

Le groupe prototype de Castet et ses perspectives d'avenir

The Castet prototype unit and its future prospects

PAR M. CHAMAYOU

INGÉNIEUR EN CHEF A LA S.N.C.F.
CHEF DU SERVICE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Cet exposé comportait trois parties :

- Les idées directrices qui ont conduit à l'étude et à la réalisation de ce prototype.
- Une description succincte de l'installation de Castet et plus particulièrement des groupes.
- Enfin, l'exposé des résultats obtenus et des considérations sur l'avenir qui peut être réservé à ce type de groupe.

Les idées directrices sont de plusieurs ordres :

- Recherche sur les usines marémotrices;
- Améliorations techniques apportées depuis de nombreuses années par les constructeurs dans la construction des groupes, leur encombrement et leur puissance massique;
- Recherche d'économies sur les auxiliaires, au sens général, qui accompagnent dans une installation la partie active, c'est-à-dire le groupe turbine-alternateur. Le type de groupe en question permet notamment de supprimer le bâtiment d'usine;
- Enfin, meilleure liaison entre le turbinier et l'électricien obtenue par l'existence d'un groupe monobloc.

Les deux premières parties ont été déjà développées dans plusieurs articles et notamment dans la Houille Blanche, n° de mars-avril 1954. Nous renvoyons le lecteur à cet article et nous nous bornons à reproduire les parties essentielles de l'exposé traitant des résultats obtenus et des perspectives d'avenir du groupe.

M. Chamayou donne d'abord des renseignements sur les caractéristiques de ce groupe et les mises au point qui ont été nécessaires. Par rapport à une installation classique, une économie globale de 1/3 a pu être réalisée. Cette économie n'est d'ailleurs pas la limite puisque des dispositions encore plus économiques pourront être et sont déjà apportées sur des groupes dérivant du même type.

Quant aux perspectives d'avenir elles intéressent d'abord l'équipement des basses chutes, l'utilisation des groupes du type Castet permettant des économies sensibles de génie civil dans la réalisation des usines-barrages. Il est donc possible que dans certains cas les usines de ce type deviennent plus économiques que des usines du type à canal de dérivation.

Les autres applications possibles se trouvent dans les usines marémotrices et enfin dans les microcentrales.

This paper is made up of three parts:

- The motivating ideas which have led to the study and realization of this prototype.
- A brief description of the Castet installation and some detail about the units.

— Finally, the results obtained, and considerations of the future that can be expected for this type of unit.

There were several motivating ideas:

- Research for tidal power stations;
- Technical improvements developed over a number of years by manufacturers in the construction of the units, the space they occupy and their power to weight ratio;
- General research of economies on the auxiliaries which accompany the active part of the installation i.e. accompany the turbine-generator unit. The type of unit in question enables the power station building to be obviated;

— Finally, the best cooperation between the turbine and electrical gear manufacturers obtained by the existence of a monobloc unit.

The first two parts have already been treated in several articles, in particular la Houille Blanche of March-April 1954. We refer the reader to this article and reproduce here only the parts essential to the treatment of the results obtained, and the future prospects of the unit.

Mr. Chamayou first of all gives some information on the characteristics of the unit and the developments which have been necessary. In comparison with a classical unit an overall economy of 1/3 has been realized. This economy is not the maximum that can be attained as even more economical arrangements can be and have already developed for similar installations.

As for the future possibilities, they mainly concern low head equipment, the use of units such as Castet allows appreciable economies in the civil engineering work for the dam and power station. It is thus possible that power stations of this type will sometimes be more economical than by-pass canal type stations.

The other applications possible are in tidal power stations and in midget power stations.

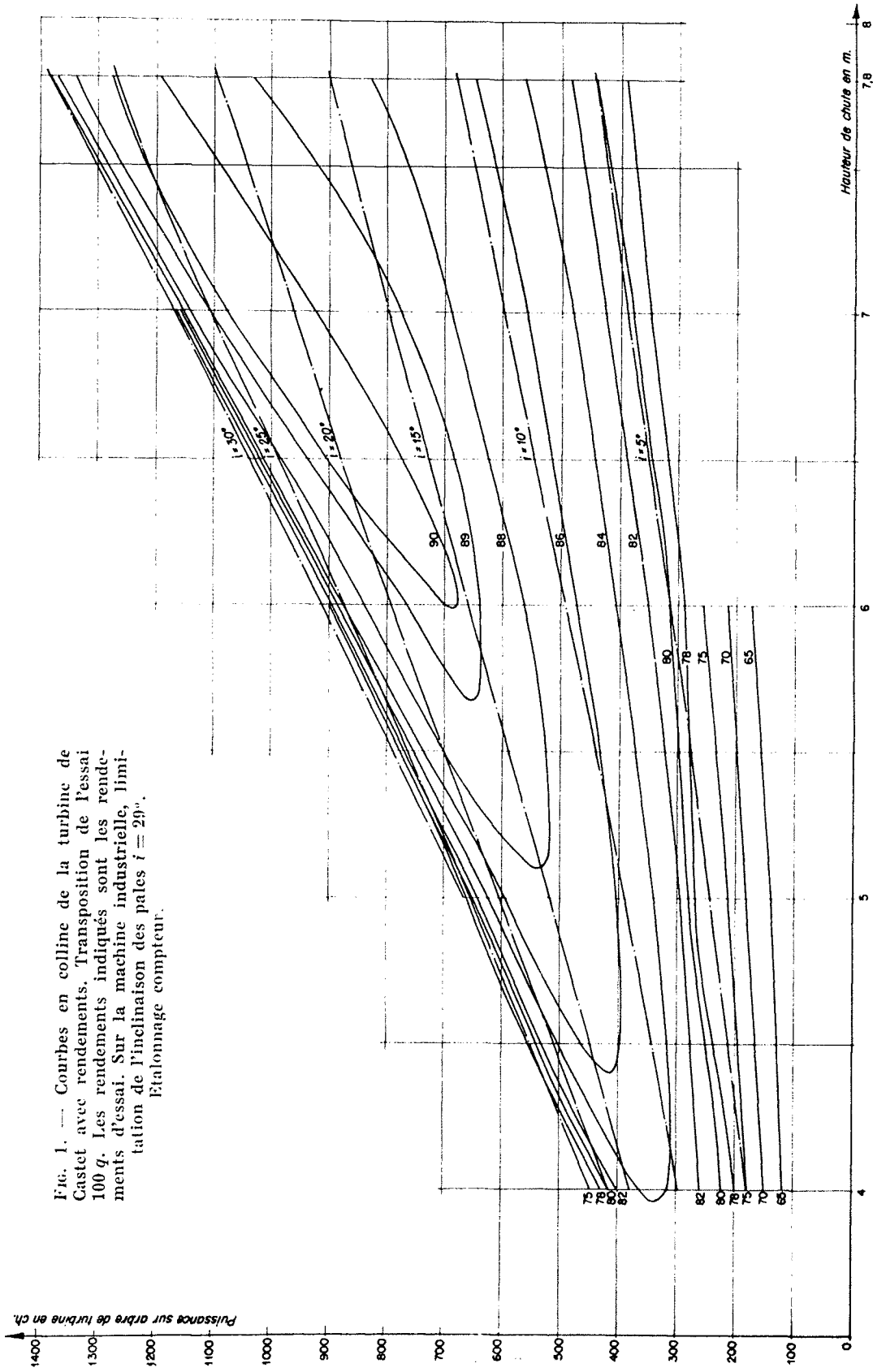


Fig. 1. --- Courbes en colline de la turbine de Castet avec rendements. Transposition de l'essai 100 q. Les rendements indiqués sont les rendements d'essai. Sur la machine industrielle, limitation de l'inclinaison des pales $i = 29^\circ$. Etalonnage compteur.

Résultats obtenus. — Mise au point

Comme dans toute réalisation nouvelle, on pouvait s'attendre à quelques imperfections et à quelques difficultés, même si les idées de base étaient particulièrement saines et séduisantes. En fait, les tentatives précédentes avaient échoué sur des détails technologiques.

Or, la mise au point des parties importantes et sur lesquelles on pouvait avoir, a priori, des inquiétudes a été extrêmement rapide. Seuls, quelques détails ont retardé la mise en service industrielle du groupe; en particulier, le problème des joints huile-eau a nécessité un certain nombre d'essais en usine et sur place. Les joints actuels donnent toute satisfaction. Ils ont une usure inappréciable et les pertes d'huile admises et inévitables sont fort acceptables : 1 litre environ par jour, représentant une dépense d'une centaine de francs.

On peut, dès à présent, affirmer que cette technique est satisfaisante et passer à l'étape suivante qui consiste à perfectionner ce qui existe déjà.

Nous rappelons que le but que nous recherchions nous-mêmes était la réduction des dépenses de génie civil.

Dans l'installation, la part du groupe turbine-alternateur représente 53 % du total des dépenses contre 35 % dans une installation classique.

En supposant que les groupes valent le même prix dans la solution classique que pour Castet, ce qui ne sera pas le cas ultérieurement puisque le groupe de Castet est incontestablement plus léger qu'un groupe classique de même puissance, nous trouvons qu'une économie globale de 34 % a été réalisée. Certes, une partie de cette économie est indépendante du type de groupe, mais nous insistons sur le fait que l'on peut aller encore plus loin et que les essais faits sur ces prototypes montrent que le maximum d'économie n'est pas encore atteint. Nous verrons plus loin que de nouvelles dispositions plus économiques sont dès à présent possibles.

Il est intéressant de regarder quelle est effectivement l'origine des gains ainsi réalisés et à porter à l'actif du groupe « Castet » :

Il n'y a pas de bache spirale. Les fouilles ont été réduites au minimum, il n'y a même pas de fouilles nécessitées par le groupe lui-même, celles du barrage suffisent. Il n'y a plus de gaines de circulation d'air froid et d'air chaud en circuit ouvert ou en circuit fermé.

La place du groupe dans le béton du barrage est représentée par un simple trou de forme conique. Il y a donc simplification des formes.

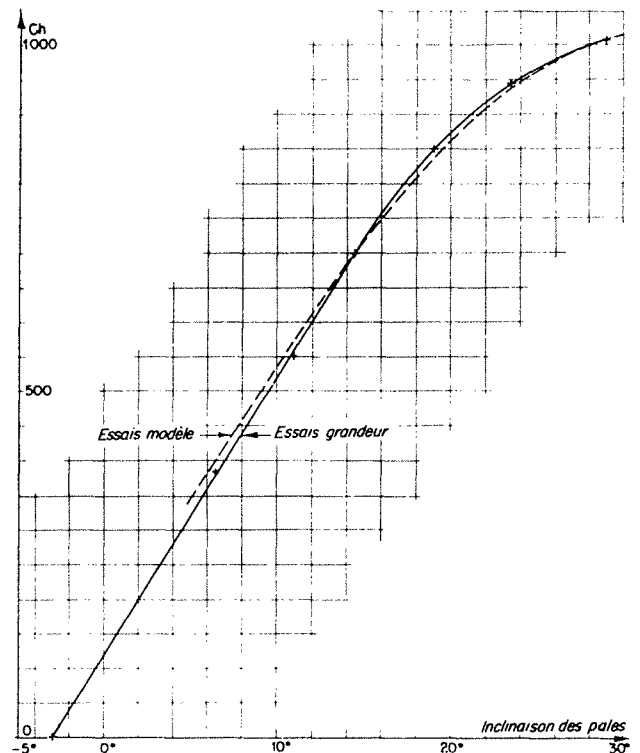


Fig. 2. — Courbe
Puissance / Ouverture : $H_n = 6,40$ m

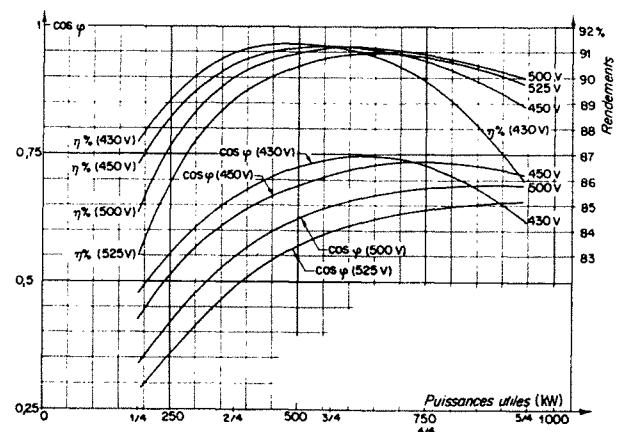


Fig. 3. — Génératrice asynchrone 750 kW - 254 t/mn.
Courbes de rendements et facteurs de puissance en fonction de la charge pour différentes valeurs de la tension.

Obs. : Les rendements comprennent les pertes supplémentaires évaluées à 10 % des pertes joule stator.

La réfrigération a été simplifiée. Il n'y a pas de protection contre l'incendie et, bien entendu, il n'y a plus de bâtiment d'usine.

Rendements

La figure 1 donne les courbes en colline résultant des essais sur modèle.

Nous n'avons pas encore fait d'essais complets de rendement, bien que toutes les mesures aient été prises pour pouvoir les exécuter. De tels essais comportent une marge d'incertitude pour tenir compte de l'imprécision des mesures industrielles. Nous avons estimé que les résultats les plus précis étaient ceux qui étaient donnés par les essais sur modèle en laboratoire.

Nous avons seulement relevé la courbe puissance-ouverture. La concordance avec la courbe théorique est très satisfaisante (fig. 2).

Ci-contre également les courbes de rendement et du facteur de puissance de la génératrice asynchrone (fig. 3).

Enfin, signalons qu'en service la température de l'huile du groupe n'a jamais dépassé 40° C. (Il est vrai que la température de l'eau reste de l'ordre de 10°.)

Améliorations consécutives aux essais

Dès à présent, il est certain que diverses modifications seraient apportées aux groupes, s'ils étaient à refaire, compte tenu de l'expérience acquise.

Sans trop insister sur ce qui constitue peut-être des secrets de fabrication, mais que l'on peut mentionner puisque des groupes en commande en seront munis, indiquons que la gaine qui relie le groupe à l'extérieur serait très diminuée par l'inclusion du régleur à l'intérieur du bloc. La liaison rigide représentée par la gaine serait remplacée par de simples câbles souples, ce qui faciliterait encore le montage et augmenterait l'autonomie du groupe par rapport à son appareillage.

Une pompe de circulation d'huile placée par prudence dans le bloc ne s'avère pas indispensable.

On pourrait rendre démontables les parties groupes-distributeur pour faciliter les transports.

Pour des groupes de plus faible puissance, on a déjà réalisé à la Maignannerie (89 ch sous 2,25 m) une installation avec siphon qui permettra la suppression de la vanne de garde, l'arrêt du groupe se faisant par admission d'air en tête du siphon.

On peut concevoir, quand il y a de nombreux groupes, que ceux-ci soient à pales fixes. Le débit serait réglé par le distributeur et le groupe pourrait même fonctionner par tout ou rien, les directrices étant alors fusionnées avec la vanne d'entrée.

Perspectives d'avenir

EXTRAPOLATION

On peut concevoir les variations des dimensions dans le sens de l'augmentation et dans celui de la réduction.

Les résultats très satisfaisants obtenus pour le refroidissement montrent que l'on pourrait aisément augmenter la puissance de l'alternateur.

Le diamètre de la roue, de 1,650 m, pourrait, sans aucune difficulté et sans aucun risque supplémentaire, être porté à 2,50 m ou 2,60 m. En fait on est surtout limité par des possibilités pratiques de transport. Mais le poids du groupe de Castet (16 t) peut être dépassé, et nous avons vu qu'il est facile de le fractionner : le démontage et le remontage se sont révélés tellement faciles et rapides qu'à Castet, pour effectuer certaines visites et modifications pendant la période des essais et mises au point, il a suffi de poser le groupe dans la cour de l'usine sur un camarteau, et de procéder sur place aux démontages et remontages. Tout au plus avait-on prévu de mettre en place une bâche si le temps avait menacé.

Avec le système actuel d'alternateur dans l'huile, on peut dès à présent affirmer qu'il n'y a aucune difficulté à pousser la puissance de groupes semblables à ceux de Castet jusqu'à 5.000 ch pour une douzaine de mètres de chute.

Rien ne prouve d'ailleurs qu'il ne soit pas possible d'aller au-delà, mais il sera peut-être nécessaire pour des puissances plus grandes d'adopter soit l'air comprimé, soit éventuellement l'hydrogène. A priori, on peut penser que l'utilisation de l'air comprimé à la pression de 5 kg rétablirait, en ce qui concerne l'évacuation des pertes, les conditions de fonctionnement dans l'huile.

Quant à la technique des groupes tournant dans l'hydrogène, quoique connue depuis très longtemps, elle tend maintenant à se généraliser en faisant même circuler le fluide à l'intérieur des conducteurs.

Il est vrai que l'on peut avoir quelque répugnance à adopter des groupes asynchrones, pour des puissances élevées à cause de leur mauvais facteur de puissance et de leur manque d'autonomie. Pour Castet, ces inconvénients sont mineurs, le $\cos \varphi$ n'est d'ailleurs pas spécialement mauvais d'autant que les électriciens particulièrement prudents, ont, au dernier moment, augmenté légèrement l'entrefer. De toutes façons, il est toujours possible d'améliorer ce facteur de puissance par l'installation de batteries de

condensateurs. On peut également concevoir dans une installation comportant de nombreux groupes, l'installation de 1 ou 2 compensateurs synchrones utilisés pour l'ensemble de la centrale, permettant aussi de conserver pour les groupes les avantages de la génératrice asynchrone : poids, simplicité, couplage fait même à l'arrêt, suppression de l'excitatrice, etc.. En bref, les avantages de simplicité et de prix l'emportent pour les faibles puissances et les petites vitesses. Il n'en serait sans doute pas de même pour les fortes puissances.

On pourrait encore invoquer l'insuffisance du PD2 pour limiter l'extension de la puissance des groupes de Castet. Mais ce n'est que sur le plan général que la question se poserait, s'il y avait une très forte proportion de groupe de ce type.

On peut donc sans optimisme exagéré envisager l'augmentation de la puissance de ces groupes dans de grandes proportions et E.D.F. a déjà passé des commandes dans le but de s'assurer des possibilités d'extrapolation.

Tout ceci explique la révolution, à laquelle je faisais déjà allusion au début de cet exposé, sur la façon d'envisager l'équipement de rivières importantes et même de fleuves.

On sait que les usines basse chute peuvent se classer en deux grandes catégories : usines à canal de dérivation et usines barrage. La première technique est assez souvent employée en France; au contraire, en Amérique, sur des cours d'eau importants, les usines sont généralement des usines barrage, c'est-à-dire que le barrage avec ses ouvrages annexes, l'usine et éventuellement l'écluse, forment un seul bloc.

Pour une puissance installée déterminée, l'emploi de groupes de moins en moins nombreux mais de plus en plus puissants avait en sa faveur l'encombrement global moindre, et une économie sur l'appareillage électrique, mais cette tendance au gigantisme, pour l'hydraulique tout au moins, est nettement en régression.

De plus, si un groupe classique, de puissance P, est, pour la dimension commandée par le profil en travers du cours d'eau, moins encombrant que deux groupes classiques de puissance P/2 et, *a fortiori*, de quatre groupes de puissance P/4; pour des groupes du type Castet, l'augmentation de l'encombrement est beaucoup plus faible. Et ceux-ci pourraient même être surmontés de vannes de crue, ils n'interviendraient donc pas dans le rétrécissement de la section disponible pour le passage du flot.

Compte tenu des inconvénients et des dépenses qui résultent de la construction de longs et importants canaux, on pressent que la comparaison entre les deux types d'usines peut être reprise à la lumière des réalisations Castet, et si

les expériences entreprises par E.D.F. confirment les résultats de Castet, il n'est pas du tout certain que, dans un avenir plus ou moins lointain, l'avantage technique et financier ne revienne pas, dans certains cas, aux usines barrage à groupes nombreux du type immergé.

USINES MARÉMOTRICES

Il est bon de rappeler que ce sont les préoccupations des usines marémotrices qui, pour certains ingénieurs, ont été à l'origine des recherches qui ont conduit à ce nouveau type de groupes. Il est certain que le groupe-type Castet se prêterait particulièrement bien à une telle utilisation. Il faut également noter que de tels groupes peuvent aisément fonctionner de quatre façons, c'est-à-dire en turbine dans les deux sens, en pompe dans les deux sens.

Or, pour Castet qui n'avait pourtant pas été étudié spécialement pour cela, on arrive déjà à des rendements qui sont très honorables aussi bien en turbine qu'en pompe. Les groupes de Cambeyrac sont conçus pour permettre cette quadruple utilisation, et pour mesurer les rendements correspondants.

MICROCENTRALES

Depuis longtemps déjà l'attention s'est portée sur les microcentrales. On sait qu'il est convenu d'appeler ainsi des installations de faible puissance dont les groupes sont très simples, construits en série, donc bon marché, et pourraient être placés sans grands frais sur des cours d'eau modestes.

Ces installations à l'échelle des particuliers, industriels, propriétaires ruraux pourraient totaliser pour l'ensemble du pays une puissance et une production de l'ordre de celle de plusieurs grands ensembles. Débitant leur courant sur le lieu même de leur utilisation, elles échapperaient aux sujétions et aux pertes inhérentes aux réseaux de transport et de distribution, sur les dépenses desquelles elles permettraient de faire des économies importantes. D'un coût modéré, elles ne poseraient aucun problème de financement à l'échelle nationale (*).

(*) Rien de nouveau sous le soleil : se basant sur un projet de capitation de Vauban, 1694, on a pu estimer qu'il y avait à ce moment, en France, 85.000 moulins à eau (non compris les moulins à vent) dont 70.000 pour le blé, 15.000 pour d'autres usages (foulons, battoirs à chanvre, moulins à papier, forges et martinets et fonderies), dont 30.000 dans le seul ressort du Châtelet de Paris.

Cette idée de construire des groupes très simples suivant une gamme limitée de types en fonction du débit et de la hauteur de chute, a déjà séduit plusieurs constructeurs, mais le groupe, type Castet, se prête particulièrement bien à cette construction. Le groupe de la Maignannerie avec siphon, dont j'ai déjà parlé, en est une application réussie.

Conclusion

J'ai, au cours de cet exposé, montré que la

réalisation du groupe de Castet, résultant des efforts combinés des bureaux d'études de Neyrpic et d'Alsthom, d'ingénieurs éminents, tels M. GUIMBAL, et enfin de nous-mêmes, auxquels il est également justice d'associer l'entreprise du Génie Civil Société des Travaux de Montagne et Sainrapt et Brice, a donné les résultats que l'on escomptait à priori, et est dès à présent susceptible de développements intéressants.

Il est assez satisfaisant, pour l'amour-propre national, que ces groupes, conçus et construits chez nous, soient 100 % français.

DISCUSSION

Président : M. GABRIEL

M. FERRY pense que la défiance manifestée par M. CHAMAYOU à l'égard des mesures *in situ* n'est pas aussi générale que pourrait le laisser croire son allusion à ce sujet et s'applique exclusivement au cas des basses chutes. C'est en effet le cas le plus difficile; mais même alors, en particulier lorsque la question a été étudiée dès la construction de l'usine, il estime que l'erreur de mesure peut être réduite à une valeur inférieure à celle qui résulte de la simple extrapolation des résultats d'essais sur modèles réduits. Il rappelle en outre, que, lorsqu'il s'agit de turbines Kaplan, les essais *in situ*, même entachés d'erreurs systématiques, permettent de déterminer la conjugaison optimum entre les pales et l'ouverture du distributeur, ce qui entraîne souvent une amélioration appréciable du rendement par rapport à la conjugaison fixée par le constructeur, d'après les données théoriques et les essais sur modèle.

M. CHAMAYOU est d'accord sur la remarque de M. FERRY d'autant plus que, dans le groupe étudié, les dispositions ont été prises pour faire des mesures *in situ*.

M. CABANES souhaite que la prépondérance du matériel noble, préconisée par M. CHAMAYOU pour les ouvrages d'aménagement hydraulique, puisse être étendue au domaine électrotechnique : lignes de transport, transformateurs, interrupteurs, alternateurs : des résultats très intéressants ont déjà été obtenus par son service dans le domaine du transport de l'énergie (lignes et postes). Il estime, d'autre part, que s'il est souhaitable pour tout ingénieur de conserver un fond d'universalité, la spécialisation permet, toutefois, de faire progresser plus rapidement la technique. Il pense aussi que pour des groupes plus puissants que ceux de Castets le poids par kilowatt de puissance doit pouvoir être encore plus réduit.

M. BELFELS indique qu'il y a toutefois une limite inférieure des dimensions du groupe pour une puissance donnée : cette limite est imposée par les dimensions *ne varietur* du circuit inductif, par les calories perdues qui, malgré leur refroidissement facile, diminuent d'autant le rendement et par la surépaisseur des enveloppes qui doivent être prévues en fonction du diamètre pour résister à la pression hydraulique du milieu; d'autre part, si la simplicité de la machine asynchrone élimine certains inconvénients et diminue le prix, tout au moins pour les machines de faible vitesse dont le circuit inducteur imposerait un dimensionnement exagéré, il ne faut pas oublier que l'influence du facteur de puissance réduit très sensiblement son intérêt réel.

M. HENRY demande si la situation horizontale ou presque horizontale de ces groupes ne favorise pas l'apparition de la cavitation dans la partie haute de la machine, ce qui créerait, à l'emballlement, une dissymétrie, une

espèce de balourd qui rendrait le phénomène de l'emballlement, toujours désagréable, encore plus difficile, surtout pour les grandes machines.

M. CHAMAYOU est d'accord sur le risque d'emballlement dissymétrique en cas de cavitation, signalé par M. HENRY, mais indique qu'il n'y a pas eu, à Castet, de tendance à la cavitation.

M. le Président précise que la cavitation est théoriquement plus dangereuse à la partie supérieure de la roue d'une turbine à axe horizontal, mais comme cette disposition supprime toute la partie du tuyau d'aspiration qui, dans un groupe à axe vertical exigerait un enfoncement considérable, la hauteur totale d'un groupe à axe horizontal est, tout compte fait, inférieure de 0,7 à une fois le diamètre d'une roue à axe vertical présentant, dans son plan moyen, le même danger de cavitation maximum. Quant à la dissymétrie de l'effet mécanique de la cavitation, à supposer que celle-ci soit également dissymétrique au point de vue hydraulique, M. le Président ne croit pas que les groupes à axe horizontal n'y soient point sujets aussi, ni que ces dissymétries mécaniques soient plus faciles à supporter sur des paliers verticaux qu'avec des paliers horizontaux. Le risque signalé par M. HENRY s'accroît évidemment avec la puissance des groupes et c'est une des raisons pour lesquelles il faut multiplier ces derniers, ce qui procure, d'ailleurs, une importante économie de génie civil.

Parmi les divers facteurs d'économie indiqués par M. CHAMAYOU, M. LANGLOIS a noté, en particulier, celui des économies de personnel d'exploitation dues à la possibilité de fonctionnement automatique de groupes de ce genre.

Cette question est d'ailleurs bien connue d'E.D.F. puisque l'une des premières préoccupations du Service de la Production Hydraulique, lors de la nationalisation, a été précisément la mise en application de cette politique de réduction des effectifs, qui a conduit notamment à la mise sur pied d'un programme de semi-automatisation à des degrés divers de nombreuses installations existantes et, pour certaines d'entre elles, à leur automatisation totale ou à leur télécommande.

Il est donc normal de penser que pour un ensemble de micro-centrales utilisant des groupes de l'ordre de grandeur de celui de Castet, la télécommande permettrait de n'avoir notamment qu'un personnel de surveillance relativement réduit placé au centre d'exploitation de l'ensemble des centrales groupées. Par contre, pour des grosses centrales comportant de nombreux groupes, la question devrait être regardée de plus près car la complication des circuits et des chaînes de relais d'automatisme conduit pratiquement à limiter à deux ou trois le nom-

bre des groupes des centrales entièrement automatiques ou télécommandées, encore que dans ce dernier cas la distance de télécommande constitue un paramètre supplémentaire de rentabilité.

M. CHAMAYOU précise que la question de l'automatisme et de la télécommande ne sont liées au problème du groupe prototype de Castet que dans la mesure où ce problème suppose la multiplication des groupes pour être étendu aux grosses centrales, mais il n'est quand même pas concevable qu'une telle centrale soit laissée sans aucune surveillance humaine.

M. BELFELS s'associe à la dernière remarque de M. CHAMAYOU et pense qu'en dehors des petites centrales à machines asynchrones simples interconnectées sur un réseau, l'automatisme ne peut être poussé très loin.

M. CABANES souligne que l'intérêt de l'automatisme de ce genre de centrale peut être accru par le fait que le service demandé à chacun des groupes peut se simplifier énormément (marche par tout ou rien), ce qui simplifie considérablement l'automatisme.

Afin de lever toute ambiguïté, M. LANGLOIS précise qu'il faut éviter de confondre la notion de semi-automatisation avec l'automatisation totale ou la télécommande.

En effet, dans le premier cas, les dispositions à prendre tout en ne conduisant pas à une grande complication des circuits électriques, permettent cependant une réduction jusqu'à 2 ou même à 1 surveillant par quart.

Par contre, l'automatisation totale et la télécommande, solutions plus complexes et plus coûteuses, permettent la suppression du personnel de surveillance en permanence — sauf peut-être un gardien dans quelques cas particuliers — mais impliquent par contre des visites périodiques d'entretien par un personnel spécialisé. Au surplus, ces solutions ne peuvent guère s'envisager qu'avec un nombre de groupes relativement réduit.

Répondant à une question de M. BEAU sur la rentabilité des barrages existant sur les cours d'eau français équipés avec les groupes tubulaires, M. CHAMAYOU explique qu'il

existe un seuil au-dessous duquel tout aménagement cesse d'être rentable, mais que l'équipement proposé, du fait de son économie propre et de sa possibilité de construction en série, aurait pour effet d'abaisser le prix de revient de nombreuses installations actuellement réputées non rentables, qui passeraient ainsi dans la catégorie des installations rentables.

M. MARTINET attire l'attention sur l'écueil qui consisterait à équiper celles de ces petites centrales qui seraient susceptibles d'être supprimées ultérieurement par suite de l'installation d'une grande centrale dans le même bief, ainsi que cela c'est produit naguère.

M. REMENIERAS montre que, pour les micro-centrales, si on arrive assez facilement à normaliser la machine et à réduire son prix, il reste très difficile de normaliser le génie civil dont la part est souvent prépondérante dans le coût de l'aménagement. L'entretien des ouvrages de génie civil des micro-centrales est plus coûteux par kilowatt produit que celui des usines puissantes (engrèvement des biefs, affouillements, etc...).

En ce qui concerne les essais, M. REMENIERAS est d'accord avec M. FERRY et ajoute que, si dans le cas d'une chute de 6,40 m la comparaison des courbes puissance-ouverture de la machine modèle et de la machine en vraie grandeur, est assez satisfaisante, comme on pouvait s'y attendre, il serait intéressant, dans le cas général, de connaître l'écart des rendements admis respectivement pour la turbine modèle et pour la machine réelle.

M. le Président estime que la différence de diamètres entre les 2 turbines ci-dessus étant faible, les différences de rendement sont extrêmement faibles, lorsqu'on passe du modèle à la vraie grandeur.

M. CHAMAYOU répond qu'il a sacrifié par nécessité économique les essais *in situ* qui sont relativement coûteux et sans gros intérêt pour la S.N.C.F. mais que l'usine a été prévue pour les faire et qu'elle est à la disposition d'Electricité de France.

