

# Collationnement des informations concernant l'effet d'échelle sur les rendements et les débits dans les turbines Pelton<sup>(\*)</sup>

Collated data on the scale effect  
on Pelton turbine efficiency and discharge<sup>(\*)</sup>

PAR M. VERCASSON,

INGÉNIEUR AU DÉPARTEMENT « ESSAIS »

DU CENTRE DE RECHERCHES ET D'ESSAIS DE CHATOU (E.D.F.)

*L'effet d'échelle résultant de la variation de la chute seule ou de la variation simultanée de la chute et des dimensions est mis en évidence par l'exposé d'un certain nombre de résultats numériques obtenus dans différents laboratoires. Quelques interprétations de ces résultats sont également proposées.*

*The scale effect due to a variation of the head alone or simultaneously with machine dimensions is illustrated by a number of numerical results obtained at various laboratories, for which interpretations are suggested.*

## INTRODUCTION

La Section Machines Hydrauliques de la Société Hydrotechnique de France nous a de-

mandé de collationner les informations concernant l'effet d'échelle sur les rendements et les débits dans les turbines Pelton.

Ce type de turbine n'a pas fait, dans ce domaine, l'objet de recherches aussi nombreuses que les turbines à réaction et, en tout cas, ces

---

(\*) Texte résumé, dont la version intégrale paraîtra dans notre prochain numéro.

recherches n'ont abouti, à notre connaissance, à aucune formule de transposition pratiquement utilisée.

Dans ces conditions, nous pouvons nous demander s'il existe réellement un problème, d'autant plus que le Code d'Essais de la Commission Electrotechnique Internationale, relatif aux essais de réception sur modèle réduit, mentionne au paragraphe 3.222 :

« Pour les turbines Pelton, pas de formule d'effet d'échelle, rendement prototype = rendement modèle. »

En fait, nous pensons, à la lecture des documents réunis, que cette position est due à la discordance des effets d'échelle constatés par les différents expérimentateurs et cela justifie l'étude entreprise.

Pour mener à bien le collationnement de ces informations, nous avons adressé un même questionnaire à vingt-quatre personnes intéressées par ce problème, réparties en Europe occidentale et en Amérique du Nord.

Ce questionnaire était divisé en quatre paragraphes qui se retrouvent intégralement ici :

- 1° Renseignements bibliographiques;
- 2° Présentation de résultats mettant en évidence un effet d'échelle;
- 3° Interprétation des résultats obtenus et description des moyens mis en œuvre pour séparer les différentes catégories de pertes de la turbine;
- 4° Autres études théoriques ou expérimentales portant sur ce sujet;

## I. — RENSEIGNEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 J. DODU : Similitude des jets liquides à grande vitesse. *Symposium A.I.R.H., Nice, 1960.*
- 2 M. GARIEL et J. DUPORT : Modèles réduits de machines hydrauliques, *Convegno di Venezia, octobre 1955.*
- 3 S. FERRY : Examen comparatif des pertes dans diverses turbines Pelton. *Symposium A.I.R.H., Nice, 1960.*
- 4 H. GERBER : Ventilationsverluste von Freistrahlturbinen Laufrädern. *Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, n° 9, 1956.*
- 5 H. GERBER : Wassermessung in Freistrahlturbinenanlagen. *Schweizerische Bauzeitung, n° 14, 1941.*
- 6 H. GERBER : La turbine SFINDEX à courant annulaire. *La Houille Blanche, n° 6, décembre 1955.*
- 7 R. LOWY : Efficiency analysis of Pelton wheels. *Transactions of A.S.M.E., vol. 6, août 1944.*
- 8 R. VERCELLINI : Contribution à l'analyse des résultats d'essais de turbines Pelton. *Informations techniques Charmilles, n° 8, 1961.*
- 9 G. WILLM : Observations sur les Pelton. *Ves Journées de l'Hydraulique, Aix, 1958.*
- 10 Divers auteurs : Symposium on laboratory testing of hydraulic turbine models in relation to field performance. *Transactions of A.S.M.E., vol. 80, octobre 1958.*

## II. — EXPOSÉ DES RÉSULTATS D'ESSAIS METTANT EN ÉVIDENCE UN EFFET D'ÉCHELLE, SOIT SUR LE DÉBIT, SOIT SUR LE RENDEMENT

Nous avons arbitrairement divisé ce chapitre en deux, de façon à mettre en évidence, d'une part, l'influence de la variation de chute seule, d'autre part, l'influence des variations simultanées de la chute et des dimensions.

### A - Essais d'une turbine sous différentes chutes.

Ce type d'essai est évidemment le plus facile à réaliser avec précision, tout au moins sur mo-

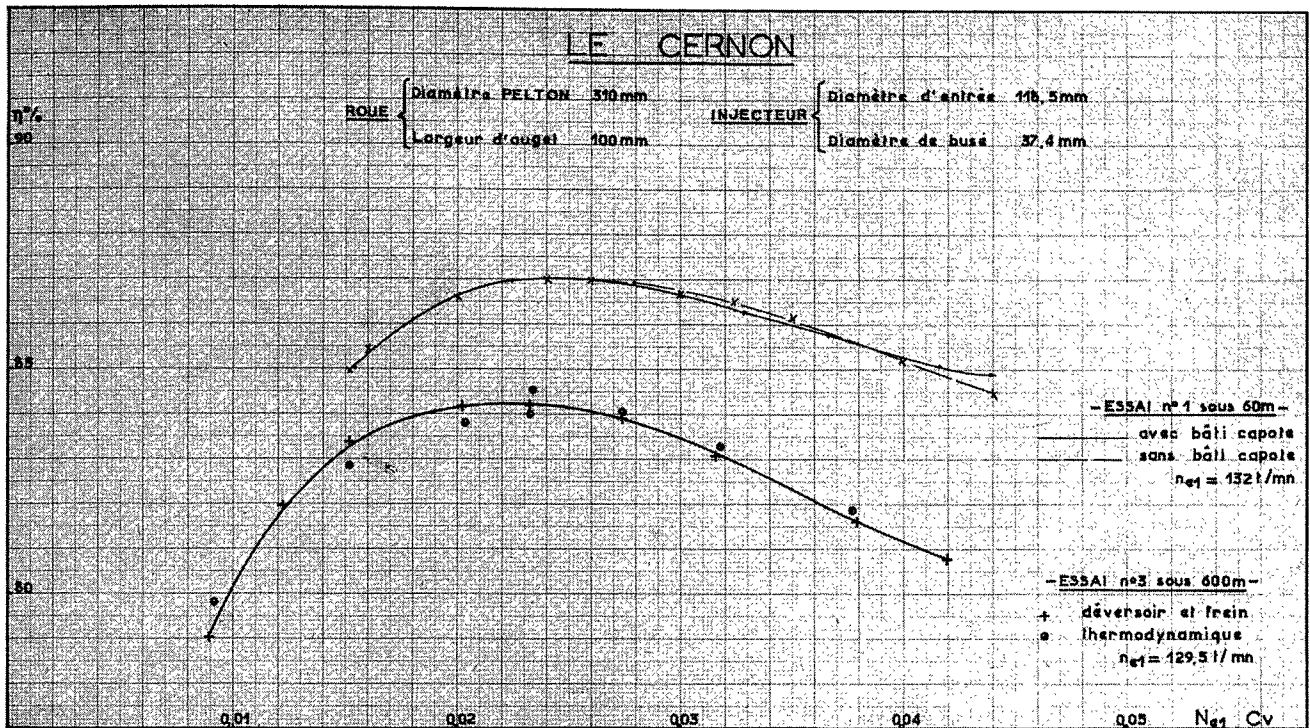


Fig. 1

dèle réduit. Le plus souvent, un même modèle est capable de fonctionner sous différentes chutes et parfois les mêmes appareils de mesure peuvent être employés.

Il ne se pose donc aucun problème de similitude géométrique et il suffit de réaliser des mesures sensibles et fidèles pour pouvoir faire des comparaisons valables. La figure 1 donne un exemple de résultat obtenu en essayant un même modèle sous 60 et 600 m.

**B - Comparaison des résultats d'essais de modèles et de prototypes.**

Dans ce domaine, l'expérimentation nécessite la mise en œuvre de moyens considérables et il est très difficile d'entreprendre une campagne d'essais systématiques. La plupart des réponses émanent des constructeurs faisant état de résultats obtenus dans leurs laboratoires de recherches, d'une part, et de résultats d'essais de réception, d'autre part.

Dans ces conditions, le nombre de résultats dont il est possible de faire état est extrême-

ment faible. En effet, nous avons insisté dans le questionnaire sur la nécessité d'une parfaite similitude géométrique, et nous pensons qu'il y a lieu de s'y tenir tant que des essais systématiques n'auront pas permis de définir quelles libertés il est possible de prendre. Or, les modèles de recherches sont le plus souvent réduits aux éléments essentiels, afin d'être facilement et rapidement modifiables. Ils sont parfois constitués de pièces appartenant à un modèle précédent, de caractéristiques voisines. Pour toutes ces raisons, une similitude parfaite est rarement réalisée.

De plus, les conditions d'alimentation des modèles reproduisent rarement les conditions naturelles.

Les essais industriels mis en regard de ces essais sur modèle sont le plus souvent limités aux essais de réception, et sont rarement répétés, à cause des sujétions qu'ils imposent aux exploitants. Ces essais sont en général exécutés par le maître de l'œuvre ou par un organisme indépendant, et il semble qu'une grande discrétion soit de mise sur les résultats, alors que l'établissement de données certaines sur l'effet d'échelle

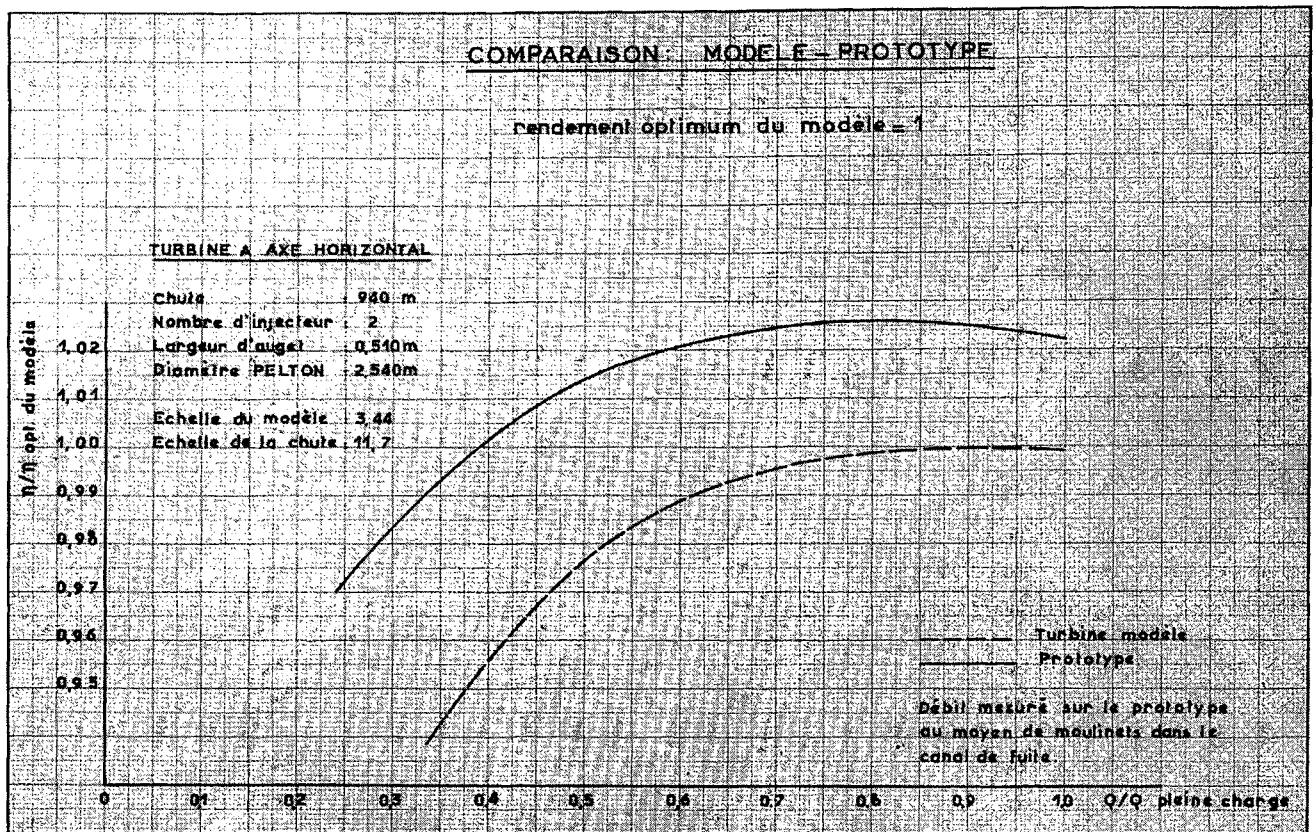


FIG. 8 (\*)

ne peut résulter que de la confrontation d'un très grand nombre de cas, par suite de l'imprécision des mesures, surtout sur les machines industrielles.

En règle générale, les expérimentateurs ne respectent que la similitude des triangles de vitesse. Certains font cependant observer l'import-

tance de la similitude de Froude pour une reproduction correcte des trajectoires de l'eau à la sortie de la roue. La figure 8 (\*) donne un exemple de comparaison modèle-prototype.

(\*) La figure 8 porte ici le même numéro que celui qu'elle aura dans le texte intégral de ce mémoire, qui paraîtra dans le prochain numéro de *La Houille Blanche*.

### III. — INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS. SÉPARATION DES PERTES

Du chapitre précédent, ne se dégage aucune interprétation évidente des écarts de rendement constatés, qui sont fréquemment de sens opposés.

Certains essais mettent en évidence un effet d'échelle positif sur le rendement quand on passe du modèle au prototype, comme dans les turbines à réaction; d'autres montrent un effet d'échelle négatif.

Dans un seul cas, il a été possible de mettre en évidence de façon à peu près certaine l'effet perturbateur d'un bâti-capote mal dimensionné.

Dans un tel cas, il serait évidemment nécessaire de s'en tenir à la similitude de Froude pour reproduire correctement les trajectoires de l'eau à la sortie de la roue.

Si le bâti-capote est dimensionné de façon à

ne jouer aucun rôle perturbateur dans le fonctionnement de la roue, il est probable que la réalisation de la similitude de Froude n'est plus nécessaire, du moins dans une certaine gamme de chutes d'essais, et l'on doit se trouver en présence d'un effet d'échelle positif, mais beaucoup plus faible, dû à la variation des pertes par frottement. Cette hypothèse semble confirmée par les remarques suivantes :

- 1° Les turbines à axe vertical, pour lesquelles l'évacuation de l'eau est meilleure et les risques de rejaillissement sont plus faibles, présentent presque toutes un effet d'échelle positif;
- 2° Pour les turbines à effet d'échelle positif,

celui-ci est plus fort aux faibles charges, où il est vraisemblable que les pertes par frottement présentent une importance relative plus grande.

Aucune méthode complète de séparation des pertes n'a été présentée, sauf en ce qui concerne les pertes par frottement de la roue dans l'air, qui sont faciles à mesurer et qui sont du reste relativement faibles.

Il faut cependant citer à ce sujet les travaux effectués par l'Electricité de France qui permettent, par la méthode thermodynamique, la mesure du rendement global fonctionnel injecteur-auget en prélevant l'eau directement à la sortie de la roue.

#### IV. — AUTRES ÉTUDES THÉORIQUES ET EXPÉRIMENTALES

Parmi les études théoriques ou expérimentales pouvant être rattachées au problème de l'effet d'échelle dans les turbines Pelton, nous ne pouvons citer que les travaux entrepris aux Laboratoires de Mécanique des fluides de l'Université de Grenoble.

Cette étude porte sur la mesure de la dispersion d'un jet et sur les variations de cette dispersion en fonction des nombres de Reynolds et de Weber.

#### CONCLUSIONS

En ce qui concerne les débits, les auteurs sont en général d'accord, sinon sur la valeur, du moins sur le sens de l'effet d'échelle.

Par contre, à la fin de cet exposé, il faut bien reconnaître qu'une assez grande confusion règne en ce qui concerne les rendements, et c'est pourtant là que se trouve le problème le plus important.

Nous ne pensons pas que la réunion d'un bien plus grand nombre de documents analogues à ceux présentés ici soit possible, ni qu'elle permette une étude statistique de l'effet d'échelle car, en général, trop de doutes subsistent quant à la précision des mesures ou à la similitude des machines comparées.

Une étude systématique plus fine des pertes dans un certain nombre de couples modèle-protype serait certainement plus efficace.

Le problème de l'effet d'échelle dans les turbines Pelton existe donc réellement, mais il semble qu'il se présente sous une forme encore plus complexe que dans les turbines à réaction. Pour ces dernières, les formules de transposition ne tiennent en général compte que des pertes cinétiques et des pertes par frottement et donnent des résultats qui coïncident assez bien avec l'expérience.

Ici, les mécanismes mis en jeu sont beaucoup plus complexes du fait de l'écoulement à l'air libre; par exemple, la dispersion du jet, la pulvérisation de l'eau, les rebondissements d'eau sur le bâti-capote, les frottements de la roue dans l'air chargé d'eau en suspension, peuvent intervenir dans des proportions variables et il est impossible d'envisager une formule de transposition tenant compte de tels paramètres dans l'état actuel des études.

## DISCUSSION

*Président : M. BERGERON*

M. le Président remercie M. VERGASSON de l'effort qu'il a fait et attire l'attention sur l'importance du rapport qu'il a établi.

Cette communication indique la prise de position de la Section « Machines » sur l'impossibilité actuelle de

donner une conclusion précise concernant l'effet d'échelle dans les essais sur modèle des turbines Pelton.

M. le Président aurait aimé que quelques personnes de l'assemblée donnent leur avis sur cette conclusion, qui peut avoir aussi une importance dans les rapports entre le constructeur et l'utilisateur.

