

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 78 (1986)  
**Heft:** 5-6

**Artikel:** Etude de fiabilité de l'équipement de production d'énergie au Saguenay-Lac St-Jean  
**Autor:** Rod, Edouard  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-940853>

### **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:** 13.03.2025

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

# Etude de fiabilité de l'équipement de production d'énergie au Saguenay-Lac St-Jean

Edouard Rod

## Résumé

L'étude de fiabilité de l'équipement considéré est établie dans le but d'assurer le fonctionnement de celui-ci à longue échéance. Les propositions qui en résultent permettent en effet d'établir des plans d'intervention en conséquence.

Pour aboutir à des résultats objectifs et concrets, l'équipement est inspecté dans la mesure où cela est possible et de nombreuses informations sont recueillies sur place. L'étude comprend les phases de préparation, d'inspection, de dépouillement de résultats et de l'établissement du rapport. La mission d'inspection s'est déroulée en étroite collaboration avec le mandant.

## Zusammenfassung: Zuverlässigkeitsstudie für die Wasserkraftanlagen Saguenay-Lac St-Jean

Die beschriebene Zuverlässigkeitsstudie hatte als Ziel, das zuverlässige Funktionieren der untersuchten Einrichtungen auf lange Frist zu sichern. Die sich daraus ergebenden Resultate erlauben dann auch die Erstellung eines Aktionsplans für Reparaturen und/oder Erneuerungen.

Die zu beurteilenden Einrichtungen wurden einer Inspektion unterzogen, und eine grosse Anzahl zusätzlicher Information wurde an Ort und Stelle eingeholt. Die Abwicklung der Studie gliedert sich in eine Vorbereitungsphase, die Inspektion und Datensammlung an Ort, die Auswertung der Resultate und die Erstellung des Berichts. Die mit einer Studie verbundenen Untersuchungen wickelten sich in enger Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber ab.

## Summary: The reliability study for the water power equipment of Saguenay-Lac St-Jean

The reliability study described here has the objective of achieving trouble-free long-term operation of the equipment. The results allow the scheduling of repair works and replacement of elements.

To achieve objective and concrete results, as much of the equipment as possible was visually inspected and a great amount of information collected on site. The study performed includes the preparation, site inspection, recompilation of results, and report writing phases. The site inspection was carried out in close collaboration with the client.

La Société d'Electrolyse et de Chimie Alcan Ltée, Montréal, a mandaté, en 1984, notre société Motor-Columbus Ingénieurs-Conseils SA à Baden, pour une étude de fiabilité de l'équipement de production d'énergie hydro-électrique au Saguenay-Lac St-Jean, Québec. L'étude de fiabilité de l'équipement comprend principalement les turbines et vannes de garde, les alternateurs, l'équipement électrique et l'installation des redresseurs. Cette étude englobe:

- 6 centrales hydro-électriques équipées de 43 groupes de machines entraînés par des turbines Francis à chute moyenne,
- 14 postes de distribution haute et moyenne tension situés aux centrales, le long des lignes de transport d'énergie et aux usines d'électrolyse,
- l'installation des redresseurs de courant aux usines d'électrolyse.

Les groupes de machines mis en service entre les années 1925 et 1959 ont une puissance totale installée de 2687 MW. L'équipement de la production d'énergie alimente la totalité des cuves d'électrolyse des 3 usines d'Alcan situées à Isle-Maligne, Jonquière et La Baie sur les rives du Saguenay. Une alimentation sûre des cuves d'électrolyse est vitale pour la production de l'aluminium et c'est pourquoi l'équipement de la production d'énergie doit être fiable. Vu la complexité de l'ensemble de l'équipement, il est nécessaire de suivre l'évolution du comportement de ses multiples composants afin de prendre assez tôt toutes les mesures qui s'imposent pour maintenir sa fiabilité à longue échéance.

Du fait des différences de vieillissement entre les diverses centrales, les postes de couplage et les usines d'électrolyse, Alcan a voulu que non seulement son Génie d'Entretien, mais également un expert externe étudie la fiabilité de l'équipement de production d'énergie.

Le rapport de cette étude est divisé en plusieurs parties, qui comprennent principalement:

- les caractéristiques de l'équipement, son appréciation, un relevé des difficultés rencontrées et l'indice de fiabilité des ensembles, sous-ensembles et des principaux composants,
- l'analyse des expériences d'exploitation, de l'entretien et les propositions de mesures préventives,
- les propositions d'amélioration, de modification ou de renouvellement de parties de l'équipement.

Ces propositions basées sur l'estimation de l'indice de fiabilité sont essentielles et représentent le but même de l'étude. Celle-ci comprend également une méthodologie qui permettra d'étudier la fiabilité des ouvrages du génie civil, des constructions hydrauliques en acier et des lignes de transport d'énergie.

Les résultats de l'étude et des investigations entreprises par le Génie d'Entretien permettent d'établir sur une base réelle un plan d'intervention c'est-à-dire d'entretien, de révision et, si nécessaire, de renouvellement de l'équipement à longue échéance.

Figure 1. Vue d'ensemble de la centrale Chute à la Savane.

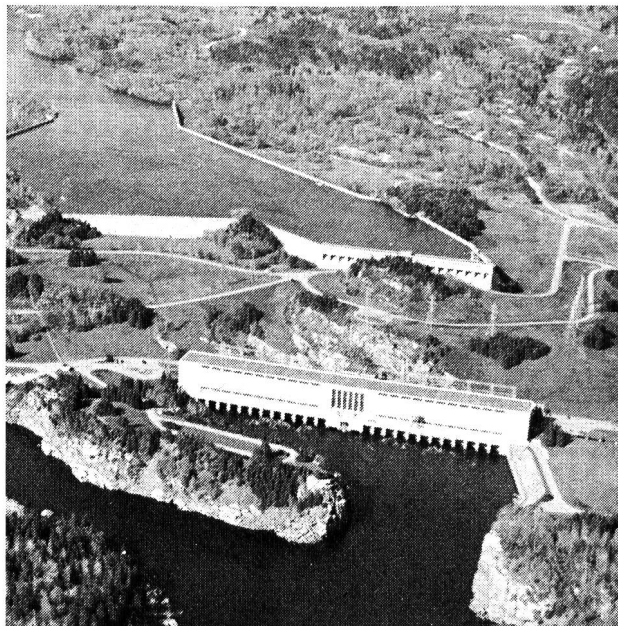


Tableau 1. Liste d'indices de fiabilité et de priorité d'intervention.

Équipement	Centrale Poste Usine	Ensemble, sous ensemble pièce	Appréciation Selon rapport paragr. no	Consé- quence	Risque évalué			Durée de vie estimée années	Perte d'énergie arrêt forcé		Intervention sur l'équipement, genre	Priorité d'intervention
					H	M	L		Puissance par unité	Durée approx. d'arrêt		
Équipement électrique centrale et poste extérieur		Installation de ten- sion d'alternateurs	2.1.4.1	0,6			0,05	25	150 MW	1 semaine	pièces de réserve	nécessaire
		Transformateurs	2.1.4.2a	0,6			0,15	25	150 MW	1 semaine	surveiller	retardable
		"	2.1.4.2b	0,4			0,1	25	-	2 mois	"	"
		"	2.1.4.2c	0,4			0,1	25	-	"	"	"
		"	2.1.4.2d	0,4			0,06	25	-	"	"	"
		Disjoncteurs	2.1.4.3a	0,6			0,18	25	-	2 jours	pièces de réserve	nécessaire
		"	2.1.4.3b	0,6			0,15	25	150 MW	"	"	"
		Sectionneurs	2.1.4.4a	0,3			0,19	10	-	"	rempl. des isolat.	essentiel
		"	2.1.4.4b	0,3			0,19	10	-	"	"	"
		"	2.1.4.4c	0,3			0,19	10	-	"	"	"

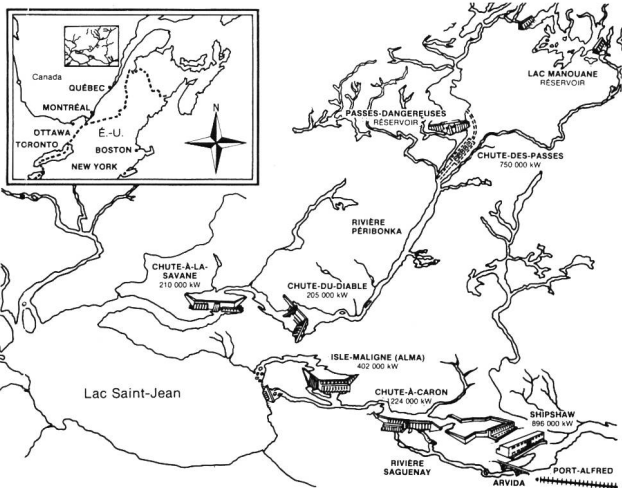


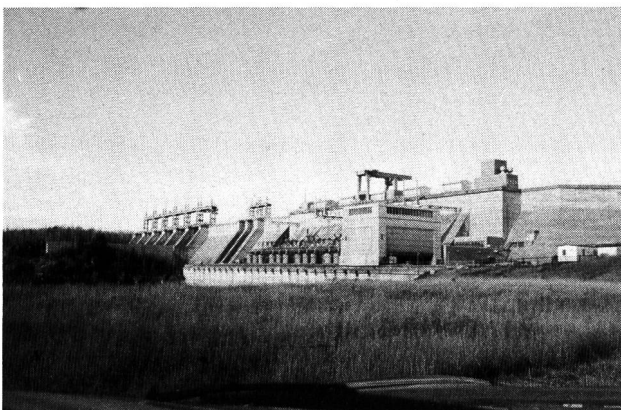
Figure 2. Le bassin hydrographique du Saguenay avec les 6 centrales d'Alcan, puissance installée 2687 MW.

Une bonne planification a permis de mener à bien cette étude réalisée en 3 phases:

1. Préparation de la mission d'inspection
2. Inspection de l'équipement par un groupe de 4 ingénieurs
3. Dépouillement des résultats de l'inspection et l'établissement du rapport de l'étude de fiabilité

Dans la première phase, des questionnaires établis pour les différentes parties de l'équipement sont remis à Alcan afin que le personnel d'exploitation puisse préparer une partie de l'information avant l'inspection. Un programme prévoyant les arrêts nécessaires de l'équipement pour l'inspection est préparé afin de perturber au minimum la production d'énergie.

Figure 3. Vue d'ensemble de la centrale Shipshaw.



La deuxième phase comprend l'inspection de l'équipement selon le programme adopté à l'avance et l'étude des documents mis à disposition. Ceux-ci comprennent essentiellement les listes de dommages, rapports de révisions et dessins. Les questionnaires remplis par le personnel d'exploitation sont également examinés sur place.

L'inspection, par centrale, de 1 à 2 machines arrêtées et ouvertes ainsi que l'observation des autres machines sous différentes charges, l'arrêt et la mise en marche d'un groupe nécessite environ deux jours de travail. L'équipement électrique moyenne et haute tension aux centrales, les postes de couplage haute tension et moyenne tension ainsi que les installations de redresseurs sont examinés en service, sauf quelques exceptions.

L'instrumentation de surveillance et de protection de l'équipement, les principaux auxiliaires tels que le système de refroidissement et l'aération sont également importants à examiner. Du fait de la difficulté matérielle d'inspecter tout l'équipement, une importante information est recueillie directement sur place auprès du personnel d'exploitation.

A la fin de la mission d'inspection qui a duré 3 semaines, les connaissances acquises sur l'ensemble de l'équipement et les informations recueillies sont nombreuses et permettent de préparer en détail le rapport complet de l'étude. Cette mission s'est bien déroulée, toujours en étroite collaboration avec les représentants d'Alcan.

La troisième phase de l'étude comprend le dépouillement des résultats et l'établissement du rapport. Cette phase est la plus laborieuse, en effet toutes les informations recueillies doivent être évaluées et prises en considération afin que le rapport le plus complet possible reflète bien l'état de l'équipement et son indice de fiabilité.

Figure 4. Roue turbine Francis, sortie d'aube réparée.



Ce dernier est estimé en fonction de l'état de l'équipement considéré et de son gradient de vieillissement. Une suite de termes de signification, de probabilité et de conséquence sont chiffrés pour obtenir le risque évalué. En fonction de ce risque et de différentes considérations techniques et économiques, la priorité d'intervention sur un équipement ou sur un élément important est estimé avec suffisamment de précision pour permettre à Alcan d'établir un plan des interventions d'entretien, de révision ou de renouvellement. Les résultats condensés de l'étude sont portés par équipement et par endroit d'installation sur des listes d'indices de fiabilité. Ceci pour les turbines, les alternateurs, les postes de couplage, l'installation des redresseurs et l'équipement électrique selon l'exemple tableau 1.

L'aspect économique est traité selon une méthode établie à cet effet. Elle permet, sur la base d'expériences, d'étudier les rapports coût/ rentabilité des interventions à l'équipement.

En conclusion, on peut remarquer que cette étude demandait des connaissances interdisciplinaires inhérentes à l'ensemble de l'équipement d'un aménagement hydro-électrique.

Adresse de l'auteur: *Edouard Rod*, ingénieur mécanicien ETS, Département installations mécaniques, Motor Columbus Ingénieurs-Conseils SA, Parkstrasse 27, CH-5401 Baden.

Eine deutsche Übersetzung dieses Artikels erscheint im Bulletin SEV/ VSE 1986, Heft 10.

## Abzweigrohre für die Wasserkraftanlage Tarbela in Pakistan

*Ein Weltrekord im Guinness-Buch der Rekorde 1986*

Der Welt grösste Abzweigrohre befinden sich im Wasserkraftwerk Tarbela (5000 MW im Endausbau), das heisst in der Druck- und Verteilung des Zuleitungstunnels Nr. 2, für den Anschluss von sechs Francisturbinen.

Die Vorfabrikation und der teilweise Zusammenbau aller Abzweiger erfolgte im Werk, die Fertigstellung der Abzweigrohre sowie die Fabrikation der Druckleitungsrohre in einer speziellen Feldwerkstatt an Ort. Die Abzweiger sind nach patentiertem Escher-Wyss-Prinzip mit innenliegender Sichelverstärkung konstruiert, mit minimalem Druckverlust, optimaler Materialausnutzung und kleinstem Platzbedarf (Werkstoff: normalisierter Feinkornstahl TT StE 36, Blechdicken 25 bis 90 mm, Sichelbleche bis 160 mm).

Im Zuge der zeitlich gestaffelten Fertigstellung wurden die Abschnitte Abzweiger 1 bis 3, Abzweiger 4 und Abzweiger 5 jeweils getrennten Ortsdruckproben unterzogen. Dabei war für die Abschnitte 1 bis 4 ein ergänzender Spannungsnachweis mit Dehnungsmessungen zu erbringen. Der Vergleich Rechnung-Messung zeigte hervorragende Übereinstimmung.

Titelbild des Heftes. Montage des Abzweigers 4 mit einem Einlaufdurchmesser von 13,26 m für das Wasserkraftwerk Tarbela in Pakistan. Konstruktionsdruck 162 m Wassersäule, Probedruck 242,6 m Wassersäule, Durchfluss 1121 m<sup>3</sup>/s.

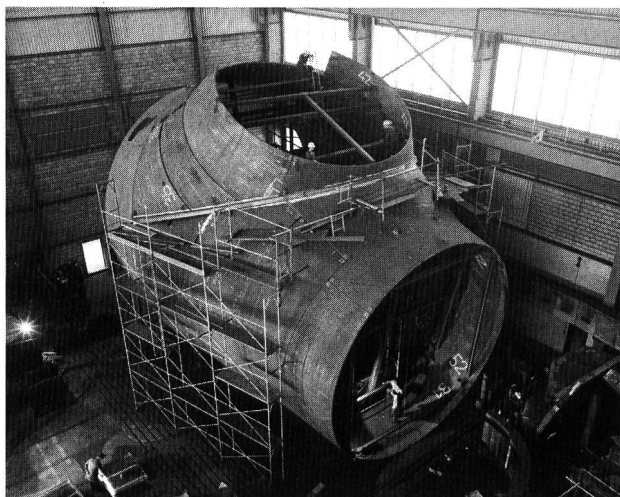
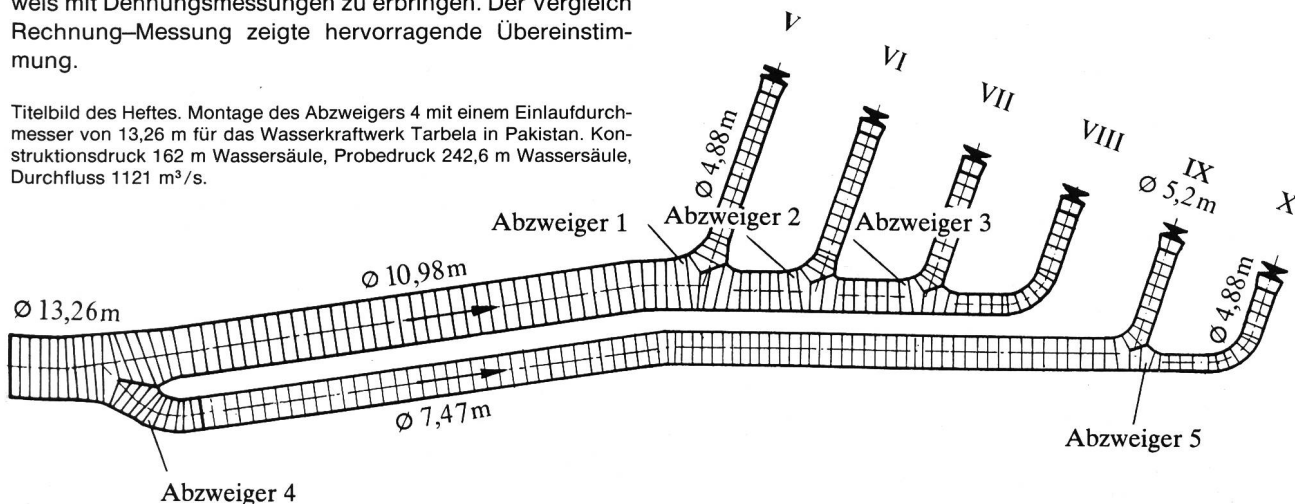


Bild 1. Werkmontage des Abzweigers 1 mit einem Einlaufdurchmesser von 10,98 m.

Bild 2. Situation der Abzweiger 1 bis 5 im Zuleitungstunnel Nr. 2 des Wasserkraftwerkes Tarbela in Pakistan für die Verteilung des Triebwassers auf die 6 Francisturbinen V bis X.



## Personelles

### Sulzer-Konzernbereich Escher Wyss

Ab der Sulzer-Generalversammlung 1987 wird Dipl.-Ing. *Helmut Pirchl* den Konzernbereich Escher Wyss leiten. Er übernimmt die Stelle von Generaldirektor *Jakob Kägi*, der in den Ruhestand tritt. Die Nachfolge von Helmut Pirchl in der Leitung des Produktbereichs Hydraulik wird Dr.-Ing. *Klaus Höller* übertragen.

### Grande Dixence SA

M. *René Masson*, directeur de Grande Dixence S.A., quittera l'entreprise pour raison d'âge le 31 juillet 1987. Le Conseil d'Administration a nommé M. *Jacques Deriaz*, ingénieur, en qualité de directeur de Grande Dixence S.A. M. Deriaz est actuellement rattaché au siège de Lausanne de l'Energie de l'Ouest-Suisse. Il a dirigé, de 1970 à 1984, la Centrale Thermique de Chavalon. M. Deriaz exercera pleinement ses nouvelles fonctions dès le 1er août 1987.