SOCIÉTÉ HYDROTECHNIQUE DE FRANCE

Comité technique — Session n° 128 — Paris — 12 et 13 juin 1985

CERTAINS ASPECTS DE L'HYDROÉLECTRICITÉ DE FAIBLE PUISSANCE
QUELQUES ÉTUDES DE CAS DE TRANSITOIRES HYDRAULIQUES

Adaptation d'un seuil existant pour l'implantation d'un groupe en siphon

Adaptation of an existing sill for installation of a siphon plant

M.Q.M. Truong

Électricité de France
Région d'Équipement Alpes-Lyon, Chambéry

Pour les microcentrales hydroélectriques, parmi les différents modes d'installation des groupes turbines-génératrices, les groupes en siphon présentent sans doute la solution la plus simple, et par conséquent la plus économique, en ce qui concerne les travaux de génie civil, surtout lorsqu'un seuil existe déjà, créant ainsi la hauteur de la chute. L'article présente la conception des ouvrages de génie civil correspondant à un tel cas, avec exemple concret d'une chute située sur la Mayenne rivière de la région « Pays de la Loire ».

Among the various modes of installation of turbine-generator plants, siphon plants are probably the simplest and therefore the most economical solution for small hydroelectric power plants as regards civil works, especially when a fall already exists, thus creating the head. The paper describes the design of the civil works for such a case using the concrete example of a fall on the Mayenne river in the Loire Country region.

Adaptation d'un seuil existant pour l'installation d'un groupe en siphon

I - INTRODUCTION

Dans le calcul de rentabilité d'un projet de microcentrale hydroélectrique, le passif comprend essentiellement les coûts :

- . du matériel électromécanique (fourniture et montage du groupe turbine-génératrice et des auxiliaires),
- . des travaux de génie civil,
- . d'entretien et d'exploitation.

Or plus la hauteur de chute est faible, plus le coût du matériel électromécanique est élevé par

kW installé à cause de l'augmentation de la taille du groupe, cet accroissement devient important avec les très basses chutes (nous rangeons dans cette catégorie les chutes comprises entre 1 m et 5 m) ; le graphique de la figure 1 donne une idée du coût du groupe turbine-génératrice seul). Dès lors un projet de cette catégorie n'a de chances d'être retenu que si l'on arrive à réaliser des économies importantes sur les deux autres postes de dépenses. L'adaptation d'un seuil existant pour l'installation d'un groupe en siphon est précisément un cas où l'on peut faire des économies sur les travaux de génie civil. Le présent article se propose d'examiner les travaux de génie civil à réaliser pour cette adaptation.

Fig. 1 - Prix approximatif du groupe hydroélectrique en fonction de la hauteur de chute et de la puissance unitaire (prix janvier 1983). (Doc Technique de l'Ingénieur).

II - DIFFERENTS TYPES D'INSTALLATIONS D'UNE MICROCENTRALE DE BASSE CHUTE

Pour les basses chutes, on rencontre le plus souvent les types d'installations suivants : (fig. 2)

- en chambre d'eau
- en S
- en siphon

pour chacun de ces types d'installation, la génératrice peut se trouver à l'intérieur du bulbe, ou à l'extérieur (par une sortie de l'arbre de la turbine, avec ou sans renvoi d'angle).

On peut constater que dans le cas d'utilisation d'un seuil existant pour installer un groupe, le mode d'installation en siphon avec génératrice à l'intérieur du bulbe correspond à un minimum des travaux d'adaptation en génie civil.

III - LES SEUILS

Sur les cours d'eau, on peut trouver des seuils réalisés dans divers buts :

1/ pour la navigation : les seuils sont alors combinés avec les écluses permettant le passage des bateaux.

2/ pour la stabilisation du lit de la rivière : tout le débit de la rivière déverse par le seuil.

3/ pour l'irrigation : les seuils permettent de relever le niveau de la rivière, et une prise d'eau prélève une partie du débit pour l'irrigation, le reste passe par le déversoir.

4/ pour l'énergie : c'est le cas des anciens moulins à eau.

Dans les deux premiers cas, il arrive souvent que sur un tronçon de la rivière, plusieurs seuils se trouvent en cascade, ceci peut favoriser la rentabilité du projet par un équipement en série.

En général, ces seuils créent une hauteur de chute de l'ordre de quelques mètres, ce qui est suffisant pour l'installation d'une microcentrale à basse chute. Par ailleurs, ces seuils sont le plus souvent équipés des pertuis de vanne, ces pertuis sont construits pour la vidange des biefs ou/et pour la dérivation provisoire du cours d'eau pendant la construction du déversoir ; ces pertuis peuvent être mis à profit comme nous le verrons plus loin.

IV - LE GROUPE EN SIPHON

Le groupe monté en siphon est particulièrement bien adapté à l'utilisation d'un seuil existant

grâce à un minimum de travaux de génie civil ; voyons de plus près les avantages et les inconvénients de ce type d'installation, avec ses différentes variantes :

Par rapport à une installation avec chambre d'eau ou en S, les interventions mineures au niveau du groupe peuvent être effectuées sans avoir besoin de batardage amont et aval avec vidange de la fosse du groupe (ce qui permet une économie sur les vannages et sur le génie civil correspondant), le désamorçage du siphon par admission d'air suffit pour mettre hors d'eau le groupe. Par contre, pour mettre en marche un tel groupe, on doit amorcer le siphon, d'où le besoin d'une source d'énergie auxiliaire (l'amorçage par hydro-éjecteur demande un temps assez long), de plus il n'y a pas d'organe de réglage, le groupe fonctionne par tout ou rien.

Pour un groupe en siphon, la génératrice peut se trouver à l'intérieur du bulbe avec le multiplicateur de vitesse, ou à l'extérieur, auquel cas la bonne vitesse de rotation de la génératrice est obtenue soit par un renvoi d'angle de l'arbre avec multiplicateur soit par un système de poulies et courroies. Le coût du groupe avec génératrice à l'intérieur du bulbe est plus élevé que l'autre variante à cause d'une technologie plus sophistiquée, mais souvent pour l'utilisation d'un seuil existant, cette solution convient mieux pour les raisons suivantes :

- . la génératrice est à l'abri, ce qui évite la construction d'un local,

- . en période de crues, sur les rivières à régime très variable, le seuil peut être submergé de plusieurs mètres, et un groupe avec génératrice extérieure poserait des problèmes de protection.

En contrepartie, les génératrices extérieures sont plus fiables et permettent des interventions mécaniques plus faciles.

V - TRAVAUX DE GENIE CIVIL NECESSAIRES A L'INSTALLATION D'UN GROUPE EN SIPHON SUR UN SEUIL EXISTANT

Le groupe en siphon à installer est présenté par la figure 3, avec génératrice située à l'intérieur du bulbe. Il est composé principalement de trois parties : d'amont en aval on trouve : l'entonnement, le bulbe proprement dit et le diffuseur, l'installation des autres organes annexes à prévoir est : la grille, le ventilateur pour l'amorçage du siphon, le réservoir d'huile de graissage, etc...

Dans ce qui suit, nous étudions les travaux pour deux cas différents :

1/ le groupe est à installer dans un pertuis de vanne existant,

2/ le groupe est à installer sur une section courante du déversoir.

V.1. Groupe installé dans un pertuis de vanne existant

Ce cas se présente lorsque les deux conditions suivantes sont satisfaites :

- . la largeur du pertuis est suffisante pour les dimensions du groupe (à titre d'exemple, pour 1 groupe turbinant $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ sous 2 m de chute, la largeur nécessaire pour le siphon est d'environ 3 m).

- . il existe une possibilité de dérivation provisoire du cours d'eau, ce qui permet de réaliser les travaux à sec, c'est par exemple le cas où la vidange possède plusieurs pertuis (au moins deux) ou le cas où un pertuis de vanne est associé à une écluse ou à un passage d'eau pour la roue d'un ancien moulin.

La figure 4 présente un exemple de ce type d'installation :

Les piles du pertuis, moyennant quelques modifications servent d'appuis pour les poutres supports des groupes, il y en a trois en tout :

- . une sous le coude du siphon,
- . une au niveau du bulbe,
- . une dernière pour le diffuseur.

La grille, en forme de cage pivotante, prend appui également sur les piles.

Il est par ailleurs nécessaire de conserver la fonction vidange des pertuis des vannes. Ceci est rendu possible en laissant sous le diffuseur un passage pour la veine d'eau sortant de la vanne ; cet aménagement nécessite la démolition d'une partie du nez aval du radier de la passe et l'adoption d'un support de diffuseur incliné et de forme aplatie qui sert en même temps de guideau ou de déflecteur. La manœuvre de la vanne est effectuée par un système de pignon et crémaillère des deux côtés du groupe en siphon. Le dégrillage est facilité par l'ouverture de la vanne : la grille en forme de cage se trouvant devant le pertuis de vanne, le courant a tendance à évacuer les débris.

L'estimation du coût des travaux de génie civil pour un exemple de ce mode d'installation est donnée au paragraphe VI.

V.2 Groupe installé sur une section courante du seuil

C'est le cas où le pertuis de vanne n'a pas une largeur suffisante pour le siphon où il doit être réservé pour assurer la dérivation visoire du cours d'eau pendant la période des travaux.

Prenons alors l'exemple d'un seuil déversoir de type barrage-poids

Figure 4 - Exemple de groupes en siphon
installés sur la Mayenne (Doc. E.D.F.)

avec parement amont vertical, parement aval incliné de 80 %, et un profil de type Creager en crête. Le groupe en siphon à installer est le même que dans le cas précédent ; les différences essentielles en travaux de génie civil sont :

- . les piles sont à construire, elles prennent appui sur le profil du seuil existant,
- . pas de modification à apporter sur les pertuis de vidange,
- . la poutre support du bulbe s'appuie directement sur le parement aval du déversoir,
- . on supprime la poutre support du diffuseur, lequel prend alors appui sur les corbeaux fixés sur les parements des piles.

On peut remarquer que dans le cas actuel, la présence des piles n'est théoriquement pas indispensable ; cependant elles permettent d'une part d'isoler le siphon de l'écoulement du déversoir et d'autre part, moyennant un jeu de platelage simple, d'amener un engin de levage pour la manutention des pièces lourdes ; une autre variante possible consisterait à réaliser une structure métallique supportant un portique roulant ; le choix dépend de l'équipement en engins de levage dont dispose l'exploitant.

Par ailleurs, dans un cas comme dans l'autre, des passerelles d'accès du personnel doivent

être prévues pour l'entretien, le dégrillage, etc...

VI - COUT ESTIMATIF DES TRAVAUX DE GENIE CIVIL

Pour évaluer ce coût, nous avons choisi l'exemple concret du cas présenté à la figure 4, où le pertuis de vanne a une largeur de 5,20 m, suffisante pour l'installation de deux groupes en siphon de 75 kW chacun. Le coût de la variante où les deux groupes sont installés sur un tronçon du seuil même est également calculé. Les résultats sont présentés au tableau de la figure 5.

On constate que pour les deux variantes, les coûts des travaux de génie civil sont pratiquement les mêmes ; en y ajoutant les aléas et divers, ce montant peut être estimé à 200 kF, soit environ 1 350 F/kW.

Le coût total du kW installé comprend alors :

. travaux de génie civil...	1 350 F
. turbine + alternateur + chaudronnerie.....	9 350 F
. équipement électrique (y compris transformateur	2 450 F
TOTAL.....	13 150 F

Fig. 5 : Coût estimatif des travaux de génie civil
 . conditions économique janvier 1985
 . chantier en FRANCE

VARIANTE A : groupes installés dans un pertuis de vanne
VARIANTE B : groupes installés sur une section courante du seuil

	VARIANTE A	VARIANTE B
1 Démolition de maçonnerie existante	12 800	11 500
2 Repiquage, ragréage	2 850	1 500
3 Béton	15 400	22 200
4 Coffrage	60 450	58 600
5 Acier d'armatures	16 000	15 500
6 Ancrages, scellements	11 050	11 050
7 Terrassements	8 700	8 700
8 Serrurerie métalliques	30 000	38 000
9 Installation de chantier (12 %)	18 870	20 050
TOTAL.....	176 120 F	187 100 F

CONCLUSION

L'exemple ci-dessus montre que lorsqu'un seuil existe, l'installation d'un groupe en siphon permet de réduire au minimum les travaux de génie civil (nous avons pris l'exemple d'un groupe où la génératrice est logée dans le bulbe, mais d'autres schémas sont également possibles où la génératrice est à l'extérieur de la tubulure avec des variantes pour le

système multiplicateur de vitesse). Leur coût peut être situé entre 10 et 15 % de celui du matériel électromécanique, ce qui est très bas par rapport à des cas classiques en basses chutes où les coûts de travaux de génie civil et ceux de la partie électromécanique sont en général du même ordre de grandeur.

BIBLIOGRAPHIE

C.T. ADVANI

Innovation dans la conception des micro-centrales sous basses chutes pour l'électrification rurale et/ou interconnexion avec réseau de distribution nationale. (Doc. SOGREAH, Janvier 1979)

F. AUROY

Les microcentrales de la MAYENNE (La Houille Blanche, janvier 1964)

F. AUROY, L. KAMMERLOCHER

L'Équipement hydroélectrique des basses chutes avec des groupes bulbes immergés (La Technique Moderne, N° 6 et 9, 1961)

A. BONADE

Microcentrales hydroélectriques (Techniques de l'Ingénieur Electricité)

P. CHADENSON

Électrification en zone rurale - Groupe hydroélectrique pour réseaux isolés - Doc. NEYRPEC

M. CHAPRON

L'industrie française des microcentrales hydroélectriques (Annales des mines, avril 1979)

S. DROZ

Les microcentrales hydroélectriques. Principe et pratique (Doc. E.D.F., Direction de l'Équipement, Novembre 1980)

P. GENIN

Les microcentrales hydrauliques - Groupes bulbes (E.D.F. - DAFECO, 5è congrès U.P.D.E.A., Kinshasa février 1976)

C. PLANCHER, A. BICHON

La production hydroélectrique gravitaire de petite puissance à Electricité de France (First European Conference on Small Hydro, MONTE CARLO Décembre 1982)

Discussion

Président : M. L. MONITION

Des coûts unitaires (par kW installé) de micro-centrales sont cités par M. ARGENSON qui indique des valeurs de 7 000 à 8 000 F/kW pour la plupart des aménagements construits par sa Société et par M. BLANC qui donne les valeurs de 3 000 à 4 000 F pour la centrale de Bimont, 7 000 F pour celle de Rians dont la construction ne comportait pas l'installation de canalisations et qui sont considérées comme très rentables. Mais M. ARGENSON ajoute qu'une centrale telle que celle dont il a parlé la veille, Laroque-Bouillac (2,3 m de chute) ne peut pas être rentable si l'installation n'est pas faite dans des conditions particulières.

Sur l'intérêt que peut porter une entreprise comme E.D.F. à des microcentrales telles que celle de la Mayenne, objet de l'exposé, M. GAUTHERON répond à M. GIRAULT que le prix de revient du kWh produit dans ces conditions n'est pas particulièrement attrayant pour E.D.F. qui poursuit dans cette opération un autre objectif.

Il s'agit en fait, de participer à une opération nationale de promotion du savoir-faire et du matériel français dans le domaine des micro-centrales par la construction d'une « vitrine » visitable par des étrangers, en profitant de la nécessité devant laquelle se trouve E.D.F. d'avoir à envisager assez rapidement le renouvellement d'une installation existante ancienne et « fatiguée ». Sur le plan de la stricte rentabilité E.D.F. recherche des financements extérieurs qui permettent de l'améliorer, venant par exemple, des constructeurs directement intéressés par la promotion de leurs matériels.

M. GIRAULT. — Cette participation d'E.D.F. permettra aux constructeurs d'améliorer et de bien maîtriser les coûts inhérents à ce genre d'installation. Il faut d'ailleurs noter que cette participation porte déjà ses fruits puisqu'une turbine de ce type vient d'être installée chez un client privé.