

**Révision complète du groupe turbine-alternateur n° 1
de l'aménagement hydroélectrique de Lavey
Demande de crédit d'investissement**

Préavis N° 2015/27

Lausanne, le 16 avril 2015

Monsieur le président, 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 CHF 2'400'000.- pour la révision complète du groupe turbine-alternateur n° 1 de l'aménagement hydroélectrique de Lavey, avec échange partiel des composants mécaniques de la turbine. La dernière révision complète de ce groupe remonte à la saison d'hiver 1986/87.

La Municipalité propose de financer cet investissement par prélèvement sur le fonds de réserve et de renouvellement de Lavey.

2. Table des matières

1.	Objet du préavis.....	1
2.	Table des matières	1
3.	Préambule	1
3.1.	Retour d'expérience sur les revêtements des pales de roue turbine	2
3.2.	Pales de roue interchangeables.....	2
4.	Les travaux prévus.....	3
4.1.	Réparation des pales de roue du groupe n° 2	3
4.2.	Révision du groupe n° 1	3
5.	Aspects financiers.....	5
5.1.	Conséquences sur le budget d'investissement.....	5
5.2.	Conséquences sur le budget de fonctionnement.....	5
5.3.	Charges de personnel.....	5
5.4.	Charges d'exploitation	6
5.5.	Charges financières	6
5.6.	Tableau récapitulatif.....	6
6.	Conclusions	6

3. Préambule

L'aménagement hydroélectrique de Lavey au fil de l'eau a été mis en service en 1950 avec l'installation de deux groupes turbine-alternateur (groupes n° 1 et n° 2). Un troisième groupe (n° 3) a été installé en 1957. Les turbines sont de type Kaplan à axe vertical et leurs roues sont composées de huit pales. La puissance installée des trois groupes est de 3 x 31 MW (voir configuration usine en page

4) ; ils produisent annuellement près de 400 GWh et fournissent environ 30 % de l'énergie distribuée actuellement par les SiL.

L'usine turbine les eaux du Rhône en utilisant la force hydraulique de la chute depuis le barrage du Bois-Noir. Le régime hydrologique du Rhône se caractérise par de hautes eaux au printemps et en été (saison d'été) et par de basses eaux en automne et en hiver (saison d'hiver). A noter que l'étiage¹ du Rhône est fortement modifié par la présence d'aménagements hydroélectriques à accumulation sur ses affluents en amont de Lavey : leurs barrages accumulent l'eau provenant des bassins versants en saison d'été et la restituent en saison d'hiver.

En période de hautes eaux, le Rhône charrie des grosses quantités de sédiments sableux et graveleux en suspension, qui contiennent une forte proportion de sable fin granitique très abrasif. Ce sable use les parties mouillées, dont les turbines qui, de surcroît, produisent à pleine puissance durant cette période. De ce fait, chaque saison d'hiver, l'un des trois groupes est mis hors eau pour une maintenance systématique et préventive. Par ailleurs, tous les 30 ans, un groupe est démonté entièrement pour une révision complète.

A l'origine, les trois turbines ont été construites par des entreprises différentes : le groupe n° 1 par les Ateliers des Charmilles à Genève (AC), le groupe n° 2 par les Ateliers mécaniques de Vevey (ACMV) et le groupe n° 3 par un consortium entre les ACMV et les AC. Les trois turbines sont ainsi de conception et de dimensions différentes.

3.1. Retour d'expérience sur les revêtements des pales de roue turbine

En 1995, lors du remplacement des pales du groupe n° 1, un revêtement de surface anti-usure a été réalisé sur deux des pales de la roue. Ce revêtement, constitué de carbure de tungstène, a été appliqué par un procédé de projection thermique à haute vitesse HVOF (High Velocity Oxygen Full).

De plus et en parallèle, des tests d'érosion ainsi que des tests de cavitation² avec du sable projeté sur des éprouvettes ont été effectués. Les essais se sont révélés probants et l'expérimentation a été étendue, en 1998, à toutes les pales et au manteau de roue du groupe n° 2 lors de sa révision.

Après seize années de retour d'expérience, les résultats obtenus sont excellents. Les pales sont désormais réparées et revêtues tous les six ans pour obtenir une usure maîtrisée, alors qu'auparavant, les pales fortement usées se réparaient in situ par meulage et par soudure (recharge) tous les trois ans. Ces travaux de réhabilitation se réalisaient par deux équipes et durant trois mois.

A noter que depuis l'utilisation de ce procédé, l'usure des pales revêtues se résume à quelques attaques dues à la cavitation. Leur réhabilitation se limite à réparer par soudure ces attaques sur la collerette et l'assiette des pales, puis à rétablir l'uniformité de l'épaisseur du revêtement.

La matière du revêtement extra-dur en carbure de tungstène au chrome-cobalt (Wc-Co-Cr) a été constamment améliorée au fil du temps.

3.2. Pales de roue interchangeables

Pour que la turbine fonctionne avec un rendement optimal et durable, l'espace entre le manteau intermédiaire de roue (partie fixe) et la collerette de la pale (partie élargie de l'arête de pale qui tourne à l'intérieur du diamètre du manteau) doit être de 1,5 millimètre (voir le schéma au point 4.2). Avant que les revêtements de surface ne soient utilisés, cet espace était inévitablement agrandi par l'usure du manteau de roue et cela entre 8 et 12 millimètres après trois ans d'exploitation, période durant laquelle le rendement était péjoré. Avec cette usure non maîtrisée et variable, les pales des trois turbines n'étaient jamais de même diamètre et s'avéraient non interchangeables.

¹ Etiage : période de l'année où le débit d'un cours d'eau atteint son point le plus bas.

² La cavitation correspond à la formation de bulles de vapeur, sous l'effet d'une dépression due à l'action de la turbine (à température constante l'eau se vaporise par abaissement de la pression). En implosant, les bulles formées créent des ondes de choc, ce peut provoquer une usure rapide de la turbine.

Depuis l'application du revêtement de surface anti-usure, le processus empêche l'usure sur l'extrados des pales et l'intrados du manteau et permet la conservation d'un espace fixe de 1,5 millimètre entre la partie tournante et la partie fixe. De facto, il permet de limiter les réparations, d'optimiser le rendement des turbines, de réduire les coûts de maintenance et les pertes d'exploitation. Un jeu de huit pales de réserve a été constitué ; il peut se monter sur les trois groupes et est toujours réapprovisionné après une révision avec changement de pales pour limiter le temps d'indisponibilité lors du prochain groupe à réviser.

Le diamètre des pales sur les trois groupes est aujourd'hui fixé à 3'728 millimètres. Il a été uniformisé sur le groupe n° 2 en 1998, consécutivement aux révisions des turbines n° 3 et n° 1 décrites dans le préavis N° 1999/96 « Usine hydroélectrique de Lavey Remplacement des turbines des groupes n° 1 et n° 3 ».

4. Les travaux prévus

4.1. Réparation des pales de roue du groupe n° 2

Durant l'hiver 2015-2016, les pales du groupe n° 2 seront échangées avec celles de réserve à disposition puis réhabilitées ; ce jeu de pale sera ensuite utilisé comme jeu de réserve et sera monté sur le groupe n° 1 durant l'hiver 2016-2017 lors de sa révision complète, qui fait l'objet du présent préavis.

4.2. Révision du groupe n° 1

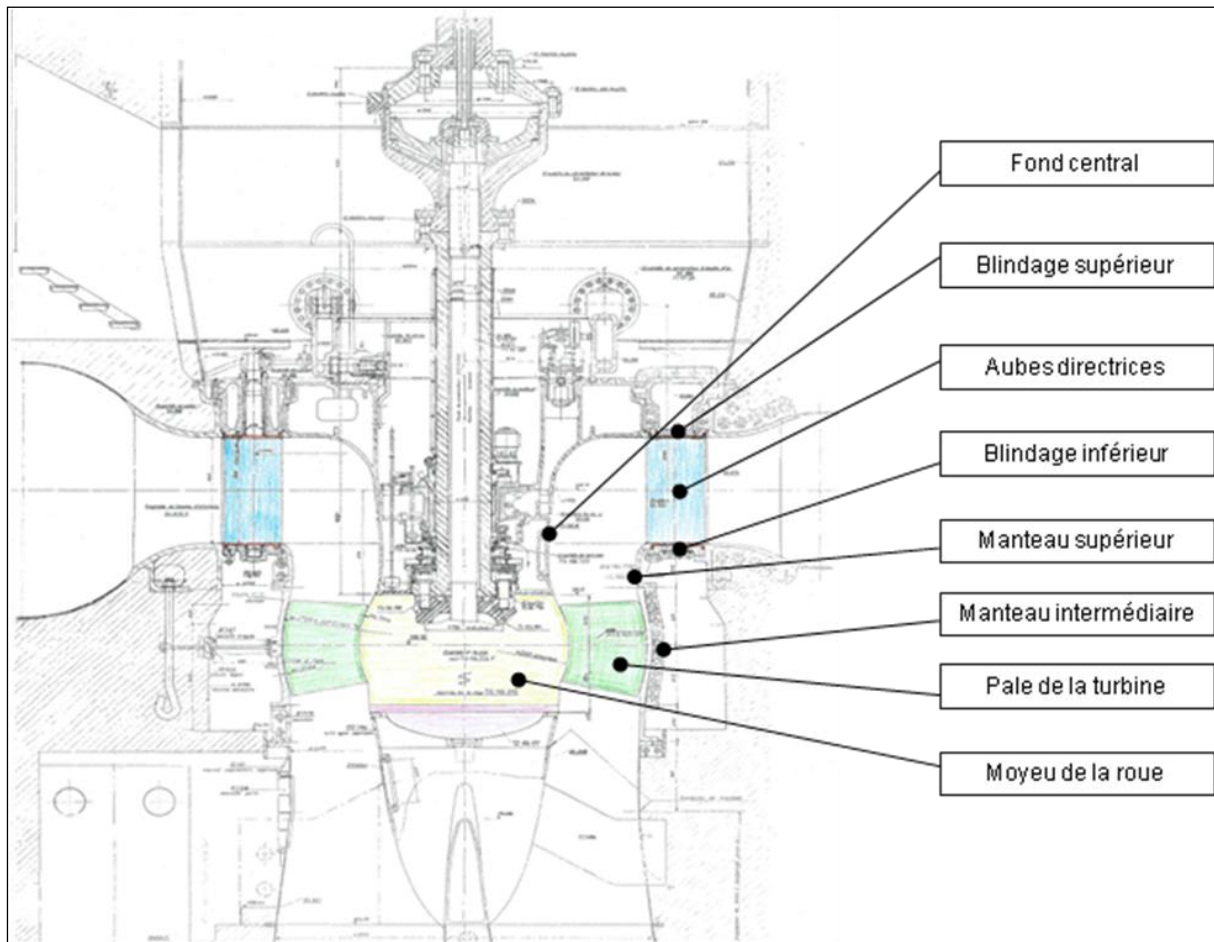
Après trente ans d'exploitation, le groupe n° 1 devra être entièrement démonté pour une révision complète. Les travaux débuteront en octobre 2016 et se termineront fin avril 2017.

Les principaux travaux sont les suivants :

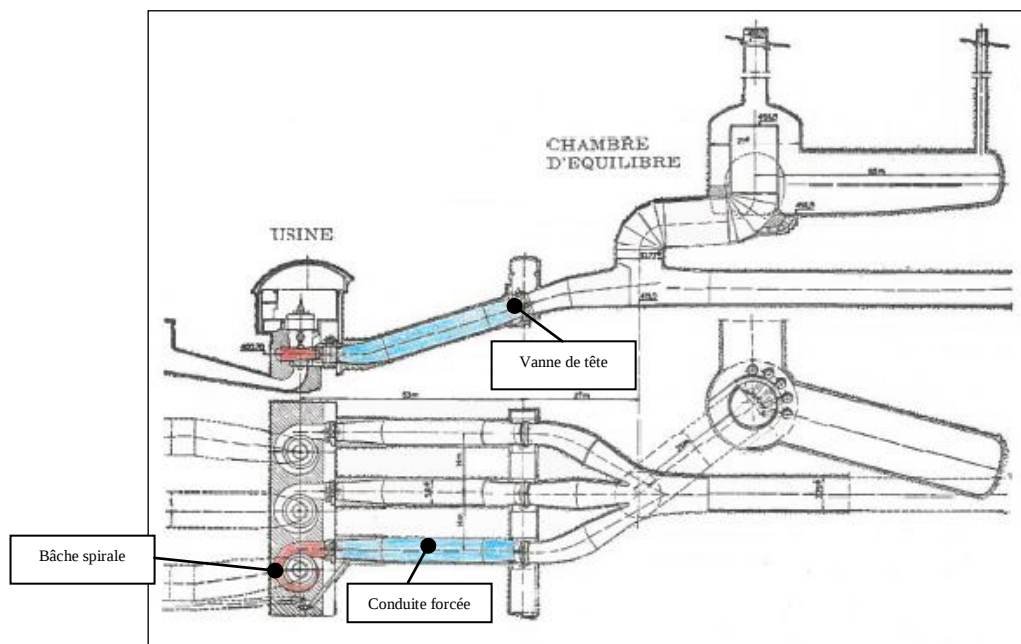
- entretien de l'alternateur et de l'excitatrice ;
- échange des blindages inférieur et supérieur du distributeur ;
- réparation du manteau supérieur de la roue ;
- échange des pales de la roue ;
- réparation et usinage du moyeu de la roue ;
- contrôle du mécanisme de la roue ;
- réparation du revêtement du manteau intermédiaire de la roue ;
- réparation des aubes directrices ;
- sablage et peinture de la conduite forcée ;
- sablage et peinture de la bêche spirale ;
- sablage et peinture du fond central ;
- entretien de l'aspirateur en béton ;
- révision des auxiliaires du groupe.

Le jeu de pales de ce groupe sera réparé pour constituer à son tour celui de réserve et cela pour le prochain changement de pales sur le groupe n° 3 durant la saison d'hiver 2020-2021.

Coupe de la turbine



Configuration de l'usine de Lavey



5. Aspects financiers

5.1. Conséquences sur le budget d'investissement

La charge totale d'investissement est de CHF 2'400'000.-. L'utilisation de ce montant se répartit sur la période 2015-2018 de la manière suivante :

En millier de francs	Coût total	2015	2016	2017	2018
Entretien alternateur et excitatrice	120		60	60	
Achat blindages et réparation manteau supérieur	345	110	135	100	
Réparation et revêtement pales du groupe N° 2	360		360		
Réparation et usinage du moyeu	100			100	
Réparation, couvercle, ogive et mécanisme de la roue	70		40	30	
Réparation et revêtement du manteau intermédiaire	120			120	
Réparation des aubes directrices	300		140	160	
Sablage et peinture de la conduite forcée	60		60		
Sablage et peinture de la bêche spirale	60			60	
Sablage, réparation et peinture du fond central	50		30	20	
Entretien aspirateur en béton	60			60	
Prestation par personnel externe	120		30	90	
Pièces d'usure, visserie, joints, etc.	80		50	30	
Réparation, usinage revêtement pales du gr. 1	360			100	260
Transport aller-retour pour les éléments de turbine	30		15	15	
Montant de réserve, imprévus et renchérissement	165				165
Total	2'400	110	920	945	425
Prélèvements sur le fonds de réserve	-2'400	-110	-920	-945	-425
Total net	0	0	0	0	0

Le crédit d'investissement nécessaire à la révision complète du groupe n° 1 ne figure pas au plan des investissements pour les années 2015 à 2018. Toutefois, étant entièrement compensé par prélèvement sur le fonds de réserve et de renouvellement de Lavey, il a un impact neutre sur le plan des investissements.

Au 31 décembre 2014, le fonds de réserve et de renouvellement de Lavey présentait un solde de CHF 32'263'203.59.

Le montant du crédit est établi sur la base d'offres budgétaires récentes. Pour tenir compte des fluctuations de prix qui pourraient survenir jusqu'à l'achèvement des travaux prévus en 2017, notamment celles légales du coût de la main-d'œuvre et des matériaux, dont les aciers inoxydables, un montant de réserve est pris en compte.

5.2. Conséquences sur le budget de fonctionnement

5.3. Charges de personnel

Cette révision sera réalisée par le personnel de l'aménagement, sans impact sur les charges. Le coût de la main-d'œuvre interne n'est pas pris en compte du fait que l'investissement est immédiatement amorti par prélèvement sur le fonds de réserve et de renouvellement de Lavey.

5.4. Charges d'exploitation

Cette révision n'a pas d'impact sur les charges d'exploitation.

5.5. Charges financières

Les investissements seront entièrement amortis par prélèvement sur le fonds de réserve et de renouvellement de Lavey dans l'année où ils seront consentis. Ils n'entraînent pas d'intérêts intercalaires.

5.6. Tableau récapitulatif

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Personnel suppl. en CDD (en EPT)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(en milliers de CHF, avec arrondi)							
Charges de personnel	0	0	0	0	0	0	0
Charges d'exploitation	0	0	0	0	0	0	0
Charges d'intérêt	0	0	0	0	0	0	0
Charges d'amortissement	110	920	945	425	0	0	2'400
Total charges suppl.	110	920	945	425	0	0	2'400
Prélèvement sur fonds de réserve	-110	-920	-945	-425	0	0	-2'400
Total net	0	0	0	0	0	0	0

6. Conclusions

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

Le Conseil communal de Lausanne,

vu le préavis n° 2015/27 de la Municipalité, du 16 avril 2015 ;

ouï 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 CHF 2'400'000.- pour la révision complète du groupe n°1 de l'aménagement hydroélectrique de Lavey ;
2. d'amortir ce crédit au fur et à mesure des dépenses annuelles par prélèvement sur le fonds de réserve et de renouvellement de Lavey.

Au nom de la Municipalité :

Le syndic :
Daniel Brélaz

Le secrétaire :
Sylvain Jaquenoud