

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 usines de très basse chute en mini-hydroélectricité

*Small hydroelectric power plants
for very low heads*

A. Argenson

Energies S.A., Paris

La présente communication relate notre expérience dans la conception, la réalisation et l'exploitation de plus d'une dizaine d'usines hydroélectriques dont la chute maximum brute est inférieure à 5 m.

Ces usines ont pour caractéristiques communes d'utiliser le phénomène du siphon avec des turbines Kaplan placées selon deux dispositions particulières : turbine verticale à courant descendant, turbine verticale à courant ascendant dite siphon inversé.

This paper describes our experience in designing, building and operating more than ten hydroelectric power plants with a maximum raw head less than 5 m.

The common feature of these plants is to use the siphon phenomenon with Kaplan turbines in two particular arrangements : vertical turbine with downflow, vertical turbine with upflow, called reverse siphon.

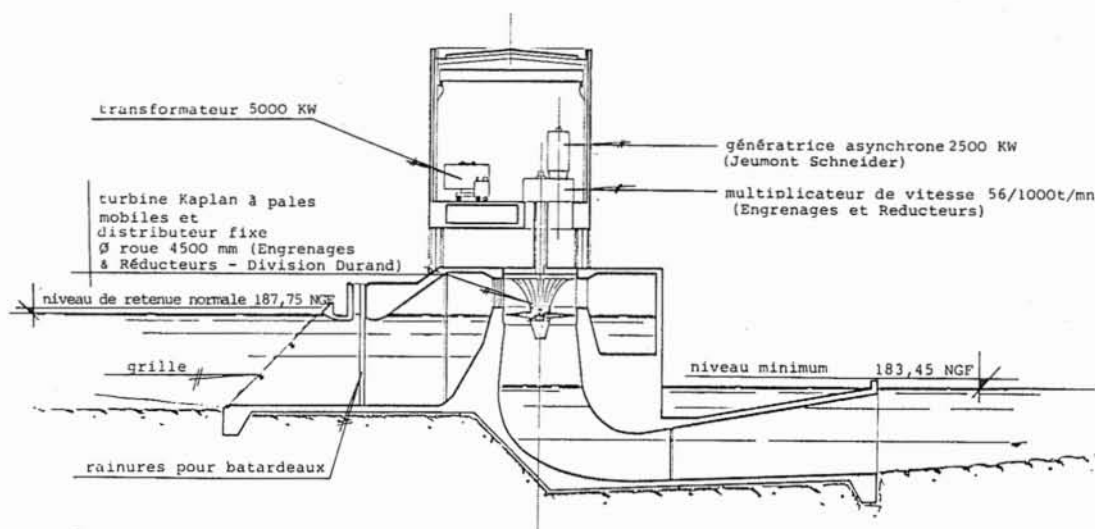


Figure 1. — Coupe type de la centrale de Decize

Introduction

La présente communication relate notre expérience dans la conception, la réalisation et l'exploitation d'une dizaine d'usines hydroélectriques de chute maximum brute inférieure à 5 m, composée chacune de 2 ou 3 turbines.

Pour ces usines, nous utilisons le phénomène du siphon, ce qui nous permet de supprimer les vannes de coupure du débit et par conséquent, de diminuer le coût de la centrale.

Après étude de différentes solutions et compte tenu de débits unitaires à turbiner élevés (supérieurs à $20 \text{ m}^3/\text{s}$), nous avons sélectionné deux dispositions, illustrées par les figures 1 et 2, dans lesquelles la turbine Kaplan est à axe vertical et à pales mobiles en marche.

La mise en route de la turbine se fait par amorçage du siphon au moyen d'une pompe à vide qui crée une dépression dans la chambre d'air et son arrêt s'effectue par désamorçage du siphon au moyen d'un clapet d'entrée d'air. Le désamorçage est très rapide et la turbine n'atteint pas sa vitesse d'emballage maximum.

La faible vitesse de rotation de la turbine (50 à 100 T/mn) nécessite, pour utiliser les génératrices standards (750 T/mn ou 1 000 T/mn), d'introduire un multiplicateur de vitesse.

Le choix de la vitesse de rotation des génératrices est fonction du coût cumulé « multiplicateur + génératrice ». Dans nos installations, le coût minimum de l'ensemble est généralement obtenu pour une vitesse de rotation de la génératrice de 1 000 T/mn et un multiplicateur de vitesse à deux trains parallèles. L'utilisation d'un multiplicateur à un seul train, moins onéreux que le double train, ne permet généralement pas d'atteindre une vitesse de 750 T/mn.

Dans ce montage, la turbine est suspendue au multiplicateur de vitesse qui reprend la totalité du poids de la turbine et des efforts hydrauliques verticaux. L'arbre de la turbine est simplement guidé latéralement. Le multiplicateur est l'organe central et délicat de ce montage.

• La génératrice est montée verticalement sur le multiplicateur et ne subit aucun effort ni vertical ni horizontal. Nous avons, jusqu'à présent, toujours utilisé des génératrices asynchrones (fabrication JEUMONT SCHNEIDER ou ALSTHOM), dont le coût est moins élevé que celui des génératrices synchrones malgré la nécessité de mettre en place des condensateurs pour satisfaire à un $\cos \phi = 1$ en sortie de centrale. De plus, des génératrices asynchrones avec leurs condensateurs, sont d'un entretien plus simple et moins coûteux.

Deux dispositions, ont été construites à ce jour :

- turbine verticale à courant descendant.
- turbine verticale à courant ascendant dite siphon inversé.

Turbine verticale à courant descendant : (fig. 1)

Dans cette disposition classique pour une turbine Kaplan, l'effet de siphon, est obtenu en plaçant le sommet du cône de la turbine au-dessus du niveau normal amont.

Les centrales de Meymes sur le Lot, Couzon et Dracé sur la Saône, Decize sur la Loire, sont construites selon ce principe avec des variantes quant à la disposition du multiplicateur et de la génératrice. Dans tous les cas, la turbine se monte par le plafond de la chambre d'eau.

Pour les centrales de Meymes et Couzon, le multiplicateur est fixé sur un support métallique situé au plus près du plafond supérieur de la chambre d'eau et appuyé (multiplicateurs, génératrices, installation électrique, transformateur) est dans un bâtiment. A Couzon, multiplicateurs, génératrices et transformateur sont à l'extérieur. Un cuvelage étanche met hors crues le matériel.

A Dracé et Decize, le multiplicateur est placé sur un plancher, plusieurs mètres au-dessus du plafond de la chambre d'eau. Cette disposition libère un espace entre le plafond de la chambre d'eau et le plancher des multiplicateurs et permet ainsi le passage des crues sur l'infra-

structure de la centrale qui ne constitue qu'un obstacle mineur. Le matériel électrique reposant sur le même plancher que le multiplicateur est donc hors crues et l'ensemble est abrité par un bâtiment. L'arbre de la turbine a une grande longueur (6 m à Drace, 6,50 m à Decize) et doit être protégé contre les chocs.

Les caractéristiques techniques principales des turbines installées dans ces centrales sont données dans le *tableau I* ci-dessous.

TABLEAU I				
caractéristiques principales des turbines				
nom	MEYHES	DRACE	COUZON	DECIZE
hauteur maximum	5.00m	3.20m	4.10m	4.30m
hauteur de calage	3.20m	2.70m	3.10m	3.10m
débit d'équipement	46,5m ³ /s	48,7m ³ /s	53,85m ³ /s	67,7m ³ /s
puiss.nominale	1248 KW	1110 KW	1416 KW	1770 KW
Ø de la roue	3.50m	3.70m	3,95m	4.50m
vitesse de la turbine	89t/mn	71t/mn	69t/mn	64t/mn
nbr de turbines	3	3	2	2
puissance des génératrices	1820 KW	1350 KW	1820 KW	2500 KW

A ce jour, en France, deux sociétés fabriquent ce type de turbines, la société Mecamidi à Toulouse et la société Engrenages et réducteurs (groupe Peugeot-Citroën), division Durand à Nevers. Le diamètre maximum de roue disponible actuellement est de 4,50 m.

Les conceptions de ces deux turbines sont différentes. La société Engrenages et réducteurs a gardé une conception classique avec un manteau de roue hémisphérique, une vingtaine de directrices et un aspirateur coudé à profil hydraulique. La société Mecamidi a simplifié ces éléments : le manteau de roue est cylindrique, les directrices sont au nombre maximum de 9, l'aspirateur coudé a une forme moins complexe.

Les rendements moyens, donnés par ces deux constructeurs, sont indiqués sur le *tableau II* ci-dessous pour les hauteurs de calage des turbines.

La centrale de Decize est en cours de construction et celle de Meymes vient d'entrer en service. Il n'est donc pas possible de savoir si ces rendements sont respectés.

En fait, nous ne vérifions pas les rendements mais la puissance à pleine ouverture des pales sous différentes hauteurs de chute et nous comparons les productions journalières réelles et théoriques à posteriori avec les débits obtenus aux stations de jaugeage.

TABLEAU II								
MEYHES - turbine MECAMIDI								
débit	10/10	9/10	8/10	7/10	6/10	5/10	4/10	
rendement	0.835	0.86	0.863	0.86	0.847	0.79	0.70	
DECIZE - turbine DURAND								
débit	10/10	9/10	8/10	7/10	6/10	5/10	4/10	3/10
rendement	0.87	0.88	0.88	0.86	0.81	0.78	0.72	0.63

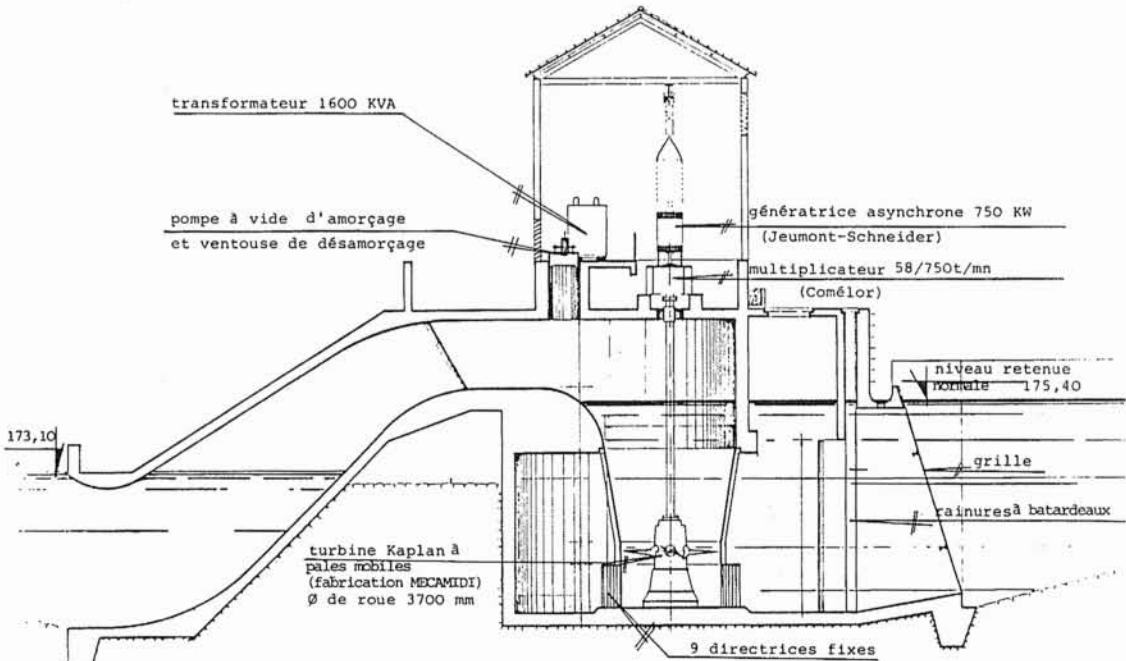


Figure 2. — Coupe type de la centrale de La Roque Bouillac.

Turbine verticale à courant ascendant ou siphon inversé (fig. 2)

Cette disposition consiste à placer la turbine à l'entrée du siphon selon l'arrangement de la figure 2, le sommet du siphon est au-dessus du niveau normal amont.

La turbine située près du radier de la chambre d'eau, est reliée au multiplicateur placé au sommet du siphon par un arbre d'une longueur importante (8 m à la centrale de La Roque Bouillac). L'arbre est maintenu latéralement par un palier hydro lub situé sous la turbine. Le multiplicateur est placé directement sur deux poutres en béton armé.

L'ensemble des équipements est à l'abri d'un bâtiment mais, multiplicateur, génératrices et transformateur, pourraient être à l'extérieur.

Les caractéristiques techniques principales des turbines de La Roque Bouillac sont données dans le tableau III.

Les études comparatives globales (génie civil + équipements), que nous avons réalisées entre les 2 types de siphons pour la construction de la centrale de La Roque Bouillac, donnaient un léger avantage au siphon inversé.

Lors de la réalisation, les difficultés rencontrées, notamment pour la construction de la face aval du siphon et pour le transport du cône métallique, nous conduisent à réviser nos conclusions et à considérer que pour un diamètre de 3,70, les deux types de siphons sont équivalents.

TABLEAU III

LA ROQUE BOUILLAC

Hauteur maximum 2,30m
Hauteur de calage 1,60m
Débit d'équipement 38m³/s
Puissance nominale 507 KW
vitesse de la turbine 58 t/mn
nombre de turbines : 2
Puissance des génératrices : 750 KW

rendement turbine sous 1,60m

débit	10/10	9/10	8/10	7/10	6/10	5/10	4/10
rendement	0,85	0,859	0,867	0,862	0,846	0,815	0,745

Les comparaisons que nous avons faites entre les deux types de siphons nous amènent à la conclusion qu'il faut limiter l'emploi des siphons inversés à une hauteur de chute maximum de 3 m. Au-delà de cette hauteur, le génie civil devient très important, en raison, notamment, de l'enfoncement de la turbine et donc de l'entrée d'eau.

Plus de 20 centrales ont été construites sur ce principe, avec des turbines fabriquées par la société Mecamidi à Toulouse. La centrale de La Roque Bouillac sur le Lot, mise en service en janvier 1984 est, à ce jour, la plus importante de ce type.

Discussion

Président : M. S. SEYS

A la demande du Président, M. ARGENSON précise d'abord les critères de choix entre siphon normal et siphon inversé.

M. ARGENSON indique que les siphons inversés conviennent bien pour des chutes inférieures à 3 m, et pour des débits inférieurs à 30-35 m³/s. En dehors de ces limites, le siphon normal est mieux adapté.

Sur une question de M. MAMET, M. ARGENSON indique que ce sont les multiplicateurs et les génératrices qui posent le plus de problèmes de bruit (niveau de bruit : 90 à 95 dba).

M. MAMET demande ensuite pourquoi les centrales construites sur le Lot ne sont pas de type out-door. M. ARGENSON indique que des comparaisons ont été faites pour la centrale de Couzon sur la Saône. L'écart entre le prix de génératrices IP 23 et IP 55 compense pratiquement le coût du bâtiment, et il faut de toute façon un bâtiment pour le matériel électrique. Il n'y a donc pas lieu de privilégier systématiquement des centrales out-door.

Sur une question de M. AMBLARD, M. ARGENSON indique que l'amorçage du siphon se fait par une pompe à vide, ce qui prend 5 à 15 minutes lors du démarrage et ne pose pas de problèmes particuliers.

M. AMBLARD rappelle ensuite les recherches faites il y a une quinzaine d'années, par les Italiens en particulier, en matière de siphons partialisés, permettant de supprimer tout organe de réglage mobile.

M. GIRAULT demande si les aspirateurs simplifiés sont justifiés au plan économique.

M. ARGENSON indique que la réponse dépend du site et en particulier de son degré d'équipement, et que les solutions simplifiées sont justifiées dans certains cas seulement.

M. MORAND demande comment se comportent les turbines de Dracey en temps de crue.

M. ARGENSON répond que la chute devient alors négligeable et les turbines tournent à faible vitesse, ce qui est sans inconvénient, les machines ayant une pompe de lubrification entraînée mécaniquement. Sur une question de M. CHÉRIÈRE, M. ARGENSON indique que les rendements mentionnés dans son exposé sont ceux donnés par les constructeurs et n'incluent pas le rendement des multiplicateurs.

M. CHÉRIÈRE demande ensuite s'il existe des problèmes de contre-poussée.

M. ARGENSON répond qu'une contre-poussée existe dans le cas des siphons inversés seulement. Elle est reprise au niveau du multiplicateur. Il signale par ailleurs, qu'un autre inconvénient du siphon inversé est l'existence d'un palier en crapaudine (palier hydro lub) qu'il faut changer tous les 4 à 5 ans.

Sur une question de M. AMBLARD, M. ARGENSON indique que le rendement des multiplicateurs est de 98 % pour un étage et de 97 % pour deux étages (à pleine charge).