 m long metal pipe also embedded in the foundation surface; a 445 m long free-flow sluiceway, which conveys the water into the Buthier torrent, some 450 m downstream from the dam.

Discharge capacity
(with maximum water level in the reservoir at El. 1,969 m a.s.l.):

Spillway	473.00 m^3/s
Mid-level outlet	128.00 m^3/s
Bottom outlet	172.00 m^3/s
Total	773.00 m^3/s
Per km^2 of natural drainage area	10.04 m^3/s

Maximum flood flow of some 470 m^3/s can be discharged by the spillway only.

mandables de la maison des gardiens; un canal à écoulement libre de 424 m de longueur qui achemine les eaux d'évacuation dans le lit du torrent Buthier à 500 m environ en aval du barrage.

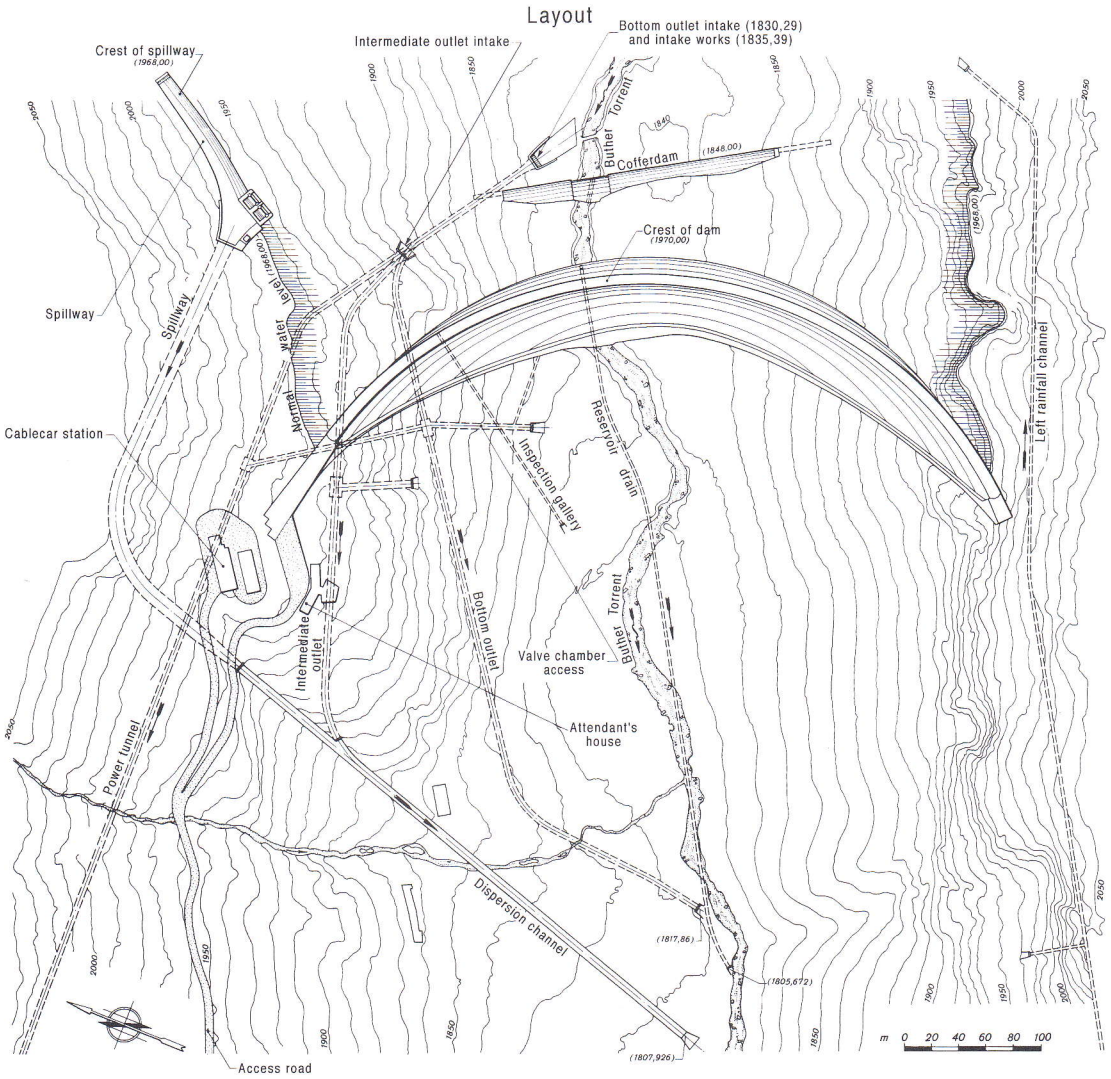
Vidange d'épuisement: Elle est destinée à évacuer les seules eaux résiduelles entre l'avant-barrage et le corps du barrage. Elle traverse le pulvino dans la zone du fond de vallée et comprend: une entrée constituée par une tour de prise avec seuil à 1 826,50 m d'altitude; une tuyauterie métallique de 1,50 m de diamètre et 20 m de longueur, notée dans le pulvino, les organes d'interceptation étant situés dans des cabines spéciales à l'intérieur du barrage et comprenant deux vannes en série, fonctionnant seulement quand le niveau dans le réservoir se trouve à 1 848 m (bord de l'avant-barrage); une tuyauterie métallique faisant suite, de 50 m de longueur, également noyéedans le pulvino; un canal d'évacuation en galerie à écoulement libre de 445 m de longueur qui achemine les eaux dans le lit du torrent Buthier à 450 m environ en aval du barrage.

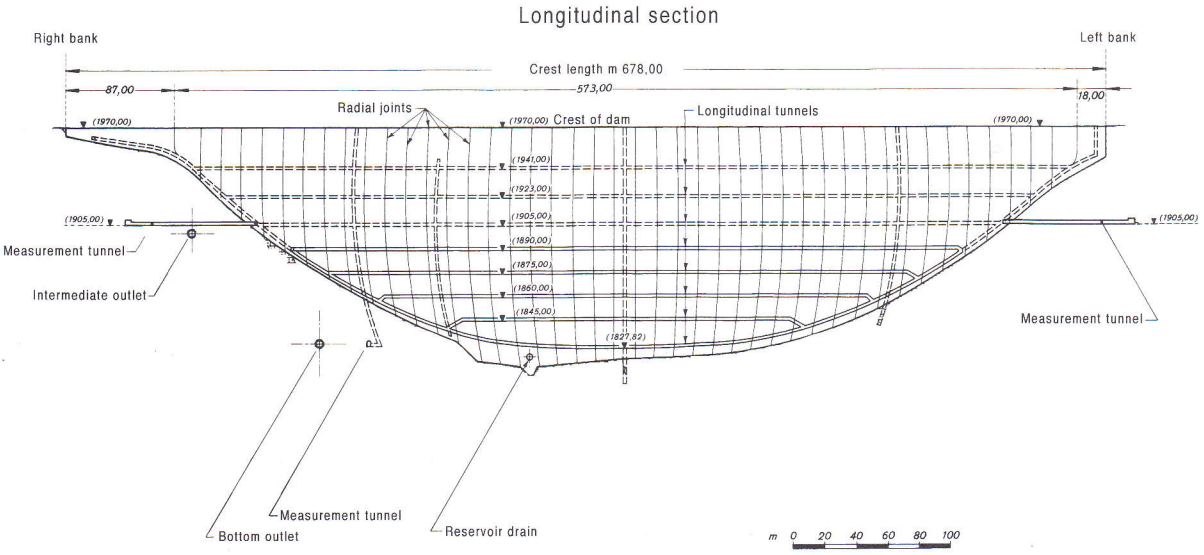
Débit des ouvrages d'évacuation (avec niveau du réservoir alt. 1 969 m, niveau de remplissage maximal):

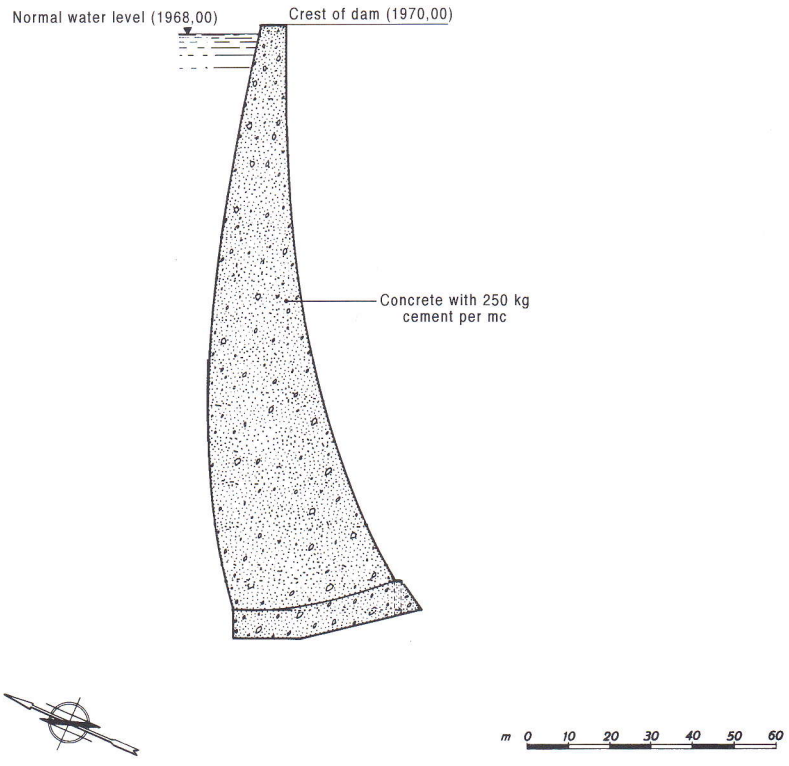
Evacuateur de surface	473,00 m^3/s
Vidange intermédiaire	128,00 m^3/s
Vidange de fond	172,00 m^3/s
Total	773,00 m^3/s
Par km^2 de bassin directement sous-tendu	10,04 m^3/s

Le débit de crue maximale, de l'ordre de 470 m^3/s, peut être évacué par le seul évacuateur de surface.

PLACE MOULIN DAM





PLACE MOULIN DAM

Main section