

La surélévation du barrage de Kamuzu II

Mise en œuvre de hausses fusibles en béton de grandes dimensions

Raising of Kamuzu II dam

Implementation of giant concrete fusegates

La ville de Lilongwe est devenue la capitale du Malawi le 1^{er} janvier 1975. Sa population a, depuis lors, crû au rythme de 8 % par an. La croissance de la demande en eau a été satisfaite par la construction successive des barrages de Kamuzu I et de Kamuzu II.

Pour continuer à faire face à l'accroissement de la demande, le Lilongwe Water Board s'est engagé dans la surélévation du barrage de Kamuzu II où un accroissement de 5 m du niveau de la retenue normale conduit au doublement de la capacité utile (de 8,9 millions de m³ à 19,8 millions de m³).

La solution retenue pour la surélévation a consisté en l'installation de hausses fusibles en béton qui a permis d'éliminer tout risque de submersion pendant la période de travaux tout en réduisant celle-ci de moitié. Ces hausses fusibles de dimensions jamais réalisées à ce jour ont été effectuées en 8 mois avec des moyens très modestes. Cette solution sûre est donc particulièrement adaptée à des travaux de surélévation ou de réhabilitation dans des conditions économiques et de programme de réalisation très contraignants.

The city of Lilongwe became the capital of Malawi on 1 January 1975. Since then, its population has grown at the rate of 8 % a year. Water demand has been met by building two dams, Kamuzu I and Kamuzu II.

To continue meeting the ever-increasing demand, Lilongwe Water Board has decided to raise Kamuzu II dam, where the live storage capacity of the reservoir could be doubled from 8.9 million to 19.8 million m³ by raising the water level a further 5 m.

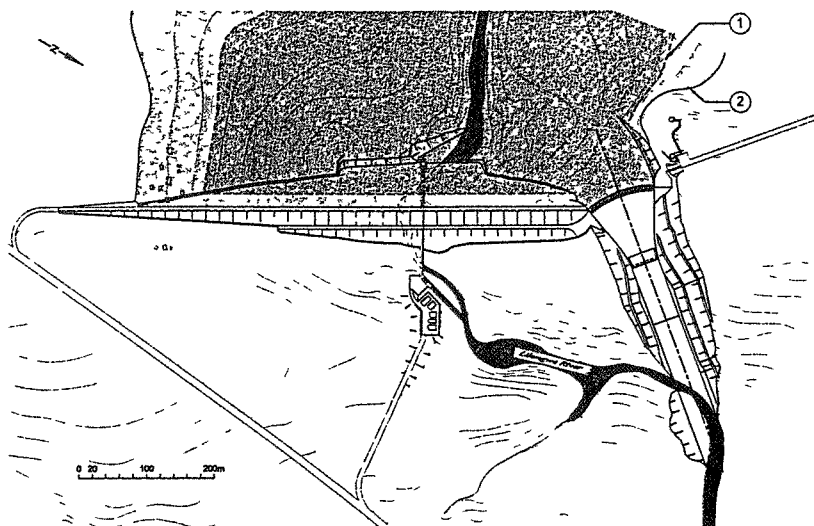
The solution adopted was to raise the dam by installing concrete fusegates.

This would avoid any risk of submersion during the works phase, while at the same time shortening the works by a half.

These fusegates, which were larger than any built so far, were completed within 8 months, using very modest means.

This reliable solution is therefore particularly appropriate in raising or rehabilitating dams when economic conditions and construction schedules are real limiting factors.

Figure 1
Vue en plan des ouvrages
1 - Niveau de retenue normale avant surélévation - 2 Niveau de retenue normale après surélévation



Plan view of structures
1 - FSL before dam raising
2 - FSL after dam raising

DESCRIPTION DES OUVRAGES

La vue en plan des ouvrages avant et après surélévation est décrite sur la figure 1. Les ouvrages existants comprennent :

- ◆ un barrage en remblai ayant les caractéristiques suivantes :
 - hauteur : 30 m,
 - longueur en crête : 700 m,
 - pente amont : 3H/1V,
 - pente aval : 3H/1V;

◆ un évacuateur à seuil libre de 105 m de longueur déversante est situé en rive gauche (figure 2). En outre la partie aval du coursier n'avait pas été revêtue lors de la construction car il avait été jugé alors que le rocher

DESCRIPTION OF STRUCTURES

Below is a plan view of the structures before and after the dam was raised (figure 1). The existing structures include :

- ◆ an earthfill dam. The existing dam is an earthfill em-

bankment with the following characteristics :

- height : 30 m,
- crest length : 700 m,
- upstream batter : 3H/1V,
- downstream batter : 3H/1V;

◆ an ungated spillway. The ungated spillway, which has a sill 105 m long, is situated on the left bank, as shown in figure 2.



Alain Yziquel
CHEF DE LA DIVISION
GRANDS OUVRAGES
Sogreah



Jean-Marc Monclar
CHEF D'AMÉNAGEMENT
SUR LE SITE DE LILONGWE
Sogreah

Figure 2
Vue du seuil
avant surelevation
*View of sill
prior to raising*

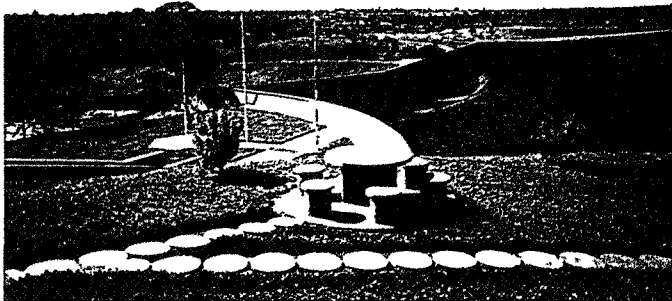
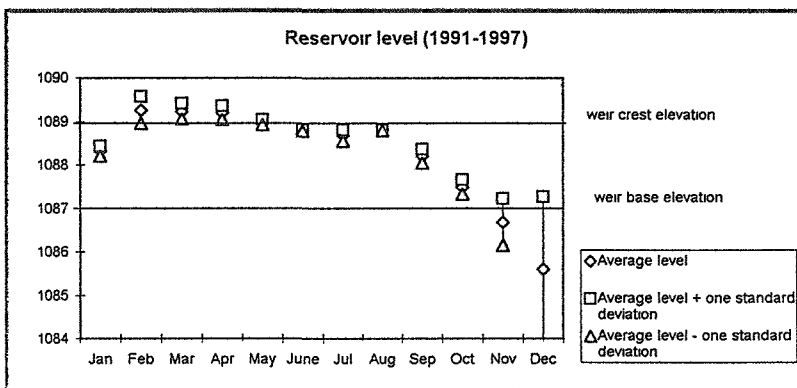


Figure 3
Niveau du réservoir (1991-1997)
Reservoir levels (1991-1997)



de fondation était d'une qualité équivalente à celle du béton du coursier. Après quelques années de fonctionnement le rocher s'est fortement dégradé. A l'occasion des travaux de surélévation, il a donc fallu étudier une solution pour protéger le rocher à l'intérieur du coursier mais aussi à l'aval de l'évacuateur.

◆ un ouvrage de restitution qui consiste en une tour de prise située dans la retenue dont le débit maximal est de 8 m³/s

Furthermore, the downstream part of the spillway chute was not lined during construction, as it was believed that the foundation rock was of equivalent quality to the concrete used to construct the spillway chute. After several years of operation, the rock was severely worn. At the same time as the works to raise the dam, it was therefore necessary to study a way of protecting the rock within the chute and also downstream of the spillway.

■ **CONDITIONS NATURELLES**

Géologie de l'évacuateur

Le rocher de fondation est exposé dans le chenal de fuite de l'évacuateur. Il consiste en barres de gneiss de dureté très variable qui présentent une foliation avec un pendage aval Est 65°. Du fait de l'orientation des barres, les écoulements ont une tendance marquée à être dirigés vers la gauche. En outre, des forages pratiqués dès le commencement des travaux de surélévation ont montré que le seuil reposait sur du gneiss à biotite complètement altéré.

Hydrologie

L'apport moyen annuel est estimé à 139 millions m³, ce qui représente 14 fois le volume de la retenue avant surélévation. La crue maximale probable a un débit maximum de 2500 m³/s et la crue de projet (crue millénaire) un débit maximum de 1500 m³/s. La crue de chantier est la crue ayant une période de retour de 10 ans dont le débit de pointe est 240 m³/s. Compte tenu de la faible capacité de débit des ouvrages de restitution, la quasi totalité de la crue de chantier devait pouvoir passer dans l'évacuateur en construction.

■ **CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT**

La figure 3 décrit la manière dont est géré le réservoir. Sur ce graphique sont représentés les niveaux moyens ainsi que les niveaux moyens plus ou moins un écart type pour la période 1991-1997, c'est-à-dire pour les 6 années de fonctionnement du barrage de Kamuzu II.

◆ outfall structure. The outfall structure consists of an intake tower situated in the reservoir, with a maximum flow capacity of 8 m³/s.

■ **NATURAL CONDITIONS**

Spillway geology

The foundation rock is exposed in the spillway chute. It consists of foliated gneiss bars of extremely variable hardness, dipping downstream at an angle of E65°. Because of the orientation of the bars, it is clear that flow has a marked tendency to run leftwards. In addition, boreholes drilled at the start of the works to raise the dam revealed that the sill was resting on completely weathered biotite gneiss.

Hydrology

Mean annual inflow is estimated at 139 million m³, representing 14 times the volume of the reservoir before raising the dam. The maximum probable flood has a discharge of 2500 m³/s and the design (1,000-year flood) a maximum discharge of 1500 m³/s. The maximum flood for the construction phase was the 10-year flood, which has a peak discharge of 240 m³/s. Given the low discharge capacity of the outfall structures, it is clear that practically all the construction flood would have to flow over the spillway as it was being built.

■ **OPERATING CONDITIONS**

Figure 3 shows the way in which the reservoir is managed. It gives the mean levels as well as the mean levels plus or minus a standard deviation for the period 1991-1997, i.e. for the 6 years of operation of Kamuzu II dam.

Il est possible de constater que le seuil déverse de la mi-janvier à la mi-mai, soit 4 mois durant. Le réservoir est maintenu plein pendant 7 mois. De plus la base du seuil (cote 1087) est submergée 10 mois sur 12. Ce réservoir est la seule ressource en eau de Lilongwe pour les mois d'étiage. Une des contraintes imposée par le propriétaire était que la surélévation devait être réalisée sans perte d'eau.

SOLUTION RETENUE POUR LA SURÉLEVATION

Historique

L'appel d'offres pour la surélévation avait été lancé sur la base d'une solution traditionnelle par rehaussement du seuil existant de 5 m et en conséquence surélévation du barrage et des murs bajoyers de l'évacuateur de 5 m. La surélévation des murs bajoyers adjacents au barrage imposait de réaliser des excavations jusqu'à une profondeur de 3 m en dessous du niveau de retenue normale, soit à la cote 1086. Le temps alloué pour ces travaux à l'abri de batardeaux n'était que de 5 mois y compris le temps de construction des batardeaux.

Compte tenu des conditions de gestion du réservoir ainsi que du débit de pointe de la crue de chantier, la construction des murs bajoyers faisait courir le risque d'une submersion du barrage en remblai. Le programme des travaux était donc un programme en deux ans avec des contraintes très strictes sur le phasage de travaux.

L'entrepreneur adjudicataire proposa une variante de surélévation au moyen de hausses fusibles en béton.

Le prix de soumission était légèrement inférieur à celui du moins disant sur la solution de base, mais surtout résolvait élégamment le problème de la protection du barrage pendant les travaux tout en permettant de terminer la surélévation en 12 mois au lieu de 24 mois.

C'est sur ces bases que la solution des hausses fusibles en béton fut retenue.

Description de la solution hausses fusibles en béton

La solution repose sur l'utilisation de 13 hausses fusibles en béton de type labyrinthe et une hausse droite du côté droit de l'évacuateur.

La vue aérienne représentée sur la figure 4 montre la disposition des hausses.

Le choix du béton comme matériau principal de construction a été dicté par le souci de réduire les coûts d'entretien.

Les principales caractéristiques géométriques des hausses sont les suivantes :

- ◆ nombre de hausses : 14;
- ◆ hauteur des hausses : 5,0 m;
- ◆ longueur de seuil équipé par des hausses : 105 m;
- ◆ longueur de chaque hausse : 7,50 m;
- ◆ niveau bas des hausses : 1089 m;
- ◆ niveau haut des hausses : 1094 m.

Les hausses sont numérotées de 1 à 14 de la droite vers la gauche de l'évacuateur.

La hausse numéro 1 est une hausse droite en

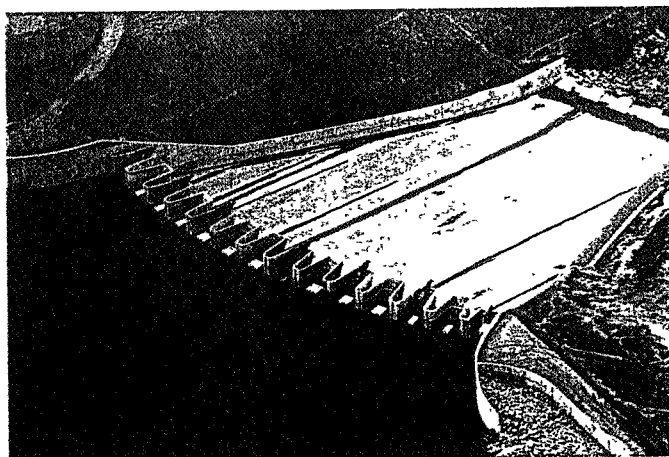


Figure 4
Vue aérienne de l'évacuateur
View of fusegate layout

It can be seen that the spillway overflows from mid-January to mid-May, i.e. for four months. The reservoir is kept full for 7 months. The base of the sill (el. 1087) is submerged for 10 months of the year. This reservoir is the only source of water for Lilongwe during the months of dry weather flow. One of the requirements that the operator had to contend with was that the dam should be raised without any loss of water.

SOLUTION ADOPTED FOR RAISING THE DAM

Background

The call for tenders to raise the dam was made on the basis of a traditional solution involving raising the existing sill by 5 m and consequently raising the dam and side walls of the spillway by 5 m. Raising the side walls adjacent to the dam meant excavating down to a depth of 3 m below the normal pool level, i.e. to el. 1086. The time allowed for the works to be carried out under the protection of cofferdams was only 5 months, including the time for actually constructing the cofferdams themselves.

In view of the reservoir management conditions and peak discharge of the construction flood, building the side walls meant that there was a risk of submerging the earthfill dam. The programme of works was therefore spread over 2 years, with very strict limits in terms of works phasing.

The successful contractor proposed an alternative for raising the dam by means of concrete fusegates.

The cost of this bid was slightly lower than the lowest one for the basic solution, but its main advantage was that it was an elegant way of solving the problem of protecting the dam during the works while at the same time enabling the works to be completed in 12 months instead of 24.

It was for these reasons that the solution involving concrete fusegates was adopted.

Description of the solution involving concrete fusegates

The solution involves using 13 concrete fusegates of the labyrinth type and one made of steel on the right side of the spillway.

The bird's eye view of the scale model in figure 4 gives a good impression of the layout of the various fusegates.

The choice of concrete as main construction material was dictated by the desire to reduce maintenance costs.

The main geometrical characteristics of the fusegates are as follows:

- ◆ number of fusegates: 14;
- ◆ height of fusegates: 5,0 m;
- ◆ length of sill equipped with fusegates: 105 m;
- ◆ length of each fusegate: 7,50 m;
- ◆ bottom elevation of fusegates: 1089 m;
- ◆ top elevation of fusegates: 1094 m.

The fusegates are numbered from 1 to 14 from right to left along the spillway.

Number 1 is a straight concrete fusegate that topples for a flood with a return period of 200 years.

A progressive toppling schedule was defined

béton qui bascule pour une crue ayant une période de retour de 200 ans.

Un scénario de basculement progressif des hausses dont l'objet est de définir les cotes de basculement de chaque hausse a d'abord été défini. Cette approche a été complétée par des essais sur modèles réduits pour déterminer la meilleure séquence de basculement afin d'éviter la formation de vagues créées par la dissymétrie de l'écoulement.

Programme des travaux

Les quantités mises en œuvre pour la réalisation de la surélévation à l'aide de hausses fusibles ont été comparées avec celles de la solution traditionnelle. Les quantités de béton et de remblai représentent respectivement 50 % et 14 % de ceux de la solution traditionnelle.

En outre le principe même de la solution retenue

a permis de construire les hausses pendant la période des crues ainsi que le montre la figure 5. L'entrepreneur a donc pu proposer un programme de construction en un an à comparer avec les années de la solution traditionnelle en proposant de bétonner presque simultanément le seuil et les hausses fusibles.

Les travaux sur le seuil ont été réalisés de la rive droite à la rive gauche et sur les hausses fusibles de la hausse n° 2 à la hausse n° 14. En effet, il était nécessaire de pouvoir, à la fin des travaux, faire passer le débit de la Lilongwe river par la passe de la hausse n° 1 afin de pouvoir terminer les travaux par le bétonnage de cette hausse à l'abri d'un bardeau.

L'expérience acquise montre que, sans les difficultés imprévues rencontrées avec les conditions de fondation du seuil, la totalité des travaux aurait certainement pu être réalisée en 8 mois.

■ DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES OUVRAGES

Surélévation du barrage

Les niveaux de retenue normale et les niveaux des plus hautes eaux avant et après surélévation sont consignés dans le tableau suivant :

Niveau	Avant	Après
Retenue normale	1089,00	1094,00
Plus hautes eaux	1093,80	1095,67

La différence entre la cote de retenue normale est seulement supérieure

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Câbles de précontrainte : 14 tirants de 75 t
- Remblais : 11800 m³
- Béton des hausses : 550 m³
- Béton du seuil : 945 m³
- Aciers d'armature : 373 t

Coût

8,1 millions US\$



Figure 5
Construction des hausses pendant la période des crues
Construction of fusegates during flood periods

first of all, with a view to fixing the elevations at which the fusegates would topple.

This was then further examined by means of a scale model in order to determine the best toppling sequence to avoid waves being formed as a result of the asymmetric flow.

Programme de works

The quantities involved for raising the dam using fusegates were compared with those of the traditional solution.

The amounts of concrete and fill represented respectively 50 % and 14 % of those required for the traditional solution.

In addition, the principle of the solution adopted here meant that the fusegates could be built during flood periods, as shown in figure 5.

The contractor could thus propose a 1-year construction schedule, in comparison with 2

years for the traditional solution, by proposing to place concrete simultaneously for the sill and fusegates.

Works on the sill were carried out from the right bank to the left bank, and on the fusegates from n° 2 to n° 14. At the end of the works, it was necessary to divert the flow of the Lilongwe river through the sluice of fusegate n° 1 in order to finish the works by concreting this fusegate under the protection of a cofferdam.

Experience showed that all the works could no doubt have been completed in 8 months without the unforeseen difficulties encountered with the sill foundation conditions.

■ DETAILED DESCRIPTION OF STRUCTURES

Raising of dam

The normal pool level and highest high water levels before and after raising the dam are shown in the table below:

Level	Before	After
Normal pool level	1089,00	1094,00
Highest high water level	1093,80	1095,67

The normal pool level is only 20 cm higher than the highest high water level prior to raising the dam.

As the crest of the dam prior to being raised was at 1095, it was simply a question of placing fill up to the highest high water level and adding a parapet.

MAIN QUANTITIES

- Prestressing cables : 14 tie bars, each 75 tonnes
- Backfill : 11800 m³
- Concrete for fusegates : 550 m³
- Concrete for sill : 945 m³
- Reinforcement bars : 373 tonnes

Cost

8.1 millions US\$

re de 20 cm à la cote des plus hautes eaux avant la surélévation.

La crête du barrage avant surélévation étant à la cote 1095, la surélévation du barrage a donc consisté à placer du remblai jusqu'à la cote des plus hautes eaux et à ajouter un parapet.

Modification du seuil

La modification du seuil est présentée sur la figure 6. Compte tenu des contraintes liées à la maîtrise du plan d'eau, la plate-forme nécessaire à l'installation des hausses a été construite sur la partie aval du seuil existant. Ainsi qu'indiqué plus haut, des forages de reconnaissance ont été réalisés au début des travaux afin de vérifier si la fondation rocheuse était de qualité suffisante pour supporter les efforts liés à la surélévation. Ces forages ont démontré que le rocher de fondation n'était en fait que du gneiss complètement altéré. Cette difficulté de début de chantier a été résolue par la mise en place de 14 tirants de précontrainte ancrés 17 m plus bas dans du rocher altéré. Il est à noter que cet aléa de fondation n'eut aucune conséquence sur le programme des travaux. La mise en place des câbles de précontrainte a certes retardé la finition du seuil mais elle a été terminée avant l'arrivée du coffrage des hausses sur le chantier. Il en aurait été tout autrement avec un seuil traditionnel pour lequel la mise en place des tirants aurait été sur le chemin critique. La partie supérieure des seuils a été bétonnée après mise en tension des tirants. Le bétonnage a été réalisé par plots alternés avec des aciers traversant les joints entre plots. De cette manière le seuil est monolithique ce qui assure une redistribution possible des efforts en cas de défaillance d'un tirant.

Description détaillée des hausses

Comme mentionné précédemment, des hausses de deux types sont mises en œuvre pour la surélévation du barrage de Kamuzu II :

- ◆ les hausses à crête labyrinthe. La hausse est constituée d'un caisson ouvert vers l'amont dont la crête a une forme labyrinthe. Cette disposition permet l'écoulement des crues modérées sous une hauteur de lame déversante réduite. La longueur développée du labyrinthe est environ 3 fois celle du seuil. Treize éléments de ce type équipent le seuil du barrage (hausses 2 à 14);
- ◆ une hausse à crête rectiligne. Il a été décidé d'incorporer une hausse de ce type suite à la demande du client qui souhaitait pouvoir remplacer très facilement la première hausse. Les hausses droites sont facile-

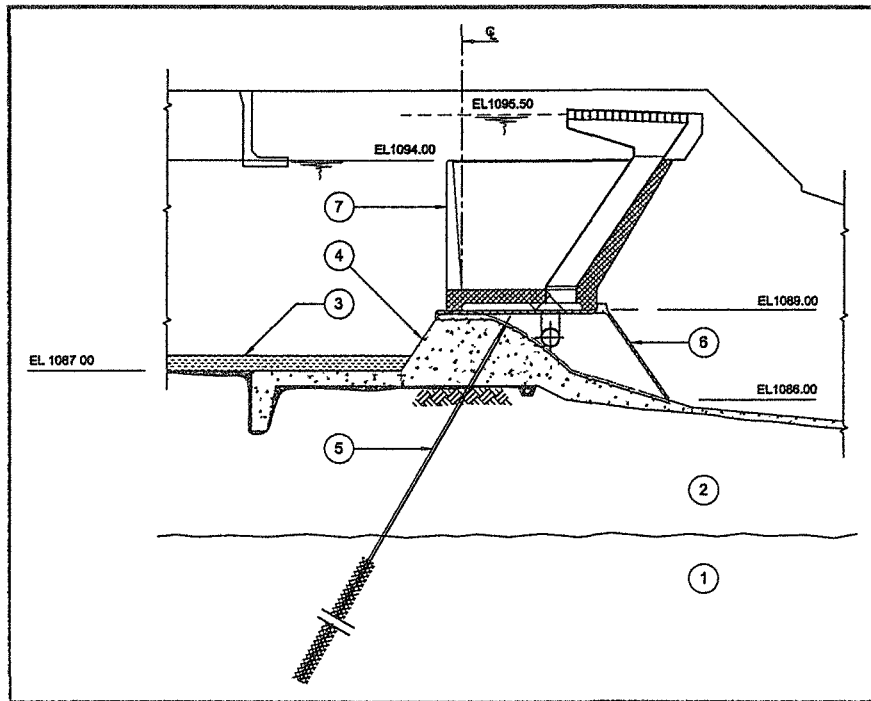


Figure 6

Modification du seuil existant

- 1 - Gneiss très altéré/Highly weathered gneiss - 2 - Gneiss complètement altéré/Completely weathered gneiss - 3 - Tapis amont en argile/Clay blanket - 4 - Seuil existant/Existing sill - 5 - Câble de précontrainte/Post tensioned tendons - 6 - Nouveau seuil/New sill - 7 - Hausse Hydroplus/Hydroplus fusegate

Modifications to existing sill

Modification of sill

The sill was modified as shown in figure 6. In view of the constraints linked with controlling the pool level, the platform required for installing the fusegates was built on the downstream part of the existing sill.

As indicated above, exploratory boreholes were drilled at the start of the works in order to check whether the rock foundation was of sufficient quality to withstand the forces created by raising the dam. These boreholes showed that the foundation rock was in fact completely weathered gneiss.

This difficulty at the start of the works was solved by installing 14 prestressing tie rods anchored 17 m below in weathered rock. It should be noted that this unforeseen contingency concerning the foundation

had no effect on the works schedule. The installation of prestressing cables indeed delayed completion of the sill, but it was completed before the fusegate forms arrived on site. This would not have been the case with a traditional sill, where the installation of tie rods would have been on the critical path.

The upper part of the sills was concreted after the tie rods had been tensioned. Concreting was carried out in alternate bays, with reinforcement bars crossing the joints between bays. In this way the sill is a single block structure, thus ensuring that the forces can be redistributed if any tie rod should fail.

Detailed description of fusegates

As mentioned earlier, two types of fusegate were used at Kamuzu :

- ◆ labyrinth type fusegates: the fusegate consists of a caisson opening upstream, with its crest in the shape of a labyrinth. This layout means that the nappe formed by moderate floods is relatively small. The total length of a labyrinth is about 3 times that of the sill. Thirteen elements of this type are fitted on the dam sill (numbers 2 to 14);
- ◆ a straight-crested fusegate: It was decided to incorporate a fusegate of this type as the client wished to be able to replace the first one easily. The width and hence the weight of straight fusegates is easy to modify. This fusegate was installed on the right bank, which can be reached by using the road on the dam embankment.

All the original elements were made of concrete cast in situ. It should be noted that the concrete fusegates adopted in raising Kamuzu II dam are the largest made to date.

The problems posed by the construction of these giant fusegates were

ment modulables en largeur et donc en poids. Cette hausse est installée en rive droite dont l'accès se fait en empruntant la route de la digue du barrage.

Toutes les hausses d'origine sont réalisées en béton coulé en place. Il est à noter que les hausses fusibles en béton adoptées pour la surélévation du barrage de Kamuzu II sont les plus grandes réalisées à ce jour. Les problèmes posés par la construction de ces hausses géantes ont été parfaitement résolus par l'entreprise principale et son sous-traitant spécialisé compte tenu des moyens de construction modestes d'un petit chantier au Malawi.

Les hausses labyrinthes sont coffrées à l'aide d'un moule métallique constitué de trois parties. La partie basse permet de réaliser la chambre des hausses, les deux autres parties servant au coffrage des voiles. Chaque hausse labyrinthe nécessite la mise en place de 45 m³ de béton. La hausse droite en béton d'une conception très simple ne nécessite pas la fabrication d'un moule sophistiqué. Environ 15 m³ de béton sont nécessaires à sa construction. Les bétons ont été réalisés à l'aide de trois bétonneuses de 500 l ayant une capacité de 9 m³/heure et placés à la pompe et/ou à la benne au moyen d'une grue mobile.

La cadence des bétonnages a été en moyenne de 70 m³ par semaine durant les 6 mois effectifs de bétonnage.

Les 14 hausses basculent en 7 groupes. Les trois premières hausses sont chacune alimentées par leur propre puits. Les hausses suivantes basculent par paire ou par triplet.

Le basculement d'un groupe de hausses est alors initié par une hausse dite principale porteuse d'un puits. Son basculement entraîne la libération d'un orifice aménagé dans le seuil qui met en communication la lame d'eau déversant alors sur le seuil et la chambre de la (ou des) hausse(s) du même groupe.

Les puits destinés à équiper les hausses principales sont réalisés en acier et fixés par boulonnage sur des inserts métalliques noyés dans le béton des hausses. Un dispositif installé en crête de puits permet d'effectuer un calage fin de la côte de basculement et de s'affranchir des tolérances de fabrication.

■ REMPLISSAGE ET PREMIER DÉVERSEMENT

Le remplissage du réservoir a commencé le 9 juin 1999, soit 3 semaines avant la date contractuelle du 30 juin 1999. Durant l'été 1999 le réservoir a atteint la cote maximale de 1 092,5 soit un stockage supplémentaire de 6,1 millions de m³ qui n'aurait pu être obtenu en 1999 sans le recours aux hausses fusibles. Le premier déversement a eu lieu le 5 février 2000 ainsi qu'en témoigne la figure 7.

■ CONCLUSION

Le principal avantage de la solution proposée a résidé dans la réduction des risques de submersion pendant la construction. En effet la modification du seuil ainsi que la construction des hausses ont pu être

solved perfectly by the main contractor and his specialist subcontractor, given the modest construction facilities available on a small site in Malawi.

The labyrinth fusegates were formed with a steel mould consisting of three parts. The lowest part was used to form the fusegate chamber, and the other two parts were used for the partitions. Each labyrinth fusegate requires 45 m³ of concrete. The straight concrete fusegate was of very simple design and did not require a sophisticated mould.

About 15 m³ of concrete was required for its construction.

The concrete was made with three 500 l mixers, each with an output capacity of 9 m³/h. The concrete was then placed using a pump and/or skip, and a mobile crane.

Concreting was carried out at an average rate of 70 m³/week for the 6 months of actual work.

The 14 fusegates are divided into 7 groups. The first three fusegates are each supplied by their own well. The following fusegates topple in pairs or triplets. Toppling of a group is initiated by a so-called principal fusegate

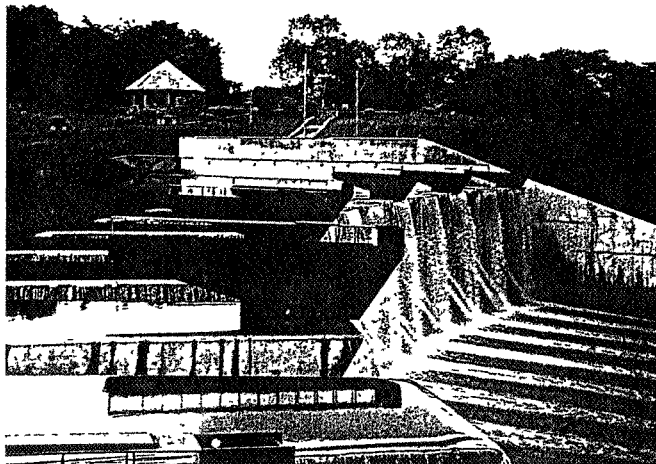


Figure 7
Premier déversement
First overflow

with a well. As it topples, it opens an aperture in the sill, so that the overflowing water enters the chamber of the other fusegate(s) in the same group. The wells fitted to the principal fusegates are made of steel and are bolted to steel inserts set in the fusegate concrete. A device on the well lip is used to set the toppling elevation accurately, thus avoiding problems with construction tolerances.

■ FILLING AND FIRST SPILL

Reservoir filling began on 9 June 1999, i.e. 3 weeks before the contractual deadline of 30 June 1999.

During the summer of 1999, the reservoir reached its maximum elevation of 1 092.5, i.e. additional storage of 6.1 million m³ that could not have been achieved in 1999 without the use of fusegates.

The first overspill occurred on 5 February 2000, as shown in figure 7.

■ CONCLUSION

The main advantage of the proposed solution was that it reduced the risks of submersion during construction work. Indeed, the sill could be modified and the fusegates built without interfering with the dam and, in par-

réalisées sans aucune interférence avec le barrage et notamment sans avoir à excaver les murs bajoyers, 3 m sous le niveau de retenue normale. Cette plus grande liberté dans les phases de dérivation a permis de réaliser les travaux de surélévation en 12 mois au lieu des 24 mois nécessaires à la surélévation traditionnelle.

La mise en place de hausses fusibles de grande dimension en béton se révèle parfaitement adaptée aux conditions rencontrées au barrage de Kamuzu II, à savoir le choix du béton comme matériau de construction pour éviter les problèmes d'entretien, une construction pouvant être réalisée dans une fenêtre hydrologique très étroite ainsi que des moyens de réalisation adaptés au contexte du pays.

particular, without having to excavate the side walls 3 m below the normal pool level.

This greater freedom during the diversion stages meant that work to raise the dam could be completed in 12 months instead of the 24 that would have been needed if a traditional solution had been adopted.

The installation of very large concrete fusegates proved to be perfectly suited to the conditions met at Kamuzu II dam, i.e. with the choice of concrete as construction material in order to avoid problems of maintenance, and construction being possible within a very short space of time in the water cycle, using means that are suited to the conditions prevailing in the country.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Lilongwe Water Board (Malawi)

Maîtrise d'œuvre

Sogreah (France) assisté de :

- KSI (Afrique du Sud)
- Manjoo Consulting Center (Malawi)

Entreprise principale

CMC di Ravenna (Italie)

Sous-traitants

- Hausses fusibles : Hydroplus (Afrique du Sud)
- Pont : Cilcon LTD (Malawi)
- Câbles de précontraintes et ancrages : Rodiox (Afrique du Sud)

Principaux fournisseurs

- Coffrages : Formscalf (Afrique du Sud)
- Câbles de précontrainte Amalgametal Reinforcing (Afrique du Sud)
- Ciment : The portland cement company LTD (Malawi)
- Aciers : H & P Steel & Wire LTD (Malawi)
- Aggregats : Rock Sizer Mining Contractors (Malawi)

MAIN ORGANISATIONS INVOLVED

Client

Lilongwe Water Board (Malawi)

Project coordination and supervision

Sogreah (France) assisted by

- KSI (South Africa)
- Manjoo Consulting Center (Malawi)

Main contractor

CMC di Ravenna (Italy)

Subcontractors

- Fusegates : Hydroplus (South Africa)
- Bridge crane : Cilcon Ltd (Malawi)
- Prestressing cables and anchor bars : Rodiox (South Africa)

Main suppliers

- Formwork : Formscalf (South Africa)
- Prestressing cables : Amalgametal Reinforcing (South Africa)
- Cement : The Portland Cement Company Ltd (Malawi)
- Steel : H & P Steel & Wire Ltd (Malawi)
- Aggregates : Rock Sizer Mining Contractors (Malawi)

RESUMEN ESPAÑOL

Realce de la presa de Kamuzu II. Implementación de ataguías fusibles de hormigón de grandes dimensiones

A. Yziquel y J.-M. Monclar

La presa de Kamuzu II, en Malaoui, ha sido objeto de un realce por medio de 14 ataguías fusibles Hydroplus, formadas por elementos de hormigón de 5 m de altura. Además de la descripción de las estructuras construidas, se describen en el presente artículo las condiciones particulares de ejecución, o sea, el realce de la presa con embalse completamente lleno y en un solo año.

Cabe tener en cuenta que estas ataguías de hormigón, cuyo peso se eleva a 120 toneladas, son las más importantes ejecutadas hasta la fecha. También se presenta el método de ejecución de estas ataguías, en un lapso de tiempo sumamente reducido.

摘要文字

利用可熔化垫高来加高卡木祖II坝

A. Yziquel, J.-M. Monclar

马拉卫卡木祖II坝是一个由14个5米高的HYDROPLUS可熔化混凝土垫高材料来加高的坝。除了对该工程的描述,本文还将介绍在水库满蓄水及蓄水1年情况下,如何对坝进行加高施工的特殊条件。

需要说明的是这些混凝土垫高斗的重量为120吨,是目前为止最大的。还介绍了这些垫高斗在很短时间进行施工的方法。