

## Révision complète d'un groupe turbine-alternateur de l'aménagement hydroélectrique de Lavey

*Préavis N° 2007/43*

Lausanne, le 6 septembre 2007

Madame la présidente, Mesdames et Messieurs,

### 1. Objet du préavis

Par le présent préavis, la Municipalité sollicite de votre Conseil un crédit d'investissement du patrimoine administratif de 1'700'000 francs pour la révision complète, après 28 ans d'activité, d'un groupe turbine-alternateur de l'aménagement hydroélectrique de Lavey, avec échange partiel des éléments de la turbine.

### 2. Préambule

La centrale hydroélectrique de Lavey a été mise en service en 1950. Elle est aujourd'hui équipée de 3 groupes turbine-alternateur<sup>1</sup>. Les turbines sont de modèle Kaplan à 8 pales, à axe vertical, d'une puissance de 31 MW chacune (voir schéma en page 3). La centrale produit près de 400'000 MWh par année et couvre environ 30% des besoins en approvisionnement électrique des Services industriels (SIL).

Elle turbine les eaux du Rhône en utilisant de manière optimale la chute du Bois-Noir. Son régime, caractérisé par de hautes eaux au printemps et en été et une période d'étiage<sup>2</sup> en hiver, est fortement modifié par la présence de bassins d'accumulation dans les Alpes qui retiennent l'eau en été et la restituent en hiver.

Durant le régime de hautes eaux, le Rhône transporte des quantités considérables d'alluvions contenant une forte proportion de sable fin granitique qui reste en suspension dans l'eau. Très abrasif, celui-ci érode les turbines qui travaillent à plein régime durant cette période. Ainsi, chaque hiver, un groupe sur trois est mis hors service pour un entretien. Tous les vingt-cinq ans, le groupe est entièrement démonté pour une révision complète.

A l'origine, les trois turbines ont été réalisées par des entreprises différentes : la première et la deuxième en 1950 respectivement par les Ateliers mécaniques de Vevey (ACMV) et les Ateliers des Charmilles (AC) à Genève et la troisième par un consortium formé par ACMV et AC en 1957. Les trois installations étaient ainsi de conception et de dimensions différentes. Au fil des révisions, les SIL ont tendu à uniformiser ces installations afin de disposer d'un jeu de pales de turbine de réserve. La révision complète du groupe 2 sera l'occasion de terminer cette uniformisation.

---

<sup>1</sup> L'alternateur, relié à la turbine par un arbre mécanique, est formé de deux parties : une partie mobile, appelée rotor, et une partie fixe, appelée stator. La paroi externe du rotor est composée d'électroaimants, tandis que la paroi interne du stator est formée d'un enroulement de barres de cuivre. Lorsque le rotor tourne dans le stator, cela fait « vibrer » les électrons dans les barres de cuivre. Le mouvement des électrons crée ainsi un courant électrique

<sup>2</sup> Etiage : période de l'année où le débit d'un cours d'eau atteint son point le plus bas.

### **2.1. Expérience sur les revêtements**

En 1995, lors du renouvellement des pales du groupe 1, un essai de revêtement anti-usure a été réalisé sur deux pales. Ce revêtement, constitué de carbure de tungstène, est appliqué par un procédé de traitement de surface HVOF (High-Velocity-Oxy-Full), qui permet de projeter thermiquement des poudres fines à vitesse supersonique dans une atmosphère peu oxydante. Les résultats obtenus se sont révélés prometteurs et l'expérience a été étendue, dès 1997, aux pales et au manteau intermédiaire à l'occasion de leur révision.

Après dix années d'exploitation, le résultat est tout à fait exceptionnel : à part quelques attaques dues à la cavitation<sup>3</sup>, l'usure constatée est inexistante.

### **2.2. Pales interchangeables**

Pour que la turbine puisse fonctionner avec un rendement optimal, l'espace entre la collerette (partie élargie de l'arête de la pale qui fait face au manteau) et le manteau intermédiaire doit être de 1 millimètre, alors que le diamètre des pales est aujourd'hui stabilisé à 3720 mm ! Avant les expériences avec les revêtements au carbure de tungstène, cet interstice était inéluctablement agrandi par l'usure du manteau, ce qui devait être compensé en allongeant d'autant le diamètre des pales (les interventions sur le manteau étant trop complexe). Avec ce système, les jeux de pales des trois turbines étaient constamment d'un diamètre légèrement différent.

Le revêtement au carbure de tungstène empêche l'usure sur l'extrados<sup>4</sup> des pales et l'intrados du manteau ce qui permet de conserver un espace fixe de 1 millimètre entre ces éléments sans autres interventions. Cette méthode permet de limiter les réparations, d'optimiser le rendement des turbines et de pouvoir tirer les bénéfices d'exploitation d'un jeu de pales de réserve.

En effet, dans le but d'avoir des pales interchangeables entre les trois groupes, le diamètre de ces éléments a été aligné sur celui du groupe 2 lors des révisions des turbines 1 et 3 prévues dans le préavis n° 96 du 19 août 1999<sup>5</sup>. Actuellement, l'aménagement hydroélectrique de Lavey dispose d'un jeu de pales de réserve, ce qui permet de reprendre plus rapidement l'exploitation lors de l'entretien de la turbine.

## **3. Les travaux prévus**

### **3.1. Réparation des pales du groupe 3**

Durant l'hiver 2008/09, les pales du groupe 3 seront échangées avec le jeu de réserve puis réparées. Cette dernière opération consiste à réparer par soudure les défauts de cavitation sur la collerette et l'assiette des pales, puis de rétablir l'uniformité du revêtement au carbure de tungstène. Les pales réparées du groupe 3 seront ensuite utilisées comme jeu de réserve lors de la révision du groupe 2 durant l'hiver 2009/10. Les pales réparées du groupe 2 serviront à leur tour de jeu de réserve lors de l'entretien de l'hiver 2010/2011, et ainsi de suite.

### **3.2. Révision du groupe 2**

Après vingt-huit ans d'exploitation, le groupe 2 sera complètement démonté pour une révision complète durant l'hiver 2009/10. Les travaux principaux seront les suivants :

- entretien de l'alternateur et de l'excitatrice ;
- échange des pales de turbine ;
- échange du manteau supérieur de la roue ;

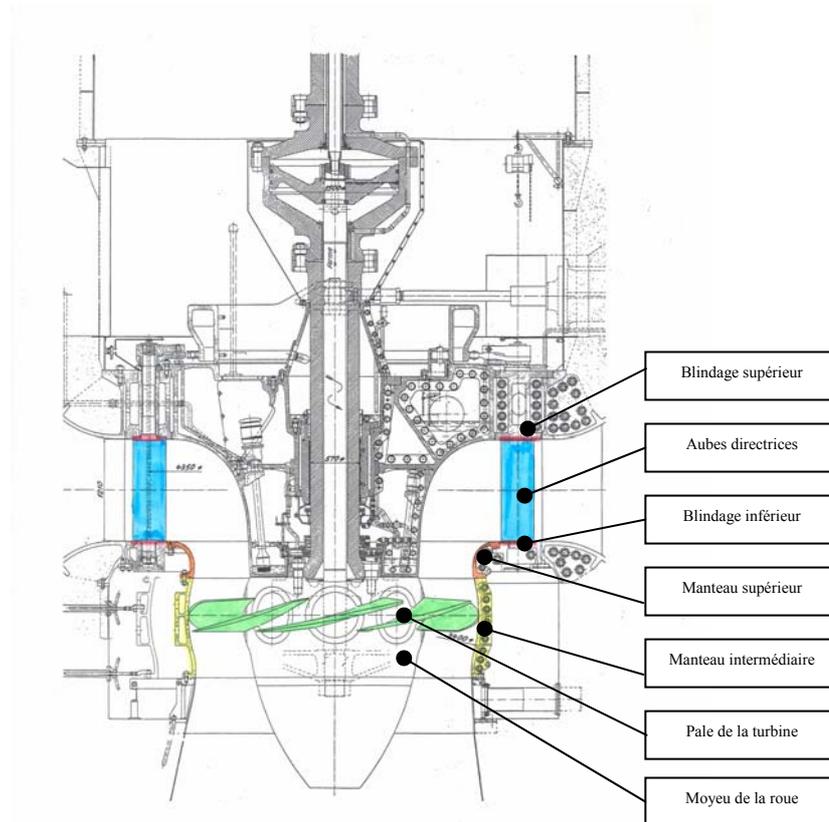
<sup>3</sup> Cavitation : formation de cavités remplies de vapeur ou de gaz au sein d'un liquide en mouvement. En raison de la rotation rapide de la turbine dans l'eau, une zone de basse pression peut se créer et amener l'eau à ébullition. La condensation des bulles de vapeur sur la machine entraîne alors des problèmes de corrosion.

<sup>4</sup> Extrados : face supérieure (extérieure) d'un arc, d'une voûte (par opposition à intrados).

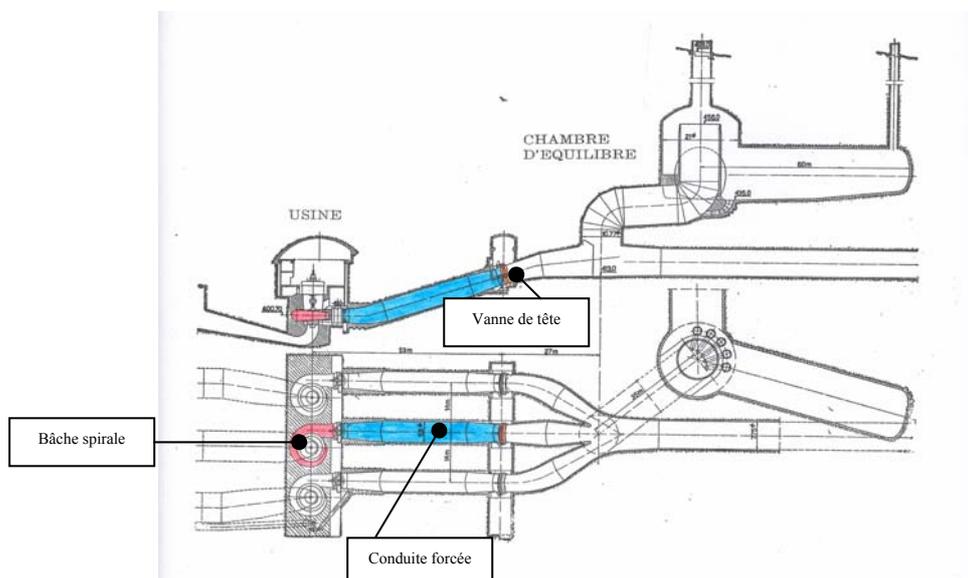
<sup>5</sup> Préavis N°96 « Usine hydroélectrique de Lavey remplacement des turbines des groupes 1 et 3 » du 19 août 1999, accepté par votre Conseil dans sa séance du 2 novembre 1999, Bulletin du Conseil communal (BCC), 1999, T. II, pp. 272-277,

- échange des blindages inférieurs et supérieurs du distributeur ;
- réparation des aubes directrices ;
- réparation et usinage du moyeu de la roue ;
- contrôle du mécanisme de la roue ;
- réparation du revêtement du manteau intermédiaire ;
- sablage et peinture de la bêche spirale ;
- sablage et peinture de la conduite forcée ;
- sablage et peinture du fond central ;
- révision des auxiliaires du groupe.

*Coupe turbine Kaplan Lavey*



*Dessin hydraulique Lavey*



### 3.3. Réparation des pales du groupe 2

Les pales du groupe 2 ont été réalisées avec une surépaisseur pour mieux résister à l'abrasion du sable. Grâce au succès des revêtements décrits plus haut (point 2.1), cette surépaisseur n'est plus nécessaire. Ces pales seront donc réparées puis usinées au même gabarit que les pales des groupes 1 et 3, puis revêtues au carbure de tungstène.

## 4. Aspects financiers

### 4.1. Charge d'investissements et échelonnement des dépenses

La charge totale d'investissement est de 1'700'000 francs. L'utilisation de ce montant se répartit de la manière suivante sur la période 2008 à 2011 :

Travaux à réaliser	Echelonnement des dépenses				
	Coût total	2008	2009	2010	2011
Achat manteau supérieur et blindages	330'000	110'000	220'000		
Réparation et revêtement pales gr. 3	250'000		250'000		
Réparation et usinage du moyeu	100'000			100'000	
Réparation et revêtement du manteau intermédiaire	100'000			100'000	
Réparation des aubes directrices	40'000		20'000	20'000	
Sablage et peinture de la conduite forcée	60'000		60'000		
Sablage et peinture de la bêche spirale	60'000			60'000	
Sablage et peinture du fond central	20'000			20'000	
Personnel auxiliaire pour révision	120'000		30'000	90'000	
Pièces d'usure, visserie, joints, etc.	50'000		20'000	30'000	
Réparation et usinage pales gr. 2	310'000			100'000	210'000
Revêtement pales gr. 2	210'000				210'000
Divers pour imprévus	50'000				50'000
<b>Totaux</b>	<b>1'700'000</b>	<b>110'000</b>	<b>600'000</b>	<b>520'000</b>	<b>470'000</b>

### 4.2. Plan des investissements

Le crédit nécessaire à la révision complète du groupe 2 a été placé au plan des investissements 2008 et 2009. Il est fondé sur des offres récentes. Une réadaptation des prix n'est pas à exclure ; il faut, en effet, tenir compte des fluctuations qui pourraient survenir jusqu'à l'achèvement des travaux prévus en 2010, notamment des variations légales du coût de la main-d'œuvre et des matériaux, des aciers inox en particulier.

### 4.3. Conséquences sur le budget

Les crédits seront amortis dans l'année où ils ont été investis, en une fois. La révision du groupe 2 n'a pas d'autre impact sur le budget de fonctionnement.

## 5. Conclusions

Fondée sur ce qui précède, la Municipalité vous prie, Madame la présidente, Mesdames et Messieurs, de bien vouloir prendre les résolutions suivantes :

*Le Conseil communal de Lausanne,*

vu le préavis n° 2007/43 de la Municipalité du 6 septembre 2007 ;

où le rapport de la Commission nommée pour examiner cette affaire ;

considérant que cet objet a été porté à l'ordre du jour,

*décide*

1. d'allouer à la Municipalité un crédit d'investissement du patrimoine administratif de 1'700'000 francs pour la révision complète du groupe 2 de l'aménagement hydroélectrique de Lavey, somme à porter au débit du compte « Production » du bilan du service de l'électricité de la Direction des services industriels ;
2. d'amortir ce crédit au fur et à mesure des dépenses annuelles.

Au nom de la Municipalité :

Le syndic :

Daniel Brélaz

Le secrétaire :

Philippe Meystre