

Cheminée d'équilibre de l'usine de Vernayaz Etude numérique de coup de bélier et d'oscillation en masse

F. Hachem

Mandant : CETP – Ingénieurs Conseils

Objet de l'étude

La centrale hydroélectrique de Vernayaz est le palier inférieur de l'aménagement de Barberine-Châtelard-Vernayaz, propriété des Chemins de Fer Fédéraux suisses. Pour des raisons d'entretien de la cheminée d'équilibre, l'exploitant projette la construction d'une voie de funiculaire dans le puits blindé dont l'encombrement peut avoir une influence significative sur le fonctionnement du système, en particulier au passage de l'intersection de la galerie de raccordement. A cet endroit, les voies de funiculaire provoqueront un effet de diaphragme dont l'influence se doit d'être examinée. La Figure 1 schématise la configuration de la cheminée d'équilibre et la position des voies de funiculaire à construire.

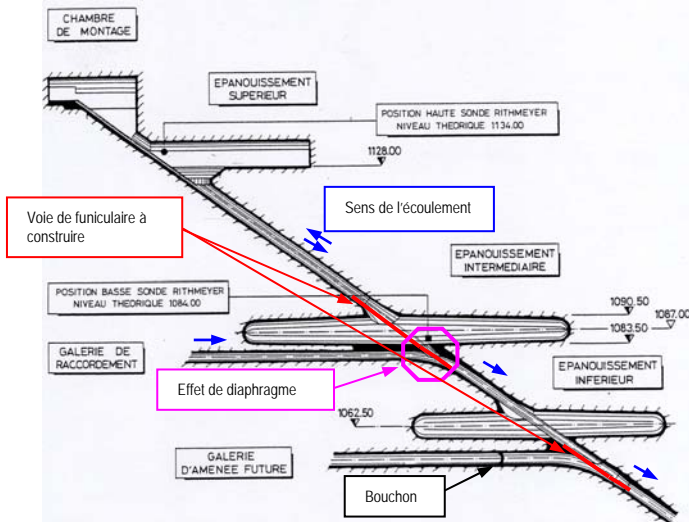


Figure 1: Configuration et détails de la cheminée d'équilibre dans les états actuel et futur

Objectifs

Cette étude par modélisation numérique a pour but d'examiner le comportement hydraulique de la cheminée d'équilibre en présence des voies de funiculaire projetées. Le déroulement de l'étude comporte deux phases successives :

- Phase 1 : Construction et calage du modèle de l'état existant.
- Phase 2 : Introduction d'un effet diaphragme à l'intersection de la galerie de raccordement et du puits blindé et étude de sensibilité.

Les opérations d'enclenchement-déclenchement des turbines sont modélisées dans le respect des consignes d'exploitation fournies par le Bureau d'Etudes CETP et pour des débits de 12, 14, 16.5 et 17.4 m³/s.

Modèle numérique

La modélisation numérique du système hydraulique a été réalisée à l'aide du logiciel "Hydraulic System" développé au LCH-EPFL.

Le calage du modèle de l'aménagement existant a été effectué en comparaison des résultats de mesures

effectuées sur place en mars 1991 pour différentes manœuvres des turbines. Les niveaux extrêmes dans la cheminée d'équilibre sont les grandeurs de référence pour cette comparaison. Le calcul de l'aménagement en présence des voies de funiculaire a été fait pour quatre manœuvres différentes et quatre grandeurs de débits turbinés. Une étude de sensibilité a été réalisée sur le coefficient de perte de charge singulière créée par les deux rails à l'intersection de la chambre d'équilibre.

Résultats et conclusions

Les résultats de calcul des oscillations en masse dans la cheminée d'équilibre sont synthétisés dans le Tableau 1.

Manœuvres	Débit [m ³ /s]	Sans diaphragme	Avec diaphragme
		Niveaux max.* et min.** dans la cheminée d'équilibre [ms.m.]	
Fermeture rapide	12.0	1126.3*	1126.2*
	14.0	1127.1*	1127.0*
	16.5	1128.0*	1128.0*
	17.4	1128.1*	1128.0*
Ouverture - Fermeture	12.0	1126.3*	1126.3*
	14.0	-	-
	16.5	1128.1*	1128.0*
	17.4	1128.1*	1128.0*
Fermeture - Ouverture	12.0	1091.1**	1090.5**
	14.0	1088.6**	1087.8**
	16.5	1085.0**	1083.9**
	17.4	1083.1**	< 1081.0**
Ouverture rapide	17.4	1083.1**	< 1081.0**

Tableau 1: Récapitulatif des oscillations en masse dans la cheminée d'équilibre avec et sans diaphragme (calcul "HS")

Pour un débit turbiné de 17.4 m³/s lors des manœuvres Fermeture-Ouverture (Figure 2) et Ouverture rapide, le niveau d'eau descend plus bas que le niveau inférieur de la chambre d'équilibre fixé à 1081.0 msm. Cela peut conduire à un entraînement d'air depuis la chambre d'équilibre vers la conduite blindée. Un tel phénomène d'aspiration d'air à la base de la cheminée est à éviter.

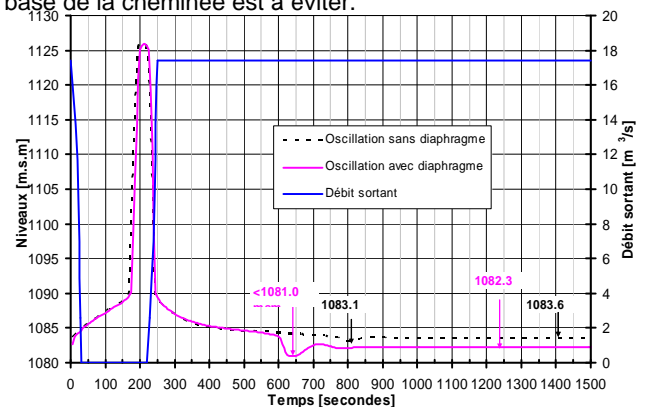


Figure 2: Niveau d'eau dans la cheminée d'équilibre pendant la manœuvre Fermeture-Ouverture pour un débit de 17.4 m³/s

Les principales conclusions peuvent se résumer comme suit :

- Pour un débit turbiné inférieur ou égal à 16.5 m³/s et un coefficient de perte de charge inférieur à 3.6 (correspondant à un taux d'obturation de la section initiale de la galerie de 14 %), le niveau d'eau dans la cheminée d'équilibre ne descend pas au-dessous de la limite inférieure de la cheminée (1081.0 msm).
- Pour des débits turbinés supérieurs à 16.5 m³/s, le niveau d'eau dans la cheminée descend plus bas que 1081.0 msm. Une aspiration d'air à partir de la cheminée au niveau de la jonction avec la conduite est donc possible.

Le même phénomène d'aspiration d'air peut également se produire pour un débit turbiné de 16.5 m³/s avec un taux d'obturation supérieur à 14 %.