L'USURE

DES

TURBINES HYDRAULIQUES

SES CONSÉQUENCES ET LES MOYENS D'Y PARER

(SUITE)

Pour les propriétaires de turbines hydrauliques dont l'eau motrice charrie des alluvions, les frais d'achat et de montage des pièces de rechange, ainsi que la valeur des pertes d'énergie dues aux arrêts pour les révisions et les réparations, sont faciles à récapituler. Ce qui est moins facile à établir, ce sont les pertes d'énergie résultant des mauvais rendements des turbines usées, puis les quantités et la nature des alluvions provoquant cette usure. La connaissance de ces éléments est pourtant nécessaire, si l'on veut se rendre compte de la valeur commerciale des pertes subies, de leurs causes, de la possibilité de les atténuer et du capital que l'on peut investir dans ce but.

Fig. 11.

Diagrammes des puissances des turbines de l'usine de « Molinar » à l'état neuf et après 21 mois de service.

Fig. 12.

donnant au maximum 8 320 HP chacune. Comme il ressort de la publication de la Z. d. V. J., ces turbines sont au point de vue de leur construction et de leur rendement à l'état neuf, de toute première qualité.

Les fig. 11 et 12 montrent qu'elle a été, d'avril 1910 à janvier 1913, soit en 21 mois, par le fait de l'usure des distributeurs et des roues motrices, la diminution de puissance de deux de ces turbines.

Pour la turbine N° III par exemple, les diminutions de puissance en fonction de la puissance à l'état neuf sont de :

Admission :	100 %	80 %	70 %	50 %
Diminution de puissance par l'usure :	7,5 %	9,3 %	9,2 %	11,7 %

A l'aide de ces diagrammes, puis des diagrammes du débit du Jucar et du coefficient d'utilisation de la puissance disponible, établis par le service d'exploitation, il est facile de calculer exac-

Nous pensons donc intéresser les propriétaires de turbines et les ingénieurs s'occupant de ces questions un peu spéciales, mais si intéressantes de l'hydraulique pratique, en donnant ici les résultats d'études faites dans deux usines, travaillant sous des conditions toutes différentes, de chute et de débit.

II

Etudes à l'Usine de Molinar (Espagne)

L'usine de Molinar sur le Jucar, appartenant à la « Sociedad Hidroelectrica Espanola », à Madrid, a fait l'objet d'une description détaillée, parue dans la Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1912, volume 56, pages 1.181 et 1.237. Nous dirons ici seulement que cette usine dispose d'une chute utile d'environ 64 mètres et était munie, à l'époque des expériences que nous y avons faites, de trois turbines Francis jumelles à bache frontale,

tement la valeur commerciale des pertes d'énergie subies par l'usine de Molinar (qui possède plusieurs stations de réserve à vapeur) lorsque ses turbines sont usées.

III

Etudes à l'Usine de Klösterli (Valais)

Les résultats qui vont suivre ont été obtenus à l'usine de Klösterli, sur la Lonza, en Valais, utilisant un débit limité par son tunnel d'amenée à 3.000 litres par seconde (les jaugeages ont donné 2.998 et 2.999 litres par seconde) sous une chute utile en pleine charge de 218 mètres et dont l'équipement se compose de 7 turbines Girard de 500 HP chacune, et d'une turbine Pelton moderne de 3.500 HP. La fig. 13 représente la prise d'eau, la fig. 14 une partie de la conduite et le bâtiment des machines de cette pittoresque et intéressante installation.

L'eau motrice charriant beaucoup d'alluvions, malgré toutes les mesures prises jusqu'à ce jour pour sa décantation, les turbines subissent chaque été une forte usure qui nécessite le remplacement fréquent des distributeurs et des roues motrices. Dans le but d'établir les pertes d'énergie dues à cette usure, la « Société des Usines électriques de la Lonza », à Bâle, propriétaire de cette

l'état neuf. Par suite de l'usure progressive, cette puissance descend régulièrement pour atteindre, le 1^{er} septembre, le 81,2 % de celle à l'état neuf.

La ligne pointillée montre aussi très clairement l'augmentation de puissance obtenue en octobre 1917 par les remplacements successifs de quatre distributeurs des turbines de 500 HP. Dès le

Fig 13 — Prise d'eau de l'usine de Klosterli sur la Lonza, à Mittal.

usine, a fait déterminer le rendement des deux types de turbines à différents degrés d'usure. Les jaugeages par moulinets montés dans la conduite, donnèrent une parfaite concordance avec un jaugeage par titration exécuté par M. le prof. R. Melfet, de Lausanne ; les mesures électriques furent faites en partie par les soins du Laboratoire d'essais de la Société suisse des Electriciens (S.S.E.) de Zurich et en partie par les soins des Usines de la Lonza.

Dans les turbines Girard, dont le distributeur à bascule est en bronze, et la roue motrice en fonte grise, les fuites d'eau dues à l'usure du distributeur n'arrivent plus dans la roue motrice et sont perdues pour la production d'énergie. En une seule année, le rendement de ces anciennes turbines qui, à l'état de neuf, est de 77 à 78 % tombe par l'usure à 59 % ; à débit égal, la diminution de puissance est donc de 23,8 %.

Avec la turbine Pelton, dont les distributeurs sont en acier cimenté et la roue motrice en fonte d'acier, les conditions de production d'énergie à l'état usé sont plus favorables que dans celles du type Girard. En quatre ans, le rendement moyen de cette turbine qui, à l'état neuf est de 81,6 %, descend par suite de l'usure de la roue motrice seule à 76,6 % ; à débit égal, la diminution de puissance est donc de 6,1 % soit en moyenne seulement de 1,52 % par an. La diminution de puissance due à l'usure des distributeurs seuls n'a pas encore été déterminée. Selon les expériences faites ailleurs, elle peut être beaucoup plus forte que celle due à l'usure de la roue.

L'usine de Klosterli possède un wattmètre enregistreur, étalonné sur place par les soins du Laboratoire d'essais de la S. S. E. En été, lorsque l'usine marche à plein débit, limité comme il est dit plus haut, par le tunnel, les diagrammes du wattmètre donnent pour chaque jour la puissance maximum produite par les turbines.

La ligne pointillée de la fig. 15 représente la marche de cette puissance dans les mois de juin à octobre 1917. Du 1^{er} au 16 juin, la puissance des turbines en partie usées par les alluvions des années précédentes, est seulement le 92,5 % de leur puissance à

6 octobre, la puissance des turbines atteint le 88,7 % de la puissance à l'état neuf.

Ces constatations engagèrent les Usines de la Lonza, à procéder

Fig 14 — Partie de la conduite et bâtiment des machines de l'usine de Klosterli

pendant l'été de 1918 à une étude simultanée, du transport de alluvions à travers les turbines et de la variation de leur puissance

Fig 15. — Usine de Klösterli ; graphique donnant la relation entre le transport des alluvions et la puissance disponible de l'usine, marchant à plein débit.

Pour cela, on préleva dans les canaux de fuite des turbines, matin et soir, chaque fois 100 litres d'eau, donnant par décantation le volume d'alluvions qu'ils contenaient et on utilisa de nouveau les diagrammes du wattmètre enregistreur.

Les chiffres qui vont suivre, relatifs aux volumes et aux poids des alluvions, sont légèrement inférieurs à la réalité. Cela provient du fait que, lors des prélèvements d'échantillons, la durée de la décantation, dans les bidons de 10 litres chacun, a été seulement d'une minute, comptée dès l'instant où l'eau était tranquille. La profondeur de l'eau dans les bidons étant de 200 mm., une partie des alluvions très fines dont la vitesse de précipitation dans l'eau est inférieure à $200 : 60 = 3,3$ mm. par seconde est restée en suspension et n'a pas été mesurée avec les alluvions recueillies. C'est ce qui explique aussi les valeurs relativement élevées que nous avons trouvées pour les densités de ces alluvions.

La composition moyenne des alluvions recueillies pendant toute la période d'observation, au point de vue des dimensions de leurs grains, est donnée par la table suivante :

Diamètre des grains en m/m.					
> 1,1	1,1-0,8	0,8-0,4	0,4-0,27	0,27-0,17	< 0,17
Volumes partiels en % du volume total.					
14,9	10,8	34,2	21,5	11,0	7,6

Cette composition des alluvions joue, à côté de leur dureté non encore étudiée, un rôle important dans l'usure qu'elles produisent et dans la possibilité de les éliminer avec un dessableur.

Les densités de deux échantillons de ces alluvions, telles qu'elles ont été définies par MM. les professeurs L.-W. Collet et R. Mellet ⁽¹⁾ sont :

Densité réelle de l'alluvion desséchée :	2,7 et 2,7
Densité réelle de l'alluvion déposée dans l'eau :	2,0 et 2,1
Densité fictive de l'alluvion :	1,67 et 1,79

La connaissance du débit de l'usine et du volume d'alluvions contenu dans les prélèvements journaliers de 200 litres, permet de calculer pour chaque jour, le volume d'alluvions ayant traversé les turbines.

La fig. 15 donne pour les mois de juin à octobre 1918 les diagrammes suivants :

Puissance de l'usine à plein débit et à pleine charge de 100 %, les turbines étant à l'état neuf.

Puissance de l'usine à plein débit, les turbines étant à différents degrés d'usure.

Transport d'alluvions journaliers en mètres cubes.

Transports d'alluvions en mètres cubes totalisés dès le 18 juin.

Ces diagrammes qui, ceci soit dit en passant, sont peut-être les premiers de ce genre ayant été publiés, donnent la relation directe

entre les transports d'alluvions et la puissance de l'usine, influencée par l'usure des turbines. Nous nous permettrons de les commenter brièvement.

La période d'observation a duré 105 jours, le volume d'alluvions transporté se monte à 3.132 m³, soit environ 5.220 à 5.600 tonnes et la diminution de puissance à 10,4 % de la puissance des turbines à l'état neuf.

Le transport d'alluvions accuse deux vagues principales ayant à elles seules occasionné le 95 % de la diminution de puissance constatée. Ces deux vagues ont duré ensemble 32 jours, soit seulement le 30,4 % de la durée de la période d'observation, elles ont transporté ensemble 2.203 m³ soit exactement les 70,5 % du transport total d'alluvions. La table suivante donne les caractéristiques de ces deux vagues.

DÉSIGNATION DE LA VAGUE	Durée de la vague Jours	ALLUVIONS TRANSPORTÉES		
		au total m ³	moyenne par jour m ³	maximum par jour m ³
Vague du 17 au 26 juillet	10	1058	105,8	193
Vague du 17 août au 7 sept.	22	1145	52,0	140

DÉSIGNATION DE LA VAGUE	TENEUR EN ALLUVIONS PAR LITRE D'EAU			Diminution de la puissance de l'usine en % de sa puissance avec turbines à l'état neuf	
	moyenne de la vague cm ³	maximum journalier cm ³	maximum constaté cm ³	pendant la vague %	par jour de vague %
Vague du 17 au 26 juillet	0,408	0,75	0,86	6,51	0,65
Vague du 17 août au 7 sept.	0,201	0,54	0,61	3,44	0,16

L'usure des turbines de Klösterli, comme celle des turbines de Florida-Alta, est donc bien un phénomène tout naturel ne pouvant être supprimé que par le dessablage de l'eau motrice.

Le diagramme des puissances nous montre que déjà le 1^{er} juin, la puissance des turbines en partie usées par les alluvions des années précédentes n'était que le 92,5 % de la puissance avec turbines à l'état neuf. Après la première vague de dix jours, la puissance des turbines descend à 86,0 %, après la seconde de vingt-deux jours à 82,1 % de celle avec turbines à l'état neuf. En septembre 1918, la diminution de puissance totale due à l'usure est donc de 17,9 %.

Le remplacement de quatre distributeurs et de deux roues motrices des turbines Girard a permis de revenir, le 23 octobre, à 89,5 % ; le remplacement des trois derniers distributeurs des turbines Girard et de la roue motrice de la turbine Pelton (non représentés sur le diagramme), qui a eu lieu plus tard en hiver 1918-1919, de revenir à 99 % de la puissance avec turbines à l'état neuf, prouvant ainsi que, seule, l'usure de ces organes avait occasionné les pertes constatées en 1917 et 1918.

La surface hachurée représente la perte d'énergie due à l'usure, pendant les mois de juin à octobre 1918, elle se monte à 12,9 % de l'énergie qu'aurait produite l'usine avec des turbines à l'état neuf pendant le même temps. En 1916, cette perte était de 11,1 %, en 1917 de 13,5 %.

(A suivre.)

Henri DUFOUR,
Ingénieur.

⁽¹⁾ Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, vol. 50, N° 185, p. 393, 1915.