Vocabulaire Technique International de l'Ingénieur*

The Engineer's Technical and International Vocabulary

AVEC LE CONCOURS DE M. G. RANSFORD ET DU PROFESSEUR GIROUD

TERMES RELATIFS AU GEL, A LA NEIGE ET A LA GLACE

LA GLACE ET LA TECHNIQUE
PERTURBATIONS CAUSÉES PAR LA GLACE
DANS L'EXPLOITATION DES BARRAGES
ET DES CENTRALES HYDRO-ÉLECTRIQUES
(Suite)

THE VOCABULARY OF FROST, SNOW AND ICE

ICE ENGINEERING
ICE TROUBLES IN DAM AND HYDRO-ELECTRIC
PLANT OPERATION
(Continued)

La vapeur fut également la première méthode employée pour combattre la formation de glace dans les turbines. Dans une usine au moins, on

* *La Houille Blanche*, n°s 4, 5, 6, 1950; n°s 1, 3, 4, 5, 6, 1951.

Ice in turbines has been dealt with by using steam, which in this case also was the earliest method. The practice at one plant at least has been shutting down the unit, unwatering the wheel case, and turning live steam in for a short

Glace recouvrant des chaînes de manœuvre de vannes.
Ice covering gate chains.

Sur une passerelle de manœuvre de vannes on aperçoit les tuyauteries d'alimentation des émulseurs.

Air bubbler lines on a gate operating bridge.

arrêtait la turbine, puis, après avoir vidangé la bêche, on y envoyait pendant quelques instants de la vapeur sous pression. Pour assister à une utilisation vraiment efficace de la vapeur, il fallut attendre la **turbine « évidée »** inventée en 1906 par M. J. MURPHY (*cored turbine*).

« On perça des trous dans les fonds de turbines et les supports de palier et on y fit passer des canalisations de vapeur. On fait donner la vapeur quand la turbine commence à perdre sa puissance, et 5 minutes après, la puissance normale est atteinte à nouveau. »

Même des roues complètement bloquées par de la glace prise en bloc peuvent être rapidement remises en marche. Dans des installations récentes, il a été prévu des canalisations de vapeur ou d'eau chaude, à l'intérieur des directrices où la glace est particulièrement gênante (elle n'adhère que rarement à la roue elle-même). On a aussi utilisé avec succès le **chauffage par induction** (*induction heating*) réalisé grâce à un bobinage fixe à courant alternatif entourant la bêche de la turbine.

time. The really successful application of steam has been in **cored turbines**, invented in 1906 by Mr. J. MURPHY :

“ Holes were bored through the end plates, which serve the purpose of keeping the water in the penstocks from entering the powerhouse, and which also form the bearing through which the turbine-shaft runs, and through these holes steam pipes were led. Steam is admitted when a unit begins to lose capacity, and normal load is picked up again within five minutes of the time of the admission of the steam. ”

Even runners completely blocked with solid ice could be rapidly started up again. In later installations, steam or hot water has been passed down cored guide vanes, where ice is most troublesome (it does not often adhere to runners). Successful use has also been made of

Les vannes de déversoir dans une rivière qui charrie des glaçons, doivent présenter la plus grande ouverture possible. Les hausses qui, lorsqu'elles sont abaissées, ne laissent rien dépasser au-dessus du niveau de l'eau, constituent la solution la meilleure. Les **vannes rouleau** (*roller gates*) ont de nombreux avantages sur les **vannes secteur** (*Taintor or sector gates*) ou sur les **vannes plates du type Stoney** (*flat Stoney gates*) dont l'ouverture est assez limitée. Le froid se transmet aisément à travers le mince tablier de ces deux derniers types de vannes et on s'expose à un arrêt de fonctionnement ainsi qu'à une poussée de la glace qui se forme en amont. Si l'on adopte le chauffage comme remède, il faut protéger le côté aval de la vanne par une paroi en bois ou en plaques métalliques minces doublées intérieurement d'isolant. Dans l'espace compris entre la vanne et cette paroi on dispose un radiateur, électrique de préférence, auquel on peut ajouter des ventilateurs pour répartir convenablement la chaleur. La face amont doit être dépourvue de saillies de manière à réduire au strict minimum l'épaisseur de la tranche d'eau à maintenir libre entre la vanne et la glace.

L'**émulseur** (*air-bubbler system*) est cependant considéré comme préférable. Un tuyau percé d'un petit orifice à son extrémité est placé à environ 3 m au-dessous de la surface libre et à environ 1,50 m de la vanne. L'air comprimé qui s'échappe, bulle à bulle, du tuyau, empêche la glace de se former devant la vanne; cette action est due, d'une part à l'agitation ainsi entretenue, d'autre part à la création d'un courant ascendant d'eau relativement plus chaude. Une telle installation est impuissante dans les cas rares où la glace se presse contre la vanne, lors d'une débâcle générale; mais ceci se produit quand la température est en hausse et que le danger de voir la vanne bloquée par le gel est écarté.

Il est également important que le gel ne soude pas les vannes à leurs guides, chemin de roulement, supports ou joints d'étanchéité. Toute fuite d'eau à travers les joints sur les côtés d'une vanne gèlera contre les roulements et le radier, à moins que l'on s'y oppose, si bien qu'il faut d'abord que les joints soient étanches. On a utilisé, pour le chauffage, la vapeur, l'eau, l'air et le courant électrique. Ce dernier est presque seul adopté aujourd'hui, car il est le plus simple et le moins cher. Au « Grand Coulee », on a même utilisé des plaques d'acier chauffées par courant d'induction pour éviter le gel des étanchéités de la vanne déversante.

Des glaçons et embruns gelés peuvent mettre hors de service certains organes de commande, tels que des volants de manœuvre. L'une des

induction heating, a stationary A.C.-actuated coil surrounding the turbine chamber.

Spillway gates in a river subject to ice runs should have the greatest clear span possible. Wicket gates, which leave a clear crest line when down, are best: **roller gates** have many advantages over the relatively short span **Taintor** (sector) **gates**, and flat **Stoney gates**. Cold easily strikes through the skin plate of the latter types of gate, with the prevention of proper operation and the risk of ice thrust caused by the ice forming on the upstream side. If heating is adopted as a remedy, the downstream side of the gate must be housed with wooden sheathing, or with light steel plates, lagged on the inside. The enclosed space is fitted with electric heaters for preference, sometimes supplemented by electric fans to give proper heat distribution; the upstream face should be free of projections so as to give a lifting clearance with the minimum water gap.

An air-bubbler system, however, is regarded as preferable. A pipe, having a small orifice at the end, is placed about 10' below water level and 5' out from the gate. Compressed air bubbling up from the pipe keeps ice from forming in front of the gate, partly by agitation and partly by creating a rising stream of comparatively warm water. Such an installation is of no use on those rare occasions when ice is pushed against the gate by a general ice movement, but such movements generally occur with rising temperatures when the danger of a gate's freezing tight is past.

It is equally important for gates not to freeze to their guides, roller tracks, supports or sealing strips; any water leaking through the seals at the sides of a gate will freeze to the rollers and to the sill unless prevented from so doing, so that the seals must be as tight as possible, as a first requirement. Steam, air, water, oil and electric current have all been used for heating, but the latter is in almost exclusive use nowadays, being simplest and cheapest to install. Steel plates heated by induction coils have even been employed to keep the spillway gate seals at Grand Coulee free of ice.

Ice and frozen spray formation may put operating equipment, such as hand wheels, out of service. One method of dealing with this

méthodes de lutte contre ces phénomènes consiste à utiliser un petit appareil de chauffage portatif projetant un jet d'eau bouillante à haute pression qui se vaporise immédiatement.

Les **bâtardeaux mobiles** (*flashboards*) doivent être suffisamment étanches, car toute fuite gèle du côté aval; ceci empêche les bâtardeaux provisoires de céder comme il convient, et les bâtardeaux amovibles ne peuvent plus être retirés. Comme leur construction est légère, ils ne sont pas propres à soutenir la pression d'une épaisse couche de glace. Si la glace s'attache aux planches et que le niveau de la retenue vient à varier, celles-ci seront endommagées. Mais pour y remédier, on peut souffler de l'air comprimé par dessous, bien que quelquefois on pratique des passes dans la glace en utilisant des **scies à glace** (*ice saws*); ces passes sont alors recouvertes de planches chauffées par-dessous, souvent par des ampoules électriques. On a supposé que la lumière aidait à empêcher l'eau de geler, mais c'est fort douteux; seule la chaleur rayonnée est efficace.

La glace de fond crée des difficultés spéciales dans les installations hydro-électriques: elle fait remonter des masses de gravier à la surface, passe sous les murs écrémeurs et bouche les grilles. Elle se porte sur les grilles en masses plates qui ne se laissent pas enlever par la chaleur et provoquent une obstruction rapide. Comme ces masses pèsent ordinairement de 70 à 100 kg par m², il est difficile de débayer les grilles à la main, même s'il ne s'agit que d'une petite section. Une solution satisfaisante de ce problème est la **grille mobile** (*travelling screens*) qui se meut continuellement débarrassée de la glace qui tend à y adhérer.

La glace crée une résistance supplémentaire à l'écoulement de l'eau et par suite elle cause, en plus des crues, d'autres difficultés dans l'exploitation d'une centrale. Une couverture de glace augmente le périmètre mouillé d'un cours d'eau ou d'un canal, les **barrages suspendus**¹ et la glace de fond réduisent leur section effective, et les pertes de charge s'accroissent du fait du transport de masses de sorbet et de glace dérivante. La formation d'une nappe de glace, ou une embâcle de morceaux de glace se déplaçant moins vite que le courant, accentue la perte de charge pendant la période d'eau encore libre (*open-season*) dans le cas où la centrale est précédée d'un long canal d'amenée. La formation d'une couverture de glace ou de barrages suspendus en aval, élève le niveau du canal de

has been to use a small portable heating unit discharging a high pressure spray of boiling water which evaporates into steam on leaving the nozzle.

Flashboards must be properly watertight, as any water which leaks past will freeze on the downstream side and may prevent temporary flashboards from bending over as desired, and permanent ones from being removed. Being of light construction they are not well suited to withstand stresses set up by a heavy sheet of ice. If ice is frozen to the boards and the pond level varies, they will be damaged; to prevent ice from freezing to them, compressed air can be bubbled below them, though sometimes trenches are opened by hand, using **ice saws**, and are kept open by covering them with boards which are heated on the under side; this is often done by electric light bulbs. (It has been supposed that light is beneficial in preventing water from freezing, though it is doubtful if anything but the radiated heat is of value).

Anchor ice creates its own special difficulties in hydro-electric plants by bringing masses of gravel to the surface, by passing under curtain walls and by clogging racks; it is carried to the screens in the form of flat lumps which resist removal by heating, and clog very rapidly. As the lumps ordinarily weigh from 15 to 20 lb. per sq. ft., even a small rack section is difficult to remove rapidly by hand. A satisfactory solution has been found in **travelling screens** (spelt "traveling" in the U.S.), which move continually upwards and are automatically cleaned of ice adhering to them.

Ice creates added resistance to the flow of water, and, on this account, as well as by making floods, causes further difficulties in power plant operation. An ice cover increases the wetted perimeter of a waterway, **hanging dams**¹ and anchor ice reduce the effective cross-section and added loss of head arises from the transport of masses of frazil and drift ice. The formation of sheet ice, or packing with cake ice moving less rapidly than the current, accentuates the **open-season** loss of head in the case of a long approach channel leading to a power plant. The formation of ice cover and "hanging dams" downstream of a power plant will raise the tailwater level, thus further

1. Voir Vocabulaire Technique du n° 3-1951, p. 436.

1. See Technical Vocabulary, n° 3-1951, p. 436

fuite, diminuant encore la hauteur de chute disponible pour la production d'énergie.

L'obstruction des chenaux par les glaces pose des problèmes spéciaux dans l'exploitation d'une centrale hydro-électrique, car non seulement il peut en résulter un arrêt total ou partiel du débit, mais la centrale peut être submergée et endommagée par la poussée directe des glaces. Ces problèmes seront traités plus en détail un peu plus loin.

Les ouvrages de prise dans les installations d'adduction d'eau sont aussi considérablement éprouvés par la glace. Il arrive souvent que le sorbet soit aspiré et bouche les grilles d'entrée. Dans les projets il est essentiel de prévoir de très faibles vitesses d'entrée et de placer la prise aussi bas que possible. On a employé avec succès les moyens de protection suivants : contre-pression, vapeur, air comprimé, chauffage de l'eau dans le puits de la pompe et refoulement à contre-courant dans la prise — prévision d'une **chambre d'eau** (*forebay*) en vue de former une couche de glace protectrice — chauffage électrique, le courant passant dans l'eau (**résistance liquide** : *water rheostat*) — et finalement explosion de petites charges de 5 à 10 kg du mélange appelé « thermit ». C'est un mélange d'aluminium et d'oxyde de fer en poudre. Chauffé par une amorce allumée électriquement, l'aluminium se combine violemment avec l'oxygène de l'oxyde, dégageant une grande chaleur et libérant le fer à l'état fondu. Le fer, en brûlant, décompose la glace. L'hydrogène libéré brûle aussi en présence de l'air.

Les tempêtes de givre peuvent provoquer la rupture des lignes de transport par suite d'effets électriques ou mécaniques. On a vu sur les câbles des couches de givre atteignant 20 cm. Le remède consiste à redistribuer les charges électriques et à envoyer une intensité double dans les lignes menacées. La chaleur ainsi produite empêche la formation de givre. L'aide des services météorologiques est essentielle pour avertir à temps de l'approche du danger.

Deux exemples de construction au nord du Cercle Polaire sont des preuves du succès obtenu dans la lutte contre la glace :

- Le premier est un barrage à voûtes multiples en travers de la Lule, en Suède.
- Le second est une centrale hydro-électrique à Porjus, en Suède, dont la puissance nominale est de 113.000 kW. Le réservoir de prise est profond, et recouvert d'une couche épaisse de neige et de glace, s'opposant à un refroidissement excessif de l'eau. Les ouvrages d'amenée comportent d'abord un canal à ciel ouvert, large

reducing the head available for power generation. Ice gorging raises special problems in power-house operation, as, quite apart from cutting off the entire, or almost the entire stream flow, power plants may be flooded and damaged by direct ice thrust. These problems will be more fully dealt with in a later section.

Intakes for water supply works have also suffered considerably from ice trouble, as frazil is often drawn down and clogs entrance racks. In designing them, it is essential that the intake velocity be kept to a low value and also that the intake itself be located as deep as possible. The following remedial measures have proved successful: back pressure, steam, compressed air, heating the water in the pump well and forcing it back through the intake, the provision of a *forebay* with a view to the ready formation of a protective ice sheet, electrical heating with the current passing through the water (*water rheostat*), and finally, the explosion of small 10 lb. to 15 lb. charges of "**Thermit**" (or "**Thermite**") mixture. The latter is a mixture of aluminium and iron oxide in powdered form; on being heated by a "**primer**", electrically fired, the aluminium combines violently with the oxygen of the oxide, generating great heat and setting the other metal free in the molten state. The ice is itself decomposed by the hot iron; hydrogen is liberated and undergoes further combustion in the presence of air.

Ice storms may cause the failure of transmission lines, either electrically or mechanically; ice growths have attained a thickness of 8" on transmission wires. The remedy is re-routing of the electrical loading so that double current is switched into lines threatened by such a storm; the heating thus produced will prevent ice formation. Cooperation with meteorological services is essential for adequate warning of the approaching danger.

Two examples of structures built north of the Arctic Circle serve to exemplify the success which has been achieved in dealing with ice. The first, constructed across the Lule River in Sweden, is a dam of the delicate multiple arch type. The second is a power plant at Porjus, Sweden, with a designed output of 113,000 kW. The forebay reservoir is deep, with a thick **ice**—and **snow-blanket** that keeps

↑ Après.
↑ After.

Effet du givre sur une ligne à 150 kV.

*The effect of an ice storm
upon a 150 kV transmission line.*

Avant.
← Before.

et profond, à faible vitesse, puis une galerie en rocher longue de 520 m aboutissant à une chambre d'eau souterraine. De là, des puits verticaux descendent jusqu'à la centrale taillée dans le granit. Une galerie de fuite de 1.300 m rejoint enfin la rivière à l'aval. Le gel est complètement évité, même par des temps extrêmement froids, où la température peut atteindre -50°F , c'est-à-dire -45°C .

(A suivre.)

the water warm. The water is led through a deep, wide, slow-flowing, open-cut intake canal, and then through 1,700 feet of tunnel in rock to a rock-covered distribution reservoir; then, in vertical shafts, to a power house carved out of solid granite. A 4,200' discharge tunnel in rock leads to the lower levels of the river. Freezing is completely avoided even in extremely cold weather, when the temperature may fall to -50°F (-45°C).

(To be continued.)