

LE GEL DANS LES CONDUITES FORCÉES

FROST IN PENSTOCKS

Ch. BOUVET

Ingénieur à la Société Dauphinoise d'Etudes et de Montages

English synopsis p. 224

Une question souvent posée par les services d'exploitation des centrales hydro-électriques concerne les précautions à prendre afin d'éviter le gel dans les conduites forcées lors d'arrêts sans vidange par périodes de grands froids.

Les précautions et les dispositions à prendre varient évidemment d'une conduite à une autre suivant la distribution géographique des lieux et la connaissance des températures minima de l'eau véhiculée et de l'air ambiant. Dans tous les cas, il est recommandé de laisser un écoulement dans la conduite, sauf si celle-ci est enterrée et recouverte d'une épaisseur de terre de 0 m. 80 à 1 m. 00. Les prescriptions et recommandations pour la mise en service et l'exploitation des conduites forcées, qui sont adressées par les constructeurs à leurs clients, disent en général :

« La vitesse minimum à admettre dans les conduites, pour éviter le gel, doit être déterminée par l'exploitant, compte tenu de la température minimum, de la situation de la conduite et des dispositions d'ensemble de l'aménagement hydraulique.

« L'expérience a montré que pendant les périodes de grands froids une vitesse de l'eau de 0 m. 500 par seconde met les conduites installées complètement à l'air libre à l'abri du gel. »

De même il était souvent admis que le débit de sécurité fût au moins égal à 1 mètre cube par heure et par mètre carré de surface exposée au refroidissement, en ne comptant que sur les parties de conduites à air libre, surfaces en galerie ou en tranchée remblayées non comprises.

Ce mode de détermination du débit n'avait pas d'inconvénients pour les aménagements au fil de l'eau, l'énergie utilisée étant perdue de toute façon. Mais il n'en était pas de même pour les aménagements à réserves hydrauliques utilisées principalement en hiver où les moindres pertes d'énergie sont absolument à éviter.



Départ amont de la conduite du Portillon. Période de montage.

Il était donc nécessaire de connaître le plus exactement possible la valeur du débit minimum à maintenir.

C'est dans ce but que la Compagnie d'Electricité Industrielle fit sur les conduites du Lac d'Oo d'abord, du Portillon ensuite, dans la région de Luchon (Hautes-Pyrénées), des essais systématiques de longue durée sous la haute direction de M. MASSÉ. Pour le Portillon, fonctionnant sous une chute de plus de 1.400 mètres (niveau max. à 2,562, usine à 1.149), la conduite part de la galerie d'amenée à la cote 2.478 et se développe sur 2.460 m. de longueur, com-

plètement à air libre sauf quelques passages en galerie non fermée. Pour effectuer sur cette conduite les observations et les mesures nécessaires on a aménagé un dispositif comportant trois thermomètres placés dans une gaine vissée, pénétrant dans la conduite et remplie d'huile. Un de ces thermomètres est placé à la sortie de la galerie (2.478), un autre vers le milieu de la conduite (1.860) et le troisième vers l'usine. Les deux premiers signalent l'abaissement de la température par des feux rouges installés vers le tableau de la centrale. Ils s'allument lorsque la température de l'eau atteint $-0,4^{\circ}$. Celui du bas relié à un cadran à grandes graduations, placé au tableau, peut être facilement surveillé en hiver où la conduite est d'accès difficile ; il est d'autre part relié à une corne d'appel qui fonctionne lorsque la température de l'eau atteint $-0,4^{\circ}$. Ces indications visuelles et sonores permettent la mise en marche au moment opportun, du groupe arrêté (l'usine du Portillon comprend un seul groupe) pendant le temps nécessaire au changement complet de l'eau dans la conduite, et au relèvement de sa température.



Partie haute de la conduite du Portillon au montage.

D'après les observations faites, il résulte que, tant que la température de nuit ne tombe pas en dessous de -5° , il n'y a pas risque de gel, l'eau se réchauffant dans la journée, et la conduite pleine peut ainsi rester plusieurs jours sans fonctionner. Les risques commencent à apparaître vers -7° . On fait alors deux ou trois pointes par 24 heures.

Un fait à signaler et contrairement à ce que l'on pourrait supposer, c'est la partie de conduite se trouvant dans la galerie inférieure qui se refroidit le plus vite par suite du courant d'air existant dans celle-ci, les autres portions recouvertes de neige une grande partie de l'hiver, se trouvent en quelque sorte calorifugées.

Pour le Lac d'Oo, les dispositions prises sont beaucoup plus simples : il existe seulement un thermomètre vers la chambre d'eau et un sur le collecteur. Ces thermomètres sont à graduations très espacées entre -5 et $+5^{\circ}$. Par temps de grands froids l'homme de garde fait une visite toutes les demi-heures, inscrit la température sur une fiche qu'il doit poinçonner à une pendule de contrôle et agit en conséquence lorsque la température constatée arrive à la valeur critique pour obtenir la mise en marche d'un groupe.

A la suite des essais du Lac d'Oo, M. MASSÉ a fait en 1938-39 une étude remarquable du problème du gel. En vue d'en contrôler les résultats il devait faire effectuer des mesures au cours de l'hiver de 1940-41 au Portillon, qui, étant données la grande hauteur de chute et subséquemment la grande longueur de la conduite, son exposition au nord et la très haute altitude de la prise d'eau, se prêtait particulièrement bien à l'étude du problème. Les événements ne permirent pas les vérifications nécessaires ; celles-ci ne sont cependant pas abandonnées et nous pensons qu'elles seront reprises.

D'après l'étude de M. MASSÉ, M. DEWULF a tiré des formules simples et pratiques permettant de déterminer ainsi le débit minimum de sécurité.

Divisons la longueur de la conduite considérée en tronçons tels que pour chacun on puisse considérer comme constant le débit Q , la température ambiante T , la section S , le coefficient de transmission K entre paroi et air ambiant. Soit pour chaque tronçon :

θ_H la température de l'eau au départ du tronçon,

θ_B la température de l'eau au terminus du tronçon. posons :

$$\theta_0 = \theta_H - T \quad \theta = \theta_B - T$$

La formule est :

$$\frac{\theta_0}{\theta} = \frac{SK}{e^{CQ}}$$

dans laquelle :

- e base des logarithmes népériens, $\log. e = 0,434$,
- S surface totale de paroi du tronçon exposé à l'air,
- C coefficient calorifique de l'eau = 1.000 calories par m³.

On en déduit le volume du débit correspondant à Q donné.

$$Q = \frac{SK}{C} \log. e \frac{1}{\log. \theta_0 - \log. \theta}$$

K est à déduire d'essais délicats à effectuer pour chaque cas particulier.

A titre d'exemple prenons les conduites de Malgovert sur lesquelles on a :

Tronçon amont :

$$() \quad 2.200, \text{ long. } 725 \text{ m.}, S = 5.000 \text{ m}^2$$

Tronçon aval :

$$() \quad 2.100, \text{ long. } 715 \text{ m.}, S = 4.700 \text{ m}^2$$

Surface totale exposée à l'air :

$$S = 9.700 \text{ m}^2$$

Quel est le débit donnant au bas de la conduite une température de l'eau de 0°, quand la température de l'eau à l'entrée est + 5° et la température moyenne de l'air T = - 25°.

On a :

$$\theta_0 = 5^\circ + 25^\circ = 30^\circ \quad \theta = 0^\circ + 25^\circ = 25^\circ$$

$$Q = K \frac{9.700}{1.000} 0,434 \frac{1}{\log. 30^\circ - \log. 25^\circ}$$

M. MASSE indique comme maximum de

$$K \frac{35}{3.600} \text{ et comme minimum } \frac{10}{3.600}$$

Q peut donc être considéré comme compris entre :

$$\left[\frac{1}{3.600} \frac{9.700}{1.000} 0,434 \frac{1}{\log. 30^\circ - \log. 25^\circ} \right]_{10}$$

et

$$\left[\frac{1}{3.600} \frac{9.700}{1.000} 0,434 \frac{1}{\log. 30^\circ - \log. 25^\circ} \right]_{35}$$

c'est-à-dire entre 0,1475 m³/sec. et 0,516 m³/sec.



Vue prise de la partie supérieure du profil de la conduite du Portillon.

(Cliché S. D. E. M.)

On voit par l'exemple ci-dessus que même en prenant le cas le plus défavorable de 0,516 m³/sec. la vitesse d'écoulement de l'eau dans la conduite est de 0,15 m./sec. au lieu de 0,50 m./sec. comme indiqué précédemment.

La formule de M. DEWULF permet de fixer provisoirement la valeur du débit de sécurité en partant d'une base sérieuse qui manquait jusqu'à présent. On pourra l'utiliser au début de la période d'exploitation d'une centrale en donnant à K les valeurs ci-dessus.

Cependant étant donnée l'importance qu'il y a pour les hautes chutes modernes à grande puissance, à réduire ce débit au strict minimum, il paraît intéressant que dès le premier hiver d'exploitation d'une centrale, des essais systématiques soient entrepris pour la détermination exacte des valeurs de K permettant de fixer le débit minimum de sécurité.