

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 92 (2001)

Heft: 2

Artikel: Prédiction de la stabilité des turbines Francis

Autor: Avellan, François / Prénat, Jean-Eustache

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-855662>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

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

Prédiction de la stabilité des turbines Francis

Aspect industriel

Les machines hydrauliques de production d'énergie sont des machines produites à l'unité, chacune étant optimisée pour le site dans lequel elle sera installée, et pour un programme de production défini. Dans ces conditions, ces machines sont testées sur modèle réduit pour en garantir déjà avant la construction les performances et le rendement. Leur comportement en cavitation ainsi que leur stabilité dans les régimes de fonctionnement plus ou moins éloignés de celui de meilleur rendement deviennent des éléments importants intervenant dans l'acceptation de la machine.

■ François Avellan et Jean-Eustache Prénat

D'instabilités inévitables

Dans le cas particulier des turbines Francis, la présence d'instabilités inévitables selon les conditions de fonctionnement provoque des fluctuations de pression et de puissance; il s'agit de les prévoir, éventuellement de les contrôler, de manière à limiter, voire éviter, les inconvénients.

Dans le cadre de ce projet, le développement des connaissances relatives aux problèmes de stabilité de fonctionnement des turbines Francis a pu se faire d'excellente façon. De nombreux essais auxquels nous avons pu participer, aussi bien à l'IMHEF-LMH que dans les laboratoires des constructeurs partenaires du projet, sur modèles réduits, ainsi qu'aux mesures sur site dont nous avons profité par l'intermédiaire de ces mêmes partenaires ont contribué à l'excellent développement de ces connaissances.

Comportement dynamique

Un autre but de ce projet était donc la mise au point d'outils destinés à permet-

tre la constitution d'une procédure automatique pour la caractérisation du comportement dynamique des turbines Francis sur stands d'essais et d'en permettre la transposition au prototype. Dans cette optique, différentes actions ont été menées: évaluation de l'instrumentation la mieux adaptée aux mesures envisagées, les capteurs et la manière de les monter sur la machine, les amplificateurs et le reste de la chaîne de mesure incluant filtres et systèmes d'acquisition jusqu'au stockage.

En marge de ce projet, l'IMHEF-LMH a eu une participation active aux travaux du groupe de travail WG 23 de la CEI (Commission électrotechnique in-

ternationale) chargé de réviser les normes concernant les essais de réception des machines hydrauliques sur modèle réduit. Les chapitres de ce code concernant la mesure et le traitement des fluctuations de pression et de couple lors des essais ont été fortement inspirés du travail effectué dans le cadre de ce projet. La version finale de ce code a été entérinée par les comités nationaux et est en cours de publication.

En ce qui concerne la caractérisation du comportement dynamique du prototype dans son environnement propre, celle-ci n'a pas donné lieu à une procédure développée de manière aussi systématique que pour les résultats modèles. En effet ce sont les constructeurs et exploitants qui détiennent l'information relative à l'environnement dans lequel la machine prototype opère. La connais-

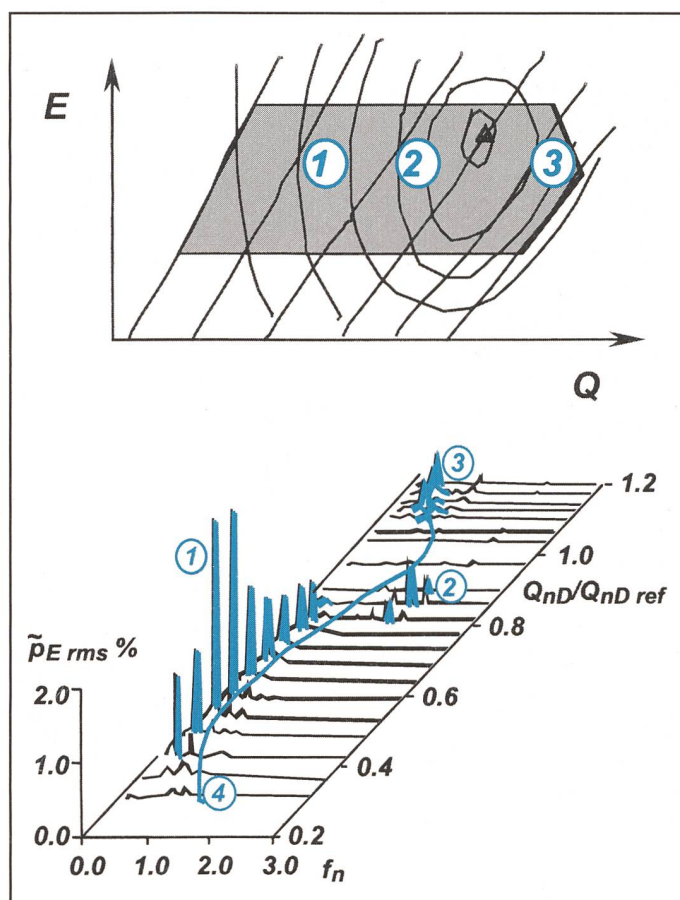
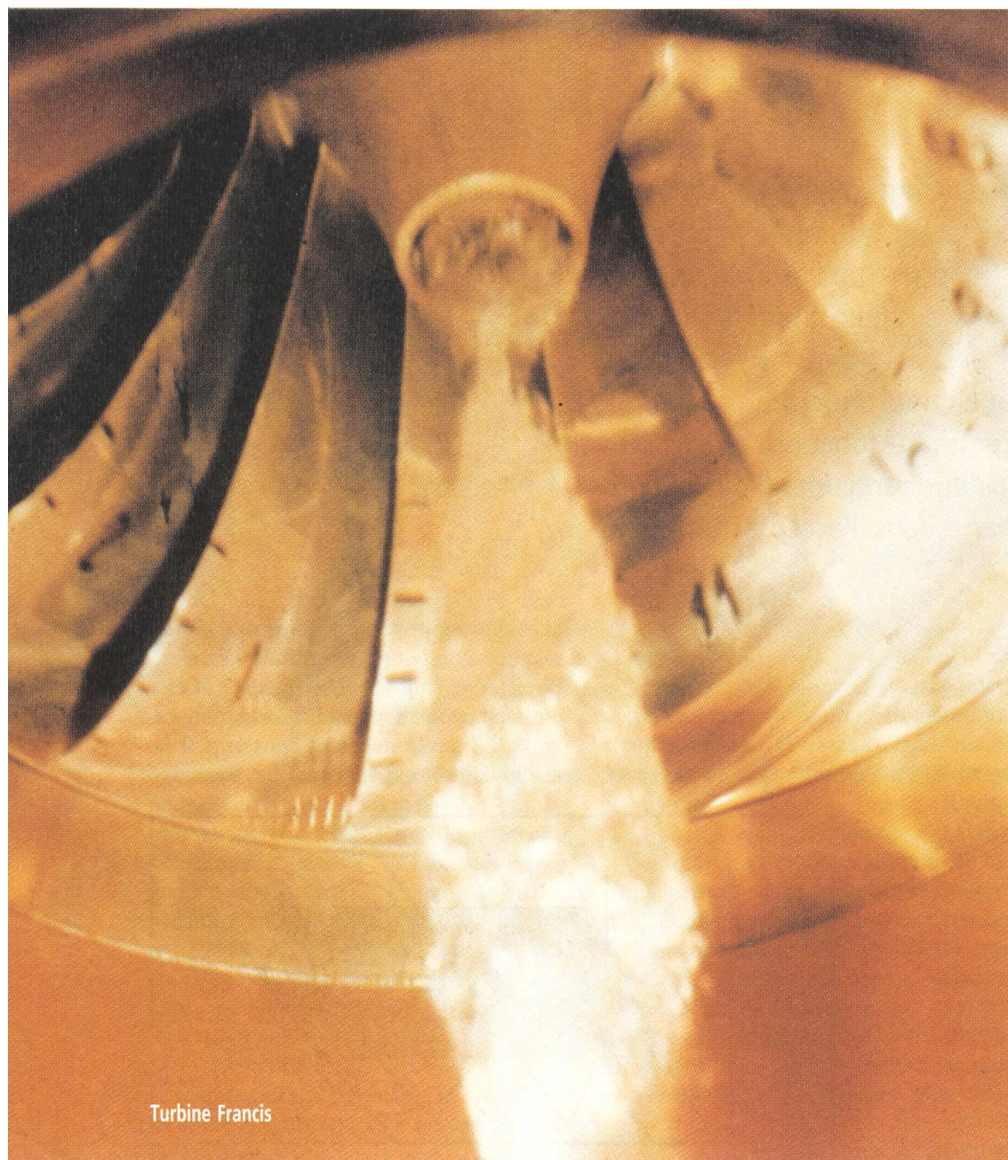


Figure 1 Colline de rendement d'une turbine Francis et diagramme en cascade des fluctuations de pression en paroi du cône de l'aspirateur.

1. Précession à charge partielle
2. Fin de la charge partielle
3. Pulsations à pleine charge
4. Oscillations libres

Adresse des auteurs
EPFL

Prof. François Avellan, Dr. Jean Eustache Prénat
Institut de Machines Hydrauliques et de Mécanique
des Fluides (IMHEF)
1015 Lausanne



Turbine Francis

sance des éléments de diagnostic issus de la procédure d'essai standard leur permet par contre de procéder à cette étude.

Transposition des résultats

Notons encore qu'une procédure de transposition des résultats modèles au prototype n'existera pas de manière complète tant qu'un modèle mathématique de la machine modèle ne sera pas réalisé. Ce modèle mathématique devra alors pouvoir être transposé en un modèle mathématique du prototype. Dès lors on pourra parler de transposition. Pour le moment, il semble que l'approche entièrement hydraulique consistant à mettre en relation la partie propagative des fluctuations de pression transmises par la machine et la composante synchrone du champ de pression dans l'aspirateur, soit un objectif susceptible de résultats plus proches

dans le temps que l'approche par le modèle mathématique de la machine. Bien qu'imparfaite, l'approche hydraulique est déjà assez puissante pour permettre

une prédiction de comportement du prototype dans son environnement propre.

Les comparaisons de résultats de mesures sur prototypes et sur modèles analogues ont montré que la détermination des éléments de prédiction permettait une bonne analyse du comportement du prototype, au niveau de l'hydraulique, mais qu'il faudra compléter cette information pour accéder aux grandeurs mécaniques et électriques.

Le problème auquel on a cherché et trouvé des solutions dans le cadre de ce projet n'est bien entendu pas entièrement résolu pour autant, puisque certains aspects (les plus urgents à régler) seulement ont pu être abordés. Les questions restant à résoudre et celles qui ont été soulevées pendant ce projet suffisent à constituer des arguments de recherche pour plusieurs années.

Le but final de ce projet était d'assurer le transfert aux exploitants de centrales hydroélectriques et aux constructeurs de la connaissance acquise dans le domaine du comportement dynamique des turbines Francis et de l'outil développé à l'IMHEF à partir de celui utilisé dans le cadre de sa recherche, pour traiter ce problème.

La détermination de règles à suivre dans le choix d'une instrumentation des outils d'analyse étant utilisés dans un environnement industriel sont donc parties intégrantes du projet.

**Extrait du Rapport
d'activité du Fonds pour
projets et études de
l'économie électrique
(PSEL).**

Vorschau der Stabilität von Francis-Turbinen

Industrielle Gesichtspunkte

Wasserkraftmaschinen für die Stromproduktion werden als Einheiten konzipiert, die jeweils spezifisch für eine bestimmte Anlage und für ein bestimmtes Produktionsprogramm installiert werden. Unter diesen Bedingungen werden die Maschinen mit einem reduzierten Modell getestet, um schon vor dem Bau die Leistung und den Wirkungsgrad zu garantieren. Ihr Kavitationsverhalten sowie ihre Stabilität in den Funktionsphasen – mehr oder weniger weit entfernt vom besten Wirkungsgrad – sind die wichtigsten Elemente für die Evaluation der Maschine.

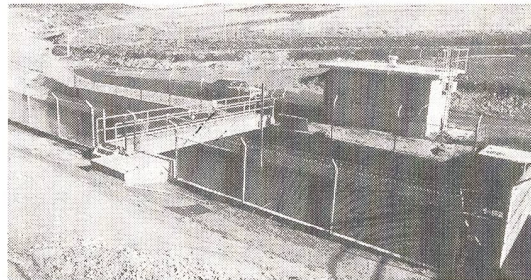
WASSERENERGIE BESSER AUSNUTZEN

ACCUSONIC

akustische Systeme für genaue

WASSERMENGEN- MESSUNGEN

in Leitungen von 1 bis 15 m Durchmesser



OFFENER KANAL (bis 200 m Breite)



Druckleitung

Vom gleichen Hersteller

KAVITATIONS-MESSSYSTEME FÜR PUMPEN UND TURBINEN

Über 2500 ACCUSONIC-Anlagen sind weltweit in Betrieb.

Anlagen wurden auch in Zusammenarbeit mit führenden Kraftwerkherstellern ausgeführt.

Zuständig für Deutschland, Österreich, die Schweiz und Osteuropa:

Witronic GmbH, Postfach 554

CH-1009 Pully bei Lausanne

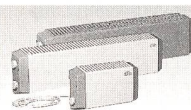
Tel. 41-21 729 86 46 Fax 41-21 728 76 21

electro telecom tv/hifi video

EWBO OES

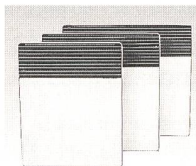
Elektrizitätswerk Bündner Oberland AG

Internet: www.ewbo.ch



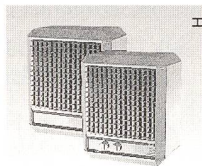
Rippenrohr-Heizkörper ANSON

für Garagen, öffentl. Bauten, Barackencontainer, Industrie etc. **Robust.** In vielen Längen und Leistungsstufen. 230 und 400 V. Verlangen Sie Beratung vom Spezialisten: ANSON



kleine Elektro-Heizkonvektoren

Für Büros, Ferienwohnungen, Werkstätten die ideale Übergangs- und Zusatzheizung. 230V 500-2200W.



El. Heizgeräte für festen Einbau in nicht dauernd

belegte Hallen, Keller, Lager, Saalbauten usw. 400V 3-50 kW.-Preisgünstige Offerte von:

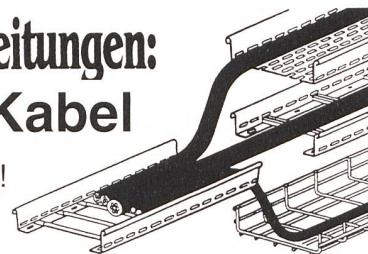
ANSON 01/461 11 11

8055 Zürich Friesenbergstr. 108 Fax 01/461 31 11



Statt Gitterbahnen und Kabelpritschen und Kabelbahnen und Steigleitungen: Lanz Multibahn – eine Bahn für alle Kabel

- Lanz Multibahnen vereinfachen Planung, Ausmass und Abrechnung!
- Sie verringern den Dispositions-, Lager- und Montageaufwand!
- Sie schaffen Kundennutzen: Beste Kabelbelüftung.
- Jederzeitige Umnutzung. Kostengünstig. CE- und SN SEV 1000/3-konform.



Verlangen Sie Beratung, Offerte und preisgünstige Lieferung vom Elektro-Grossisten und



lanz oensingen ag

CH-4702 Oensingen • Tel. ++41 062/388 21 21

KT 01

Seminar «Wartung von Verteil-Transformatoren»

Wie schon 1992 führt der Verband Schweiz. Transformatoren-Hersteller TRAFOSUISSE – TRAFOSWISS im März 2001 ganz-tägige Weiterbildungs-Seminare zur Wartung von Verteil-Transformatoren durch. Angesprochen ist damit das Personal für Wartung und Unterhalt in energieproduzierenden und -verteilenden Unternehmen sowie Institutionen.

Die Themen: Technik und Konstruktion der gebräuchlichsten Verteiltransformatoren-Typen, periodisch notwendige Kontroll- und Wartungs-Arbeiten sowie Optimierung der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit von Verteil-Transformatoren

Seminare deutsch in Sissach/BL:

14., 15. und 20. März 2001.

Seminare französisch in Meyrin-Satigny/GE:

22. und 28. März 2001

Seminar-Gebühr: Fr. 140.–/Person (inkl. Mittagessen)

Die detaillierte Seminar-Ausschreibung mit Anmeldekarte ist erhältlich bei

TRAFOSUISSE – TRAFOSWISS

Haus der Wirtschaft, 4410 Liestal

Tel. 061/927 65 17, Fax 061/927 65 64, E-Mail: e.borer@kmu.org

Séminaire «Maintenance des Transformateurs de distribution»

Comme en 1992, l'association des fabricants suisses de transformateurs TRAFOSUISSE – TRAFOSWISS organise en mars 2001 des séminaires de formation d'une journée sur la maintenance des transformateurs de distribution. Ces séminaires s'adressent au personnel d'exploitation et de maintenance des sociétés productrices et distributrices d'électricité ainsi que les industriels concernés.

Sujet: Technique et construction des transformateurs de distribution, travaux périodiques nécessaires de maintenance et de contrôle, optimisation de la sécurité de service et prise en compte des facteurs économiques.

Séminaires en langue allemande: Sissach/BL

le 14, 15 et 20 mars 2001

Séminaires en langue française: Meyrin-Satigny/GE

le 22 et 28 mars 2001

Prix par personne: Fr. 140.– (repas de midi inclus)

Le programme détaillé et les documents d'inscription sont disponibles au siège de Trafosuisse:

TRAFOSUISSE – TRAFOSWISS

Haus der Wirtschaft, 4410 Liestal

Tél. 061/927 65 17. Fax 061/927 65 64. E-mail: e.borer@kmu.org



NIS-Verordnung



Neuanlagen – Umbauten – Modernisierungen: Der SEV unterstützt Sie kompetent ...

... bei der Projektierung, damit bei Ihren elektrischen Anlagen die Emissionswerte gemäss NISV eingehalten werden.

- Wir erstellen für Sie das Standort-Datenblatt
- Wir führen Messungen in Ihrer Anlage durch
- Wir berechnen den optimalen Layout

Ihr Ansprechpartner:

Willi Berger, Leiter Inspektionen / Beratung, Tel. 01 956 12 50

Fax 01 956 12 04, E-Mail willi.berger@sev.ch



Akkreditierte
Inspektionsstelle
SIS 010