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

Les petites centrales de récupération sur le Rhône Les premiers mois d'exploitation de la centrale de Champagneux et le projet de Sault-Brenaz

Energy recovery small hydro plants on the Rhône river

*The first months of operation of Champagneux power plant
and the Sault-Brenaz project*

Y. Barbier

Compagnie nationale du Rhône
2, rue A. Bonnin 69316 Lyon Cedex 4

Dans le cadre de l'aménagement hydroélectrique du Rhône, la C.N.R. installe des petits groupes hydroélectriques dans les piles-culées des barrages pour récupérer une partie de l'énergie déversée avec le débit réservé.

La centrale du barrage de Champagneux, équipée avec deux petits groupes bulbes, a été mise en service en novembre 1984 et présente un fonctionnement satisfaisant.

Pour le projet de Sault Brenaz, le choix du type de groupe a été laissé à l'initiative des constructeurs lors de la consultation. Cette façon de procéder a permis de retenir la machine qui répondait le mieux aux contraintes de réalisation et d'exploitation.

In the framework of hydroelectric development of the Rhône river, the C.N.R. installs small hydroelectric power plants in the abutment piers of dams to recover part of the energy spilled over with the reserved flow.

The power plant on the Champagneux dam equipped with two bulb units was placed in operation in November 1984 and has been operating satisfactorily since.

For the Sault Brenaz project, the type of unit was left to the initiative of the manufacturers during submission. This way of proceeding allowed the machine best suited to the design and operational constraints to be selected.

Les petites centrales de récupération sur le Rhône

Dans le cadre de l'aménagement hydroélectrique du Haut Rhône, la C.N.R. vient de mettre en service les ouvrages de BREGNIER CORDON, alors que ceux de la chute de SAULT BRENAZ sortent de terre. Sur chacun des deux aménagements, les débits réservés dans le Rhône court-circuité sont restitués à l'aval des barrages par des groupes de récupération, installés dans des petites centrales qui constituent également les piles culées des barrages.

Les groupes du barrage de CHAMPAGNEUX qui crée la retenue de BREGNIER CORDON, sont les premiers prototypes de machines normalisées à multiplicateur planétaire intégré, avec la génératrice dans un bulbe amont. Ils ont été couplés au réseau en novembre 1984. Compte tenu des débits variables à restituer et des puissances des génératrices, les problèmes rencontrés dans la conception de cette petite centrale ont été proches de ceux qui sont rencontrés habituellement sur les usines principales de nos aménagements.

Les contraintes liées au génie civil du barrage de SAULT BRENAZ ont limité un volume dans lequel devait s'insérer la centrale avec ses auxiliaires, ainsi que les auxiliaires du barrage. Le débit d'équipement du groupe fixé, la consultation a été effectuée en laissant le choix du type de turbine à l'initiative des Constructeurs. Parmi les trois conceptions de machines reçues, le choix s'est porté sur un groupe en "S" à axe vertical.

Ces deux nouvelles installations viennent s'ajouter aux cinq petites centrales de récupération antérieurement réalisées par la C.N.R.

1 - LES USINES DE RECUPERATION SUR LE RHONE

La plupart des aménagements réalisés par la C.N.R. sur le Rhône comportent un barrage mobile qui détourne les eaux du fleuve en direction de l'usine principale par un canal d'aménée long de plusieurs kilomètres. Pour des raisons diverses telles que le maintien du niveau de la nappe phréatique, l'irrigation, l'industrie et l'environnement, un débit minimal réservé est maintenu, en dehors des période de crue, dans le lit naturel du fleuve qui a été court-circuité. Selon les conditions économiques au moment de la réalisation de la chute et en fonction de la valeur du débit réservé, la décision sera prise de faire transiter l'eau soit par déversement sur les vannes du barrage, soit par une petite centrale équipée avec des groupes de récupération.

Ainsi, actuellement, sept petites centrales de récupération sont en service ou en cours de réalisation, pour une puissance totale installée de 11 065 kW (tableau en annexe).

L'exposé qui suit traite des deux centrales ayant le caractère le plus actuel : CHAMPAGNEUX qui a été mise en service fin 1984, et VILLEBOIS dont la construction est en cours.

2 - L'USINE DE RECUPERATION DE CHAMPAGNEUX

La consigne de débit réservé à l'aval du barrage de CHAMPAGNEUX, y compris le débit d'un affluent : le Guiers, varie suivant

les saisons entre 80 et 150 m³/s. L'étude économique conduite pour déterminer le débit d'équipement de cette petite centrale, construite dans le cadre de l'aménagement de BREGNIER CORDON, a été brièvement présentée à la Société Hydrotechnique de France par M. LE PLOMB lors de la session du 18 mars 1981 sur l'"Hydro-électricité de faible puissance".

Les machines installées sont deux groupes bulbes amont, à pales mobiles et distributeur fixe. Les turbines, d'un diamètre de 2,36 m entraînent à 240 tr/mn un multiplicateur épicycloïdal accouplé à une génératrice de 2 670 kW tournant à 1 000 tr/mn, le multiplicateur et la génératrice étant intégrés dans le bulbe.

2.1 - Conception de la centrale

Afin de minimiser les coûts de génie civil, toutes les centrales de récupération réalisées par la C.N.R. jusqu'à présent formaient un plot unique avec la pile culée du barrage.

Depuis la prise d'eau disposée tangentielle à la passe du barrage pour bénéficier de l'effet de chasse des corps flottants par ouverture des clapets, le conduit hydraulique traverse le groupe hydroélectrique installé dans la pile culée élargie à cet effet, et se termine au droit du radier de l'évacuateur de crue.

Compte tenu du calage des machines et de la section des conduits d'eau, cette conception n'était pas applicable à CHAMPAGNEUX. Il a donc fallu penser cette petite usine en faisant un compromis entre la simplicité des petites centrales en service dont la puissance installée est de l'ordre de 5 fois plus faible, et le haut niveau de technicité des usines principales du Haut-Rhône, de puissance installée 10 à 15 fois plus importante.

La centrale doit également abriter les auxiliaires électriques du barrage et des groupes (groupe thermique de secours, alimentations diverses, armoires de contrôle-commande du barrage et des groupes). Commandée à distance depuis l'usine principale, cette centrale doit fonctionner en toute sécurité, notamment sur défaut pour lequel le temps d'intervention des exploitants peut atteindre l'ordre de l'heure lors de circonstances défavorables.

2.2 - Equipement de la centrale

La centrale est dessinée comme une petite usine indépendante, accolée au barrage en rive droite (figure 1 en annexe). La prise d'eau est cependant disposée tangentielle à la passe de rive.

Le long de chaque conduit d'eau, d'amont en aval, sont disposés la grille, l'aqueduc d'aménée formant un coude en plan en direction de l'aval, le batardeau, la chambre d'eau ouverte, dans laquelle est installé le bulbe, le distributeur, la turbine, l'aspirateur et la vanne de coupure aval.

La sortie des aspirateurs débouche parallèlement aux passes du barrage, et, compte tenu de leur enfoncement par rapport

au radier du barrage, un mur divisoir de 34 m de long sépare les écoulements issus de l'usine de ceux du barrage.

Les grilles d'entrée des pertuis sont pourvues de barreaux, espacés de 11 cm, et disposées horizontalement de façon à faciliter l'entraînement des corps étrangers par le courant lors de l'ouverture du barrage, combiné avec un arrêt des groupes.

Les démarrages et arrêts des machines sont assurés par ouverture ou fermeture de la vanne de coupure aval, dont le tablier est suspendu à deux servomoteurs. Chacun est dimensionné pour assurer le maintien en position du tablier en cas de rupture d'une attache du second. En cas de non fermeture totale du tablier causée par un coincement de corps étranger par exemple, lors d'un arrêt du groupe, le batardeau amont peut être descendu, sur commande manuelle uniquement, pour assurer la sécurité des machines. Le tablier du batardeau est, pour cela, équipé de galets et suspendu à un servomoteur. Les groupes sont, eux, conçus pour pouvoir tourner plusieurs heures à vitesse réduite, et les dispositifs de graissage ont donc particulièrement été étudiés. L'huile est distribuée par gravité depuis un réservoir de 3 m³ situé sous le plafond de la centrale. Une pompe de reprise, alimentée en courant alternatif est disposée sur les bacs à huile implantés sous les manteaux de roue des turbines. Une seconde pompe assure, à la pression de 60 bars, la manœuvre des pales à travers un distributeur asservi à la puissance du groupe par l'intermédiaire de l'automate programmable local (SMC 50). La consigne de puissance correspondant au débit objectif à turbiner est déterminée par le calculateur de l'usine principale.

Les séquences de démarrage, de réglage du débit et d'arrêt sont assurées par l'automate programmable.

2.3 - Montage

Le gros oeuvre de la centrale étant terminé, le Constructeur est venu mettre en place les deux pièces de scellement de la turbine (supports du distributeur et de la ceinture aval). Après bétonnage, le montage du groupe consiste en l'empilage de trois sous-ensembles préparés en atelier : la ceinture de roue, le distributeur (avec roue et multiplicateur montés) et la machine tournante électrique.

Cette opération a demandé une quinzaine de jours seulement.

La centrale à huile et le bac de pressurisation étant mis en place, et le raccordement des câbles électriques effectué, le groupe était prêt pour essais et mise en route.

2.4 - Exploitation

Les groupes ont été mis en service en novembre 1984. Les essais des différentes chaînes de l'automatisme ont pu se dérouler très rapidement et la mise au point des schémas électriques a été facile grâce à l'automate programmable avec lequel de petites corrections peuvent être effectuées en quelques minutes.

L'exploitation industrielle a débuté les 15 janvier et 20 février 1985 et la production de cette usine s'élevait à 7,56 GWh au 30 mars 1985.

Peu d'incidents d'exploitation ont marqué ce début de fonctionnement. Les principaux ont été :

- un arrachement local de l'étanchéité d'une vanne aval par un corps étranger,
- une carbonisation de l'huile de graissage par la résistance de réchauffage lors des périodes de grand froid du mois de janvier 1985,
- une dérive de l'indicateur de position des pales.

Les remèdes nécessaires ont été apportés à ces petits défauts.

Des compléments d'équipement ont également été apportés :

- installation d'un second filtre à huile en parallèle avec le premier de façon à permettre le nettoyage des cartouches sans arrêter la machine,
- mise en place de deux pompes de graissage alimentées en courant continu, afin d'augmenter le délai d'intervention des exploitants sur disparition des auxiliaires alternatifs surveillant simultanément avec une fermeture incomplète de la vanne.

L'installation d'un dégrilleur ne sera envisagée que si le nettoyage des grilles, réalisé par l'ouverture du barrage s'avère insuffisant. À noter que l'étude de ce dégrilleur avait été commandée en prévision du choix de la disposition horizontale des barreaux des grilles. L'appareil se présente comme un bras mobile à l'extrémité duquel un peigne vient racler les grilles et chasser les bois pour les évacuer vers l'aval, à proximité du corps de vanne du barrage.

Après six mois de fonctionnement des groupes, la visite des grilles par un plongeur a montré que le choix de barreaux disposés horizontalement était pleinement satisfaisant, les grilles étant parfaitement propres.

3 - CENTRALE DE VILLEBOIS

Le débit d'eau à maintenir dans le lit du Rhône court-circuité à l'aval du barrage de VILLEBOIS a été fixé à :

- 20 m³/s du 1^{er} janvier au 14 juin et du 16 septembre au 31 décembre
- 60 m³/s du 15 juin au 15 septembre.

Par déversement sur des seuils aménagés dans le lit naturel du fleuve, l'aspect pittoresque du plan d'eau est ainsi maintenu dans la traversée de la commune de SAULT BRENAS.

Le transit du débit au barrage est assuré :

- par turbinage avec le groupe de récupération,
- par déversement sur les volets des vannes du barrage.

L'intérêt économique de l'équipement de cette centrale a été évalué en estimant le coût des matériels à partir des réalisations récentes du Haut Rhône et des prix des groupes hydro-électriques proposés sur catalogue par les Constructeurs. Le coût du génie civil est bien maîtrisé compte tenu du prix de référence des centrales du Haut Rhône.

En raison de l'intérêt économique des kWh d'hiver, il est rapidement apparu que le débit d'équipement de la centrale devait être limité à 20 m³/s.

3.1 - Consultation

La consultation a été lancée pour un groupe de 20 m³/s sous la chute brute de 7,80 m. Des impératifs de génie civil liés au substratum rocheux en forme de mole, sur lequel est implanté le barrage, ont imposé de prévoir l'installation de l'usine dans une pile culée située en rive gauche du barrage, le canal de dérivation vers l'usine principale passant à proximité.

D'autres contraintes ont été les suivantes :

- la position du batardeau amont situé sous le pont-route dans l'alignement des batardeaux du barrage,
- la section de sortie de l'aspirateur dans le parement aval du barrage,
- la nécessité de disposer de locaux techniques de superficie suffisante pour loger les auxiliaires du barrage et de l'usine de récupération,
- l'excavation de la fouille en site rocheux devait être limitée à la cote de fondation du barrage.

Toutes ces conditions ont permis de délimiter un volume maximal pour l'implantation du groupe hydroélectrique. Cependant, plusieurs dispositions de machine étaient envisageables. Nous avons laissé le choix du type de la machine aux différents Constructeurs qui nous avaient fait des offres de service,

et qui avaient déjà réalisé des matériels de dimensions comparables. Le cahier des charges définissait les fonctions à remplir, ainsi que le volume maximum disponible pour le groupe (figure en annexe).

Les différents prototypes réalisés par les Constructeurs avaient permis d'espérer au moins trois configurations de machines différentes, à savoir :

- groupe en "S" à axe vertical semblable à la machine de Nepes sur la Cère,
- groupe en "S" à axe horizontal aval tel la turbine de Lamanon
- groupe bulbe comme ceux de Champagneux.

3.2 - Choix de la machine

Les Constructeurs nous ont effectivement proposé des types de groupes différents (figure 2 en annexe).

Après avoir dessiné le génie civil autour de chacun des projets présentés et fait le total des investissements à entreprendre, nous avons calculé les productions d'énergie fournies pendant chaque période de l'année en fonction des rendements de la turbine, du multiplicateur et de la génératrice, et des pertes de charges estimées.

Le bilan final résultant de la comparaison entre l'investissement et la valorisation de l'énergie produite a permis de classer chaque proposition suivant son intérêt économique.

Nous avons ensuite analysé les avantages et inconvénients pour l'exploitation, notamment sur les points suivants : simplicité de la conception, accès facile aux pièces d'usure, démontage rapide, nombre limité d'auxiliaire, simplicité et fiabilité des systèmes de lubrification, etc...

C'est finalement le groupe en "S" vertical qui a été retenu. Il est composé d'une turbine à pales orientables à l'arrêt, de 2,065 m de diamètre et tournant à 205 tr/mn, qui entraîne par l'intermédiaire d'un multiplicateur à trains parallèles une génératrice de 1 230 kW à 750 tr/mn (figure 3 en annexe).

La mise en service de ce matériel est prévue pour l'été 1986.

CONCLUSION

Cette expérience montre, comme le laisse entendre le "guide de la conception, la réalisation, la mise en service et l'exploitation des petits aménagements hydroélectriques" :

- qu'il est souhaitable, sauf cas très particulier, de laisser toute la liberté aux Constructeurs quant à la configuration de la machine, le cahier des charges devant être principalement axé sur les fonctions à remplir plutôt que sur la description des matériels,
- que la consultation éventuelle d'un Constructeur sur un type de machine imposé, bien que figurant parmi ses références, ne conduit pas forcément à la solution économique la plus avantageuse.

SEPT minicentrales - NEUF groupes de petite puissance
pour turbiner les débits réservés du RHONE

AMENAGEMENT	BARRAGE	Mise en Service	Chute (m)	Groupes		Débit unitaire (m ³ /s)	Puissance unitaire (MW)	Puissance de la centrale (MW)	Ø de la roue (m)	Vitesse de rotation		CONSTRUCTEUR
				Nbr	Type					Turbine (tr/mn)	Alternateur (tr/mn)	
CHAUTAGNE	CHAUTAGNE	1980	9,70 (b)	2	BMR ₀ FH	10,0	0,790	1,580	1,25	395	1 000	NEYRPIIC - JS
BELLEY	LAVOURS	1981	6,30 (b)	1	S _h FO	13,0	0,675	0,675	1,66	250	250	DUMONT - CEM
BREGNIER CORDON	CHAMPAGNEUX	1984	8,30 (b)	2	BMFR	40,0	2,670	5,340	2,36	240	1 000	NEYRPIIC-ALSTHOM
SAULT BRENAZ	VILLEBOIS	1986	7,70 (b)	1	S _v MFO	20,0	1,230	1,230	2,065	205	750	DUMONT - JS
PIERRE BENITE	PIERRE BENITE	1972	9,50 (n)	1	BFO	10,0	0,820	0,820	1,25	428	428	CL - JS
PEAGE DE ROUSSILLON	ST PIERRE DE BOEUF	1978	10,80 (n)	1	BFO	7,5	0,670	0,670	1,20	428	428	DUMONT - JS
BEAUCHASTEL	CHARMES	1965	12,60 (n)	1	BFH	7,0	0,750	0,750	1,25	500	500	SFAC - SN

LEGENDE		
B : bulbe	F : distributeur fixe	(b) : chute brute
Ra : renvoi d'angle	H : hélice	Sh : conduit en s - groupe horizontal
Ma : multiplicateur axial	O : pales orientables à l'arrêt	Sv : conduit en s - groupe vertical
Mp : multiplicateur parallèle	(n) : chute nette	

Coupe dans l'axe du groupe

Coupe dans l'axe de l'usine

Coupe AA

Figure 1. — Minicentrale de Champagneux.
Aménagement de Brégnier-Cordon.

GROUPE VERTICAL

GROUPE EN "S" AVAL

GROUPE A RENVOI D'ANGLE

Ech.: 5m.

Figure 2

COUPE AA

éch.: 5m.

Figure 3. — Minicentrale de Villebois.
Aménagement de Sault-Brenaz.

Discussion*Président : M. L. MONITION*

M. Le Président souligne deux caractéristiques du travail d'équipement des débits réservés aux barrages du Rhône dont il vient d'être question :

- il concerne des puissances assez élevées
- la procédure de consultation des fournisseurs utilisée va dans le sens des préoccupations de certains constructeurs de pouvoir choisir le type de machine pour proposer le meilleur

choix aux meilleures conditions.

Sur le plan de la technologie le maintien d'un graissage du groupe lorsqu'il tourne à faible vitesse fait l'objet d'une question de M. ARGENSON à laquelle M. BARBIER répond que l'amélioration de l'autonomie de graissage en toutes circonstances est la raison de la mise en place d'une pompe supplémentaire à courant continu, donc opérationnelle en cas de perte des auxiliaires alternatifs.