

Les problèmes posés par le projet du canal de fruite de l'usine de La Bâtiaz d'Electricité d'Emosson SA

Autor(en): **Mottier, Jean-Louis**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **70 (1978)**

Heft 6-7

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941073>

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.

Jean-Louis Mottier

Zusammenfassung: Probleme und Projektierung des Unterwasserkanals der Zentrale La Bâtiаз der Electricité d'Emosson SA

Ein Modellversuch war bei der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich ursprünglich für die Prüfung der Bemessung des Unterwasserschlosses der untern Stufe des Kraftwerkes Emosson in Auftrag gegeben worden. Der Versuch hat merkwürdige Druckstösserscheinungen zum Vorschein gebracht, die unliebsame Folgen für die Sicherheit des Bauwerkes gehabt hätten, wären sie in der Projektierungsphase unbemerkt geblieben.

Bei raschen Lastzunahmen der Turbinen, wenn für gewisse Rhone-Wasserspiegel die Mündung des Unterwasserkanals der Zentrale unter Wasser ist, entstehen Druckstösse durch Einschliessen und Zusammendrücken von Luftblasen unter dem Scheitel des geschlossenen Kanalprofils.

Verschiedene Lösungen sind vorgeschlagen und am Modell untersucht worden. Durch das Einhalten von geeigneten strengen Betriebsvorschriften können die Druckstösse vermieden werden.

1. Introduction

Le canal de fuite de La Bâtiаз restitue au Rhône, en aval du coude que forme le fleuve près de Martigny, les eaux turbinées dans l'usine de La Bâtiаз. Cette usine est la centrale du palier inférieur de l'aménagement d'Emosson. Elle est équipée de deux groupes Pelton à 5 jets à axe vertical d'une puissance totale de 160 MW pour un débit de 29 m³/s.

La disposition générale de la centrale de La Bâtiаз et de ses ouvrages annexes est représentée sur les figures 1 et 2.

2. Canal de fuite

Les eaux utilisées dans la centrale sont rejetées au Rhône par l'intermédiaire d'un canal de fuite enterré d'une longueur totale de quelque 1400 m.

La centrale étant érigée à La Bâtiаз au pied de la paroi rocheuse, le tracé du canal de fuite traverse de biais toute la vallée du Rhône. Il croise sur son passage de nombreux ouvrages existants tels que: la route cantonale Martigny—St-Maurice, le chemin de fer Martigny—Châtêlard, les voies des CFF, la Drance, l'oléoduc, le canal d'assainissement ainsi que de nombreux chemins, bisses et meunières. Le niveau du Rhône en cas de crues importantes étant plus haut que le niveau moyen de la plaine du Rhône, une solution de canal ouvert à écoulement libre aurait exigé de hautes digues de protection et aurait posé des problèmes difficiles à résoudre au croisement avec les ouvrages mentionnés ci-dessus. Par ailleurs, une telle solution aurait occupé une surface importante de terrains agricoles. Bien qu'un canal de fuite ouvert à écoulement libre présente certains avantages au point de vue de l'exploitation, cette solution a été abandonnée au profit d'une solution enterrée.

La solution retenue comporte un canal fermé en béton armé composé d'une partie inférieure trapézoïdale et d'une partie supérieure voûtée. Le canal de fuite a depuis le bassin d'expansion jusqu'à son embouchure dans le Rhône

une longueur de 1279 m et sa pente longitudinale est 1,37 ‰.

Pour le calage en hauteur du canal de fuite, il a fallu tenir compte, d'une part, de la position des divers ouvrages rencontrés et, d'autre part, du niveau de la nappe phréatique de la vallée du Rhône qui empêchait, sans l'exécution de travaux trop onéreux, une disposition profonde de l'ouvrage.

Le profil en long du canal et son profil-type font l'objet de la figure 3.

3. Bassin d'expansion

Pour les niveaux normaux du Rhône, le canal de fuite travaille à écoulement libre. Déjà pour des crues légères, un refoulement d'eau se produit dans le canal de sorte que l'écoulement s'effectue partiellement en charge et pour les très hautes eaux du Rhône, la galerie est complètement sous pression.

Pour éviter de noyer les roues des turbines Pelton lors de prises de charge rapides de l'usine, il était dès lors nécessaire de disposer une chambre d'équilibre immédiatement en aval de la centrale. Celle-ci est constituée d'un simple bassin d'expansion de section horizontale constante et d'environ 2400 m² de superficie (voir figures 1 et 4).

Le système bassin d'expansion — canal de fuite a été dimensionné pour les conditions d'exploitation suivantes: Ouverture rapide des turbines de 0 à 29 m³/s en 30 s.

Cote maximum du niveau d'eau dans la fosse des turbines pour Q = 29 m³/s en régime stationnaire: 459,7 m s. m.

Dito pour Q = 30,5 m³/s (surcharge 5 ‰): 459,8 m s. m.

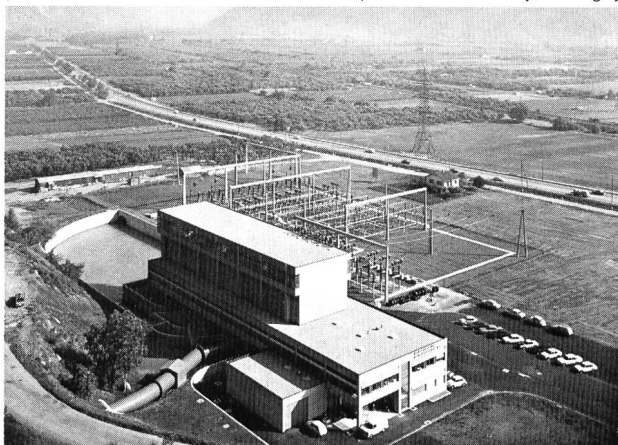
Cote maximum momentanée en régime transitoire pour une ouverture de 0 à 29 m³/s en 30 s: 460,5 m s. m.

Dito pour une ouverture de 0 à 14,5 m³/s en 30 s: 460,20 m s. m.

4. Restrictions d'exploitation

Pour garantir la hauteur libre sous les roues des turbines, il est nécessaire, soit de disposer les injecteurs à une hauteur suffisante au-dessus des plus hautes eaux et de ce fait perdre de la chute dans les cas normaux d'exploitation, soit au contraire, choisir un niveau d'implantation plus bas et accepter des restrictions dans certains cas particuliers.

Figure 2. Centrale de La Bâtiаз, poste de couplage et bassin d'expansion. (Photo M. Darbellay, Martigny)



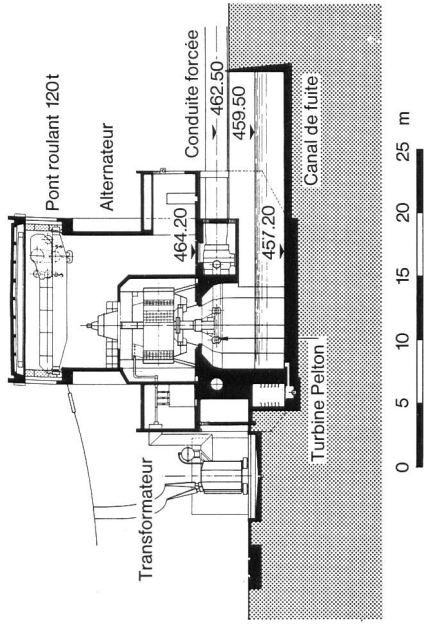
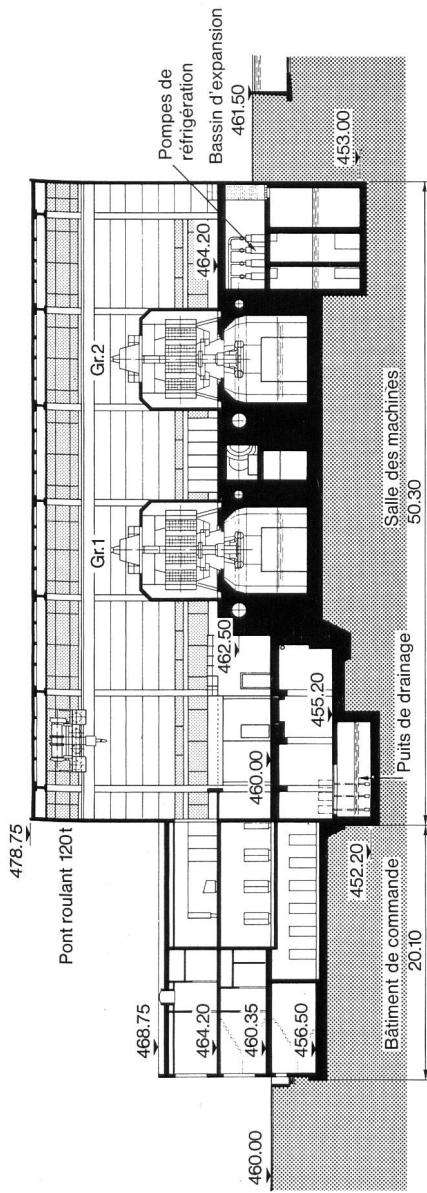
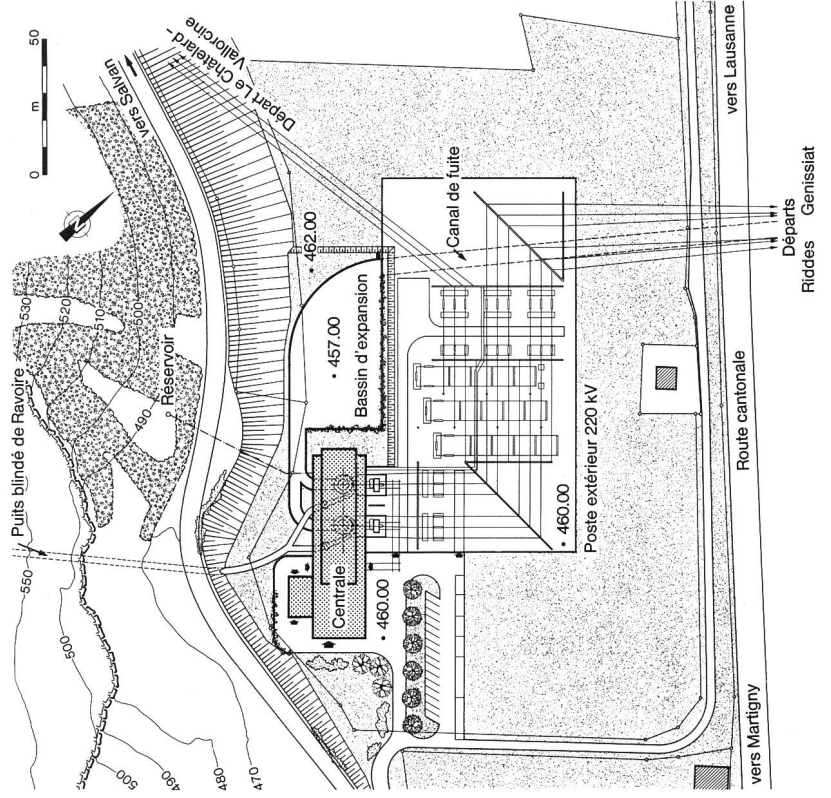
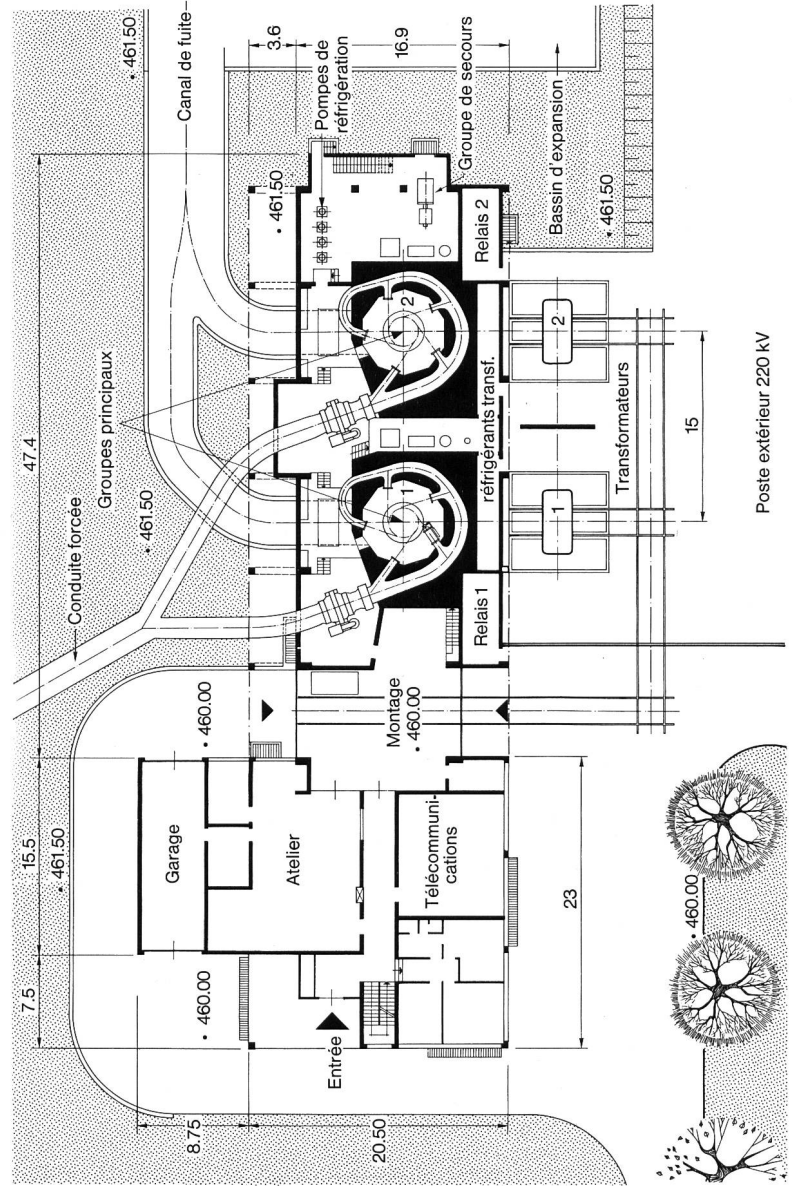


Figure 1. Centrale de La Bâtiatz, poste de couplage et bassin d'expansion: Situation et coupes.



CANAL DE FUITE DE L'USINE DE LA BATIAZ

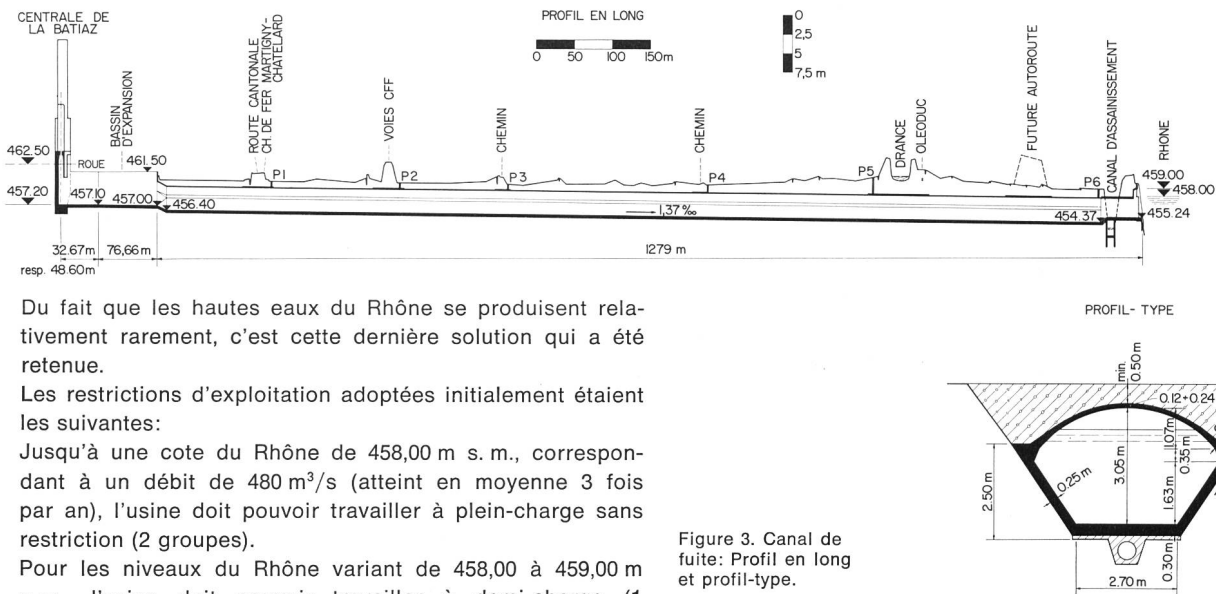


Figure 3. Canal de fuite: Profil en long et profil-type.

Du fait que les hautes eaux du Rhône se produisent relativement rarement, c'est cette dernière solution qui a été retenue.

Les restrictions d'exploitation adoptées initialement étaient les suivantes:

Jusqu'à une cote du Rhône de 458,00 m s. m., correspondant à un débit de 480 m³/s (atteint en moyenne 3 fois par an), l'usine doit pouvoir travailler à plein-charge sans restriction (2 groupes).

Pour les niveaux du Rhône variant de 458,00 à 459,00 m s. m., l'usine doit pouvoir travailler à demi-charge (1 groupe).

Pour les niveaux du Rhône dépassant la cote 459,00 m s. m., l'usine est arrêtée. Ce niveau correspond sensiblement à la crue décennale.

Compte tenu de la pente du canal de fuite et d'une hauteur libre sous la roue de 2,80 m en régime stationnaire, les injecteurs des turbines ont été placés à la cote 462,50 m s. m.

5. Essais sur modèle

Du fait que le calcul de la chambre d'équilibre aval, dans le cas où le canal de fuite travaille partiellement en charge, n'est pas facile à effectuer, il a été jugé prudent de vérifier les dimensions du bassin d'expansion ainsi que le comportement de l'ensemble de l'installation au moyen d'essais sur modèle réduit. Ces essais ont été exécutés sur un modèle à l'échelle 1:35 au Laboratoire de Recherches Hydrauliques, Hydrologiques et Glaciologiques de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich.

6. Résultats des essais sur modèle

6.1 Régime stationnaire

Les essais en régime stationnaire avec un débit de 29,0 resp. 30,5 m³/s ont montré que les niveaux d'eau maximums dans la fosse des turbines ne sont pas dépassés, si le coefficient de rugosité du canal selon Strickler atteint des valeurs de 82 à 85 m^{1/3} s⁻¹. Ces valeurs sont relativement élevées et demandent un soin tout particulier dans le confectionnement des coffrages.

6.2 Régime transitoire

En régime transitoire, les essais sur modèle ont révélé rapidement l'existence d'un phénomène qui aurait pu avoir des conséquences graves pour la sécurité des ouvrages. En effet, pour certains niveaux du Rhône, c'est-à-dire lorsque le canal de fuite est partiellement en charge, on a constaté sur le modèle un phénomène de coup de bélier très violent. Le lieu d'apparition du coup de bélier dépend du niveau du Rhône. Le phénomène ne se produit qu'à l'ouverture des turbines.

Lors des manœuvres rapides d'ouverture, une onde se propage dans le canal de fuite en direction de l'aval. A un certain moment, la crête de l'onde entre en contact avec la voûte de la galerie et emprisonne, de ce fait, un certain volume d'air. Par ailleurs, l'onde d'ouverture lorsqu'elle rencontre les masses d'eau encore en repos, leur

transmet une impulsion qui se propage dans les milieux adjacents. Les vitesses de propagation étant cependant différentes dans l'eau et dans l'air, il en résulte des différences de pression entre le liquide et l'air emprisonné. L'équilibrage des pressions qui se produit ensuite, s'effectue brusquement et se traduit par des chocs violents sur la galerie.

Les pressions mesurées sur modèle sont très importantes et correspondent en nature à des valeurs de l'ordre de grandeur de ± 15 à 20 m de colonne d'eau. De telles sollicitations de la construction ne pouvaient être acceptées d'autant plus qu'au moment où le phénomène a été découvert, les travaux de construction du canal de fuite avaient déjà débuté.

Divers facteurs ont une influence sur l'amplitude du phénomène. A ce sujet, il y aurait lieu de mentionner: le temps d'ouverture des turbines T_o , le niveau du Rhône R_h , la surface A_o du bassin d'expansion ainsi que la cote C du radier ainsi que le coefficient K de rugosité du canal.

Les essais ont permis de classer ces facteurs dans l'ordre décroissant de leur influence sur le phénomène de coup de bélier, d'une part, et, à titre de comparaison, sur le niveau de l'eau dans la fosse des turbines (en régime stationnaire) d'autre part.

Coup de bélier	Fosse des turbines
1. R_h	1. R_h
2. T_o	2. K
3. C	3. A_o
4. A_o	4. T_o
5. K	5. C

Niveau du Rhône

Le niveau du Rhône a une influence sur le lieu où se produisent les coups de bélier. On peut distinguer 3 domaines importants.

$R_h > 457,71$ m s. m. (Cote du toit de la galerie à l'embouchure dans le Rhône). Les amplitudes les plus fortes se manifestent immédiatement en aval du bassin d'expansion. Leur valeur est de l'ordre de grandeur ± 12 m de colonne d'eau.

$457,15 < R_h < 457,71$ m s. m.: Les valeurs extrêmes se produisent dans la partie inférieure du canal. Le domaine partiel compris entre les cotes 457,60 et 457,71 m s. m. est le plus dangereux. En effet, du fait de la très petite surface libre restant à disposition entre le niveau de l'eau

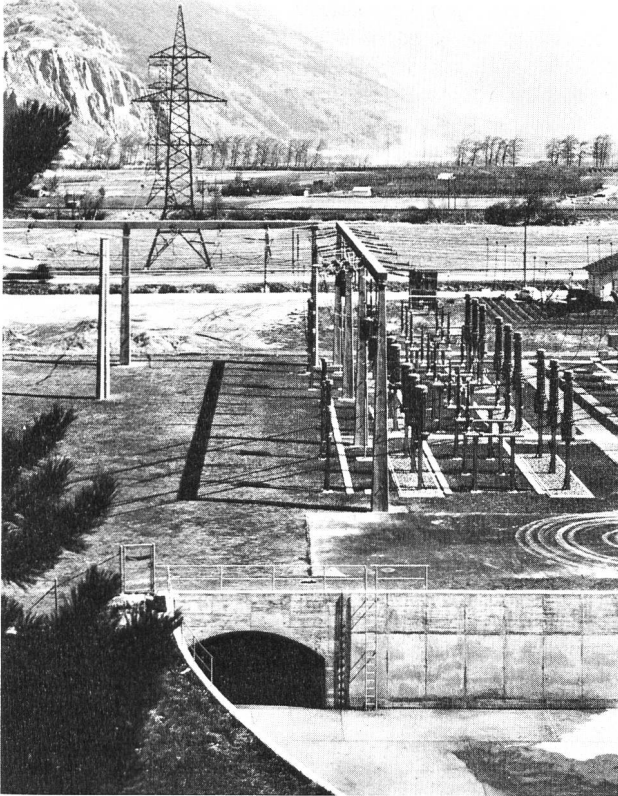


Figure 4. Bassin d'expansion et entrée du canal de fuite. Le tracé du canal de fuite correspond à celui de la ligne à haute tension. (Photo M. Darbellay, Martigny)

et la calotte de la galerie, l'air s'échappe de façon explosive en direction du Rhône. Dans ce cas, les amplitudes peuvent atteindre des valeurs de ± 15 à 20 m de colonne d'eau comme nous l'avons déjà mentionné.

$R_h < 457,15$ m s. m.: Aucun coup de bélier n'a été constaté.

Variation du temps d'ouverture des turbines

Là également, l'on peut distinguer 2 zones:

$T_o < \text{env. } 100$ s. Dans cette zone, les essais montrent une forte dispersion des résultats. Nous nous trouvons dans le domaine où l'onde d'ouverture est très prononcée et emprisonne de grosses bulles d'air et il est tout à fait possible qu'une augmentation du temps d'ouverture occasionne une aggravation du phénomène.

Pour $T_o > 100$ s, on constate une tendance générale d'atténuation du phénomène augmentant avec T_o .

Il existe un temps limite pour lequel les sur- et sous-pressions sont nulles. Suivant les niveaux du Rhône, ce temps atteint des valeurs de 5 à 8 min en nature.

Autres facteurs

Les autres facteurs mentionnés tels que la cote du radier et la surface du bassin d'expansion ainsi que la rugosité du canal n'ont qu'une influence secondaire sur le phénomène.

7. Mesures constructives de réduction de l'effet du coup de bélier

Diverses solutions ont été imaginées et essayées sur modèle dans le but de réduire l'effet du phénomène de coup de bélier sur le canal de fuite.

Sans entrer dans les détails, nous mentionnerons les solutions suivantes:

Disposition d'un écran à l'entrée de la galerie pour amortir la pénétration de l'onde d'ouverture.

Organe automatique de fermeture à l'embouchure dans le Rhône pour garder le canal constamment en charge.

Disposition en calotte le long du canal de cheminées circulaires de décharge (diamètre 50 cm tous les 100 m).

Puits rectangulaires en calotte (surface 18 m^2 tous les 140 m).

Agrandissement du bassin d'expansion.

Toutes ces solutions n'ont pas apportées les améliorations et réductions escomptées.

Par contre, une solution avec profil en long en «dents de scie» constituée de tronçons de 140 m de longueur à contre-pente munis d'un puits de décharge à la fin de chaque tronçon serait capable de réduire de façon sensible l'amplitude des sur- et sous-pressions (jusqu'à max. ± 5 m de colonne d'eau). Cependant cette solution est très compliquée au point de vue constructif et n'était pas applicable dans le cas particulier.

8. Réduction des coups de bélier par modification des prescriptions d'exploitation

Les mesures constructives étudiées n'ayant pas permis de réduire sensiblement l'amplitude des coups de bélier, il était dès lors évident qu'il fallait chercher une solution du problème dans le sens de restrictions supplémentaires d'exploitation.

Les essais sur modèle effectués par la suite ont permis de définir certaines restrictions d'exploitation capables de réduire de façon importante les coups de bélier. Avec les conditions mentionnées ci-dessous les coups de bélier ne devraient pas dépasser $\pm 2,5$ m de colonne d'eau, sollicitations qui peuvent être supportées sans autre par la structure en béton armé du canal de fuite.

8.1 Exploitation avec un groupe

Ouverture d'un groupe de $Q=0$ à $Q=14,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en 30 s au minimum.

Exploitation avec un groupe admissible sans restriction jusqu'à la cote du Rhône 459,00 m s. m.

Au-dessus de la cote 459,00 aucune exploitation n'est autorisée.

8.2 Exploitation avec 2 groupes

Jusqu'à la cote 457,35 ouverture des 2 groupes de $Q=0$ à $Q=29 \text{ m}^3/\text{s}$ en 30 s au minimum.

De la cote 457,35 à 457,60 augmentation du temps d'ouverture de 30 à 275 s.

De la cote 257,60 à 458,00 temps d'ouverture: 275 s.

Au-dessus de 458,00 exploitation avec un groupe seulement.

8.3 Mise en service du 2ème groupe

L'ouverture du 2ème groupe alors que le 1er est déjà en régime uniforme ne peut avoir lieu qu'après un temps d'au moins 1200 s, compté à partir de l'ouverture du 1er groupe.

L'ouverture du 2ème groupe peut avoir lieu en 30 s au minimum pour tous les niveaux jusqu'à la cote 457,80.

De la cote 457,80 à 458,00 le temps d'ouverture du 2ème groupe doit être augmenté à 70 s au minimum.

En cas d'ouverture du 2ème groupe immédiatement à la suite du premier, ce sont les conditions du chap. 8.2 qui sont valables.

En réalité, des restrictions d'exploitation un peu simplifiées ont été introduites dans l'automatisme de réglage des turbines.

9. Contrôle in situ du phénomène

Les restrictions d'exploitation mentionnées précédemment résultent d'essais sur modèle faisant intervenir de l'eau et de l'air.

Il est, de ce fait, possible que les résultats obtenus sur modèle ne correspondent pas tout à fait à la réalité.

Pour permettre de vérifier pendant l'exploitation les coups de bélier effectifs et le cas échéant d'intervenir sur les prescriptions de service, des prises de pression, au nombre de 6, ont été disposées en calotte le long du canal de fuite. Elles sont en communication avec 6 puits de mesure (voir figure 3: P 1 à P 6). La mesure des pressions s'effectue par raccordement d'un appareil portatif au bornier prévu à cet effet derrière le tableau synoptique du poste de commande. Les niveaux du Rhône mesurés à une station limnigraphique située à droite de l'embouchure du canal de fuite sont transmis à la centrale sous forme d'indications digitales.

Bien que la centrale de La Bâtiaz et le canal de fuite soient en service depuis plusieurs années, le personnel d'exploitation n'a pas eu jusqu'à ce jour l'occasion de procéder à une vérification du phénomène de coup de bélier qui n'a d'ailleurs pas non plus été observé.

10. Conclusions

Les essais sur modèle du canal de fuite de La Bâtiaz ont permis de déceler un phénomène de coup de bélier qui,

s'il avait été ignoré, aurait pu avoir des conséquences fâcheuses pour la sécurité de l'ouvrage. Ce phénomène ne se produit que pour les manœuvres d'ouverture des turbines lorsque, pour certains niveaux du Rhône, l'embouchure du canal est sous l'eau c'est-à-dire que le canal est partiellement en charge. Le phénomène est dû à l'emprisonnement et à la compression de bulles d'air par l'onde d'ouverture. Dans le cas particulier, le phénomène a pu être maîtrisé non pas par des mesures constructives mais en intervenant sur le temps d'ouverture des turbines. Il a donc fallu créer des prescriptions d'exploitation plus sévères que celles prévues initialement. Jusqu'à ce jour, le niveau du Rhône n'a pas atteint la cote critique où le phénomène commence à se manifester de sorte que ce dernier n'a jamais été observé.

Littérature

Dans «Wasser, Energie, Luft — Eau, énergie, air» 68 (1976) p. 275 se trouve une liste assez complète d'articles sur l'aménagement d'Emosson.

Adresse de l'auteur: Jean-Louis Mottier, Ingénieur diplômé EPFL, Motor-Columbus, Ingénieurs-Conseils SA, case postale, 5401 Baden.

Protection de la nature et aménagement du territoire dans le Canton du Tessin

Ivo Ceschi, ing. forestier, président du Bolle di Magadino¹⁾

Le but principal de l'aménagement du territoire est la promotion du bien-être de la population. Un aménagement rationnel permet de trouver le juste équilibre entre les exigences du progrès économique et la protection de l'environnement. Le but de la protection de l'environnement et des paysages étant de créer et maintenir un espace vital sain, ils doivent logiquement être des éléments prioritaires dans l'aménagement du territoire.

Cela est ancré dans l'article 15 (c) de la Loi éditilaire cantonale qui, entre autres, définit comme but principal du Plan régulateur «La sauvegarde et l'amélioration du paysage en général, des beautés naturelles et des monuments en particulier».

Le planificateur doit savoir que chaque changement dans le paysage risque de modifier ou d'interrompre les cycles écologiques complexes et que l'élimination d'éventuels déséquilibres au moyen de mesures techniques n'est que partiellement possible. Il doit donc prévoir ces processus, en évaluer l'importance et chercher à les éviter en choisissant des solutions alternatives.

L'aménagement du territoire doit non seulement chercher à séparer et maintenir des zones de verdure, comme par exemple un pré traité avec des fertilisants, mais surtout choisir et maintenir des zones de récréation ou bien des écosystèmes qui, plus que d'autres, sont dans un état d'équilibre écologique. Ceci n'est aujourd'hui le cas que pour les bois, les prés naturels, les zones humides, les marécages et les eaux propres.

¹⁾ Conférence lors des Assemblées générales de la Ligue suisse pour la protection des eaux et de l'air et de l'Association suisse de technique sanitaire, les 28 et 29 avril 1978 à Lugano.

Die Dokumentationen der Veranstaltung in Lugano mit sämtlichen Vorträgen können in deutscher oder italienischer Sprache zum Preis von je 5 Franken beim Sekretariat der Schweizerischen Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene, VGL, Postfach 3266, 8031 Zürich, bezogen werden.

Grâce à sa situation au sud des Alpes, à sa morphologie extrêmement variée et à son climat privilégié, le Canton du Tessin possède encore une assez grande variété de paysages naturels.

Le premier pas vers une protection de la nature qui dépasse la simple interdiction de cueillir des plantes rares fut l'inventaire des monuments naturels d'importance nationale (CPM) paru en 1963 par les soins de la LSPN, du Heimatschutz et du CAS. Les paysages suivants y ont été classés pour le Tessin:

Delta du Ticino et de la Verzasca	(Bolle di Magadino)
Ponte Brolla—Losone	Denti della Vecchia
Val Verzasca	Parco prealpino di Gandria
Piora—Lucomagno—Dötra	Monte Generoso
	Monte S. Giorgio
	Monte Caslano

Dans la Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage du 1.10.1965 qui ratifie l'engagement de la Confédération dans ce secteur, la préparation de l'inventaire CPM est défini officiellement comme tâche de l'autorité fédérale (art. 4 et suivants).

L'article 18 de la même loi stipule qu'il importe de sauvegarder suffisamment d'espaces vitaux (biotopes) pour empêcher l'extinction des espèces animales et végétales indigènes.

Le décret fédéral sur quelques mesures urgentes dans le domaine de l'aménagement du territoire du 17 mars 1972 a ultérieurement contribué à consolider la base légale en ce qui concerne la protection de paysages particulièrement beaux et caractéristiques.

Récemment, le règlement sur la protection de la flore et de la faune du 1er juillet 1975 a repris les objets contenus dans l'inventaire CPM en y ajoutant quelques autres: