



Les patinoires réfrigérées : 30 ans d'évolution

Éléments de conception stratégiques à prendre en considération lors de la construction/rénovation d'une patinoire

Le design des patinoires réfrigérées au Québec a considérablement évolué au cours des 30 dernières années. Cet article fait un survol de cette évolution en s'attardant à l'aspect du circuit de caloporteur (saumure ou glycol) : le fluide qui sert à extraire la chaleur de la dalle réfrigérée et à la transporter jusqu'au vaporisateur, où elle est absorbée par le frigorigène qui entre en ébullition (chaleur latente). *N.D.L.R. Les concepteurs ou gestionnaires de patinoires intéressés par l'article complet de 25 pages – accompagné de plusieurs figures, tableaux, formules et exemples pratiques – sont invités à télécharger le document sur la page Web de l'auteur – voir coordonnées au bas de l'article. Le titre en est le suivant : « Les patinoires réfrigérées – Trente ans d'évolution dans les systèmes de caloporteurs (saumure, glycol) ».*

MISE EN SITUATION

Dans les années 1980, la Ville de Montréal a été interpellée par le besoin de réduire la consommation d'énergie de ses patinoires*. Nous avons alors réalisé que parmi celles-ci, il y en avait une qui se distinguait des autres; elle fonctionnait avec une pompe à saumure de 25 HP. Elle fut notre inspiration! Dans les années 1990-2000, nous avons de nouveau été interpellés par le besoin pressant de remplacer plusieurs collecteurs de saumure complètement corrodés. Nous

avons alors saisi l'occasion de réduire davantage la facture d'énergie et les coûts de réparation en introduisant une nouvelle conception de collecteurs de saumure permettant l'utilisa-

tions de climatisation (eau glacée). Pour un débit de 900 US gpm, le nouveau différentiel de température de la saumure est devenu ($\Delta t = 2,01$ °F), une amélioration importante.

« La saumure peut être utilisée avec différents matériaux, dont l'acier au carbone, le PVC, l'inox 316 et le titane. [...]

L'éthylène glycol (EG) est un caloporteur rarement utilisé dans les patinoires. »

tion de tuyaux de plus petit diamètre. Une première transformation du moteur de la pompe à saumure de 50 HP à 1800 tr/min (équipant la majorité des patinoires) par une pompe de 30 HP à 1200 tr/min a permis d'éliminer 25 BHP sur le moteur de la pompe à saumure (de l'énergie qui se transforme en friction chaleur dans la dalle et devient une charge de réfrigération). Le différentiel de température (Δt) pour le système de circulation de saumure original ($\Delta t = 1,31$ °F – voir *Tableau 1*) était vraiment petit lorsque comparé au $\Delta t = 10-15$ °F que l'on retrouve couramment dans les sys-

SYSTÈME DEUX À QUATRE PASSES

Cela pouvait-il encore être amélioré? Nous avons dû patienter cinq ans pour le découvrir, jusqu'au développement du système à quatre passes. Considérant que la température d'alimentation de saumure est 12 °F et que le nouveau différentiel de température à pleine charge de réfrigération pour un système à quatre passes est $\Delta t = 4,02$ °F (*Tableau 1*), la probabilité que la dalle réfrigérée ne gèle pas était de zéro. Par contre, il y avait la possibilité que la glace gèle plus lentement, que le gel soit inégal sur l'ensemble de la surface, que la glace soit à température variable selon qu'on mesure sa température sur la passe 1, 2, 3, ou 4 d'un circuit. Il faut reconnaître que la transformation d'un système à deux passes en un système à quatre passes était osée, car la modification est permanente. Néanmoins, l'expérience nous a permis d'éliminer 10 HP sur le moteur de la pompe à saumure.

La construction de collecteurs de saumure en tuyaux de PVC a débuté

Tableau 1 - Relation entre le nombre de passes dans l'échangeur de chaleur, le débit et le différentiel de température (Δt) à 71 Tr

Type d'échangeur, PE 1" \ominus DI	Débit (US gpm)	Δt (°F)
2 passes - 400 pi linéaires	1500	1,31
2 passes - 400 pi linéaires	903	2,18
4 passes - 800 pi linéaires	451	4,02

TABLEAU SYNTHÈSE

- Historiquement, les patinoires de la Ville de Montréal et celles des autres propriétaires ont été largement suréquipées en ce qui concerne le débit de saumure et la force motrice de la pompe qui fait circuler le caloporteur dans la dalle réfrigérée.
- Nous avons réduit le HP de nos pompes en deux étapes : une première étape de 50 à 30 HP et une seconde étape de 30 à 15 HP. Quand la bonne nouvelle a commencé à être reconnue, notre design à quatre passes a beaucoup été copié par les autres propriétaires.
- On compte différents types de collecteurs de saumure : conception classique (retour direct ou inversé) et conception évolutive (alimentation/retour par un point central). Ce dernier type offre une réduction substantielle dans les coûts de construction et il s'équilibre automatiquement.
- Le caloporteur le plus utilisé dans la dalle réfrigérée des arénas est la saumure de CaCl₂, tandis que l'éthylène glycol (EG) est rarement utilisé.
- Il y a deux dimensions utilisées pour l'espacement c/c des tuyaux de PE 1" Ø qui composent l'échangeur de chaleur enfoui dans la dalle réfrigérée : le standard universel (4" c/c) et le standard (principal) de la Ville (3 1/2" c/c).
- Pour avoir du succès dans la conception et la construction d'un collecteur de saumure en PVC, il est primordial de gérer la dilatation/contraction thermique.
- Pour une dalle réfrigérée à quatre passes, la température de surface de la glace mesurée au-dessus d'un circuit (passes 1, 2, 3 et 4) avec un thermomètre infrarouge confirme que la variation de température est inférieure à 1 °F.
- Nous avons noté une amélioration dans le temps requis pour geler une dalle à quatre passes. C'est compréhensible, car il y a 10 BHP de moins dissipés en friction chaleur dans la dalle.
- Le concept de dalle à quatre passes a largement été testé sur des patinoires qui répondent au standard nord-américain et qui utilisent 70-80 Tr. Il a aussi été testé par nous sur une dalle de dimension olympique, là où la capacité frigorifique est de 160 Tr (aréna M-Richard).

au début des années 1990. Avant cette date, les tuyaux étaient presque exclusivement en acier. La conception des systèmes s'est raffinée avec les années pour se stabiliser en 1996 (voir la Figure 1).

CONCEPTION STRATÉGIQUE

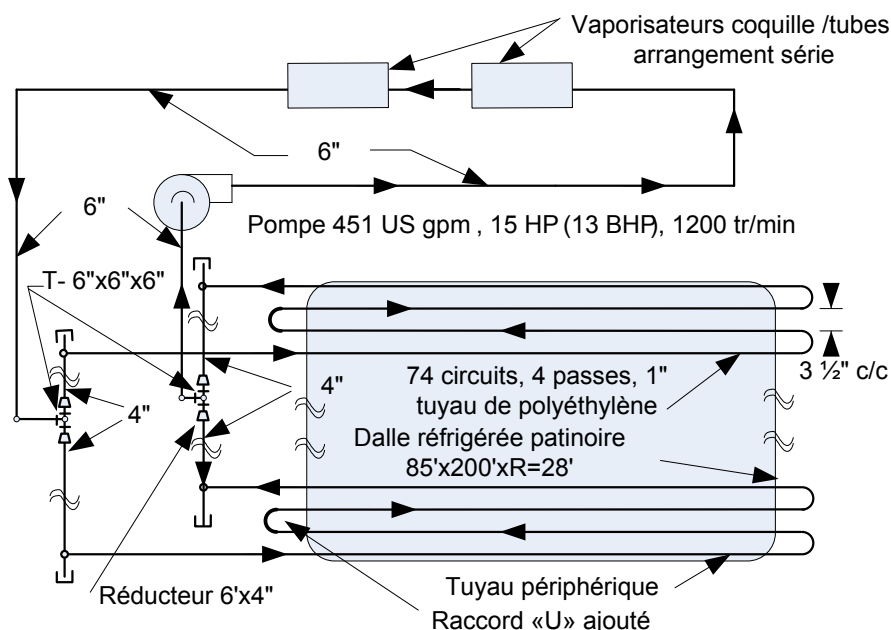
Voici brièvement quelques éléments à surveiller lors de la conception des systèmes.

1- Quel caloporteur utiliser? Le caloporteur le plus fréquemment utilisé pour les patinoires est la saumure de CaCl₂. C'est une substance stable, non toxique, qui ne se dégrade pas. Elle est peu dispendieuse, n'est pas susceptible de se corrompre (sa viscosité est semblable à celle de l'eau : 6,6 cP vs 7,0 cP à 0 °F) et n'est pas corrosive pour l'acier lorsqu'elle n'entre pas en contact avec l'oxygène de l'air. Le réseau de saumure doit être étanche à l'air et contenir un inhibiteur de corrosion. Le pH du caloporteur doit également être équilibré. La saumure peut être utilisée avec différents matériaux, dont l'acier au carbone, le PVC, l'innox 316 et le titane. Le bâti de la pompe à saumure et sa roue doivent être en fonte et les garnitures en métaux ferreux. Le cuivre et le bronze ne doivent pas

être utilisés. Éviter les assemblages de différents métaux, en contact avec la saumure. L'éthylène glycol (EG) est un caloporteur rarement utilisé dans les patinoires. C'est une substance qui peut se dégrader, est toxique, dispendieuse et susceptible de se corrompre, dont

la viscosité est de 20,0 cP à 50 °F (poids) et 0 °F. Le réseau de glycol doit être étanche à l'air, contenir un inhibiteur de corrosion et le pH doit être équilibré. Le caloporteur EG peut être utilisé avec de l'acier au carbone, du bronze et du cuivre.

Figure 1 - Système à quatre passes, alimenté et retourné par un point central, arrangement des vaporisateurs en série



NOTE : Lors du remplacement des systèmes frigorifiques HCFC-22 par des systèmes à l'ammoniac, nous utilisons le même schéma dans nos projets de mise aux normes des arénas, excepté que le vaporisateur est à plaques et un tamis est ajouté au refoulement de la pompe pour protéger les plaques dans le vaporisateur.

- 2- Quel calorifuge utiliser?** Nous utilisons le néoprène homologué 25/50 (une substance qui n'absorbe pas l'humidité) : une seule couche de 3/4" posée sur les tuyaux de PVC 6", 4" et PE 1"Ø. Le chemisage du calorifuge consiste en une couche de peinture pour néoprène, couleur blanche (laquelle conserve la souplesse du calorifuge).
- 3- Comment mieux équilibrer l'écoulement de saumure dans la dalle?** On ne doit pas utiliser une architecture de retour direct avec des robinets d'équilibrage pour chaque circuit, car le système ne fonctionnera pas une année. La saumure va fuir par le joint du robinet et en peu de temps la corrosion va tout gripper dans la rouille. Utiliser un «collecteur de retour d'alimentation par un point central» s'avère plus efficace qu'utiliser une architecture de retour inversé, et cela priorise l'usage d'une architecture de réseau, laquelle s'équilibre naturellement car les circuits sont plus courts le long de la bande, à cause de la courbure des coins de la patinoire.
- 4- Comment minimiser le potentiel de fuite de saumure?** Ne pas installer de robinets ou d'accessoires qui ne

sont pas absolument nécessaires. Les puits de thermomètres doivent être en inox 316. Bien gérer la dilatation/contraction thermique du collecteur. Les petits tuyaux ne doivent pas être de diamètre plus petit que 3/4"Ø. Les manomètres doivent être en inox et être remplacés annuellement selon le besoin. Le bâti du filtre à poche ainsi que son panier doivent être en inox 316 et la hauteur du panier doit être d'au moins 30". Protéger les petits tuyaux contre les chocs et les contraintes. Il est de bonne pratique lorsqu'on construit ou remplace un collecteur de saumure de faire un test de pression pour découvrir les fuites et effectuer les réparations avant de poser le calorifuge. Le test de pression ne doit pas excéder la pression de fonctionnement du système, soit une pression de 35-40 psig (maintenue pendant 24h).

- 5- Quelles précautions prendre pour éviter d'endommager la tubulure de polyéthylène (PE)?** Ne jamais chauffer le tuyau de PE avec un séchoir à cheveux pour faciliter l'installation et l'insertion des accessoires, car le tuyau devient fragile et risque de se fissurer. Ne jamais utiliser de savon à vaisselle pour faciliter l'installation

et l'insertion des accessoires, car des trous microscopiques pourront se créer dans le tuyau en PE et laisser fuir la saumure. Si des bulles de savon à vaisselle sont utilisées sur les joints de la tubulure pour découvrir où sont les fuites de saumure dans un but de réparation, l'extérieur de la tubulure doit être rincé à grande eau dans les meilleurs délais, car le savon est délétère au PE. Ne jamais rincer l'intérieur de la tubulure avec un produit de dégraissage/nettoyage, car des trous microscopiques pourront également être créés et laisser fuir la saumure ailleurs dans le réseau (rendant le diagnostic encore plus difficile – surtout en dessous de la dalle). Ne pas utiliser de graisse ni de lubrifiant pour faciliter l'insertion et l'installation des accessoires de tuyauterie en PE – utiliser seulement de l'eau bouillante. **PCC**

■ *Claude Dumas, ing., est expert en systèmes de réfrigération dans les arénas pour la Ville de Montréal. Il peut être joint au cdumas@ville.montreal.qc.ca. La page Web de l'auteur, sur laquelle se trouve l'article intégral de 25 pages en format PDF téléchargeable, est la suivante : <http://pages.videotron.com/nh3/>.*

*La Ville de Montréal possède et exploite 47 patinoires réfrigérées : 41 à l'intérieur et 6 à l'extérieur. Les informations contenues dans cette chronique sont fournies à titre indicatif, sans garantie implicite ou explicite.

INDEX DES ANNONCEURS

Adrian Steel	www.adriansteel.com	23
AHR Expo	www.ahrexpo.com	17
Bibby Ste-Croix	www.Bibby-Ste-Croix.com	8, 9
CMPX	www.cmpxshow.ca	27
Deschênes & Fils	www.deschenes.ca	19
Ford	www.ford.ca	5
IPEX	www.ipexinc.com/systeme636	15, 31
Liberty Pumps	www.libertypumps.com	2
Master Group	www.master.ca	13
Napoleon	www.chauffageetclimatisationnapoleon.com	32
Saniflo	www.saniflo.com/fr	25