

# L'équipement de barrages dans le cadre du réseau national d'accélérographes

Autor(en): **Darbre, Georges R. / Pougatsch, Henri**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **85 (1993)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940018>

## **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.

# L'équipement de barrages dans le cadre du réseau national d'accélérographes

Georges R. Darbre et Henri Pougatsch  
pour le groupe de travail «Réseau national sismique d'accélérographes»

## Zusammenfassung: Starkbebenmessgeräte in Talsperren

Die Gültigkeit der in der seismischen Berechnung verwendeten Modelle und Erdbebencharakteristiken kann letzten Endes nur anhand von Beobachtungsereignissen überprüft werden. Die Notwendigkeit von Erdbebenaufzeichnungen allgemein und von Starkbebenmessungen im speziellen führte zur Instrumentierung von einigen Talsperren mit Starkbebenmessgeräten, um dadurch Angaben über ihr Verhalten bei Erdbeben zu erhalten. In der Schweiz wurde in 4 Talsperren ein Netzwerk von insgesamt 29 solcher Accelerographen installiert. Im vorliegenden Aufsatz werden das Konzept dieses Netzwerks sowie die Beschreibung der Instrumente behandelt.

## Abstract: Strong-motion instrumentation of large dams

The validity of the earthquakes and models used in seismic analyses can ultimately only be checked by comparison with observations. The need for field measurements during earthquakes in general and for strong-motion instrumentation in particular led to the instrumentation of several dams with strong-motion accelerographs to gather observational evidences of their earthquake response. A dam network of strong-motion instruments has been implemented in Switzerland. This paper presents these instrumentation concepts (scheme and instrumentation specifications). Finally 29 accelerographs arranged in 4 dams are being installed.

## 1. Les raisons d'être de l'instrumentation de barrages

L'évaluation de l'incidence d'un séisme de forte intensité sur des ouvrages de grandes dimensions, tels les barrages, représente une préoccupation majeure pour l'Autorité de haute surveillance chargée de leur contrôle. Pour ce faire, les caractéristiques principales des charges dynamiques agissant sur les barrages et les paramètres des séismes les affectant, ainsi que les propriétés dynamiques des barrages doivent être connus de manière adéquate.

Des modèles mathématiques sophistiqués ont été développés pour analyser le comportement de barrages sous sollicitations dynamiques. Toutefois, un manque d'informations conduit en pratique à l'introduction de simplifications dont les conséquences sur la fiabilité des calculs de vérifications sont inconnues. Il existe un besoin essentiel de recueillir toutes indications utiles lors des tremblements de terre de forte intensité.

Le réseau barrage doit permettre d'acquérir les informations nécessaires à une meilleure compréhension du comportement des barrages et des digues en cas de tremblements de terre. Les divers aspects observés concernent les sollicitations effectives le long des appuis en considérant la propagation des ondes dans le sous-sol, les propriétés dynamiques des barrages (fréquence propre, défor-

mation modale, amortissement) et la mise en évidence d'un comportement non-linéaire inélastique éventuel.

## 2. Concepts d'instrumentation

### 2.1 Généralités

En considérant les objectifs décrits plus haut, un concept d'instrumentation a été développé pour chaque type de barrage en admettant l'installation d'accélérographes à 3 composantes.

L'installation d'un appareil extérieur a été prévue à proximité de chaque barrage dans le but d'enregistrer l'excitation libre au site. Son emplacement a été choisi de telle façon que les mouvements enregistrés soient représentatifs de l'excitation du site sans pour autant être affectés par les vibrations du barrage. Cet instrument doit être installé sur le même massif rocheux que le barrage.

### 2.2 Schéma d'instrumentation pour un barrage-poids

Les barrages-poids sont généralement conçus et analysés en supposant que les blocs se comportent de manière indépendante les uns des autres. L'instrumentation (figure 1) se concentre en conséquence en priorité sur l'observation du comportement du bloc central, qui est en général le plus haut. Des appareils placés dans une seule section donnent une information minimale sur l'excitation et sur le comportement linéaire (position A, plus position G pour une observation plus détaillée). En plaçant des appareils dans les blocs voisins (positions C, D et F), il est possible d'appréhender dans quelle mesure les blocs se comportent de manière indépendante les uns par rapport aux autres et en particulier l'apparition éventuelle de déplacements relatifs

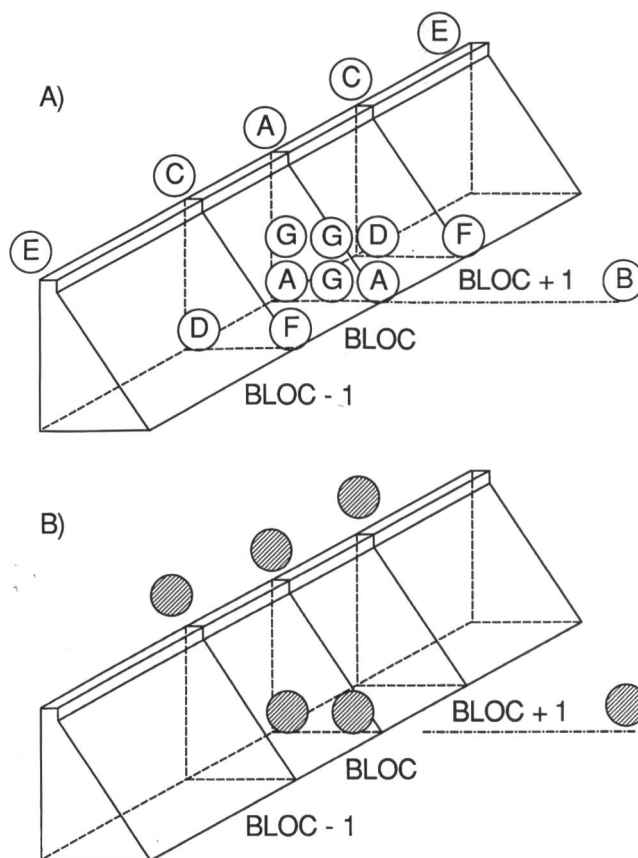


Figure 1. Instrumentation d'un barrage-poids. A) Concept général, B) Schéma de l'équipement du barrage de la Grande Dixence.

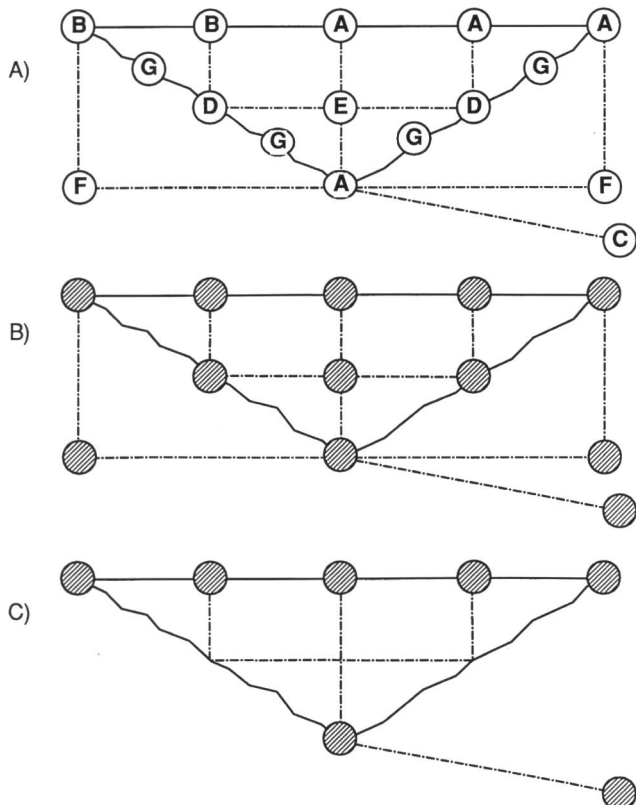


Figure 2. Instrumentation d'un barrage-voûte. A) Concept général, B) Schéma de l'équipement du barrage de Mauvoisin, C) Schéma de l'équipement du barrage de Punt dal Gall.

au droit des joints. En complétant le schéma avec des appareils placés aux appuis (position E), on sera en mesure d'observer la variation de l'excitation à travers la vallée. Des instruments placés aux points quarts (emplacement H) permettent d'apprécier une réponse tri-dimensionnelle éventuelle du barrage. L'appareil extérieur (position B) fournit l'excitation libre de référence.

### 2.3 Schéma d'instrumentation pour un barrage-voûte

Les instruments du couronnement sont placés aux points de déflexions modales maximales (milieu et aux points si-

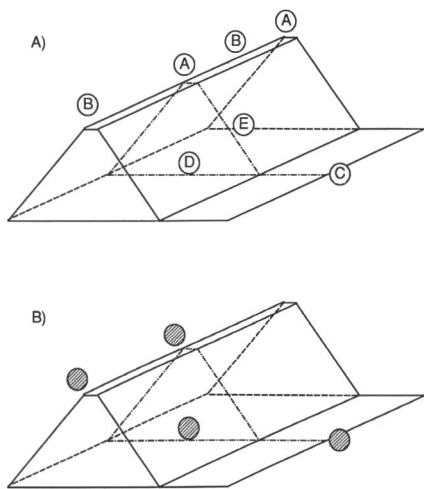


Figure 3. Instrumentation d'une digue. A) Concept général, B) Schéma de l'équipement de la digue de Mattmark.

tués au quart de la développée pour les barrages symétriques). D'autres instruments sont disposés aux coins de grilles rectangulaires fictives. Grâce à ce concept (figure 2), la réponse des modes de vibration inférieurs est bien captée et les mouvements enregistrés aux différents points peuvent être corrélés les uns aux autres de manière directe. Des appareils placés au couronnement et au pied de l'ouvrage (position A, à laquelle peuvent s'ajouter les positions B et E) permettent une observation minimale de l'excitation et de la réponse du barrage. Des appareils peuvent être placés dans des galeries, si elles existent (positions D et G), afin de capter l'excitation effective le long des appuis. La présence de galeries dans la fondation (position F) peut également permettre d'obtenir des informations sur la propagation des ondes. L'appareil extérieur (position C) fournit l'excitation libre de référence.

### 2.4 Schéma d'instrumentation pour une digue

Une instrumentation minimale consiste à placer des instruments à un appui et au milieu de la digue au niveau du couronnement, obtenant ainsi des informations de base sur l'excitation et sur la réponse de la digue (position A). Cette instrumentation (figure 3) peut être complétée par la mise en place d'un appareil sur l'autre rive et d'un autre au quart de la longueur (position B), ce qui permet de connaître la variation de l'excitation d'un appui à l'autre et la différence en réponses d'une section à l'autre. L'information peut être complétée par des appareils placés en galerie à la base du corps de la digue et sur le parement aval (positions D et E). L'appareil extérieur (position C) fournit l'excitation libre de référence. Cette instrumentation peut être complétée par des instruments installés à l'intérieur du corps de la digue («borehole instruments»), en premier lieu dans la section centrale.

## 3. L'évaluation et le choix des barrages

Dès le début du projet, certains critères avaient été fixés pour procéder au choix de barrages en vue de leur instrumentation. Il s'agissait d'équiper en priorité des ouvrages de grandes dimensions situés dans les zones sismiques les plus actives du pays. Les barrages retenus devaient aussi être représentatifs des ouvrages érigés en Suisse; dans l'ordre, on avait l'intention d'équiper au moins deux

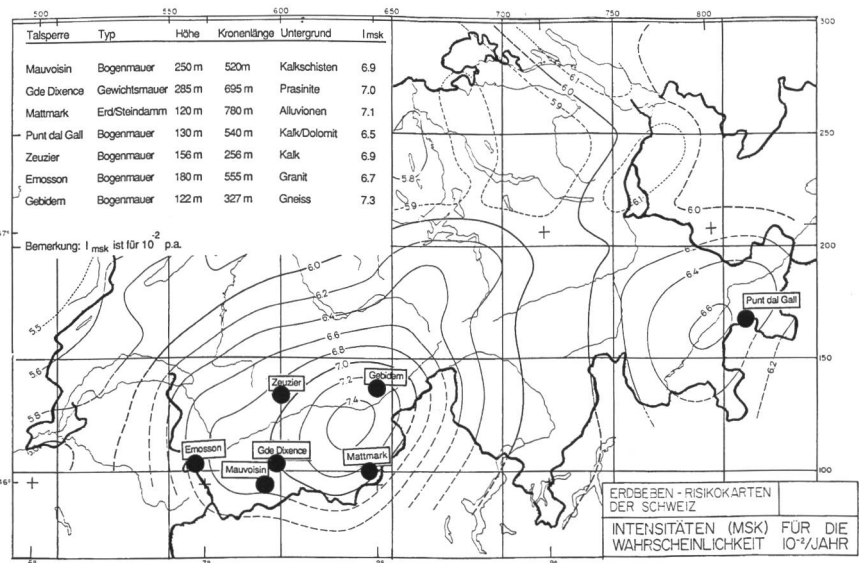


Figure 4. Situation et caractéristiques des barrages évalués (avec indication des courbes d'égales intensité MSK pour une probabilité d'occurrence de 100 ans), selon R. Sägger et D. Mayer-Rosa.

barrages-voûte, un barrage-poids et une digue. Quant aux conditions géologiques, elles devaient être représentatives des formations alpines.

La forme et la définition géométrique ont également été prises en compte, car il était aussi admis que les observations devaient être applicables au plus grand nombre possible de barrages suisses.

Compte tenu de ce qui précède, une première sélection de sept barrages a été faite en vue d'une évaluation détaillée des possibilités d'instrumentation. Il s'agissait des barrages d'Emosson (Valais), de Gebidem (Valais), de Grande Dixence (Valais), de Mattmark (Valais), de Mauvoisin (Valais), de Punt dal Gall (Grisons) et de Zeuzier (Valais). La figure 4 donne la situation de ces barrages et leurs principales caractéristiques.

Une vision locale de tous ces ouvrages a été effectuée. Sur place, les emplacements éventuels des instruments selon les figures 1 à 3 et les possibilités de montage ont été évalués. Par ailleurs, on s'est attaché à recenser les travaux à effectuer, à reconnaître les possibilités de passage des câbles, à envisager les moyens d'alimentation en électricité, à vérifier la qualité de réception de signal horaire. Suite à ces reconnaissances, différentes variantes, en tenant compte du concept d'instrumentation décrit plus haut, ont été étudiées et leurs coûts estimés. Enfin, sur la base de devis estimatifs et de considérations techniques, il a été décidé de procéder à l'élaboration des projets définitifs d'équipement des barrages de Mauvoisin, de la Grande Dixence et de Punt dal Gall, ainsi que de la digue de Mattmark.

## 4. Instrumentation

### 4.1 Spécification des appareils

Les spécifications des instruments (tableau 1) doivent être compatibles avec les objectifs d'observation et avec les conditions d'environnement régnant aux sites (humidité, température, perturbations électro-magnétiques). Une installation simple et une exploitation efficace du réseau sont également de mise.

Les accélérographes doivent pouvoir enregistrer les valeurs des accélérations maximales pouvant se produire aux points de mesure. Ces accélérations dépendent avant tout du risque sismique aux sites pour la période de retour considérée et de la position de l'instrument dans le barrage (la vibration dans le corps du barrage étant généralement plus importante que celle de l'excitation libre ou le long des appuis). Compte tenu de la séismicité prévalant au droit des sites retenus, une valeur maximale d'accélération de 0,5 g est considérée (g étant l'accélération terrestre). A titre de comparaison, les valeurs empiriques pour les accélérations maximales correspondant aux intensités des sites telles qu'elles ressortent de la figure 4 pour une période de retour de 100 ans sont: 0,08 g pour  $I_{msk} = 6,5$ , 0,09 g pour  $I_{msk} = 6,7$ , 0,10 g pour  $I_{msk} = 6,9$  à 7,0, 0,11 g pour  $I_{msk} = 7,1$  et 0,13 g pour  $I_{msk} = 7,3$ . L'amplification entre l'accélération amont-aval au milieu du couronnement d'un barrage-voûte et l'accélération à la base devrait atteindre au plus un facteur de 6 (facteur de 3 pour un point quart).

La résolution de mesure doit être au moins de 0,001 g. Afin de pouvoir étudier l'apparition éventuelle de déformations irréversibles telles que des tassements dans les digues ou des déformations résiduelles dans les joints des barrages-poids, les enregistrements doivent être précis à partir de 0 Hz (DC). Dans le même temps, la fréquence supérieure mesurée doit être plus élevée que la fréquence de la déformation modale la plus haute du barrage contri-

buant à la réponse de ce dernier ainsi qu'à la fréquence porteuse d'énergie d'excitation la plus élevée. Cette fréquence supérieure est d'au moins 30 Hz.

Les études de propagation des ondes exigent que les enregistrements des événements soient synchronisés entre les stations d'un même barrage. Dans ce sens, il est nécessaire d'interconnecter tous les instruments d'un barrage pour s'assurer que les accélérographes se déclenchent simultanément («common trigger») et qu'ils enregistrent précisément au même moment («common sampling»). L'interconnexion des instruments nécessite de prendre des précautions contre les perturbations éventuelles dues d'une part aux différences de potentiel électrique entre les différentes stations interconnectées et d'autre part aux surtensions (par exemple la foudre frappant aux abords des câbles d'interconnexion ou d'alimentation).

Du point de vue de l'efficacité d'exploitation, il est important de disposer en permanence d'une possibilité de communication à distance avec tous les instruments. Il est également essentiel que ces derniers procèdent automatiquement à intervalles réguliers à des contrôles internes de fonctionnement (self-test). Les résultats de ces tests sont gardés en mémoire à fin d'interprétation dans le cadre de la maintenance et de l'exploitation du réseau. L'interprétation et le contrôle de l'état de fonctionnement des appareils peuvent ainsi se faire sans qu'il soit nécessaire de se rendre sur place.

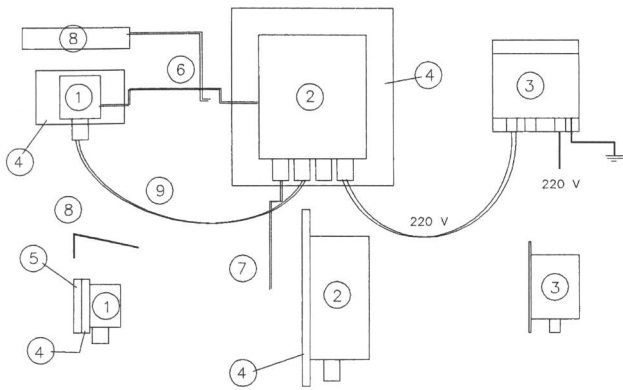
Les accélérographes sont de type digital afin de permettre une interprétation simple et efficace des enregistrements. Il est également souhaitable de disposer d'un marquage horaire précis sur tous les enregistrements afin de pouvoir effectuer des corrélations éventuelles entre les différents sites, y compris ceux du réseau extérieur. Pour des raisons de fiabilité d'exploitation, il est primordial que les enregistrements se fassent de manière locale (aux stations

Tableau 1. Spécifications requises et effectives de l'accélérographe.

Spécifications requises	Spécifications effectives
Accélérographe à 3 composantes $a_{max} \neq 0,5$ g	3 accéléromètres orthogonaux par capteur $a = \pm 0,5$ g horizontal, 1 g $\pm 0,5$ g vertical
Résolution $da \leq 0,001$ g	12 data bits à 0,5 g ( $da = 0,00025$ g)
Bruit < da	Dynamique capteur = 84 dB à $a = 2$ g Bruit (total) < 1 least significant bit
$f_{min} = 0$ Hz (DC) $f_{max} \leq 30$ Hz	$f_{min} = 0$ Hz $f_{max} = 50$ Hz
Enregistrement digital	Enregistrement digital ( $dt = 1/200$ s)
«Common trigger»	A travers centre de contrôle et interconnexion
«Common sampling»	A travers centre de contrôle et interconnexion
Synchronisation horaire	Récepteur au centre de contrôle
Insensibilité aux différences de potentiel électrique entre stations	Interconnexion à l'aide de câbles fibres optiques
Insensibilité aux surtensions	Dito, + protections externes et montages isolés si nécessaires
Communication à distance	Par modem au centre de contrôle et interconnexion
Montage simple	Appareillage compact, capteur séparé, montage sur paroi
Fonctionnement sûr	Enregistrement local, boîtiers étanches, compatibilité électro-magnétique
Exploitation simple	Self-tests intégrés, communication à distance



## ELEVATION



## COUPES

Figure 5. Schéma de montage des accélérographes. 1 Capteur, 2 Enregistreur, 3 Protection contre les surtensions, 4 Socle isolateur, 5 Socle métallique, 6 Fils de mise à la terre, 7 Câble fibre optique, 8 Toit de protection du capteur, 9 Câble du capteur.



Figure 6. Vue d'ensemble de l'installation d'une station.

elles-mêmes) et non à distance, pour éviter la perte d'enregistrements en cas d'interruption de la liaison. Les appareils doivent pouvoir fonctionner en cas de coupure de courant prolongée grâce à une alimentation par batterie (minimum 2 jours).

Finalement, le montage des instruments doit rester simple et ne nécessiter que des travaux d'infrastructure réduits (peu ou pas de socles, niches, ...). La figure 5 montre le schéma type de l'installation d'une station. Il est à noter qu'un toit métallique de protection a été posé systématiquement au-dessus des capteurs pour éviter une perturbation des enregistrements par des chocs intempestifs dus à des chutes de matériaux divers lors d'un tremblement de terre.

### 4.2 Instrument installé

Les caractéristiques principales de l'appareil installé sont indiquées dans le tableau 1 en regard des spécifications minimales requises.

Les caractéristiques suivantes du projet et de l'appareil ont conditionné particulièrement les travaux préparatoires d'infrastructure et l'exploitation du réseau barrage:

- interconnexion en étoile (parallèle) par câble à 2 fibres optiques avec centre de contrôle contenant les logiciels d'exploitation (communication avec les accélérographes connectés, common trigger, common sampling, ...), un

récepteur horaire et un modem (communication sur demande par ligne téléphonique);

- possibilité de montage séparé sur paroi du capteur (de dimensions 79 × 74 × 59 mm) et de l'enregistreur (de dimensions 200 × 230 × 110 mm). Les dimensions du centre de contrôle sont de 350 × 599 × 556 mm (l'électronique peut également être montée dans une armoire standard déjà installée, tel que cela a été fait à Punt dal Gall);
- alimentation 220 volts avec plus de 2 jours d'autonomie sur batterie interne (accélérographes et centre de contrôle), tension de 2 volts pour signal capteur-enregistreur (maximum);
- centre de contrôle disposant d'un double relais à 48 volts maximum dont la fermeture est liée à l'apparition de tremblements de terre atteignant des niveaux prédéterminés (2 niveaux de fermeture). Des fils reliés à la centrale d'exploitation du barrage peuvent être connectés à ces relais, permettant ainsi à l'exploitant de disposer d'une annonce d'événements on line.

Pour simplifier l'interprétation ultérieure des enregistrements et pour faciliter l'échange éventuel de capteurs lors de l'exploitation, les capteurs ont systématiquement été montés sur paroi et orientés de manière à ce que leur direction «X» soit dirigée dans la direction aval (à l'exception des deux appareils situés aux appuis au niveau supérieur du barrage de Mauvoisin et des stations extérieures de tous les barrages).

Afin d'éviter une perte de puissance du signal optique, tous les câbles d'interconnexion reliant les centres de contrôle aux accélérographes ont été posés / tirés en un seul segment (aucune épissure).

## 5. Description des projets

### 5.1 Equipement du barrage de la Grande Dixence

Le barrage-poids de la Grande Dixence crée une retenue d'une capacité de 40 millions de m<sup>3</sup>. D'une hauteur de 285 m, il est le plus haut barrage en béton au monde. Il a été construit par plots de 16 m de largeur, chaque plot étant divisé en blocs séparés par des joints longitudinaux.

Au niveau de la géologie, la roche de fondation est constituée essentiellement par des schistes verts et des phyllites.

L'objectif de l'instrumentation du barrage de la Grande Dixence (figure 1B) est d'observer la réponse du plot central (1 appareil au couronnement), les sollicitations auxquelles ce plot est soumis (2 appareils au pied), les déplacements relatifs éventuels entre les plots (1 appareil supplémentaire au couronnement de part d'autre du plot central), ainsi que le mouvement libre de référence (mouvement représentatif du site, non affecté par la présence du barrage: 1 appareil posé sur rocher dans une galerie non revêtue).

L'infrastructure du barrage de la Grande Dixence est caractérisée par la mise en place d'une alimentation électrique spécifique au réseau reliée à un groupe de secours de l'exploitation du barrage. Ceci s'est avéré nécessaire du fait de la possibilité d'interruption de courant de durée supérieure à l'autonomie des accélérographes. Il a par ailleurs fallu isoler systématiquement les accélérographes du béton et de faire une mise à la terre ponctuelle par la mise en place d'appareils externes de protection contre les surtensions. Tous les fils de cuivre reliés au centre de contrôle sont similairement protégés (ligne téléphonique, lignes de signaux de reconnaissance d'événements et alimentation

électrique). Une connection téléphonique a été mise en place au centre de contrôle, reliée au réseau téléphonique public.

### 5.2 Equipement du barrage de Mauvoisin

Le barrage-voûte de Mauvoisin crée une retenue de 206 millions de m<sup>3</sup>. D'une hauteur initiale de 237 m, il a été réhaussé à 250,5 m de 1989 à 1991 (épaisseur à la base : 53,50 m). Le barrage-voûte est à double courbure et les rayons de courbure des axes des coupes horizontales croissent légèrement vers les appuis. Il était le plus haut barrage en béton au monde lors de sa construction et occupe actuellement la 4<sup>e</sup> position.

La roche de fondation est constituée de calschistes (schistes lustrés de la zone du Combin).

L'objectif de l'instrumentation du barrage de Mauvoisin (figure 2B) est d'observer les propriétés modales, leur réponse et la dissipation d'énergie associée (3 appareils dans la galerie supérieure et 1 appareil dans une galerie intermédiaire), les sollicitations auxquelles le barrage est soumis (5 appareils aux appuis et au pied), la propagation d'ondes (2 appareils en rocher dans des galeries de reconnaissance) ainsi que le mouvement libre de référence (mouvement représentatif du site, non affecté par la présence du barrage: 1 appareil dans la galerie d'hiver).

La particularité de l'infrastructure de l'instrumentation du barrage de Mauvoisin consiste en un montage isolé des accélérographes avec mise à la terre ponctuelle par des protections externes contre les surtensions et en l'installation d'une liaison téléphonique reliée au réseau public. Tous les fils de cuivre reliés au centre de contrôle sont protégés contre les surtensions. Il a également été nécessaire de forer une dalle en béton (2 forages d'une longueur de 8 mètres) et de fraiser une dalle afin de permettre le passage des câbles fibres optiques. De plus, certains accélérographes sont installés en des endroits très humides. Afin d'éviter que de l'eau ne pénètre dans les boîtiers des enregistreurs lors du service (ouverture des boîtiers), des toits de protection ont été installés au droit de ces stations.

### 5.3 Equipement de la digue de Mattmark

La digue de Mattmark, d'une hauteur de 120 m, est une digue en terre et en enrochement. Elle crée une accumulation de 100 millions de m<sup>3</sup>.

Au niveau de la géologie, la digue est fondée latéralement sur des gneiss. Dans le fond de la vallée, la digue repose sur des formations quaternaires dont l'origine est morainique et alluvionnaire d'une épaisseur maximale de 90 m. Un voile d'injection de 86 000 m<sup>2</sup> de surface a été réalisé.

L'objectif de l'instrumentation de la digue de Mattmark (figure 3B) est d'observer la réponse de la digue (1 appareil au couronnement), l'excitation à laquelle la digue est soumise (1 appareil à l'appui droit et 1 appareil à la base dans la galerie de drainage) et le mouvement libre de référence (mouvement représentatif du site, non affecté par la présence de la digue: 1 appareil dans la galerie d'hiver).

Du fait de l'exposition à la foudre moindre du site de Mattmark, il n'a pas fallu isoler systématiquement les accélérographes de la digue et d'installer des protections externes contre les surtensions. Il n'a également pas été nécessaire de réaliser une nouvelle connexion téléphonique, une liaison existante à la centrale alarme-eau (endroit où se trouve le centre de contrôle) ayant pu être utilisée. Un commutateur «Fax Link» a cependant été installé, ce qui permet une commutation automatique entre un appel mo-

dem et un appel voix (1 appel voix est prioritaire dans la configuration installée). Tous les fils de cuivre reliés au centre de contrôle sont protégés contre les surtensions.

Une particularité de l'infrastructure est la réalisation d'un puits en béton armé de 80 × 80 cm et 150 cm de profondeur au couronnement à l'aplomb de la section médiane. Un accélérographe y a été placé et son alimentation électrique se fait par l'intermédiaire d'un câble installé à proximité de la surface du couronnement. En raison de la situation de ce câble, un courant de 36 volts est utilisé qui est transformé en 220 volts à la station. Ce câble est protégé contre les surtensions à ses 2 extrémités.

### 5.4 Equipement du barrage de Punt dal Gall

Le barrage-voûte de Punt dal Gall, d'une hauteur de 130 m, crée une retenue de 164 millions de m<sup>3</sup>. Le barrage a été construit de 1965 à 1969. Il s'agit d'un barrage-voûte à double courbure, la forme des arcs étant celle de spirales logarithmiques (rayon de courbure proportionnel à la longueur de l'arc). L'épaisseur du mur est renforcée vers les appuis du fait de la qualité moyenne de l'appui rocheux.

Au niveau de la géologie, la roche de fondation est constituée d'une alternance de calcaires et de dolomies.

L'objectif de l'instrumentation du barrage de Punt dal Gall (figure 2C) est d'observer les propriétés modales, leur réponse et la dissipation d'énergie associée (3 appareils dans la galerie supérieure), les sollicitations auxquelles le barrage est soumis (3 appareils aux appuis et au pied) ainsi que le mouvement libre de référence (mouvement représentatif du site, non affecté par la présence du barrage: 1 appareil placé sur rocher dans la galerie de liaison au tunnel routier).

L'exposition réduite du barrage de Punt dal Gall a permis de renoncer à un montage isolé des accélérographes et à des protections contre les surtensions. Une connexion téléphonique existante a été utilisée avec un commutateur «Fax Link». Tous les fils de cuivre reliés au centre de contrôle sont protégés contre les surtensions. L'installation de toits de protection (stations potentiellement humides) s'est également avérée nécessaire.

### 5.5 Quelques chiffres concernant l'installation

Pour les quatre barrages équipés, la totalité des installations d'infrastructure a consisté en:

– pose de tubes pour câbles d'alimentation et fibres optiques	1970 m
– câbles d'alimentation (tirage en tube / pose en caniveau)	2492 m
– tirage et pose de câbles fibres optiques (29 segments)	13 609 m
– protections externes contre les surtensions pour les accélérographes	18 pièces
– protections surtensions pour transformateurs (Mattmark)	2 pièces
– protections externes contre les surtensions centre de contrôle (y compris 5 lignes courant faible)	4 pièces
– toits de protection pour les enregistreurs	2 pièces
– toits de protection pour les capteurs	29 pièces
– installations téléphoniques	2 connexions
– téléphone / modem «Fax Link»	2 commutateurs
– forages (Mauvoisin)	2 × 8 mètres
– puits (Mattmark)	1 pièce

Il convient de relever que les 29 segments de câbles d'interconnexion fibres optiques ont été posés en une seule

fois, sans épissure. Il a été posé un total de 13,6 kilomètres de câbles fibres optiques, les segments les plus longs étant de 2170 mètres (Mattmark) et de 1'393 mètres (Mauvoisin).

#### Remerciements

Le groupe de travail tient à remercier les Directions et le personnel des barrages de leur appui et leur aide lors des travaux de reconnaissance et d'installation.

L'élaboration des spécifications électroniques, en particulier celles concernant les aspects de protection contre les surtensions et les effets electro-magnétiques, de même que le suivi de leur exécution ont été effectués par M. Max Dietiker, du Service sismologique suisse.

Adresse des auteurs: Dr Georges R. Darbre et Henri Pougatsch, adjoints scientifiques à l'Office fédéral de l'économie des eaux, case postale, CH-3001 Berne.

#### Bibliographie

- [1] Darbre, G. R., Pougatsch, H.: "Design and implementation of strong-motion instrumentation arrays in dams", Proceedings of the 10th World Conf. on Earthquake Eng., Madrid 1992
- [2] Darbre, G. R.: "Strong-Motion Instrumentation of Concrete Dams", Proceedings of the 6th International Conf. on Soil Dynamics and Earthquake Eng., Bath 1993
- [3] Pougatsch, H., Mayer-Rosa, D., Kluge, D.: Développement du réseau sismique national d'accélérographes, «wasser, energie, luft», 85. Jahrgang, Heft 11/12 (1993)
- [4] Darbre, G. R.: «Réalisation du réseau d'instrumentation de barrages par accélérographes», Rapport de l'Office fédéral de l'économie des eaux, Berne 1993
- [5] Darbre, G. R.: «Instrumentation par accélérographes du barrage-poids de la Grande Dixence», Rapport de l'Office fédéral de l'économie des eaux, Berne 1993
- [6] Darbre, G. R.: «Instrumentation par accélérographes du barrage-voûte de Mauvoisin», Rapport de l'Office fédéral de l'économie des eaux, Berne 1993
- [7] Darbre, G. R.: «Instrumentation par accélérographes de la digue de Mattmark», Rapport de l'Office fédéral de l'économie des eaux, Berne 1993
- [6] Darbre, G. R.: «Instrumentation par accélérographes du barrage-voûte de Punt dal Gall», Rapport de l'Office fédéral de l'économie des eaux, Berne 1993

## Ausbau Kraftwerkstufe Merlen – Plätz III

Josef Burri

### 1. Einleitung

Das Elektrizitätswerk der Ortsgemeinde Murg besitzt und betreibt im Murgtal drei Kraftwerke. Die drei Anlagen Merlen, Plätz und Gödis nutzen die Abflüsse des Murgbachs, wobei die Kraftwerke Plätz und Gödis mit Ausgleichsbecken arbeiten.

Aufgrund der «Generellen Ausbaustudie der Wasserkräfte im Murgtal» entschied sich die Bauherrschaft im Interesse des Landschaftsschutzes im Jahre 1977 für eine Sanierung der bestehenden Anlagen anstelle von wirtschaftlich interessanteren Ausbaupalternativen.

In den Jahren 1980/81 wurde das unterste Kraftwerk Gödis erneuert. Nach Erhalt der Konzession für die Erneuerung des Kraftwerks Plätz im Jahre 1989 beschloss die Ortsgemeindeversammlung den Ausbau der Stufe Merlen – Plätz III.



Bild 1. Ausgleichsbecken Merlen nach dem Einbau der Asphalt-dichtung.

### 2. Ausbau der Kraftwerkstufe Merlen – Plätz III

Das 1936 erbaute Kraftwerk Plätz mit einer Peltonturbine ist im Jahre 1958 durch eine zweite Maschinengruppe erweitert worden.

Der heutige Ausbau sieht eine weitere Erhöhung der bestehenden Ausbaumenge von 0,88 m<sup>3</sup>/s auf neu 2,0 m<sup>3</sup>/s vor mit einem Nettogefälle von 367 m und einer neuen installierten Leistung von 6,3 MW. Die jährliche Energieproduktion lässt sich von heute 12,4 Mio kWh auf 23,4 Mio kWh nach dem Ausbau erhöhen. Durch das neue Ausgleichsbecken mit 30 000 m<sup>3</sup> Inhalt werden günstige Betriebsbedingungen geschaffen, welche einen grösseren Anteil an Hochtarifproduktion und eine gute Spitzendeckung ermöglichen.

### 3. Ausbaulose

Die Aufteilung der Erneuerungsarbeiten wurde in drei Lose aufgeteilt, nämlich Los Merlenboden, Los Druckleitung und Los Zentrale.

Nach erteilter Baubewilligung im Frühjahr 1991 konnte der Start zu den Bauarbeiten für das Los Merlenboden gegeben werden. Folgende Anlageteile wurden in zwei Jahren (1991/92) im Merlenboden realisiert:

- Verlegung und Abdichtung Murgbach
- Wasserfassung Murgbach  $Q_A = 2,4 \text{ m}^3/\text{s}$
- Ausgleichsbecken Merlen  $V_N = 30\,000 \text{ m}^3$
- Entnahmebauwerk und Hochwasserentlastung
- Grundablass und Druckleitung (1. Teil)
- Verlegung Alpstrasse und Messstationen

Die Abdichtung des Murgbaches erfolgte mit einem Tonbetonbelag, dem sogenannten Heimo-Dichtungsteppich. Das Ausgleichsbecken liegt ganz unter dem ursprünglichen Terrain der Ebene. Es ist mit einer Asphalt-dichtung ausgekleidet. Die Wasserfassung ist als Umlenkfassung mit fester Wehrschwelle konzipiert und mit zugehörigem Entkieser und Entsander ausgerüstet.

Im Jahr 1993 wurden die verbleibenden Lose Druckleitung und Zentrale realisiert. Von der Gesamtlänge von 2000 m wurden 1550 m in erdverlegten Stahlrohren (Durch-