

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 95 (1969)
Heft: 9: SIA spécial, no 3, 1969: 71e Assemblée générale de la Société des ingénieurs et architectes

Artikel: Le centre d'exploitation ("dispatching") des usines de pompage de la Grande-Dixence à Sion
Autor: Meystre, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-70234>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

parfois encore au cours de la construction d'un ouvrage d'art pour lequel on a fait appel à des techniques résolument nouvelles. Une exécution de ce genre n'est concevable que par un travail en équipe, aussi bien pour les études que pour les travaux ; travail en équipe du bureau d'ingénieurs et collaboration intense de celui-ci avec l'entrepreneur.

Des risques subsistent, mais ils ont été pris en connaissance de cause, tant par le maître de l'ouvrage qui a accepté le principe d'une telle réalisation que par l'entreprise qui n'avait jamais exécuté un tel travail et que par l'ingénieur qui proposait des méthodes nouvelles. L'apport de l'ingénieur ne se limite plus uniquement aux théories dans le domaine des calculs, de la résistance des matériaux, de la statique ; il doit s'étendre à tous les problèmes de fabrication et de mise en œuvre de ce qu'il conçoit.

La conception, l'étude et l'exécution de l'usine de préfabrication et de la grue portique nous ont posé presque autant de problèmes que le pont lui-même. Dans le domaine de la construction des grands ponts, l'ingénieur est appelé à développer de plus en plus ses qualités inventives et son esprit de recherche dans le cadre de techniques très nouvelles qui permettront de maintenir le niveau élevé de nos réalisations suisses.

BIBLIOGRAPHIE

- Article paru dans *La Route et la circulation routière*, n° 7, juillet 1967.
Article paru dans *Vorfabrikation*, nos 58 et 59, 1968.
Brochure descriptive des Viaducs de Chillon, éditée par le BAR, le Consortium des Viaducs de Chillon et le Bureau technique J.-C. Piguët.

LE CENTRE D'EXPLOITATION (« DISPATCHING ») DES USINES DE POMPAGE DE LA GRANDE-DIXENCE A SION

par P. MEYSTRE, ingénieur EPUL¹

Nous pensons qu'une très rapide présentation de l'installation de télécontrôle, de télécommande et de calcul électronique de la Grande-Dixence à Sion pourra intéresser le lecteur, même s'il n'est pas spécialiste. Il s'agissait très probablement à l'époque de la seule réalisation européenne d'un centre de contrôle et commande automatique travaillant sur un réseau hydraulique situé à une grande distance et comportant un ordinateur de Process Control travaillant en temps réel ; maintenant encore c'est probablement la plus développée.

Les deux photographies ci-contre montrent l'équipement qui assure le contrôle continu, la commande à distance des quatre usines de pompage (puissance absorbée environ 180 000 kW pour un débit moyen d'environ 40 m³/s), et les calculs conduisant à définir leur programme optimum d'exploitation.

Environ 250 mesures sont transmises continuellement à ce centre à partir des usines des régions de Zermatt, de Ferpècle et d'Arolla, sur des distances de 30 à 80 km, par six canaux de télémesure digitaux et cycliques, un grand nombre de signaux sont transmis par quatre et voies de télésignalisation. Un tableau synoptique (fig. 1) présente à l'exploitant les valeurs actuelles de toutes les mesures hydrauliques et un pupitre toutes celles des valeurs électriques. Le même pupitre permet la commande manuelle à distance de tous les groupes équipant les usines, ceci par le moyen de quatre canaux de télécommande.

Une calculatrice électronique Philips-Electrologica ELX8 (fig. 2) reçoit continuellement toutes ces valeurs, les contrôle, avertit le personnel en cas d'erreur ou de dépassement de ces mesures ou en cas de dépassement

de valeurs limites et les garde en mémoire pendant trois jours. A part cela, chaque fois que l'opération est prévue par l'horloge interne ou chaque fois que le personnel le désire ou encore lorsque des circonstances le demandent, la calculatrice refait un tableau de prévision des débits qui seront probablement captés et mis à disposition des pompages ou des prises par gravité, pendant les heures suivantes et jusqu'à trois jours. La calculatrice calcule ensuite immédiatement les nouveaux programmes d'exploitation optimum des usines de pompage, adaptés à ces débits de manière à réduire au minimum les pertes d'eau et à grouper le plus possible les temps de pompage sur les heures à bas tarif de l'énergie électrique ; la calculatrice tient compte évidemment des volumes d'eau contenus dans les bassins au moment du calcul ainsi que de la disponibilité des groupes.

On voit qu'il est nécessaire de disposer pour ce travail d'une calculatrice de Process Control à programmes très automatisés, travaillant donc en temps réel et simultanément aussi bien sur la réception des mesures et leur contrôle que sur les grands programmes de calcul qui doivent servir à guider l'exploitation. Les résultats de ces calculs sont présentés sous forme de listes d'ordres imprimées et de graphiques tracés automatiquement et représentant, pour chaque usine et en fonction du temps, pour deux à trois jours :

- l'évolution probable des débits captés ;
- les prix de l'énergie électrique ;
- les débits pompés calculés futurs ;
- l'évolution calculée des volumes contenus dans les bassins de compensation des usines.

La calculatrice est équipée pour pouvoir, par la suite, commander elle-même à distance la mise en marche et

¹ Directeur Electro-Calcul S.A., sous-directeur Société Générale pour l'Industrie, Lausanne.

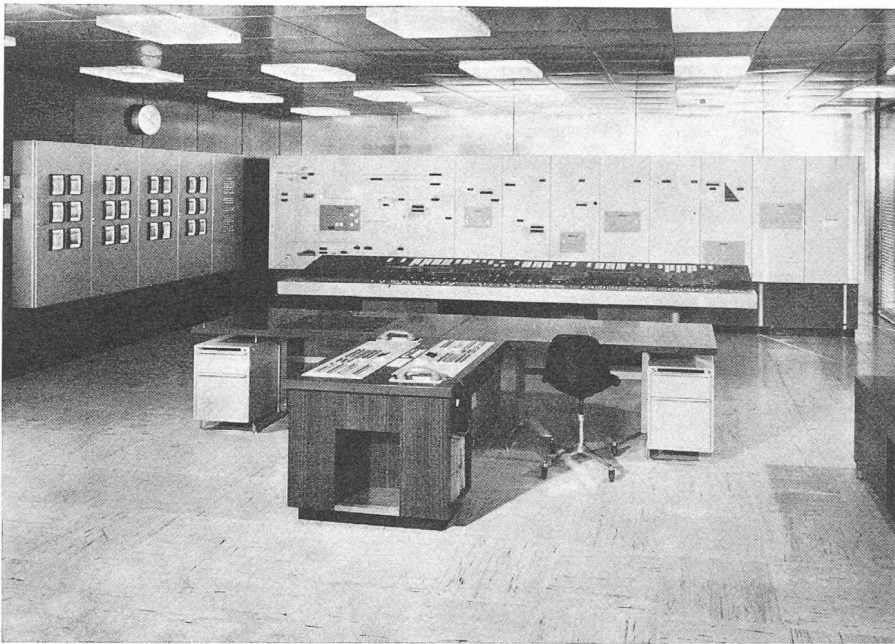


Fig. 1.

l'arrêt des groupes dont les puissances vont de 9000 à 40 000 ch.

Le même ordinateur peut simultanément procéder à des calculs de toute espèce scientifiques, d'hydraulique ou de génie civil, ce qui permet d'améliorer son taux d'occupation. Il est aussi utilisé pour les relevés automatiques des compteurs d'énergie consommée ; ces relevés sont commandés à heures fixes par l'horloge interne.

L'obligation de recevoir et de mémoriser une centaine de valeurs par seconde, par cycle de 250 valeurs toutes les 2,4 secondes, de les contrôler, d'organiser leur mémorisation tout en accomplissant simultanément de nombreux autres calculs, nous a conduits à chercher une calculatrice très bien organisée, travaillant en multiprogrammation, équipée d'une horloge interne appelant elle-même des programmes et d'un système très développé de priorités et d'appels à plusieurs niveaux.

Les caractéristiques essentielles de cet ordinateur sont :

Mémoire centrale

32 K mots de 27 bits =
 $32\,768 \times 27$ bits
 $(K = 2^{10} = 1024)$
 Temps d'accès : 1,25 mms
 (microseconde)
 Temps de cycle : 2,5 mms
 Protection de mémoire

Unité centrale

Circuits imprimés
 Transistors au silicium
 Connexions roulées, « wire-wrapping »
 Addition : 5 mms

Addition en virgule flottante :
 14 mms
 Multiplication : 31 mms
 Multiplication en virgule flottante : 39 mms
 3 registres arithmétiques de 27 bits
 1 registre arithmétique de 54 bits
 (décomposable en 2×27)
 2 registres de transfert
 Nombreux registres logiques et opérationnels

Mémoire auxiliaire

Tambour de 512 K mots de 27 bits
 Temps d'accès moyen : 20 ms

Entrées et sorties

Les périphériques sont gérés par un calculateur auxiliaire câblé effectuant toutes les opérations nécessaires et entre autres le calcul des adresses de

mémoire centrale, des périphériques magnétiques, etc.

Software (programmes)

Organisation programmée très puissante permettant la gestion simultanée de plusieurs programmes (multiprogrammation), conception qui est encore actuellement la plus avancée :

7 classes de programmes et
 8 classes de procédures de priorités différentes.

Le traitement d'un programme est immédiatement remplacé par celui d'un autre de priorité inférieure dès qu'il doit attendre l'exécution d'une opération d'entrée ou de sortie ; il est aussi interrompu par les appels de l'horloge interne ou de signaux extérieurs qui deman-



Fig. 2.

Photos H. Germond, Lausanne

dent la mise en action d'un programme d'une priorité supérieure.

Une partie des programmes est écrite en *langue symbolique*, l'ELAN, qui est traduit en langage machine et assemblé par un *assembleur*. D'autres programmes sont écrits en ALGOL, langage très évolué présentant de grands avantages pour l'expression des programmes compliqués de prévision et de recherche d'optimum d'exploitation, ils sont traduits en langage machine et organisés par un *compilateur*.

AUSCULTATION DES BARRAGES - HONGRIN

par : COMPAGNIE D'ÉTUDES DE TRAVAUX PUBLICS SA, Lausanne
et Bureau Albert JAQUET, Montreux

Introduction

Le contrôle du comportement des grands barrages a pris de l'essor au cours des deux dernières décennies.

Dans ce cadre, les barrages de l'Hongrin méritent d'être mentionnés. En effet, pour la création du bassin d'accumulation, il a été nécessaire de réaliser deux barrages pour fermer les vallées de l'Hongrin (barrage Nord) et du Petit-Hongrin (barrage Sud) (fig. 1). Il s'agit de deux barrages-voûtes, qui comptent parmi les plus minces exécutés en Suisse. A part la galerie de base et les galeries de fond, aucune autre galerie de visite ne pouvait être exécutée sans trop affaiblir le corps des barrages. Ceux-ci sont séparés par la colline de la Jointe.

Le comportement de cette colline, sur laquelle s'appuient les deux barrages, est très important pour la stabilité de l'ouvrage. C'est la raison pour laquelle des dispositions ont été prises pour surveiller plus particulièrement les déformations de ce massif rocheux lors de la première mise en eau et pendant les années d'exploitation. Il est bien entendu que les appuis sur les rives et le corps des barrages sont également contrôlés.

Dispositifs de mesure et méthodes d'observation

L'ensemble des dispositifs de mesure est caractérisé par deux groupes d'installation. L'un permet de se rendre compte rapidement des anomalies dans le comportement de l'ouvrage et de ses fondations, l'autre donne des renseignements complémentaires mais leur interprétation n'est pas immédiate.

Les observations du premier groupe comprennent essentiellement des mesures de déplacement (massif rocheux, corps des barrages, galeries en rocher et galerie de drainage), et du mouvement des joints. La mesure des débits d'infiltration fait également partie de ce groupe.

L'exploitation des résultats de mesure du deuxième groupe d'installation exige de prendre en considération différents paramètres; ainsi elle ne peut être faite qu'après une certaine période d'observation. En outre, des mesures de température et de déformations spécifiques sont indispensables.

La figure 2 montre la disposition des télérocmètres, pendules inversés, ainsi que les cibles situées sur les parements des barrages. Les télérocmètres sont groupés par paire et orientés suivant la réaction sur les appuis

Résultats

Cette installation a été mise en service d'essai en 1966, puis a fonctionné avec une première partie des programmes en 1967. Elle travaille en temps réel pendant toute la période de fonte des neiges et des glaciers dans la zone des adductions de Grande-Dixence, c'est-à-dire de juin à octobre. Les programmes sont développés chaque année en fonction des expériences faites par l'exploitation.

des barrages et perpendiculairement à cette direction. Les mesures des déplacements selon l'axe des appareils peuvent se faire *in situ* ou dans la centrale de mesure située sur la culée de la colline de la Jointe. Ces télérocmètres pénètrent d'environ 50 m dans le massif rocheux et certains sont équipés d'un téléthermomètre.

Tous les pendules installés sont du type inversé; ils descendent de la galerie de base dans le massif rocheux et indiquent les déplacements du pied du barrage et de la fondation dans le sens radial et tangentiel de l'ouvrage. Cinq des dix pendules sont équipés d'un dispositif de télétransmission. A l'emplacement des pendules un dispositif de mesures clinométriques permet de déterminer les rotations.

A cause de la forte courbure, en élévation, des barrages, les pendules n'ont pas pu être prolongés jusqu'au couronnement. C'est la raison pour laquelle un autre dispositif de mesure a été prévu, dispositif déjà utilisé avec succès pour d'autres barrages récents.

Il s'agit de mesurer les angles verticaux entre un pilier situé au pied aval des barrages et les cibles placées dans l'alignement défini par les pendules (fig. 3). Ainsi les déplacements radiaux par rapport au pilier considéré peuvent être déterminés rapidement. Des mesures complémentaires peuvent être effectuées pour les déplacements tangentiels et verticaux.

Dans la galerie de drainage qui traverse la colline de la Jointe ainsi que dans les galeries en rocher, sur la rive gauche du barrage Sud, et la rive droite du barrage Nord sont placés des repères permettant de contrôler les déformations des galeries (mesures micrométriques, clinométriques et angulaires).

Le réseau de triangulation, destiné à fournir une image complète des déformations des barrages et des fondations, comprend 10 piliers de mesure situés à l'aval de l'ouvrage (fig. 4).

En tenant compte de la configuration du terrain, on a renoncé à implanter des stations de mesure éloignées. Pour augmenter la précision des résultats de mesure, après chaque campagne un ajustement du réseau est nécessaire.

En première étape, les mesures sont compensées par voie électronique par « les moindres carrés » en appliquant la méthode des observations médiates. En deuxième étape, on procède à un ajustement du réseau