

Couverture

Les patinoires réfrigérées Trente ans d'évolution dans les systèmes de caloporteurs (saumure, glycol)

21 octobre 2015
© 2015 Claude Dumas

Note :

Les informations contenues dans le présent document sont fournies par l'auteur à titre indicatif seulement, sans garantie implicite ou explicite. Il revient à l'utilisateur de confirmer la véracité des informations et assurer que le tout soit applicable pour l'usage qu'il désire en faire.

Introduction:

Le design des patinoires réfrigérées au Québec a considérablement évolué au cours des 30 dernières années.

Les patinoires qui ont été construites dans les années 1950 à 1980 ont été largement suréquipées à tout point de vue.

Je vais vous présenter le cas du circuit de caloporteur, (saumure ou glycol) fluide qui, sert à extraire la chaleur de la dalle réfrigérée et la transporte jusque dans le vaporisateur la ou elle est absorbée par le réfrigérant qui entre en ébullition (chaleur latente).

Dans les années 1980, nous avons été interpellés par le besoin de réduire la consommation d'énergie des patinoires qui composent notre parc immobilier. Nous avons alors pris conscience que parmi celles-ci il y en avait une qui se différenciait des autres, elle fonctionnait avec une pompe à saumure de 25 Hp, ce fut notre inspiration!

Dans les années 1990-2000, nous avons été de nouveau interpellé par le besoin pressant de remplacer plusieurs collecteurs de saumure complètement corrodés, rendu en fin de vie utile. Nous allons vous expliquer comment nous avons saisi l'occasion pour réduire plus la facture d'énergie et les coûts de réparation en introduisant un nouveau design de collecteur de saumure qui permet l'usage de tuyaux de plus petit diamètre.

Corps:

Avant 1985, la majorité de nos 25 patinoires qui sont de dimension standard nord-américaine (85' x 200' x 28'=R), étaient suréquipées de pompe à saumure, soit 50Hp pour vingt-deux (22) glaces, 60Hp pour deux (2) glaces et 25Hp pour une (1) glace.

Dans les années 1980, nous avons été interpellés par la demande de réduire la consommation d'énergie des patinoires de notre parc immobilier.

La motivation pour innover provient d'un besoin exprimé. Au début des années 80, les projets d'économie d'énergie deviennent à la mode, c'est bien vu de faire des économies d'énergie.

Ce besoin nous a interpellé à chaque automne lors de la préparation du budget car les gestionnaires cherchaient des économies d'électricité pour satisfaire la demande, couper les dépenses de fonctionnement.

Les arénas sont de gros consommateurs d'énergie et dans le budget d'opération d'un parc immobilier, la facture des arénas est très visible spécialement si vous en possédez vingt-cinq (25). Nous avons réalisé que parmi nos arénas, il y en avait un qui fonctionnait très bien avec une pompe à saumure de 25 Hp, ce qui ne cadrait pas avec le reste du parc. Nous avons décidé de faire un test dans un autre aréna en réduisant d'environ 50% le débit de la pompe à saumure, l'entente avec le propriétaire était à l'effet que si le test n'était pas concluant, on remettrait le moteur 50 Hp en place. Le test a été concluant et nous pouvions procéder avec le projet, réduire le débit dans l'ensemble des arénas.

Le nombre de glaces dans le parc immobilier a été un facteur important pour nous:

A)- Motiver. B)- Poser un défi à relever. C)- Pointer vers la solution:

1. Une pompe de 25Hp dans une des glaces vs une pompe de 50Hp dans les autres, c'est matière à réflexion.
2. Le nombre de patinoire en opération a fait en sorte que nous avions des ressources (des frigoristes, un service d'entretien) pour faire le test et fournir le budget.
3. De bien connaître les détails de chaque arénas nous a permis de les analyser, de les comparer et de tirer les bonnes conclusions.
4. La formule suivante $H_p \text{ (eau)} = \text{GPM} \times \Delta p \text{ (pi)} / 3960 \times \text{Eff}$ nous a permis de visualiser l'effet des différents facteurs qui constituent le Hp de la pompe.
5. La formule suivante $Q \text{ (Btu/h)} = 500 \times \text{Débit (USgpm)} \times \Delta t \text{ (°F)} \times \text{Cp (Btu/lb-°F)} \times \text{SpGr}$ nous a permis de visualiser l'effet des différents facteurs qui constituent le Q.
6. Les acteurs de l'industrie de la réfrigération sont très conservateurs et sont réticents à oser modifier une vieille recette qui fonctionne, ce qui freine l'évolution de la technologie!
7. Être là au bon moment pour évaluer l'occasion et la saisir était primordial.

Le différentiel de température pour le système de circulation de saumure original ($\Delta t = 1.31^\circ\text{F}$) Tableau 1 était tellement petit lorsque comparé au $\Delta t = 10-15^\circ\text{F}$ que l'on retrouve couramment dans les systèmes de climatisation (eau glacée). Pour un débit de 900 USgpm, le nouveau différentiel de température de la saumure est devenu ($\Delta t = 2.01^\circ\text{F}$) une amélioration importante. La transformation du moteur de la pompe à saumure de 50 Hp 1800 rpm à 30 Hp 1200 rpm nous a permis d'éliminer 25Bhp 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. Cela pouvait-il encore être amélioré? Nous avons du patienter 5 ans pour le découvrir, jusqu'à la seconde interpellation qui nous a motivé à entreprendre le développement du système à 4 passes. Pour augmenter le Δt de la saumure circulant dans l'échangeur de chaleur qui est coulé dans le béton de la dalle réfrigérée, il fallait augmenter son temps de résidence. Comment y parvenir? Soit en diminuant le débit de saumure, ou bien en allongeant son parcours dans la dalle ou une combinaison des deux facteurs. Dans la dalle, il fallait garder l'écoulement turbulent et ne pas tomber dans le régime laminaire. Dans la coquille du vaporisateur, il fallait aussi garder l'écoulement turbulent pour ne pas augmenter le LMTD (Log Mean Temperature Difference) du vaporisateur coquille et tubes, ce qui aurait abaissé la température de succion du compresseur et augmenté sa consommation d'énergie.

-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 de 4 passes est ($\Delta t = 4.02^\circ\text{F}$) Tableau 1, la probabilité que la dalle réfrigérée ne gèle pas était 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 dépendant si on mesure la température de la glace sur la passe #1, #2, #3, ou #4 d'un circuit. Il faut reconnaître que la transformation de 2 passes à 4 passes était osée car la modification est permanente, il serait difficile de revenir en arrière. La température de surface de la glace mesurée avec un thermomètre infrarouge confirme que la variation de température entre les passes #1 et #4 est inférieure à 1°F . La transformation de la dalle de 2 à 4 passes nous a permis d'éliminer 10Hp 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.

Il existait deux façons de réduire le débit d'une pompe, soit usiner la turbine pour en diminuer le diamètre ou réduire la vitesse du moteur en modifiant le nombre de pôles du moteur (1200 rpm vs 1800rpm). L'ajout d'un entraînement EFV n'a pas été considéré en 1985 car ladite technologie n'était pas encore mature. Les caractéristiques qu'il faut prendre en considération lorsqu'il est requis de remplacer un moteur boulonné sur une base de pompe sont la distance c/c des trous de boulon qui fixent les pieds du moteur sur la base de pompe, la hauteur de l'axe au-dessus de la base et le diamètre de l'axe du moteur. La solution la plus dispendieuse et complexe était d'usiner la turbine des pompes. Nous avons donc choisi de réduire la vitesse du moteur car nous avons constaté que le numéro de bâti du moteur 50 Hp 1800 rpm 326T était identique à celui du moteur 30 Hp 1200 rpm, cela nous permettait de ne pas modifier la base du moteur et de conserver l'accouplement. Nous avons fait transformer/rembobiner 22 moteurs de 50 Hp 1800 rpm à 30 Hp 1200 rpm, ce fut un réel succès même si quatre de ces moteurs ont du être éventuellement remplacés par de nouveaux, le rembobinage les avait rendus extrêmement bruyants (bruit d'origine magnétique produit par le bâti qui n'avait pas été optimisé pour 1200 rpm).

Nous ne l'avons pas réalisé pleinement à l'époque, par contre notre marge de manœuvre pour réduire plus la facture énergétique était très limitée tant et aussi longtemps que nous n'avons pas osé modifier le collecteur de saumure, c'est l'histoire qui est racontée par la Fig. 1 et par le texte qui l'accompagne.

Insérer Fig. 1

Installation typique originale, 2P, 1500USgpm de saumure

De 1953 à 1984:

Le tuyau collecteur de saumure au bout de la dalle, construit selon la configuration retour inversé, contenait 255' de tuyaux 8" ID, acier sch #40.

Le débit de saumure original était 1500 USgpm, la tête de pompe 43 psig, 50 Hp.

Dans chaque vaporisateur, le débit de saumure était 750 USgpm. Le schéma du système original était conforme à la Fig. 1, excepté que les débits étaient plus considérables.

Installation typique, 1e modification, 2P, 903 USgpm de saumure

De 1984 à 1986:

Le moteur de la pompe 50 Hp a été rembobiné de 1800 rpm à 1200 rpm, 30 Hp, (25Bhp), 903 USgpm. Dans chaque vaporisateur, le débit de saumure a été réduit de 750 à 451 USgpm.

Dans la dalle réfrigérée, le débit de saumure qui circulait dans chaque circuit de 2 passes a été réduit de 10.1 à 6.1 USgpm, Fig. 1.

Économie d'énergie et de coûts de construction:

- 1- Une économie récurrente de 25 BHp sur le moteur de la pompe à saumure, qui fonctionne soit 7.5 ou 12 mois/an.
- 2- Une économie récurrente sur le BHp requis pour la réfrigération car moins d'énergie de la pompe se dissipe en friction/chaleur dans la dalle.
- 3- Le caloporteur est du CaCl₂, dont la gravité spécifique a été réduite de 1.25 à 1.19, une économie de sel (CaCl₂) et une diminution du BHp de la pompe.

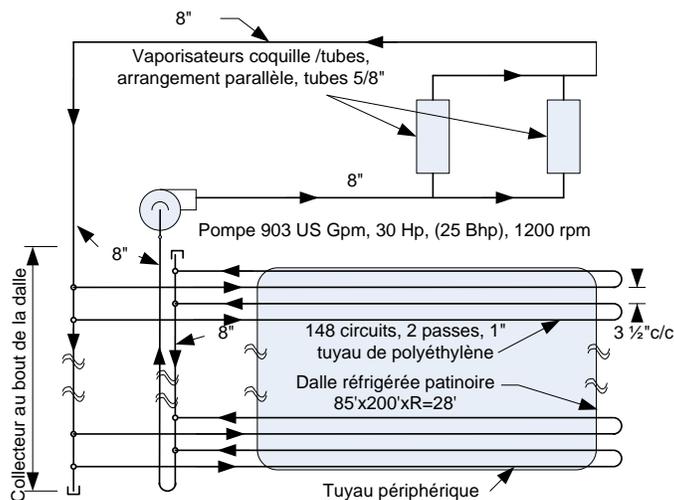


Fig. 1

Schéma d'un système à 2 passes, retour inversé, arrangement des vaporisateurs en parallèle

La construction de collecteurs de saumure en tuyaux de PVC a débuté au début des années 1990, avant cette date l'acier était presque exclusivement utilisé.

Dans les années 1990-2000, nous avons été de nouveau interpellé par le besoin pressant de remplacer plusieurs collecteurs de saumure rendus en fin de vie utile pour cause de corrosion.

Plusieurs collecteurs de saumure étaient entièrement rouillés, la saumure suintait au travers de la rouille au point de former des gouttelettes de saumure sous le tuyau. La saison de hockey dans certains quartiers de la Ville était menacée par le risque de devoir fermer d'urgence une patinoire pendant 2 -3 mois en hiver, pour exécuter d'urgence les réparations.

Nous avons saisi l'occasion présentée par le remplacement des collecteurs de saumure pour innover, nous avons mis en place un programme d'inspection annuel des collecteurs afin de planifier les réparations et les ressources une année à l'avance pour exécuter le contrat de réparation pendant l'été de façon à minimiser les dérangements pour les utilisateurs. Tout compte fait, nous avons fait face à un seul remplacement en urgence, réalisé de septembre à octobre.

Vu que la corrosion des collecteurs a servi à justifier le budget requis pour les travaux de remplacement, la mesure d'économie d'énergie afférente avait un PRI (Période Retour Investissement) instantané, le nouveau design du collecteur a permis de réduire les coûts de construction en utilisant des tuyaux de plus petit diamètre. En comparant les Fig. 1 et 2, nous pouvons visualiser un premier pas dans la réduction des coûts de construction. Pendant 5 ans, nous avons fait graduellement évoluer le design, Fig. 2 en profitant de chaque remplacement de collecteur, pour tester les modifications qui nous ont permis de mener le design à maturité, Fig. 3. Comparer les Fig. 2 et 3 permet de visualiser un second pas dans la réduction des coûts de construction tout en assurant un meilleur équilibrage des différents circuits de saumure dans la dalle, le design est stabilisé depuis 1996, Fig. 3.

Insérer Fig. 2 et 3

Installation typique, 2e modification, 4P, 451USgpm, collecteur de 4" sur la moitié de la largeur, De 1991 à 1996:

La Ville a remplacé cinq (5) systèmes collecteurs de saumure et nous en avons profité pour tester et mettre au point un design novateur, soit configurer un échangeur de chaleur à 4 passes dans la dalle réfrigérée, design qui est plus économique à construire et à opérer que le design traditionnel, Fig. 1 car la tuyauterie du collecteur est plus petite.

Le tuyau collecteur au bout de la dalle comprend 170' de tuyaux 6" et 85' de tuyaux de 4", PVC sch #80, Fig. 2.

La pompe de 30 Hp (25 BHp) a été remplacée par une nouvelle pompe de 15 Hp, 1200 rpm, (13 BHp).

Dans le but de maintenir la vitesse du caloporteur dans la dalle à un niveau acceptable et de produire un échange efficace de la chaleur;

1- Le débit de saumure modifié précédemment Fig. 1 qui était 903 USgpm est ici réduit à 451 USgpm, ce qui signifie que dans chaque vaporisateur, le débit de saumure est resté inchangé car les réseaux de saumure dans les vaporisateurs ont été raccordés en série. La performance d'un compresseur sur deux s'est améliorée due à son positionnement dans l'arrangement en série, ce qui élève sa température de succion.

2- Dans la dalle, le débit de saumure qui circulait dans chaque circuit de 2 passes est conservé à 6.1 USgpm car chaque arrangement deux circuits de 2 passes sont transformés en un circuit de 4 passes par l'ajout d'un «U» entre deux circuits.

Le tuyau périphérique suit le bord de la dalle sur deux fois 200' et il est positionné soit sous la bande ou 1" en dehors de la bande, pour assurer la formation rapide de la glace le long de la bande.

Économie d'énergie et de coût de construction:

1- Une économie récurrente de 12 BHp sur le moteur de la pompe à saumure.

2- Une économie récurrente sur le BHp requis pour la réfrigération car la pompe dégage moins de chaleur dans la dalle.

3- Une économie dans le coût de construction, tuyaux de plus petit diamètre, aussi le tamis existant a été enlevé car il n'y a aucun besoin de protéger les vaporisateurs coquille et tubes vu que le diamètre des tubes est 5/8" OD dans un vaporisateur tubes et coquille, Tableau 2.

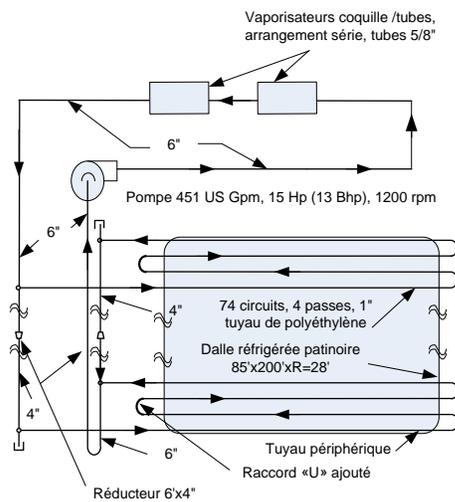


Fig. 2

Schéma d'un système à 4 passes, retour inversé, arrangement des vaporisateurs en série

La Fig. 2, un design reconnu par un 1er prix: «1999 ASHRAE TECHNOLOGY AWARD». Les détails sont dans les périodiques: HPAC ENGINEERING, Feb. 1996 et ASHRAE JOURNAL Aug. 1999, aussi sur la page web de l'auteur «http://pages.videotron.com/nh3/text/publications_cdumas.html»

Installation typique, 3e modification, 4P, 451USgpm, collecteur alimenté par le point milieu, collecteur 4" sur toute la largeur de la dalle

De 1996 à 2006:

La Ville a remplacé plusieurs systèmes collecteurs de saumure et nous en avons profité pour tester et mettre au point notre design novateur à 4 passes, Fig. 2 une amélioration qui diminue encore plus le coût de construction tout en équilibrant mieux l'écoulement du caloporteur dans chaque circuit, Fig. 3.

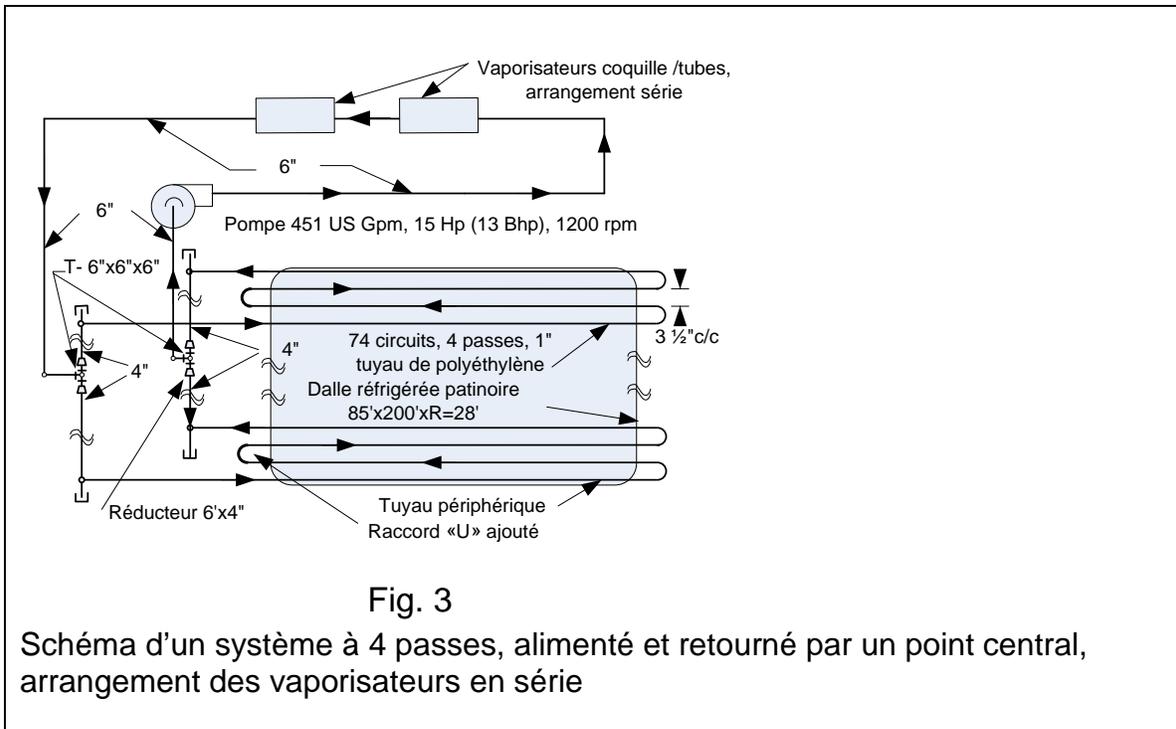
Le tuyau collecteur au bout de la dalle comprend 85' de tuyaux 6"ID et 170' de tuyaux de 4" ID, PVC sch #80.

Le débit de saumure dans la dalle Fig. 2, demeure 451 USgpm. La pompe de 15 Hp, 1200 rpm, (13 BHp) est conservée.

Un collecteur alimenté par son centre permet de mieux balancer chacun des circuits de caloporteur dans la dalle car les circuits les plus éloignés de la ligne de centre sont les plus courts à cause des coins ronds de la dalle réfrigérée

Économie de coût de construction:

Dans la Fig. 3, une économie supplémentaire dans le coût de construction est réalisée par rapport à la Fig. 2 car nous avons substitué 85' de tuyau de 6" par du tuyau de 4", Tableau 2.



Comment pouvons-nous juger si un réseau de caloporteur est surdimensionné? Un simple calcul suffit.

Supposons que : $C_p = 0.715 \text{ Btu/lb-}^\circ\text{F}$, $SpGr = 1.21$, $Q = 71\text{Tr}$, Débit = 1500 USgpm. Nous utiliserons la formule suivante pour calculer le Δt , formule qui devrait être connue de plusieurs d'entre vous qui l'avez probablement utilisée pour calculer l'énergie transportée par de l'eau dans un système de chauffage, là où la formule se simplifie car les termes C_p et $SpGr$ sont égaux à 1.0 (H_2O , $C_p=1.00$ à 68°F , $SpGr=1.00$ à 32°F). $Q \text{ (Btu/h)} = 500 \times \text{Débit (USgpm)} \times \Delta t \text{ (}^\circ\text{F)} \times C_p \text{ (Btu/lb-}^\circ\text{F)} \times SpGr$. $71\text{Tr} \times 12000 \text{ btu/h} = 500 \times 1500 \text{ USgpm} \times \Delta t \times 0.715 \text{ Btu/lb-}^\circ\text{F} \times 1.21 \text{ SpGr}$. Le $\Delta t = 1.31^\circ\text{F}$ dans un échangeur de chaleur qui parcourt $2 \times 200' = 400'$ (tuyau PE 1"Ø) pour un circuit de 2 passes. C'est un Δt qui est extrêmement petit, insignifiant même lorsque le système frigorifique fonctionne à pleine charge (71Tr), encore plus insignifiant lorsque le système fonctionne à charge partielle, très difficile à mesurer avec deux thermomètres plantés dans les tuyaux là où circule le caloporteur, car l'erreur de l'instrument de mesure est souvent plus grande que le Δt que l'on veut mesurer.

Faisons varier le débit et calculons le Δt correspondant pour 71Tr:

Type d'échangeur	.Débit	Δt
2 Passes ...400 Pi lin	1500 USgpm	1.31°F
2 Passes ...400 Pi lin	903 USgpm	2.18°F
4 Passes ...800 Pi lin	451 USgpm	4.02°F

TABLEAU 1

Le tableau 1 illustre la relation entre le nombre de passes dans l'échangeur de chaleur, le débit et le Δt .

La Fig. 4 met en pratique les leçons apprises dans la Fig.3 et les adapte à l'usage d'un vaporisateur à plaques.

Insérer la Fig.4

Installation normalisée, 4P, 451USgpm, vaporisateur à plaques

Depuis 2006:

La Ville a mis en place un projet pour remplacer à terme les systèmes frigorifiques (HCFC-22) de tous ses arénas par un système frigorifique à charge critique qui fonctionne au R-717 et qui utilise un vaporisateur à plaques.

Nous en avons profité pour faire la mise à niveau des collecteurs de saumure qui n'avaient pas été remplacés depuis la construction de l'aréna, Fig. 4.

Dans l'unique vaporisateur, le débit de saumure est 451 USgpm tandis que dans la dalle le débit de saumure est 6.1 USgpm pour chaque circuit de l'échangeur de chaleur à 4 passes, inchangé par rapport à la Fig. 3.

Le tamis avec perforations de 1mm est requis sur le refoulement de la pompe pour protéger le vaporisateur à plaques.

Le tuyau périphérique Fig. 4 fait partie du premier circuit sur le bord de la bande et suit le bord de la dalle sur 200' et il est positionné soit sous la bande ou 1" en dehors de la bande. Aux deux extrémités de 85' les «U» sont en dehors de la bande.

Le débit de saumure réduit qui circule dans la dalle à 4 passes permet une sélection optimale du vaporisateur à plaque pour un $\Delta t = 4.02^\circ\text{F}$.

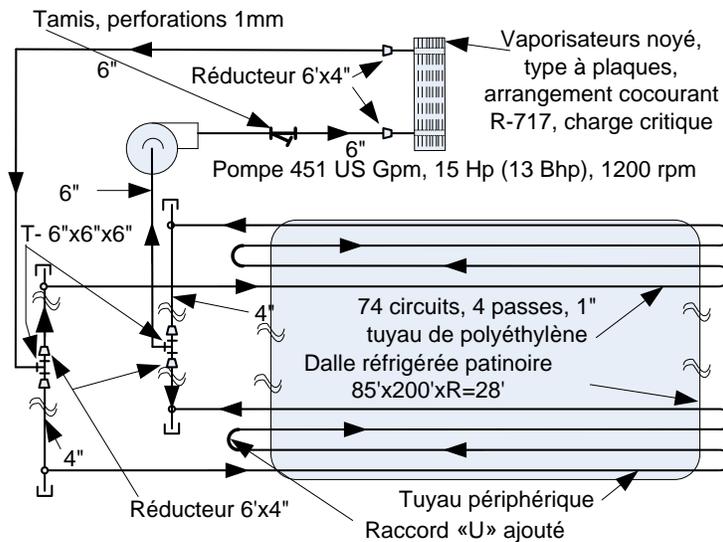


Fig. 4

Schéma d'un système à 4 passes, alimenté et retourné par un point central, vaporisateur à plaques

Les Fig. 5 et 6 sont des illustrations de collecteurs de saumure équipée de tuyau périphérique, design que l'on retrouve dans le «2014 ASHRAE Handbook, Refrigeration».

Insérer les Fig 5 et 6

ASHRAE Handbook

2014 ASHRAE Handbook Refrigeration, Page. 44.7, Fig. 3

Dalle construite conforme à «2014 ASHRAE Handbook Refrigeration, Page. 44.7»

Nous estimons que le tuyau collecteur au bout de la dalle, configuration retour inversé, contient 255' de tuyaux 6" ID, acier sch #40.

Le tuyau périphérique suit le périmètre de la dalle et il est positionné soit sous la bande ou 1" en dehors. Les U sont enfouis dans la dalle de béton.

Noter que le circuit périphérique de la Fig. 5 est différent de celui de la Fig. 4, car ici les U sont enfouis dans la dalle de béton.

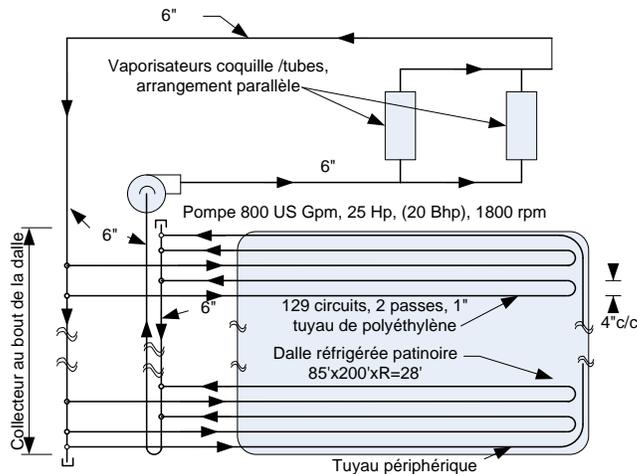


Fig. 5

Schéma d'un système à 2 passes, tuyau périphérique, retour renversé, arrangement des vaporisateurs en parallèle

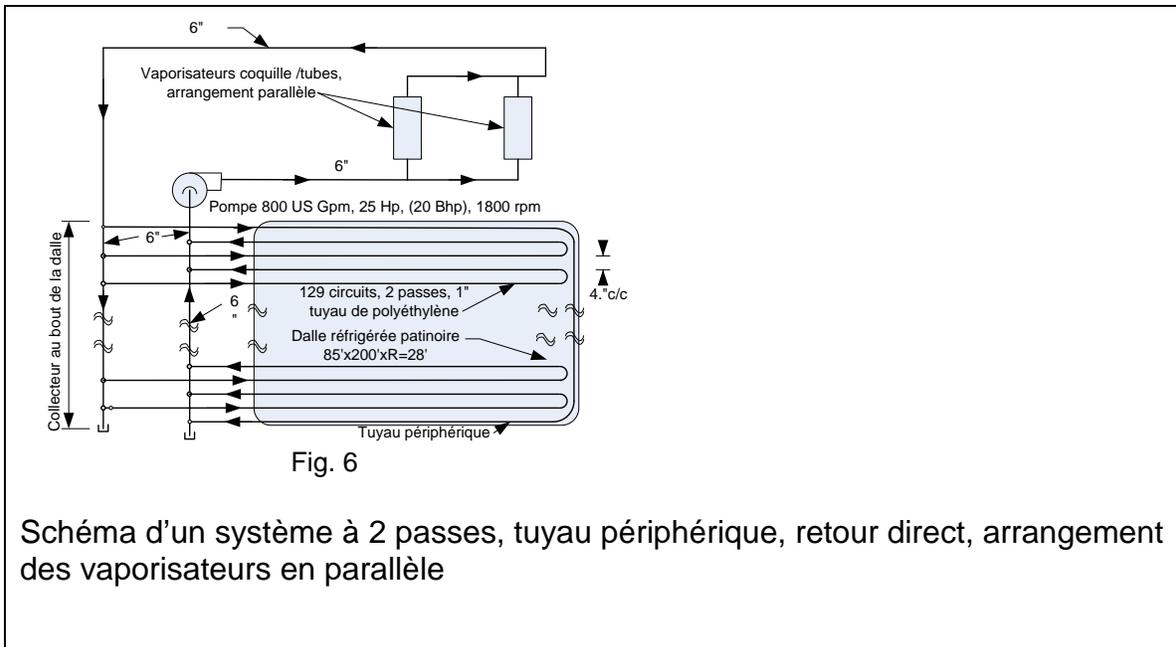
ASHRAE Handbook

2014 ASHRAE Handbook Refrigeration, Page. 44.7

Dalle construite conforme à «2014 ASHRAE Handbook Refrigeration, Page. 44.7».

Nous estimons que le tuyau collecteur au bout de la dalle, configuration retour direct, contient 170' de tuyaux 6" ID, acier sch #40.

Le design de la Fig. 6 est plus économique à construire que celui de la Fig. 5. Par contre, les circuits qui sont le plus près de la pompe sont largement suralimentés en saumure par rapport à ceux qui sont le plus éloigné de la pompe.



Insérer le Tableau 2

Avantages d'un collecteur alimenté retourné par son point milieu. Économie sur le cout de construction.											
Modification #, Identification.	Schéma	Matériaux	Longueur de tuyau estimé en pied			Type de système collecteur	Débit Saumure No. Passes dans dalle	Usgpm	Puisissance pompe saumure Hp	Estimé du prix du coll. kC\$	Écono-mies (E) p/r orig diff C\$
			8"φ	6"φ	4"φ						
	Original	Acier	255	na	na	Ret. Renversé.	1500 !!	2 50 !!	56.7	0.0	
1e	Fig. 1	Acier	255	na	na	Ret. Renvresé.	903 !!	2 30 !!	56.7	0.0	
2e	Fig. 2	PVC	na	170	85	Ret. Renversé.	451 !!	4 15 !!	33.2	-23.5	
3e	Fig. 3	PVC	na	85	170	Ret. Alim. milieu	451 !!	4 15 !!	29.8	-26.9	
Plaque, NH3	Fig. 4	PVC	na	85	170	Ret. Alim. milieu	451 !!	4 15 !!	29.8	-26.9	
ASHRAE HANDBOOK	Fig. 5	Acier	na	255	na	Ret. Renversé.	800 E	2 30 E	43.4	-13.3	
	Fig. 6	Acier	na	170	na	Ret. Direct	800 E	2 30 E	28.9	-27.8	
Garon	Fig. 8.1	PVC	a	85	170	Ret. Alim. milieu	451 !!	4 15 !!	29.8	-26.9	
F-Perrault	Fig. 9	Acier	255	na	na	Ret. Renversé.	950 !!	1 40 !!	56.7	0.0	
R-Luongo	Fig. 10	Acier	na	255	na	Ret. Direct	905 !!	2 30 !!	43.4	-13.3	
M-Richard Av. Modif*	Fig. 12	Acier	300	na	na	Ret. Renversé	1260 +1470	2 30 +40 !!	66.7	0.0	
M-Richard Ap. Modif**	Fig. 12	PVC	na	172	128	Ret. Alim. Milieu	700 !!	4 50 (418hp)	38.0	-28.8	
Estimé = E Réel = !! * = dalle olympique											
Fourniture et installation C\$/pi lin de tuyau incluant calorifuge 3/4"											
PVC sch#80 »\$/pi			222.5	143.8	103.4						
Acier sch#40 »\$/pi			222.5	170.2	81.1						
Nous avons estimé la longueur de tuyaux qui est logé au bout de la dalle, dans le but de comparer les installations, excluant la tuyauterie jusqu'au local technique											

TABLEAU 2

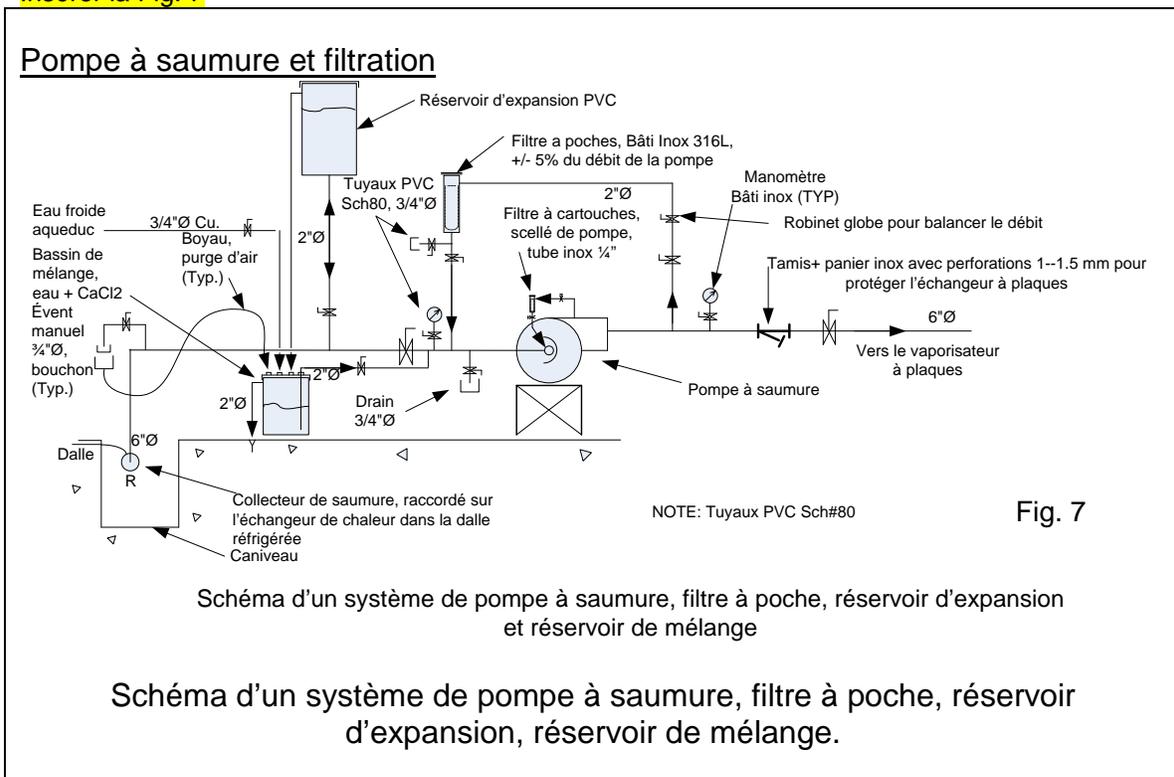
Le Tableau 2 résume et compare les caractéristiques qui ont de l'influence sur :

1- Les coûts de construction; Tuyaux de plus petit diamètre, pompe de 15HP, démarreur de 15Hp, débit de saumure réduit, sélection optimale du vaporisateur. Un système de collecteur avec retour et alimentation par son point milieu est moins dispendieux à construire qu'un retour renversé.

2- La consommation d'énergie; Diminution du Hp de la pompe à saumure, Diminution du Hp qui se transforme en friction chaleur dans la dalle et devient un gain de chaleur pour la réfrigération.

La Fig. 7 montre les composantes qui sont requises pour bien intégrer une pompe à saumure dans un système de réfrigération.

Insérer la Fig. 7



La Fig.8.1 montre le résultat final suite à la transformation d'une patinoire originalement construite conforme à la Fig. 5. La Fig. 8.2 illustre le malheur qui nous est arrivé lorsque l'entrepreneur a transformé à 4 passes ladite dalle réfrigérée, sans réaliser la présence du tuyau périphérique.

Insérer les Fig. 8.1 et 8.2

Garon /1988

Il s'agit d'une patinoire originalement conforme à la Fig. 5, que nous avons transformée de 2 à 4 passes.

Le tuyau périphérique suit le périmètre de la dalle. Suite à cette transformation, nous avons retenu la leçon suivante : Avant de transformer une dalle de 2 à 4 passes, il faut toujours vérifier si le premier tuyau sur le bord de la bande est parti d'un circuit périphérique dédié. Le circuit périphérique dédié ne peut pas être transformé à 4 passes et le résultat malheureux est illustré à la Fig. 8.2, tiré de notre expérience.

Le tuyau collecteur au bout de la dalle, selon la configuration retour inversé, contenait 255' de tuyaux 6" ID, acier sch #40.

Le tuyau collecteur au bout de la dalle que nous avons modifié comprend dorénavant 85' de tuyaux 6" ID et 170' de tuyaux de 4" ID, PVC sch #80.

Le débit de saumure a été réduit de 800 à 451 USgpm.

Le moteur de la pompe de saumure a été réduit de 25 à 15 Hp, 1200 rpm, (20 à 13 BHp).

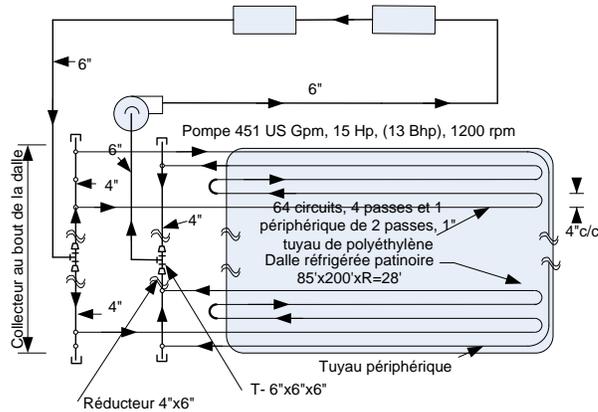


Fig. 8.1

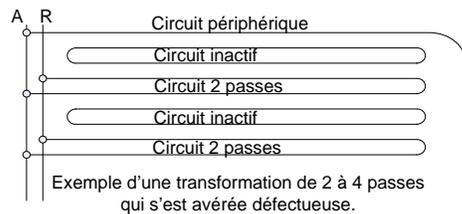


Fig. 8.2

Schéma d'un système à 4 passes, tuyau périphérique, alimenté et retourné par un point central, arrangement des vaporisateurs en série

La Fig. 9 illustre le réseau de caloporteur EG d'une patinoire extérieur dont le système de collecteur et les U sont coulés dans la dalle de béton. Un système impossible à réparer lorsqu'une coulisse se manifeste sous la dalle car impossible de savoir où ça coule, sans tout casser et reconstruire. Dans une de ces dalles défectueuses, nous avons testé un produit de colmatage qui se mélange au glycol circulé dans le réseau de caloporteur. À date, les fuites semblent colmatées. Par contre, quel sera l'effet du produit sur l'échange de chaleur dans le vaporisateur?

Insérer la Fig. 9

F-Perrault (Extérieur) Typique pour 5 glaces

De 2008 à 2013

Patinoire extérieur Fig. 9, la ou l'échangeur de chaleur, le collecteur et les «U» sont entièrement enfouis dans la dalle de béton.

Le tuyau périphérique dédié suit le bord de la dalle sur 2x200' + 2x85'. Le caloporteur est de l'éthylène glycol (EG) 50% en poids. Le débit de glycol, 950 USgpm, la pompe de glycol, 40 Hp, 1800 rpm.

Le système de tuyau collecteur est enfoui dans la dalle et comprend 255' de tuyaux 8" acier sch #40.

Les circuits de l'échangeur de chaleur dans la dalle sont fabriqués en tuyau de polyéthylène (PE) de 1"Ø. Le nombre de circuits est 258 x 2 = 516 circuits de 1 passe équivalent car chaque longueur de 200' de tuyau est coupé en deux et raccordé sur le collecteur, vraisemblablement pour diminuer la tête de la pompe. Dans l'unique vaporisateur, le débit de glycol est 950 US gpm, Le tamis avec perforations de 1/8" est requis sur le refoulement de la pompe pour protéger le vaporisateur coquille et tubes, construit avec des tubes de cuivre 3/8"Ø OD.

Les défauts de ce type d'installation sont multiples:

- 1- Une fuite de caloporteur dans la dalle est impossible à localiser si elle se manifeste sur le dessous de la dalle, donc une fuite cachée est impossible à réparer. Des dalles de ce type, nous en possédons cinq (5) et il y en a trois (3) qui coulent du glycol dans le sol.
- 2- C'est une dalle qui est installée à l'extérieur et pendant la construction elle a été exposée aux conditions atmosphériques, ensoleillées, nuageuses, variation de température, froide, chaude et conséquemment la tuyauterie de PE dans la dalle est dans tous les états et positions, du à l'expansion thermique qui est considérable pour le tuyau de PE.
- 3- L'échangeur de chaleur dans la dalle aurait dû être construit avec du tuyau d'acier, sch80, ce qui aurait garanti une dalle de qualité et durable pour une installation extérieure.
- 4- Le refroidisseur est un monobloc de construction commerciale, équipé d'un condenseur à air, déposé sur une dalle de béton.
- 5- Le Hp de la pompe de glycol est important car il faut contrer le grand débit et la forte viscosité du caloporteur à la température d'utilisation.

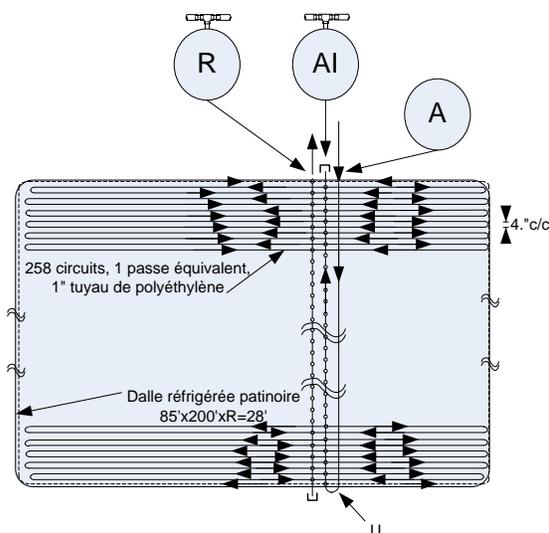


Fig. 9

Schéma d'un système à 1 passe équivalent, tuyau périphérique, retour inversé, caloporteur glycol

La Fig. 10 illustre le réseau de caloporteur CaCl₂ d'une patinoire intérieure dont le système de collecteur et les U sont coulés dans la dalle de béton. Un système qui comporte les mêmes défauts que la Fig. 9.

Insérer la Fig. 10

R-Luongo

2003

Patinoire intérieure, là où l'échangeur de chaleur, les U ainsi que le collecteur sont entièrement enfouis dans le béton de la dalle réfrigérée. Fig. 10

C'est une dalle qui est installée à l'intérieur.

Le tuyau périphérique dédié, (ligne pointillée) suit le bord de la dalle sur 2x200' + 2x85'. Le caloporteur est de la saumure (CaCl₂) 1.19 SpGr. Le débit de saumure, 905 USgpm, la pompe de saumure, 30 Hp, 1800 rpm,

Le système de tuyau collecteur est enfoui dans la dalle et comprend 255' de tuyaux 6" acier sch #40.

Les circuits de l'échangeur de chaleur dans la dalle sont fabriqués en tuyau de 1"Ø polyéthylène (PE), 128 circuits de 2 passes plus 1 circuit périphérique.

Les défauts de ce type d'installation sont multiples:

- 1- Le collecteur et les «U» sont inaccessibles pour réparation.
- 2- Une fuite de caloporteur dans la dalle est impossible à localiser si elle se manifeste sur le dessous de la dalle.
- 3- Il est impossible de transformer ladite dalle de 2 à 4 passes pour diminuer le débit et le Bhp de la pompe à saumure.

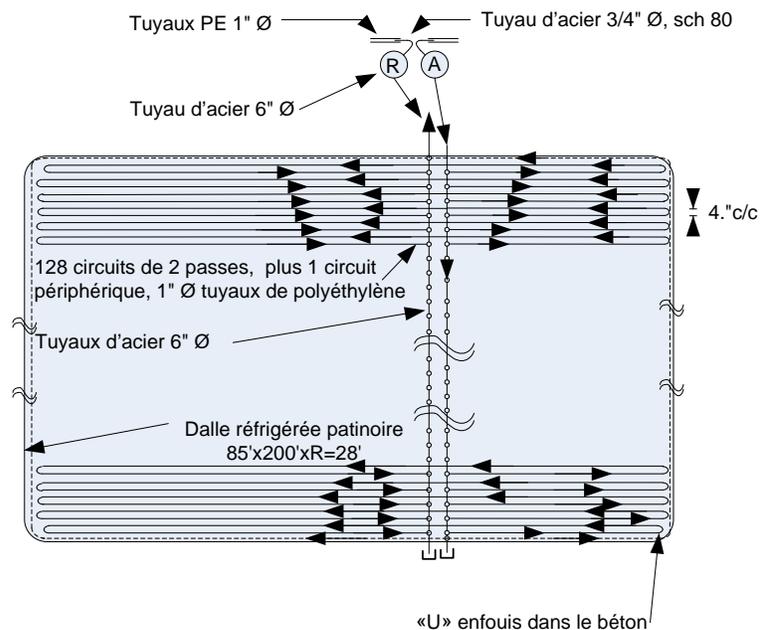


Fig. 10

Schéma d'un système à 2 passes, tuyau périphérique, retour direct, caloporteur saumure (CaCl₂)

La Fig. 11 illustre une patinoire extérieure là où nous avons utilisé une grande variété de configuration pour concevoir les circuits de saumure dans la dalle réfrigérée, circuits variant de 1 à 8 passes, afin de mieux équilibrer la chute de pression des différents circuits.

Insérer la Fig. 11

Lac-aux-Castors (Patinoire extérieure)

2005

Dalle réfrigérée pour une patinoire extérieure, construite en 2005, 2500 m² de surface. Fig. 11.

La tubulure de l'échangeur de chaleur est enfouie dans la dalle réfrigérée et elle est fabriquée en tuyau d'acier, 1"Ø, sch. 80, construction entièrement soudée. Les U en acier sont coulés dans le béton de la dalle. Le ratio Surface/Tr est = $112 \text{ Pi}^2/\text{Tr}$

L'échangeur de chaleur dans la dalle est constitué des circuits suivant: $2 \times 8\text{P} + 69 \times 4\text{P} + 60 \times 1\text{P} + 9 \times 6\text{P} + 16 \times 8\text{P} + 9 \times 6\text{P} + 60 \times 1\text{P}$, soit 225 circuits ayant un nombre de passes variable dans le but d'équilibrer naturellement la longueur et la chute de pression de chaque circuit.

Les $60+60=120$ circuits de 1 passe sont courbés sur les chaises pour entourer l'îlot de verdure qui contient deux arbres.

Le collecteur de saumure 8" Ø est de type retour direct et il est logé partiellement dans un caniveau et partiellement dans un tunnel de service, ventilé mécaniquement.

Le débit de saumure est 1700 USgpm, le moteur de la pompe de saumure 125 Hp.

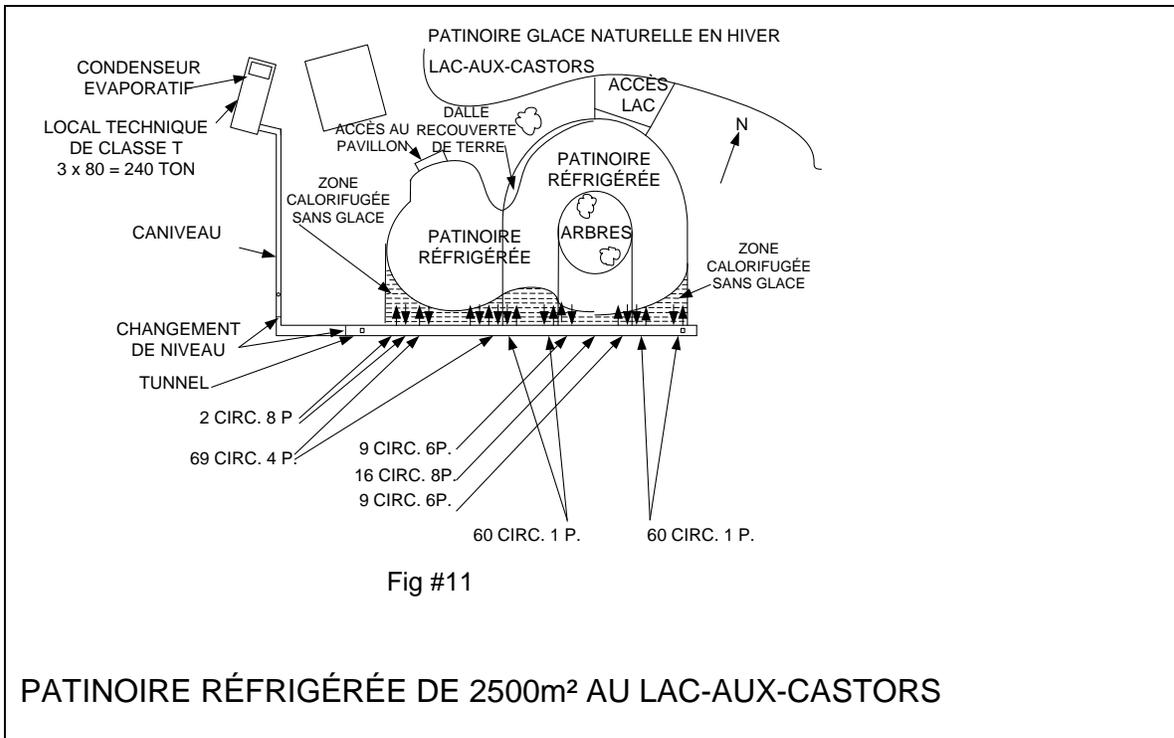
La salle des machines est de classe T, conforme à la norme CSA B52 et enfouie dans le sol.

Le système frigorifique développe 240 Tr et utilise le R-717 comme réfrigérant, il est équipé de trois compresseurs réciproques, type ouverts, entraînés par courroies, 125 Hp chacun, d'un réservoir de réfrigérant haute pression, d'un vaporisateur de type coquille et tubes, le rejet de chaleur se fait via un condenseur évaporatif.

Comme mesure d'économie d'énergie:

1- Le moteur de la pompe à saumure (125Hp) a été équipé d'un entraînement à fréquence variable.

2- Un des trois compresseurs n'est pas utilisé car le système peut fonctionner adéquatement avec seulement deux compresseurs. La température ambiante sur la montagne est 5°C plus fraîche qu'au centre-ville. Le ratio Surface/Tr est donc = $168 \text{ Pi}^2/\text{Tr}$



Le Fig. 12 illustre une dalle réfrigérée de dimension olympique que nous avons transformée de 2 à 4 passes. Le système frigorifique à une capacité de 166 Tr.

[Insérer la Fig. 12](#)

M-Richard

1994-2008 -2012

1994; La dalle réfrigérée a été remplacée et la nouvelle dalle est de conception olympique, 2 passes.

2008; La capacité frigorifique a été majorée de 120 à 166Tr.

Un circuit de saumure primaire et un secondaire se joignent dans un accumulateur d'énergie. Une première pompe (30Hp) circulait la saumure dans la dalle et dans l'accumulateur d'énergie tandis qu'une seconde pompe (40Hp) circulait la saumure dans les 4 vaporisateurs raccordés en parallèle et dans l'accumulateur d'énergie.

2011; Le collecteur de saumure qui était construit en tuyaux d'acier (8"Ø sch 40) s'est perforé prématurément due à la corrosion, la saumure chargée de rouille est devenue abrasive, les axes de pompes à saumure ont grippés, impossible de fermer les robinets d'isolement, impossible de réparer les pompes. La corrosion a été causée par l'introduction d'air dans la saumure, au niveau du réservoir d'énergie, un réservoir ouvert à l'atmosphère.

2012; Le collecteur construit en acier a été remplacé en entier par un collecteur construit en tuyaux de PVC 6"Ø et 4"Ø sch 80, l'échangeur de chaleur dans la dalle a été transformé de 2 à 4 passes. Fig. 12.

Le débit de saumure dans la dalle réfrigérée est 700 USgpm, les deux pompes de 30 et 40Hp (1260 USgpm dans la dalle, 1470 USgpm dans les refroidisseurs) ont été remplacés par une seule pompe de 50Hp (41Bhp).

Noter dans la Fig. 12 l'assemblage des vaporisateurs dans un arrangement série/parallèle, dont les avantages sont :

-Vélocité maintenue dans les tubes des vaporisateurs, ce qui assure un échange de chaleur efficace pour un débit de saumure réduit de moitié par rapport au design original.

-À charge partielle, il est possible :

- D'équilibrer le nombre de compresseurs en opération.
- D'éviter le mélange de caloporteur à différentes températures.
- De faire fonctionner les compresseurs d'une seule branche du circuit et réduire le débit du caloporteur pendant la nuit.

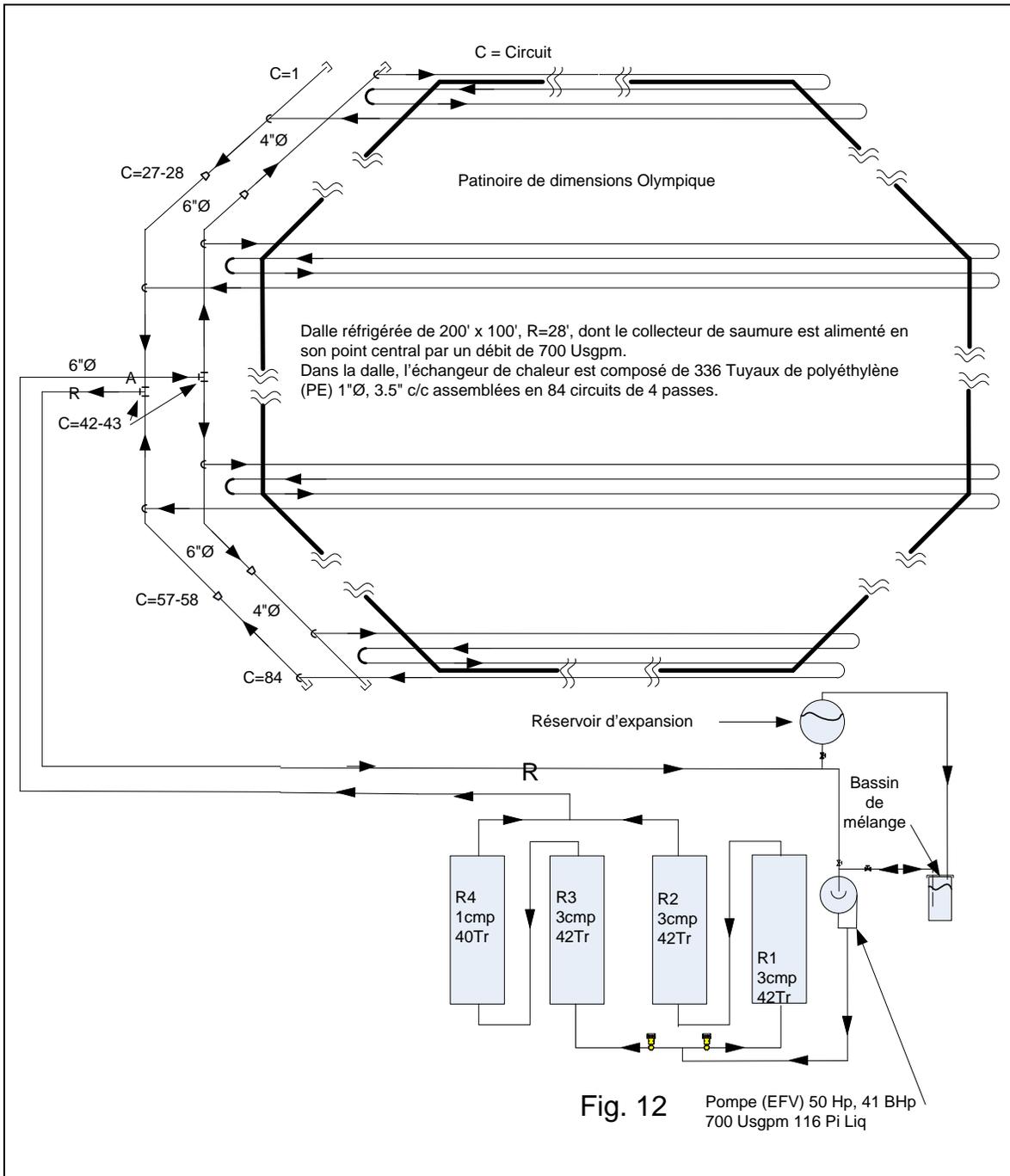


Schéma d'un système à 4 passes, alimenté et retourné par un point centrale, 4 vaporisateur coquille et tube, arrangement série/parallèle.

Comment mieux équilibrer l'écoulement de saumure dans la dalle

Vous ne pouvez pas utiliser une architecture retour direct avec des robinets de balancement pour chaque circuit car cela ne fonctionnera pas une année. La saumure va fuir par le scellé du robinet et en peu de temps, la corrosion va tout gripper dans la rouille.

Utiliser un «Collecteur Retour Alimentation par un point milieu», c'est plus efficace que d'utiliser une architecture retour renversée et cela priorise l'usage d'une architecture de réseau, qui se balance naturellement.

L'alimentation de saumure doit se faire au point milieu du collecteur, afin de diviser en deux le flux de saumure, (451 USgpm/2=225 USgpm).

1- Le premier avantage est qu'un plus petit débit permet de remplacer un tuyau de 6"Ø par un de 4"Ø. **Une économie dans les coûts de construction.**

2- Le second avantage est que la chute de pression qui se crée le long du collecteur est compensée par des circuits qui sont de plus en plus courts en approchant de la bande, car les coins de la patinoire sont ronds. La pression dans le collecteur est maximale sur la ligne de centre de la patinoire et minimale sur le bord de la bande. Avec un tableur, il est possible de calculer la longueur de chacun des circuits de saumure dans la dalle, en tenant compte de la géométrie de la dalle et du collecteur. Ex : Le 1^{er} circuit sur le bord de la bande mesure 663', la longueur des circuits croît pour 24 circuits et atteint 819' pour une large zone au centre de la dalle. **Un système qui se balance naturellement.**

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 l'expansion/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 sont 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 au moins 30". Protéger les petits tuyaux contre les chocs et le stress.

Quel caloporteur utiliser.

Le caloporteur le plus fréquemment utilisé pour les patinoires est la saumure de CaCl₂, c'est une substance qui est stable, non toxique, ne se dégrade pas, est peu dispendieuse, n'est pas susceptible de se corrompre, dont la viscosité est semblable à celle de l'eau 6.6 cP vs 7.0 cP à 0°F. C'est une substance corrosive pour l'acier lorsque en contact avec l'O₂ de l'air. Le réseau de saumure doit être étanche à l'air, contenir un inhibiteur de corrosion et le PH du caloporteur doit être équilibré. La saumure peut être utilisée avec différents matériaux dont l'acier au carbone, le PVC, l'inox 316 et le titane. Le bâti de la pompe à saumure et sa roue doivent être en fonte, les garnitures doivent être fabriquées 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 20.0 cP à 50%(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.

Précautions requises pour ne pas endommager la tubulure de polyéthylène (PE).

Ne jamais chauffer le tuyau PE avec un séchoir à cheveux pour faciliter l'installation et l'insertion des accessoires car le tuyau devient fragile et risque de fissurer.

Ne jamais utiliser de savon à vaisselle pour faciliter l'installation et l'insertion des accessoires car le tuyau PE peut développer des trous microscopiques et laisser fuir la saumure.

Si vous utilisez des bulles de savon à vaisselle sur les joints de la tubulure pour découvrir où sont les fuites de saumure pour les réparer, vous devez dans les meilleurs délais rincer l'extérieur de la tubulure avec un boyau et de l'eau car le savon est délétère pour le PE.

Ne jamais rincer l'intérieur de la tubulure avec un produit de dégraissage/nettoyage car la tuyauterie PE peut développer des trous microscopiques et laisser fuir la saumure en des endroits que vous n'avez pas touché, Ex : Au milieu de la dalle réfrigérée apparaît une flaque de saumure. Comptez-vous chanceux si la coulisse se matérialise sur le dessus de la dalle et non sur le dessous car vous constatez que le niveau de saumure baisse dans le réservoir d'expansion et vous ne savez pas où il faut casser le béton pour la réparer.

1. Ne pas utiliser de graisse ou lubrifiant pour faciliter l'insertion et l'installation des accessoires de tuyauterie PE.
2. Utiliser seulement de l'eau bouillante pour faciliter l'insertion et l'installation des accessoires de tuyauterie PE.
3. Porter une attention spéciale à la fragilité de la tubulure PE existante dans une dalle de patinoire là où vous devez remplacer le collecteur de saumure car lorsque le tuyau fissure, il faut en couper une longueur de plus, cela peut vous rapprocher dangereusement du béton de la dalle et compliquer la pose des raccords.
4. Si vous coupez trop long de tuyau vous allez devoir casser du béton pour dégager un peu plus long de tuyau et réaliser le raccord.
5. La distance c/c entre les tuyaux qui sortent de la dalle réfrigérée n'est pas toujours une constante qui correspond parfaitement à la distance c/c entre les pattes du U. Pour éviter d'appliquer un stress indu sur la tubulure qui émerge du béton, l'installation doit se réaliser à une distance minimale de 12-14" de la dalle de béton.
6. Dans le cas où la distance minimale ne peut pas être respectée car le tuyau existant a été coupé trop court, il faut appliquer une rallonge en tuyau de PE, deux raccords et huit collets.
7. Il ne faut pas laisser trop de longueur aux deux tuyaux qui sont raccordés sur le U car l'assemblage peut s'abaisser suffisamment pour gêner la purge de l'air et il faudra supporter le U. L'espacement standard entre les tuyaux qui constituent l'échangeur de chaleur coulé dans la dalle réfrigérante est de 4" c/c. Par contre, la majorité de nos arénas ont été construites avec un espacement de 3½" c/c. Les U sont fabriqués sur commande, en version 3½" et 4" c/c.

Pressurisation du collecteur

Il est de bonne pratique lorsque l'on construit ou remplace un collecteur de saumure de faire un test de pression pour découvrir les fuites de saumure et les réparer avant de poser le calorifuge. Le test de pression ne doit pas excéder la pression d'opération du système, soit une pression de 35-40 psig et la pression doit se maintenir pour 24h.

Le volume de saumure contenu dans la dalle est environ 2000USgal et il est impossible de drainer complètement l'échangeur de chaleur, c'est pourquoi il est préférable de faire le test de pression avec de l'air comprimé ou avec de la saumure pour éviter de diluer la saumure qui reste dans la dalle avec de l'eau, ce qui va causer un grand surplus de saumure à disposer conformément à la réglementation environnementale. Si la pressurisation est réalisée avec de l'eau, il en résultera une dilution de la saumure et il faudra ajouter du sel pour rendre la saumure conforme à une gravité spécifique de 1.18-1.19. La saumure peut contenir du chromate de sodium, un inhibiteur de corrosion qui a été interdit d'usage en 1990 car délétère pour l'environnement.

Limaille de PVC en circulation dans le collecteur

La construction d'un collecteur de saumure nécessite beaucoup de découpage, percements, etc., ce qui génère de la limaille de PVC. Le nettoyage de l'intérieur des tuyaux doit être réalisé avec un chiffon avant l'assemblage et le collage.

Si par malheur le joint d'étanchéité de la pompe à saumure coule dans les 24-48 heures suivant la mise en marche initiale du réseau! Vous ne devriez pas blâmer le manufacturier de la pompe à saumure car s'il est resté de la limaille dans le réseau, vous allez en retrouver des traces dans le joint d'étanchéité de la pompe sous forme de dépôts fusionnés sur les surfaces en céramique du scellé de pompe.

Pour prévenir ce genre de malheur, il est possible d'ajouter un petit filtre sur la tubulure qui alimente le joint d'étanchéité de la pompe à saumure, Fig. 7.

Système de calorifuge pour le collecteur de saumure et pour les U

Il est de bonne pratique de calorifuger le collecteur de saumure, les avantages sont :

1. Prévenir la fabrication de glaçons dans le caniveau, ce qui peut provoquer le soulèvement des plaques de métal ou de bois qui ferment le dessus du caniveau. Le calorifuge est très important dans le cas d'une patinoire qui fonctionne 12 mois/an.
2. Conserver l'énergie frigorifique pour la dalle réfrigérée, là où c'est utile.

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 le tuyau de PVC 6", 4" et PE 1"Ø. Le chemisage du calorifuge consiste en une couche de peinture pour néoprène, couleur blanche, peinture qui conserve la souplesse du calorifuge.

Gestion de l'expansion thermique

Les collecteurs de saumure peuvent être construits soit en acier noir ou en PVC, la Fig. 13 illustre une construction en PVC. Le collecteur de 6"Ø qui est raccordé sur le T peut être suspendu sous les poutres pour dégager de l'espace de travail dans le caniveau. Les Guides et les Ancrages sont illustrés en position stratégiques. Fig. 13

Pour une construction en acier noir, le tuyau de 4"Ø, 6"Ø ou 8"Ø peut être en acier sch 40, par contre la petite tubulure 3/4"Ø qui sert de raccord pour la tubulure PE doit être en acier sch 80 pour résister plus longtemps à la corrosion car les murs du tuyau sont plus épais.

Pour une construction en PVC, toute la tuyauterie doit être sch 80 et la plus petite tubulure que l'on peut utiliser est 3/4"Ø, l'épaisseur des murs du tuyau de 8"Ø, 6"Ø et 4"Ø permet de réaliser des soudures (PVC) qui sont solides.

De plus, il est primordial de ne pas oublier que le PVC est beaucoup plus fragile que l'acier, lorsqu'il est gelé il ne tolère pas le stress. Par contre, le PVC ne corrode pas.

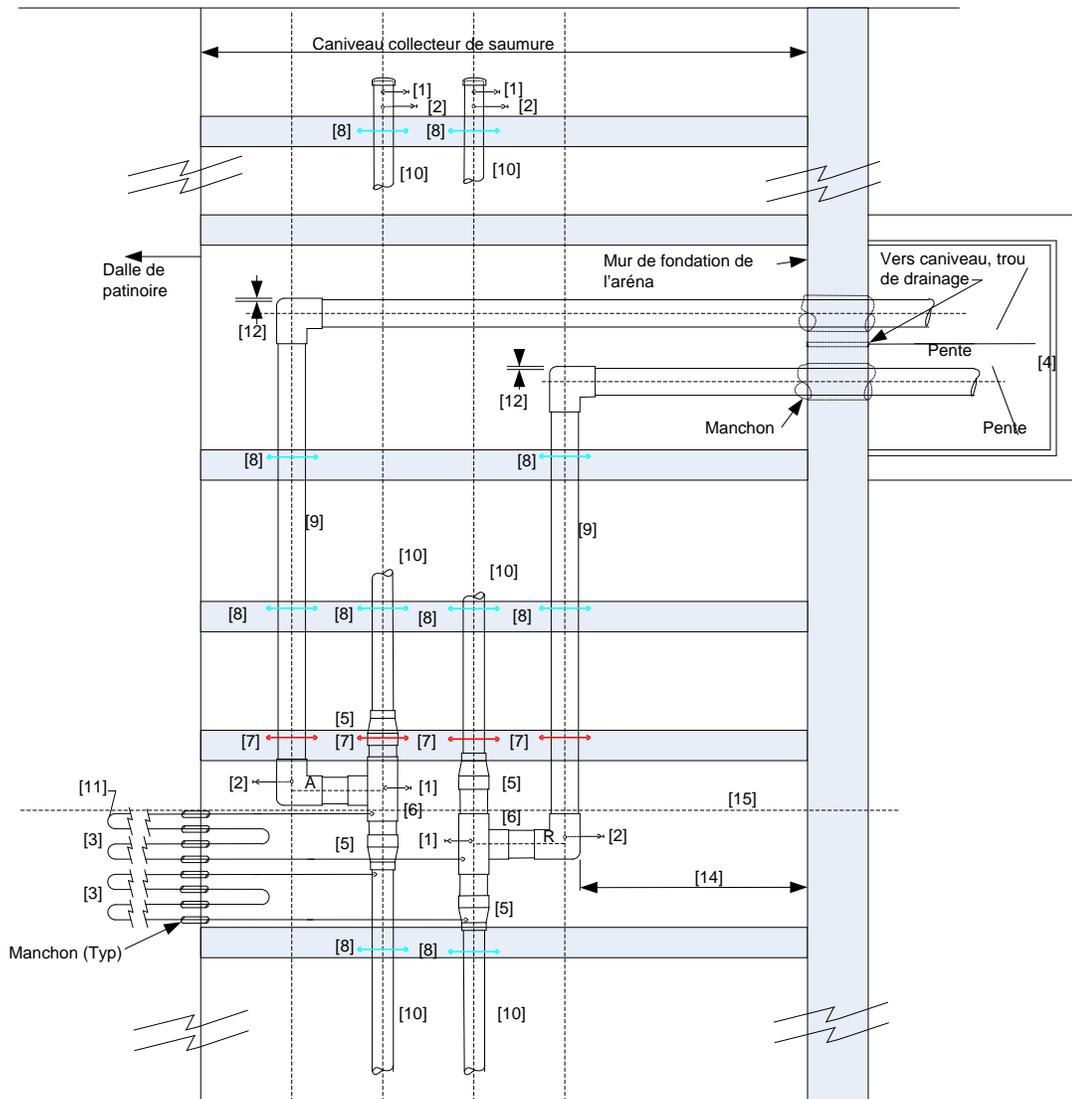
Le succès dans la construction d'un collecteur de saumure en PVC passe par la gestion de l'expansion/contraction thermique dudit matériau car son coefficient de dilatation est 3.0×10^{-5} po/po/°F tandis qu'il est 0.6×10^{-5} po/po/°F pour l'acier.

Si je calcule le ratio PVC/ACIER = $3.0/0.6$, je constate que le PVC est cinq fois plus affecté par l'expansion thermique que l'acier. Prenons l'exemple d'un collecteur de saumure construit en PVC, d'une longueur de 90 pi de tuyau qui subit un refroidissement lors du démarrage de la patinoire, sa température initiale est 80°F, sa température finale est 0°F, $[90\text{pi} \times 12\text{po/pi} \times 3.0 \text{ po/po/°F} \times 10^{-5} \times (80^\circ\text{F}-0^\circ\text{F}) = 2.592 \text{ po}]$, le tuyau raccourci de 2.6".

Nous avons subi le bris de deux systèmes de collecteurs de saumure : Un premier collecteur construit en ligne droite était calorifugé avec de l'uréthane giclé et l'expansion thermique n'avait pas été gérée, il a cassé deux fois à la même place, le réducteur 6"Ø x 4"Ø a cédé. Nous n'avons pas attendu qu'il casse une troisième fois car le tuyau avait subi beaucoup de stress, nous l'avons remplacé en même temps que nous avons réalisé la transformation à l'ammoniac. Un second était calorifugé avec du néoprène et l'expansion thermique n'avait pas été gérée, il a cassé deux fois à la même place, le coude 45° 4"Ø a cédé. Une première fois pendant la période de rodage, une seconde fois pendant la période de garantie. Lors de l'inspection suite à la seconde réparation, nous avons constaté que les boulons U avaient tous été serrés comme des ancrages, nous avons donc fait gérer correctement l'expansion thermique par l'entrepreneur.

Quelles sont les mesures de mitigation requises pour minimiser le stress du tuyau et contrôler son mouvement?

- 1- Placer le point d'ancrage au point milieu du collecteur, pour diviser le déplacement par deux.
- 2- Placer les autres points d'attache le long du collecteur, ils devront être des guides qui permettront le mouvement longitudinal du tuyau, de chaque côté du point d'ancrage.
- 3- Construire de préférence le collecteur de saumure avec deux courbes, une de chaque côté de la patinoire ou de la ligne de centre, suivre la courbure de la bande de patinoire et éviter le plus possible de construire le collecteur en ligne droite.
- 4- Le concepteur juge au cas par cas s'il est nécessaire d'introduire un autre point d'ancrage le long du collecteur. Il faut profiter de la présence de coudes où insérer une courbe dans le tuyau pour absorber le mouvement longitudinal.
- 5- Le concepteur doit vérifier la position de chaque guide «U» par rapport aux raccords de tuyaux PVC ¾"Ø et juger si le déplacement longitudinal du collecteur pousse le U contre le raccord. Si le raccord de par sa position peut être stressé, lors de l'expansion/contraction thermique vous devez retirer ledit «U».
- 6- Les guides sont nécessaires pour limiter les déplacements latéraux qui peuvent stresser un raccord ¾"Ø, le déconnecter de la dalle ou le casser causant une fuite de saumure.



- [1] – Purgeur d'air, manuel, robinet, bouchon, PVC 3/4", sch 80, (Typ.)
- [2] – Drain de vidange, robinet, bouchon, PVC 3/4", sch 80, (Typ.)
- [3] – Circuit à 4 passes, tuyau 1" PE (Typ.)
- [4] – Plaque d'acier galvanisée à chaud, couvercle sur saut de loup
- [5] – Réducteur concentrique, 6"x4", PVC sch 80,
- [6] – T 6"x6"x6", PVC sch 80
- [7] – Boulon «U», Ancre, (Typ.)
- [8] – Boulon «U», Guide, (Typ.)
- [9] – Tuyau 6", PVC, sch 80
- [10] – Tuyau 4", PVC, sch 80
- [11] – Tuyau «U» 3/4", PVC sch 80, usiné barb.
- [12] – Zone de mouvement, contraction thermique.
- [13] – Calorifuge de type élastomère souple, 3/4" (25/50) conforme à ASTM E84 et CAN/ULC S102, peinture de type émail latex eau, sur tuyaux 6", 4" et 1".
- [14] – Espace de travail, construction et entretien, allouer min. 14".
- [15] – Ligne de centre de la glace.

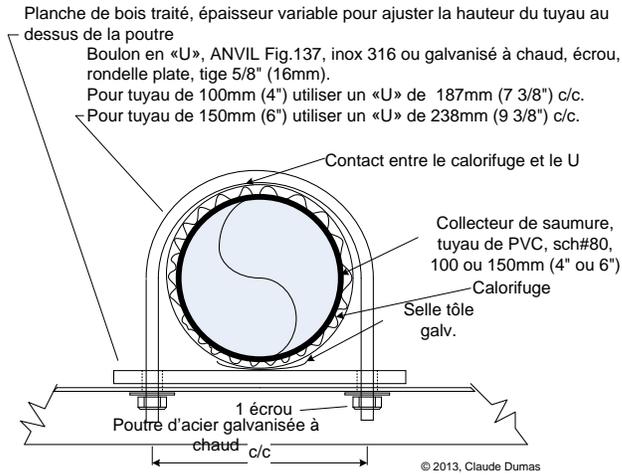
© 2015 Claude Dumas

Gestion de l'expansion thermique du collecteur de saumure, tuyaux de PVC

Fig#13

Ancrage du collecteur

Voir sur la Fig. 13 pour le placement des boulons d'ancrage [7]



Schéma, ancrage

Fig. 14

Schema supports_collecteur_ancrage_guide_16juin 2013.vsd

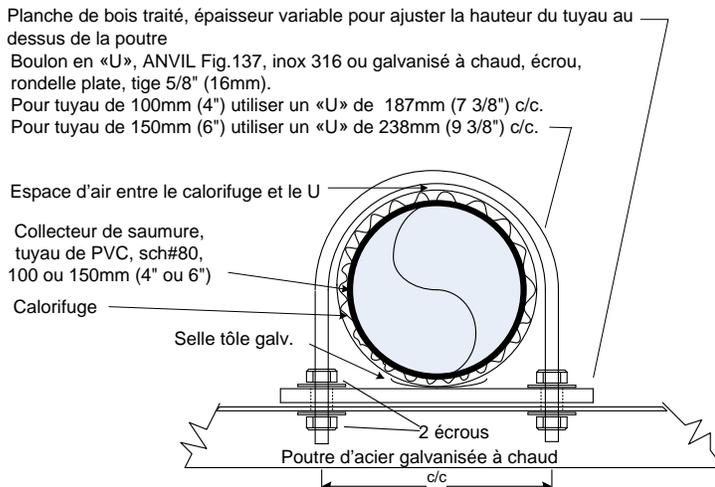
La poutre d'acier qui sert à supporter le collecteur de saumure peut être soit une poutre en i ou un profilé en C.

La poutre en i ne peut pas être moins large que 6" pour laisser assez d'espace pour y percer un trou de 5/8", requis pour le boulon en U.

Il est avantageux d'utiliser une poutre en C de 6" pour supporter le collecteur de saumure.

Guide du collecteur

Voir sur la Fig. 13 pour le placement des boulons guides [8]

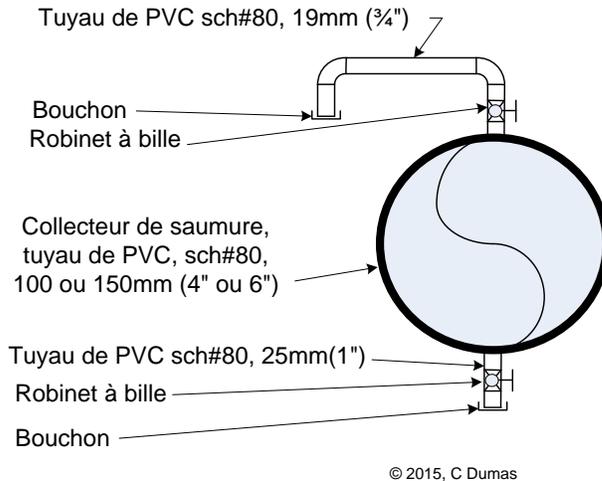


Schéma, guide

Fig. 15

Purge d'air et drain du collecteur

Voir sur la Fig. 13 le positionnement des purges d'air [1] et des drains de vidange [2]



Schéma, purgeur d'air et drain de vidange

Fig. 16

Note : Lorsque la purge d'air est en fonction «Purge», elle doit être raccordée sur un boyau qui canalise l'air et la saumure dégagée dans le baril de mélange. Ne jamais utiliser de purgeur automatique, ils ne durent pas et vous allez distribuer dans le local technique une brume saline qui va corroder toutes les surfaces en métaux ferreux.

Espacement des supports pour un collecteur en PVC

Lors du remplacement d'un collecteur construit en tuyaux d'acier par un collecteur construit en PVC, il faut réviser l'espacement des poutres qui supportent le collecteur et s'assurer que le nouvel espacement ne dépasse pas la norme recommandée par le manufacturier, soit un espacement maximal de 8 pieds.

Corrosion des poutres de supports

Les poutres de support présentent différents degrés de corrosion. Cela peut être des traces de rouille en surface qui peuvent être sablées, lavées et peintes. Si la rouille est en profondeur et gonfle l'acier lui donnant l'allure d'un morceau de gâteau feuilleté, il faut remplacer les poutres qui ne sont pas traitables.

Corrosion des collecteurs en acier noir

Dans un réseau de saumure qui n'absorbe pas d'air, la corrosion du tuyau collecteur en acier ne provient pas de l'intérieur. Normalement, la corrosion a son origine de l'extérieur du tuyau et se développe là où il y a des traces de saumure provenant d'une fuite, en contact avec l'air. Les points faibles d'un collecteur, ce sont les soudures des raccords en tuyaux acier 3/4"Ø qui sont

piqués sur le gros tuyau et qui à long terme sont exposés à de petites fuites de saumure provenant des joints Acier /PE. L'allure de la corrosion peut être une corrosion de surface sans gravité. Une plaque de corrosion de couleur foncée, qui ne sèche pas, localisée sous le gros tuyau. Une surface qui ne sèche pas, localisée autour de la soudure d'un raccord $\frac{3}{4}$ ", observer la soudure pour détecter l'amincissement de la paroi du tuyau $\frac{3}{4}$ ". Ne pas cogner ou stresser cette soudure car elle est fragile et peut casser. Une surface du tuyau d'acier qu'il est possible de gratter avec un tournevis et qui s'enlève en lamelle comme des couches de gâteau feuilleté. Le degré de sérieux de la corrosion est dans l'ordre suivant : (-)
Plaque de couleur sombre qui : Ne sèche pas. L'acier gonfle et se délamine. Suinte la saumure. Forme des gouttes de saumure. Forme des gouttes de saumure qui tombent régulièrement au sol. Jet de saumure qui tombe au sol.(+)

Conclusion:

- 1- Pour avoir du succès dans la conception et la construction de collecteur de saumure en PVC, il est primordial de gérer l'expansion/contraction thermique.
- 2- Pour innover, il est pré-requis d'avoir un besoin exprimé et savoir saisir l'occasion qui se manifeste.
- 3- Pour une dalle réfrigérée à 4 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.
- 4- Nous avons noté une amélioration dans le temps requis pour geler une dalle 4 passes, c'est compréhensible car il y a 10 Bhp de moins qui est dissipé en friction chaleur dans la dalle.
- 5- Le concept de dalle 4 passes a largement été testé sur des patinoires Nord-Américaines de dimension standard qui utilisent 70–80Tr.
- 6- Le concept de dalle 4 passes a aussi été testé par nous sur une dalle de dimension olympique, là où la capacité frigorifique est 160Tr. M-Richard
- 7- Historiquement, nos patinoires et aussi celles des autres propriétaires ont été largement suréquipées en ce qui concerne le débit de saumure et la force motrice de la pompe qui circule le caloporteur dans la dalle réfrigérée.
- 8- Nous avons réduit le Hp de nos pompes en deux étapes, une première étape de 50 Hp à 30 Hp, une seconde étape de 30 Hp à 15 Hp et lorsque la bonne nouvelle a commencé à être reconnue, notre design à 4 passes a beaucoup été copié par les autres propriétaires.
- 9- Il y a différents types de designs de collecteurs de saumure, soit les classiques: Retour direct, retour inversé et ceux moins connus qui sont alimentés/retournés par un point central. Ce dernier offre de substantielle réduction dans les coûts de construction et il s'équilibre automatiquement.
- 10- Il y a deux dimensions utilisés pour l'espacement c/c des tuyaux de PE 1" qui constituent l'échangeur de chaleur enfouis dans la dalle réfrigérée. Le standard universel est 4" c/c tandis que la Ville a surtout utilisé le standard 3½" c/c.
- 11- Historiquement, les échangeurs de chaleur dans la dalle ont été construits avec des circuits de 2p, au cours des 25 dernières années. La Ville en a transformé 30 de 2 p à 4p. La Ville est aussi propriétaire de dalles réfrigérantes construites avec des circuits de 1p, 2p, 4p, 6p, 8p et des circuits périphériques.
- 12- 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.
- 13- Les illustrations et les exemples démontrent comment nous avons contribué à l'évolution de la technologie au cours des 30 dernières années.