Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 50 (1959)

Heft: 13

Artikel: Commentaire d'un exploitant concernant le projet de code international d'essai de modèles réduits de turbines

Autor: Bourguignon, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057806

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: 07.08.2025

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

Classe *c* Matériaux à base de résines phénoliques
avec charges principalement organiques, telles que farine de bois, fibres de cellulose ou rognures de tissus
avec charges en produits de fibres de verre
avec une faible quantité de charges minérales

Bibliographie

[1] *VSM 77114:* Matières synthétiques et isolantes pour l'électrotechnique. Résistance au cheminement et sécurité contre le cheminement, définitions.

VDE 0303. Teil 1/10.55: Leitsätze für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen. Teil 1: Bestimmung der Kriechstromfestigkeit bei Betriebsspannungen unter 1 kV.

DIN 53480 — Okt. 1955: Prüfung von Isolierstoffen. Bestimmung der Kriechstromfestigkeit bei Betriebsspannungen unter 1 kV.

[2] *Knappe, W.:* Die Kriechstromfestigkeit von Isolierstoffen. ETZ t. 72(1951), nº 8, p. 224...228.

[3] *Schumacher, K.:* Kriechwegbildung bei Kunststoffen. ETZ-A t. 76(1955), nº 11, p. 369...376.

[4] *Association suisse pour l'essai des matériaux. CT 23:* Prüfung von elektrotechnischen Isolierstoffen auf Kriechwegfestigkeit. Ann. suisses Sci appl. techn. t. 12(1946), nº 10, p. 323...328.

[5] *Liander, H.* et *A. Asplund:* Creepage Flash-Over Testing of Plastics. CEE/032/S 105/50.

[6] *Kappeler, H.:* Isolants résistant aux courants de fuite superficiels. Rev. Micafil t. -(1945), p. 15...16.

[7] *Claussnitzer, W.* et *V. Siegel:* Zur Kennzeichnung der Kriechstromfestigkeit nach dem Tropfverfahren durch Grenztropfenzahlen oder Grenzspannungen. Kunststoffe t. 48(1958), nº 7, p. 299...305.

[8] *Claussnitzer, W.* et *V. Siegel:* Über die Bestimmung der Kriechstromfestigkeit von Isolierstoffen in Grosszahlversuchen. ETZ-A t. 79(1958), nº 5, p. 144...149.

Adresses des auteurs:

K. Michel, Dr phil., Laboratoire de chimie de la S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden (AG), et *M. H. Hillenkamp*, ing. dipl., Département de construction des grands appareils de la S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden (AG).

Commentaires d'un exploitant concernant le projet de code international d'essais de modèles réduits de turbines

Conférence donnée à l'assemblée de discussion du 13 février 1959 à Zurich [1]),
par *P. Bourguignon*, Chatou

621.224.001.57

Indépendamment de buts non couverts par le projet de code international tels que la contribution à l'étude des effets d'échelle, les essais de réception sur modèle réduit n'ont de réel intérêt que si les conditions de mesure in situ conduisent à des frais élevés ou à une précision trop faible. Dans cet esprit leur emploi est surtout recommandé pour les installations de basse-chute. Dans sa rédaction actuelle le projet répond sensiblement aux désirs de l'exploitant. Il insiste à plusieurs reprises sur l'intérêt du doublement systématique des mesures au moyen de procédés ou d'appareils différents et recommande par priorité les méthodes de mesure de débit aisément contrôlables. Il prévoit la possibilité de contrôles de similitude au moyen d'essais effectués in situ. Par contre, il n'insiste peut-être pas assez sur la nécessité de prévoir au contrat de fourniture l'indication aussi précise que possible de toutes les conditions de mesure.

Unabhängig davon, dass der Entwurf von Empfehlungen der Commission Electrotechnique Internationale (CEI) für Abnahmeversuche am Modell hydraulischer Maschinen gewisse Anliegen, z. B. einen Beitrag an das Studium der Frage des Einflusses des Modellmaßstabes, ausser Betracht lässt, sind Abnahmeversuche am Modell nur dann von wirklichem Interesse, wenn die Versuche an der fertigen Maschine entweder hohe Kosten verursachen oder zu wenig genaue Ergebnisse liefern. Sie werden daher vorzugsweise bei Anlagen mit kleinem Gefälle angewendet werden. In der vorliegenden Fassung entspricht der Entwurf weitgehend den Bedürfnissen des Kunden. Er enthält wiederholt Hinweise auf die Wichtigkeit der Wiederholung der Messungen mit anderen Verfahren oder anderen Messgeräten und empfiehlt in erster Linie die leicht überprüfbaren Wassermengen-Messungen. Ferner enthält der Entwurf die Möglichkeit von Vergleichsmessungen an der an Ort und Stelle eingebauten, fertigen Maschine. Dagegen betont er vielleicht zu wenig, wie wichtig es ist, im Liefervertrag alle Messbedingungen so genau wie möglich festzulegen.

Dans le cadre de l'assemblée de discussion consacrée aux essais sur modèles réduits de turbines hydrauliques, le Président de l'assemblée, Monsieur le Professeur Gerber [2]) m'a demandé d'exprimer mon opinion concernant le projet de code international d'essais de réception sur modèle réduit en tant que membre d'une firme exploitant des usines hydroélectriques et possédant une station d'essais.

Il n'est donc peut-être pas sans intérêt de rappeler d'abord les raisons qui ont conduit l'*Electricité de France* à se constituer une telle station.

I. Intérêt d'une station de modèles réduits chez un exploitant d'usines hydroélectriques

Dès sa création, l'Electricité de France s'est souciée de constituer des équipes susceptibles de contrôler le fonctionnement technique de son matériel. Pour la production hydraulique en particulier, ce souci était guidé par le désir de connaître aussi exactement que possible les performances de ses nombreuses turbines en vue d'en assurer la meilleure exploitation. Très rapidement, ces équipes se sont préoccupées de perfectionner les méthodes de mesure, en vue de réduire la marge d'incertitude inhérente à toute détermination des performances d'une machine industrielle, dans le but de pouvoir comparer entre elles, d'une manière plus satisfaisante, les réalisations de ses différents fournisseurs et de déterminer avec plus de précision l'intérêt économique des rénovations de matériel envisagées.

Pour les installations fonctionnant sous de grandes hauteurs de chute nette, les Services de la Production Hydraulique d'Electricité de France reprirent à la base l'étude de la méthode thermodynamique de mesure des rendements. Grâce à l'utilisation d'une méthode de zéro et à la mise au point d'un matériel très précis, ils purent rapidement utiliser cette méthode d'une manière intensive. Compte tenu de l'expérience acquise à la suite de ces essais, ainsi que des nombreuses comparaisons avec d'autres méthodes, on peut estimer actuellement que les rende-

[1]) Assemblée de discussion consacrée aux «Essais sur modèle réduit des machines hydrauliques», organisée par l'Institut des machines et installations hydrauliques à l'EPF, l'ASE, l'Association Suisse pour l'aménagement des eaux et le Groupe des ingénieurs mécaniciens de la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes.

[2]) Cf. *Gerber, H.:* Modellversuche und Abnahmeversuche am Modell hydraulischer Maschinen. Bull. ASE t. 50(1959), nº 10, p. 469...471.

ments d'une turbine, fonctionnant sous une hauteur de chute supérieure à 100 ou 150 m selon les conditions locales, peuvent être déterminés avec une erreur inférieure à ± 1 %. Cette précision n'est pas encore suffisamment admise pour que l'on puisse dès à présent, obtenir des constructeurs une réduction de la marge de tolérance prévue dans les cahiers des charges pour tenir compte des incertitudes de mesure. Toutefois, grâce à la poursuite des mesures de comparaison, en particulier dans les cas où les échanges de calories avec l'extérieur peuvent avoir une influence relativement importante (turbines Pelton de faible puissance) on peut espérer que ce résultat pourrait être obtenu dans un avenir relativement proche.

Pour les hauteurs de chutes intermédiaires, c'est-à-dire entre 50 et 150 m en moyenne, le moulinet demeure actuellement, du moins en Europe, l'appareil le plus utilisé. Si l'aménagement comporte une section de jaugeage convenablement alimentée, et si l'on utilise un nombre d'appareils suffisant, le moulinet autorise généralement des précisions se maintenant elles aussi à l'intérieur de la marge de tolérance contractuelle de 2 %. Ses indications ont pu d'ailleurs être confrontées avec celles d'autres méthodes (méthode de *Gibson*, utilisée dans une dizaine d'équipements par l'Electricité de France, méthode thermodynamique dans les installations de hautes chutes et méthode de dilution comparée qui a fait l'objet d'études très minutieuses en France au cours de ces dernières années); toutes les expériences comparatives effectuées jusqu'à présent par nos services ne nous ont pas conduits à des écarts de débits supérieurs à ± 1 %. On peut donc estimer que pour ces hauteurs de chute la précision des mesures peut être voisine de celle correspondant aux hauteurs de chute supérieures.

Il n'en est malheureusement pas de même pour les installations de faibles hauteurs de chute. Du fait du raccourcissement des ouvrages et de l'utilisation de débits très importants, aucune méthode de détermination des débits n'apparaît très sûre à l'heure actuelle. La difficulté va d'ailleurs en croissant au fur et à mesure de la diminution de la hauteur de chute, et les essais effectués en particulier dans les usines du Rhin et du Rhône, dans lequelles aucune section transversale n'est le siège d'un écoulement parallèle, ont laissé subsister un doute relativement important concernant la précision des mesures malgré l'emploi de moulinets munis d'hélices autocomposantes. Il faut ajouter à cette incertitude concernant les débits, une difficulté de détermination des hauteurs de chute d'autant plus importante en valeur relative que les chutes sont faibles. Pour ces raisons, la marge de tolérance, qui dans certains cas exceptionnels paraît même faible, ne peut être réduite. En outre, les frais d'essais des turbines de basse chute sont relativement élevés en raison de leur durée et de l'importance des travaux qu'elle exige. Enfin, la détermination des performances de turbines de basse chute s'effectue difficilement dans les conditions d'emploi les plus fréquentes des turbines (pour éviter les pertes d'eau on a généralement tendance à effectuer les essais dans des périodes de faibles débits, c'est-à-dire de chutes élevées). De ce fait, l'Electricité de France s'est orientée vers la réception de ces unités sur modèle réduit.

Cette réception pouvait être envisagée dans les installations des constructeurs, mais les équipements de ces derniers n'étaient pas toujours adaptés à des essais contractuels. En outre, leurs caractéristiques différentes (dimensions absolues des modèles et hauteurs de chute d'essai) permettaient difficilement une comparaison valable entre les réalisations des constructeurs.

L'utilisation d'une même station, orientée vers les essais de réception contractuels, permettait cette comparaison qui est en définitive l'élément le plus intéressant des essais sur modèle réduit. Cette station pourrait en outre être utilisée pour des études de caractère général (fonctionnement des diffuseurs, phénomènes de cavitation); suivie par des équipes susceptibles d'effectuer aussi des essais sur les machines industrielles, elle permettrait une meilleure connaissance des effets d'échelle.

Pour toutes ces raisons, et du fait que les équipements de basses chutes projetés s'avéraient les plus nombreux et les plus importants, l'Electricité de France décida la création de sa propre station d'essai, construite au Laboratoire National d'Hydraulique dès le début de l'année 1958 et mise en service à la fin de la même année.

II. Caractéristiques techniques exigées d'une station d'essais de réception

Les conditions auxquelles doit satisfaire selon nous une station d'essais de réception de turbines sur modèle réduit résultent des buts énoncés précédemment.

La possibilité d'une comparaison valable entre diverses réalisations exige une fidélité excellente du matériel de mesure. Le caractère contractuel nécessite l'utilisation de procédés de mesure à la fois très précis et susceptibles d'un contrôle facile par un technicien étranger à l'installation.

La station doit, dans la mesure du possible, reproduire les conditions de similitude en usage chez les divers constructeurs, tout en permettant une représentation aussi semblable que possible des conditions naturelles.

1. Choix des méthodes et des instruments de mesure

a) Débits

Les méthodes de mesure des débits les plus recommandables sont celles utilisant une capacité jaugée ou un écran mobile. Les caractéristiques permanentes de ces organes, pratiquement impossibles à modifier, peuvent en effet être contrôlées par un organisme neutre assermenté. Les seules mesures effectuées se ramènent dans l'un et l'autre cas à la mesure d'une distance et d'un temps; elles peuvent être aisément contrôlées par le représentant du constructeur qui peut utiliser pour cela son propre matériel.

Cela n'empêche pas d'utiliser en variante d'autres procédés plus rapides ou plus commodes tels que déversoirs ou dispositifs déprimogènes, susceptibles d'être tarés à partir de l'un des deux procédés signalés plus haut. La répétition trop fréquente des

tarages de ces appareils peut éventuellement être évitée par l'emploi simultané de deux appareils différents dont la probabilité d'une erreur est d'autant plus faible que la concordance de leurs indications est meilleure.

b) Hauteur de chute

Les hauteurs de chute sont mesurées au moyen de manomètres différentiels à colonnes de liquide de densités bien connues, c'est-à-dire pratiquement à colonnes «air-eau» ou «eau-mercure»; l'agencement des prises de pression doit être tel qu'il permette d'éliminer l'erreur éventuelle due à l'anomalie d'une prise de pression.

Dans ce but, il peut être recommandé d'utiliser aussi bien à l'entrée qu'à la sortie de la turbine 2 sections de mesure équipées chacune de quatre prises de pression et de réunir séparément chacune des seize prises de pression ainsi utilisées à un tube manométrique. En outre, il doit être contrôlé que la réponse de ces manomètres utilisés en régime fluctuant de pression s'effectue suivant une loi linéaire.

c) Puissance sur l'arbre

La puissance est avantageusement déterminée à partir de la mesure du couple et de la vitesse de rotation. Ces deux grandeurs peuvent facilement être contrôlées au moyen d'un matériel simple et peu encombrant dont peut disposer le représentant du constructeur.

2. Gamme des hauteurs de chute nette et des dimensions du modèle

Le choix des caractéristiques des modèles ne peut résulter que d'un accord préalable avec les constructeurs. L'Electricité de France a eu le soin d'effectuer sur le même modèle les essais avec ou sans cavitation, et d'utiliser de grands modèles de manière à réduire l'influence de l'échelle géométrique. Enfin, la station étant parfois utilisée pour des essais de turbines axiales de basses chutes, dans lesquelles les écarts de charge de position sont relativement importants par rapport aux charges de pression absolue, la possibilité de réaliser la similitude de *Froude,* avec représentation des plans d'eau amont et aval, y a été prévue.

Ces conditions conduisent à l'emploi de modèles dont les roues ont un diamètre de 500 mm et fonctionnent sous une hauteur de chute minimum de 1 m.

En outre, pour étudier l'influence du nombre de Reynolds et aussi pour se rapprocher des conditions de similitude utilisées par certains constructeurs, l'installation a été réalisée de manière à obtenir des hauteurs de chutes relativement voisines des valeurs industrielles.

3. Montage du modèle

Il est intéressant de se rapprocher des conditions de réception normales des groupes en usines en réalisant la station de sorte que la fourniture du constructeur, constituant un ensemble, puisse être montée par son propre personnel, sur un support réglable indépendant du circuit hydraulique, le raccordement à ce dernier et éventuellement au frein ou à la génératrice s'effectuant au moyen de liaisons souples. Comme dans une usine classique le constructeur peut ainsi conduire son modèle au cours de l'ensemble des essais.

III. Conduite des essais et clauses contractuelles

1. Conduite des essais

L'expérience de plus de 100 essais de réception de turbines en usines nous a montré que ces essais pouvaient être conduits sans qu'il soit nécessaire de recourir à un expert neutre; il faut pour cela que toutes les mesures puissent être effectuées en collaboration et, d'après des programmes détaillés étudiés en accord entre les parties. Le seul élément de neutralité à faire intervenir se trouve dans les appareils de mesure qui ont avantage à être tarés par un organisme indépendant.

Il peut en être strictement de même pour les essais sur modèle, si les dispositions précédentes sont prises pour les méthodes et appareillage de mesure, ainsi que pour le montage du groupe. En particulier, le modèle lui-même doit être, durant tous les essais, sous la responsabilité exclusive du représentant du constructeur qui doit effectuer lui-même les manœuvres éventuelles ou en permettre l'exécution au personnel de la plateforme. Les relevés peuvent être notés contradictoirement et les calculs effectués en collaboration ou séparément. De ce fait, les seules contestations possibles peuvent résulter de l'appréciation différente des lectures d'appareils et si le climat de confiance n'est pas établi dès le début des essais, ce n'est pas la présence d'un chef d'essai indépendant qui peut éviter ces contestations, mais le recours à des observateurs tous neutres.

2. Clauses contractuelles

a) Choix des modalités d'essais

Ainsi que cela résulte du présent exposé, l'accord sur des essais effectués sur modèle réduit sera d'autant plus facile à obtenir que les modalités d'essai auront été fixées d'une manière précise au contrat de fourniture. Elles auraient presque intérêt à être précisées dès l'appel d'offre.

De ce point de vue, la station exploitée par l'acheteur paraît favorable. Les caractéristiques pourront en être facilement connues par le constructeur au moment où il remet une offre. L'acquéreur a tout intérêt à en préciser les limites d'utilisation, au moyen d'essais de principe effectués en collaboration avec ses constructeurs habituels en vue de déterminer d'un commun accord les limites probables d'erreurs des différents paramètres de mesure dans les conditions normales d'essais.

b) Nature des garanties

Si la décision d'effectuer les essais sur modèle réduit est signifiée dès l'appel d'offre, les garanties de rendement ont intérêt à être données pour les performances du modèle réduit. Dans ce cas, les garanties de rendement du prototype ne sont données qu'à titre indicatif. Si, au contraire, les rendements de la turbine réelle sont garantis, il est indis-

pensable de préciser les formules de transposition aussi bien pour les rendements que pour les puissances de référence.

Dans tous les cas, les garanties doivent évidemment être données pour un diamètre du modèle et une hauteur de chute bien définis.

Pour la puissance nominale, les essais de contrôle peuvent être effectués avec suffisamment de précision sur l'ouvrage réel; de ce fait, il peut être recommandé de garantir séparément cette valeur.

Quant aux garanties concernant la cavitation, elles ne peuvent guère être envisagées provisoirement que par le contrôle de la valeur du σ d'altération des performances. Encore y a-t-il lieu de définir exactement à l'avance le critère choisi pour déterminer cette valeur critique du σ à chaque point de fonctionnement.

c) Epoque des essais

S'il n'est pas possible de choisir le fournisseur d'après des essais sur modèle réduit (ce qui se justifierait d'après l'incidence très importante du rendement sur la rentabilité d'un groupe, mais n'est guère praticable actuellement, et de toute manière échappe au contrat de fourniture) les essais ont intérêt à être effectués au plus tôt avant même la mise en construction du prototype lorsque cela est possible. Cela peut diminuer la pénalité du constructeur en cas de refus et en contre-partie permettre à l'acquéreur de refuser effectivement toute fourniture incorrecte.

d) Défaut de similitude géométrique

Les résultats d'essais sur modèle réduit ne sont transposables à la réalité que si la géométrie du prototype est strictement semblable à celle du modèle; d'où la nécessité de définir des tolérances. Mais, il ne semble pas que l'on puisse dès à présent édicter des règles très précises à cet égard. En effet, les tolérances de similitude devraient être imposées en vue d'obtenir un même fonctionnement hydraulique des 2 machines et il ne semble pas que de ce point de vue l'état des connaissances permette dès à présent de déterminer les écarts limites de forme ou de dimensions à partir desquels cette condition cesse d'être respectée.

Il semble donc que l'on doive se contenter en première étape de tolérances correspondant aux imprécisions normales d'usinage et de contrôle géométrique.

Si ces tolérances se trouvent dépassées, il paraît difficile d'envisager l'application de pénalités ou de refus par suite de l'ignorance dans laquelle se trouvent les techniciens de déterminer l'incidence de ce défaut sur le fonctionnement de la machine. Il n'est donc pas provisoirement d'autre solution, en tel cas, que de faire supporter au modèle une transformation semblable à celle constatée sur le prototype et de contrôler sur la station l'influence de cette transformation.

IV. Etudes des conditions prévues au projet de code international

Dans l'ensemble, la rédaction du projet de code d'essai de réception de turbines sur modèle satisfait aux conditions énumérées précédemment. Toutefois, en raison de la nécessité d'utiliser de nombreuses installations existantes, les clauses techniques du projet sont peut-être un peu moins sévères.

1. Clauses techniques

a) Etendue des essais sur modèle réduit

Le code prévoit l'utilisation des essais contractuels sur modèle réduit pour les turbines Francis de hautes chutes et pour les turbines Pelton, tout en ne prévoyant pour ces dernières aucune formule de transposition d'effet d'échelle pour les rendements. En ce qui nous concerne, nous estimons ainsi que nous l'avons dit précédemment, que l'emploi de modèles pour ces chutes ne s'impose pas, en raison de la précision et de la facilité d'emploi des procédés de mesure industriels. En outre, le rendement des turbines Francis de hautes chutes dépend en grande partie des pertes dans les joints labyrinthes dont la reproduction en similitude est aléatoire.

b) Choix des méthodes de mesure

Les dispositions prévues sont sensiblement conformes aux conditions énoncées précédemment. En particulier, une distinction est faite pour les mesures de débit entre «méthodes primaires» dont le contrôle peut être facilement effectué par l'une ou l'autre partie, et les «méthodes secondaires» dont les indications doivent faire l'objet d'un tarage.

A diverses reprises l'utilisation de plusieurs méthodes ou appareils de mesure d'une grandeur est recommandée, mais d'une manière moins systématique que nous l'aurions souhaité.

En outre, pour tenir compte des conditions réalisées dans certaines installations existantes, des dérogations aux conditions techniques énumérées précédemment, sont prévues. C'est ainsi qu'il est envisagé en particulier le cas où des stations d'essai pourraient ne pas disposer d'une méthode «primaire» de mesure des débits. Dans ce cas, il est prévu d'utiliser une «turbine témoin» dont les essais auraient été effectués au cours des premiers tarages de l'installation d'essai. Cette disposition nous paraît acceptable dans son principe, qui consiste à se référer à un étalon secondaire; mais il nous paraîtrait plus judicieux d'utiliser dans ce cas non pas une turbine modèle, qui met en jeu de nombreux paramètres tous susceptibles d'erreurs ou d'altérations, mais un dispositif ne faisant intervenir par exemple que le débit et une différence de pression (genre de venturi amovible).

c) Gamme des hauteurs de chute nette et dimensions du modèle

Les dimensions du modèle et les hauteurs de chute d'essais minima ont été fixées en tenant compte des caractéristiques des installations existantes. Elles ne peuvent donc pas être aussi larges que celles que nous avons envisagées précédemment.

d) Montage du modèle

Aucune clause n'est prévue concernant l'absence de transmission d'effort ou de vibration de l'installation au modèle.

2. Clauses contractuelles

Dans l'ensemble, les clauses contractuelles sont en accord avec celles que nous avons énumérées

précédemment, en particulier pour la nature des garanties de rendement et de puissance, l'époque des essais, le contrôle de similitude.

Les paragraphes relatifs à la conduite des essais, détaillant la suite des opérations à effectuer et fixant les règles concernant les précautions à prendre au cours des mesures et la précision des relevés, sont dans le cadre des remarques formulées précédemment.

Le principe de l'égalité des droits entre les deux parties est nettement posé. En outre, s'il envisage à plusieurs reprises le choix d'un chef d'essai intervenant en qualité d'expert et jouant le rôle d'arbitre, le projet de code n'en fait pas une obligation.

Les divergences que l'on peut noter entre le projet de code international et les conditions contractuelles exposées précédemment concernent surtout les modalités d'essai qui, dans le document présent ne sont pas obligatoirement précisées au contrat. C'est là sans doute une omission et nous estimons que l'énumération des conditions d'essai (et jusqu'au choix de la station) aurait intérêt à être précisée dès l'appel d'offre. Cela éviterait sans doute les discussions qui ne manqueront pas de se produire à la fin des essais lorsqu'il s'agira de définir l'erreur de mesure d'après les indications du chapitre 7 du projet de code.

Signalons en outre l'absence de clauses contractuelles concernant la cavitation sur le modèle réduit, et, en contrepartie, l'adjonction d'un essai de «rendement relatif» (index test) sur le prototype destiné à définir avec une meilleure précision la came de conjugaison entre les ouvertures du distributeur et l'orientation des pales des roues, de turbines Kaplan.

V. Conclusions

Ce rapide examen met en évidence un bon accord entre les clauses que pourrait envisager une Société exploitant à la fois des usines hydroélectriques et une station d'essai sur modèle réduit, et celles prévues au projet de code international.

Il est à souhaiter que ce document, après avoir subi quelques retouches de détail inévitables, reçoive l'adhésion des divers comités nationaux représentés au sein de la Commission Electrotechnique Internationale. Ainsi, l'usage, actuellement encore limité, des essais sur modèle réduit se généralisera. Les essais industriels n'en perdront pas pour autant de leur intérêt; complétés de relevés auxiliaires, tels que l'exploration du champ des vitesses à la sortie de la roue ou des mesures de grandeurs en liaison avec les phénomènes de cavitation, ils permettront dans tous les cas où les conditions de mesure sont favorables, de préciser l'importance des effets d'échelle.

C'est dans cette voie que s'est orientée l'Electricité de France, qui, grâce à ses importantes équipes d'essais industriels et à sa station d'essais, étudie dès à présent, sur modèle réduit, les performances d'un groupe bulbe ayant fait l'objet d'essais industriels exceptionnellement détaillés.

Adresse de l'auteur:
M. *P. Bourguignon*, ingénieur en chef au Service des études et recherches d'Electricité de France, Chatou (Seine et Oise) (France).

Bisherige Praxis der Modellturbinenuntersuchungen an Stelle von Abnahmeversuchen

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung vom 13. Februar 1959 in Zürich,
von *R. Dziallas*, Heidenheim

621.224.001.57

Nach einem kurzen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Modellturbinen-Untersuchung wird als spätere Diskussionsgrundlage die Durchführung einer Modellturbinen-Untersuchung an Stelle eines Abnahmeversuchs angegeben. Es werden einige Bedingungen für solche Untersuchungen zusammengestellt und diskutiert. Zum Schluss werden einige Vorschläge für die neuen internationalen Empfehlungen zur Durchführung von Modellturbinenversuchen an Stelle von Abnahmeversuchen im Wortlaut angeführt.

Après un bref historique des investigations sur modèles de turbines, l'auteur décrit l'exécution d'une telle investigation au lieu d'un essai de réception, comme base pour de plus amples discussions. Il résume et examine quelques-unes des conditions de ces investigations. Pour terminer, il énumère des propositions en vue des nouvelles Recommandations internationales pour l'exécution d'essais sur modèles de turbines tenant lieu d'essais de réception.

Die stürmische Entwicklung von Wasserturbinen setzte um die Jahrhundertwende ein, als durch die Möglichkeit der elektrischen Kraftübertragung der Bau grösserer Einheiten und durch die direkte Kupplung von Generator und Turbine die Steigerung der spezifischen Drehzahlen notwendig wurden. Diese Entwicklung liess sich auf die Dauer nicht durch Versuche an der Grossausführung und beim Kunden durchführen. Man benötigte dazu Modellversuche, so dass heute viele Modellversuchsanstalten schon auf ein ehrwürdiges Alter zurückblicken können.

Die Modellversuche dienten

a) der allgemeinen Entwicklung von Lauf- und Leiträdern, Spiralgehäusen und Saugkrümmern;

b) dem Nachweis der geforderten Eigenschaften einer bestimmten, noch zu bauenden Grossausführung hinsichtlich Wirkungsgrad, Kavitation und Durchgangsdrehzahl.

Die an zweiter Stelle genannten Versuche dienten dem Lieferanten als Nachweis dafür, dass die von ihm im Vertrag für die Grossausführung eingegangenen Garantien erfüllt werden können. Der Modellversuch war gewissermassen für den Lieferanten eine Rückversicherung gegen das Risiko, das mit dem Bau so grosser Einheiten verbunden ist.

In den letzten Jahrzehnten hatte man erfahren, dass in bestimmten Grenzen die Übereinstimmung zwischen Modellversuch und Grossausführung ausgezeichnet ist. Der Lieferant wird in der Regel sei-