

GUIDE 2008



Bassoum Mamoudou

M'Baye Aboubakry

Cerqueira Jérôme

Artières Géraldine

De Oliveira Nicolas

Raggi Cédric

Zito Vanessa

NPA
BUREAU D'ETUDES PATINOIRES



www.Mcours.com

Site N°1 des Cours et Exercices Email: contact@mcours.com

SYNTHESE

A. Partie technique

Caractéristiques du bâtiment

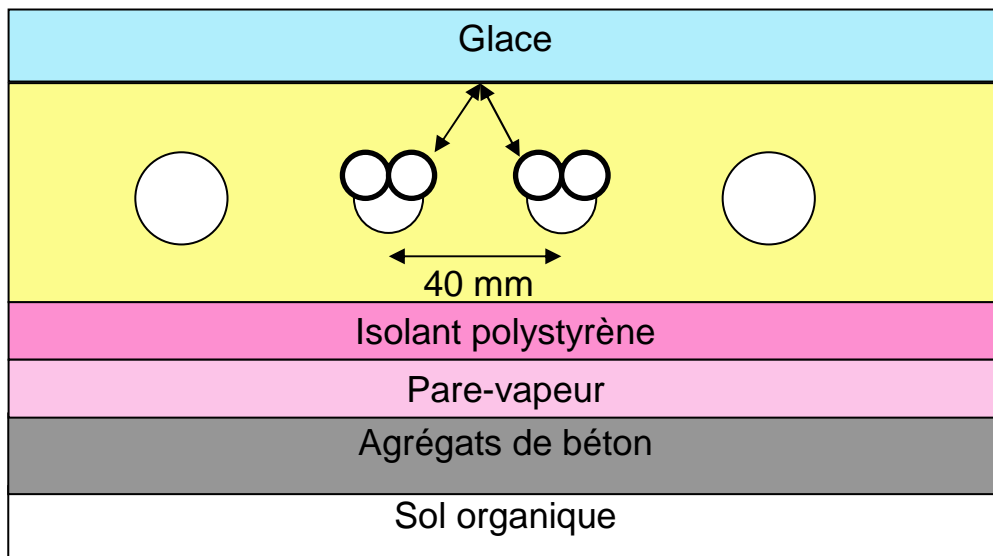
	Parois internes	Isolants	Parois externes
Murs	Bardage	Laine de roche + lame d'air	Bardage
Toit	Zinc ou tôle	Laine de roche ou laine de verre + pare vapeur	Simple tôle ou double peau
Vitrage	Double vitrage à faible émissivité		

Le ratio volume bâtiment/surface de piste de glace doit être respecté afin d'éviter toute surconsommation d'énergie :

$$\text{Ratio} = 30 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Production de froid

- *Système de production de glace* : détente indirecte
- *Type de fluide* : R134-a (gaz de substitution pour le R22)
R410-a (pour les nouvelles installations)
- *Constitution de la dalle et des échangeurs*:



N.B : privilégier une dalle en sable avec des échangeurs de diamètres petits et thermosoudés car les pertes thermiques seront moindres.

- *Puissance de froid à installer :*

$P_{\text{froid installer}} = \text{Charge (optimale)} * \text{surface piste de glace} = 0,02 \text{ (w/cm}^2\text{)} * \text{surface (cm}^2\text{)}$

- *Types de compresseurs :*

Compresseurs à vis ou scroll

Eclairage

- Formule pour le calcul de la puissance nécessaire

$P \text{ (lumens)} = (\text{Nombre de lux souhaités} * \text{Surface de piste de glace}) / (\text{rendement lampe} * \text{coefficient de réflexion des parois du bâtiment})$

- Distance d'éclairage = dépend des caractéristiques des luminaires
- Le type de lampe recommandé est l'halogénure métallique.

Quelque soit le type de lampe, il faut utiliser plusieurs niveaux d'intensité pour les types d'activités pratiqués.

Chauffage

- Type de chauffage = Gaz ou Electrique

Pour les gradins, il est recommandé l'utilisation d'un chauffage à plancher radiant, cela améliore le confort des spectateurs.

D'après notre enquête, le type de chauffage le plus utilisé est le gaz

- Le plus important est le mode de gestion du chauffage (récupération d'énergie des condenseurs, délestage suivant les fréquentations et saisons)

Traitement de l'air

4 fonctions indispensables à assurer par la CTA :

- Déshumidification importante (gain d'énergie)
- Gestion d'apport d'air neuf
- Réchauffage
- Refroidissement

Possibilité de mettre en place une CTA avec récupération d'énergie

B. Partie gestion

GTC

- Aide à la gestion de la patinoire
- Plus facile d'exploitation et donc plus facile pour faire des économies d'énergie
- Elle permet de surveiller :
 - Production de froid
 - Traitement de l'air
 - Eclairage
 - Chauffage / Climatisation

RAPPORT TECHNIQUE

SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION	7
II.	GENERALITES DES PATINOIRES	8
1.	Production de froid	8
2.	Composition d'un groupe frigorifique	9
3.	L'armoire électrique de contrôle	10
4.	Autres systèmes mis en place	10
III.	LA CONSOMMATION ENERGETIQUE	11
A.	Les principaux secteurs consommateurs d'énergie	12
1.	La production de froid	12
2.	Le traitement d'air	12
3.	L'éclairage	13
4.	Le chauffage	14
B.	Description des éléments ayant une influence sur la consommation	14
1.	les luminaires	14
2.	les compresseurs, les échangeurs, les fluides frigorigènes et la constitution de la dalle	15
3.	les batteries de chauffage	15
4.	la centrale de traitement d'air	15
C.	Conseils : type d'équipement à installer et leur utilisation	16
1.	L'éclairage	16
a.	Type, puissance et nombre de luminaire à installer	16
b.	Conseils d'installation et d'utilisation	17
2.	La production de froid	19
a.	Les compresseurs	19
b.	Constitution de la dalle	22
c.	Les échangeurs	22
d.	Les fluides frigorigènes	23
e.	Les Types de détente	25
f.	Les isolants	28
3.	Le chauffage	32
a.	Inventaire des types de chauffage	32
b.	Comparaison des différents types de chauffage	34
c.	Chauffage à plancher rayonnant	35
d.	Quelques solutions pour réduire la consommation d'énergie	35
e.	Autres types de chauffage: la géothermie	38
4.	la centrale de traitement d'air	40

IV. BATIMENT : CHOIX DES MATERIAUX	43
1. Introduction	43
2. Présentation de la démarche HQE dans les bâtiments	44
3. Les différents types de matériaux	44
4. Les murs du bâtiment	46
5. Le toit du bâtiment	48
6. Le vitrage du bâtiment	50
V. INNOVATION « ECOGLISS »	53
1. Qu'est-ce que patinoire ECOGLISS ?	53
2. Une réponse aux préoccupations actuelles	53
3. Les patins utilisés	53
4. Les avantages des patinoires ECOGLISS	54
5. Les inconvénients des patinoires ECOGLISS	55
VI. GESTION D'UNE PATINOIRE	55
1. Le besoin	55
2. Les variables	55
3. Les moyens de gestion possibles	55
4. GTC ou automate ?	56
5. La GTC	57
6. Conseils de gestion technique	58
VII. CONCLUSION	59

ANNEXE: différentes solutions d'installation de dalle (*Etude réalisée par le bureau d'études NPA*)

I. INTRODUCTION

Dans le cadre d'une validation de 3^{ème} année de l'école d'ingénieur Génie Industriel de l'ITII d'Auxerre en Bourgogne, les apprentis ingénieurs ont été chargé de réaliser un projet.

Le bureau d'études New Patin'Age, situé à Monéteau et spécialisé dans la conception et la réalisation de patinoires, a fait appel aux compétences de ces futures ingénieurs pour la rédaction d'un guide de recommandation destiné aux maîtres d'œuvre.

Pour mener à bien cet objectif, les étapes à suivre étaient les suivantes :

- Recenser les performances énergétiques des patinoires en fonction de leur process.
- Pour cela, il a fallut tout d'abord identifier les critères caractérisant les installations et les infrastructures, puis réaliser une enquête nationale sous la forme d'un questionnaire.
- Analyser les données collectées par le retour des questionnaires afin de cibler les process les plus performants.
 - Synthétiser les conclusions.
 - Rédiger un guide de recommandation destiné à l'usage des maîtres d'œuvre.

Dans ce rapport, sous forme de guide de recommandation, vous seront présentées tout d'abord les généralités concernant le fonctionnement des patinoires avec notamment la production de froid. Ensuite, pour aborder l'aspect consommation énergétique, nous traiterons des principaux secteurs énergivores et des éléments ayant une incidence sur eux.

Le bâtiment, ayant son importance dans la construction d'une patinoire, nous vous apporterons une analyse concernant le choix des matériaux.

Afin d'apporter une touche d'innovation, le concept concernant une patinoire sans glace vous sera exposé.

Enfin, des conseils seront apportés concernant la gestion globale d'une patinoire.

Pour le soutien qu'ils ont pu apporter dans la rédaction de ce guide de recommandation, nous tenons à remercier Messieurs:

Thierry VOEGELI, représentant du bureau d'études New Patin'Age, Ingénieur en Travaux Publics et cogérant de la patinoire Cyber Glace de Monéteau

Olivier GENDRY, directeur des Etudes à l'ITII et tuteur de notre projet

Damien LAURENS, formateur en hydraulique et frigoriste

Pierre Antoine GERVAIS, ingénieur ESTP

II. GENERALITES DES PATINOIRES

A. Production de froid

L'installation technique est composée d'un ensemble d'éléments: compresseurs, échangeurs de chaleur (évaporateur, condenseur, récupérateur de chaleur ...), séparateur d'huile, bouteille liquide, pompes...

Le groupe frigorifique installé dans un local technique est alimenté en énergie électrique.

Il comprend un ou plusieurs compresseurs qui compriment un fluide frigorigène (en phase vapeur). Ensuite ce fluide comprimé sera refroidi dans un échangeur de chaleur appelé condenseur de manière à le liquéfier. Ce fluide, en phase liquide, sera stocké dans un réservoir appelé bouteille liquide.

La détente du fluide en phase liquide par le détendeur alimente l'échangeur appelé évaporateur, dans lequel le fluide refroidira un liquide calo-porteur (généralement de l'eau glycolée) dont la fonction est de transporter la « chaleur » de la piste vers l'évaporateur. Cette chaleur va évaporer le fluide frigorigène qui sera de nouveau aspiré et comprimé par le compresseur.

Il existe plusieurs types d'échangeurs: principalement des échangeurs à tubes et des échangeurs à plaques. Ces échangeurs peuvent aussi bien être utilisés comme condenseur que comme évaporateur. Ils sont destinés à réaliser le transfert thermique entre le fluide frigorigène et de l'eau.

Pour le condenseur, l'eau issue de l'échangeur sera soit refroidie par une ou plusieurs tours de refroidissement utilisant un circuit d'eau (et additifs) en boucle fermée. L'eau (pulvérisée dans la tour) est refroidie par de l'air « pulsé » par de puissants ventilateurs. Ces tours sont aussi appelées aéro-réfrigérant. Soit l'eau sera rejetée et on parlera alors de système à eau « perdue ».

Le fluide calo-porteur refroidit à moins dix degrés Celsius est envoyé, grâce à un système de pompes, dans un complexe de tuyauteries de grande capacité appelé collecteurs qui se subdivisent en de multiples tuyaux de faible diamètre couvrant l'intégralité de la piste (en largeur et en longueur).

Lorsque l'ensemble est bien refroidi (par contact avec le liquide circulant dans la tuyauterie) il est recouvert progressivement et successivement de couches d'eau se transformant en glace au contact de la piste, jusqu'à arriver à l'épaisseur souhaitée.

Pour produire une glace de bonne qualité, il faut que:

- La surface mise à disposition pour recevoir la piste de glace soit parfaitement plane et horizontale.
- Deux couches d'un matériau isolant soient superposées à même le sol. Cet isolant évite d'une part que le sol ne gèle et d'autre part les pertes d'énergie. Il existe aussi un système de réchauffage ayant pour fonction d'éviter le gel du sol.
- Un film pare vapeur doit être ensuite étalé sur la piste.
- Le film étanche pare vapeur est entièrement recouvert de tapis constitué d'un réseau tubulaire qui véhiculera le fluide calo-porteur maintenu à température négative par les groupes frigorifiques.
- Un bon circuit frigorifique noyé dans une dalle de béton ou de sable constitue la base de la piste.
- La glace devra être entretenue plusieurs fois par jour à l'aide d'une surfaceuse.

B. Composition d'un groupe frigorifique

Un groupe frigorifique se compose :

- 1/ Les groupes moto compresseurs frigorifiques.
- 2/ Le condenseur : les calories prélevées sur la piste sont évacuées dans l'eau.
- 3/ Les détendeurs : ces dispositifs sont destinés à la détente du fluide frigorigène et au réglage de son débit.
- 4/ L'évaporateur : il assure l'échange de chaleur entre le fluide frigorigène, circulant dans un faisceau de tubes cuivres ailettes, et l'eau glycolée circulant à l'extérieur de ces tubes.
- 5/ Les circuits de liaison entre les différents appareils.
- 6/ Les instruments de régulation et de sécurité.

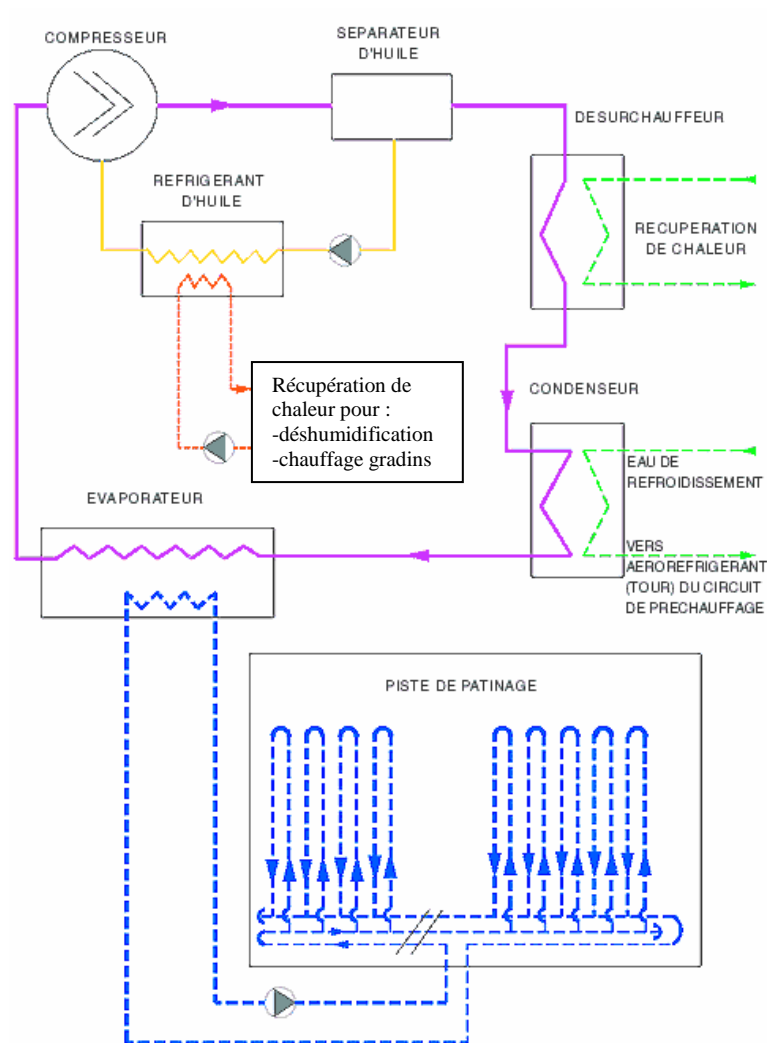


Schéma de principe d'une installation frigorifique

C. L'armoire électrique de contrôle

L'armoire électrique de contrôle comprend :

- Les appareils de contrôle de fonctionnement
- Les relais électriques
- Les boutons de commande
- Les voyants lumineux de signalisation et de contrôle
- Le coffret de puissance avec les appareils électriques de démarrage et de protection des moteurs
- Les appareils de protection et de télécommande de la pompe de circulation

D. Autres systèmes mis en place

Mise en place d'un système de conditionnement d'air (CTA) :

- installer un système de traitement d'air complet dans la halle de glace. Ce système comprend une centrale de traitement d'air qui chauffe et déshumidifie la patinoire.

Système de chauffage (facultatif) :

- le chauffage des gradins se fait par récupération de l'énergie produite par les compresseurs d'eau glacée ou par chauffage radian au sol.

Mise en place d'un système « sécurité incendie » (obligatoire) :

- un système de désenfumage naturel dans la halle principale.

Habillage des parois verticales pour une meilleure acoustique

Mise en place d'une sonorisation et d'un éclairage d'ambiance

Mise en place d'une GTC (Gestion Technique Centralisée) ou d'un automate :

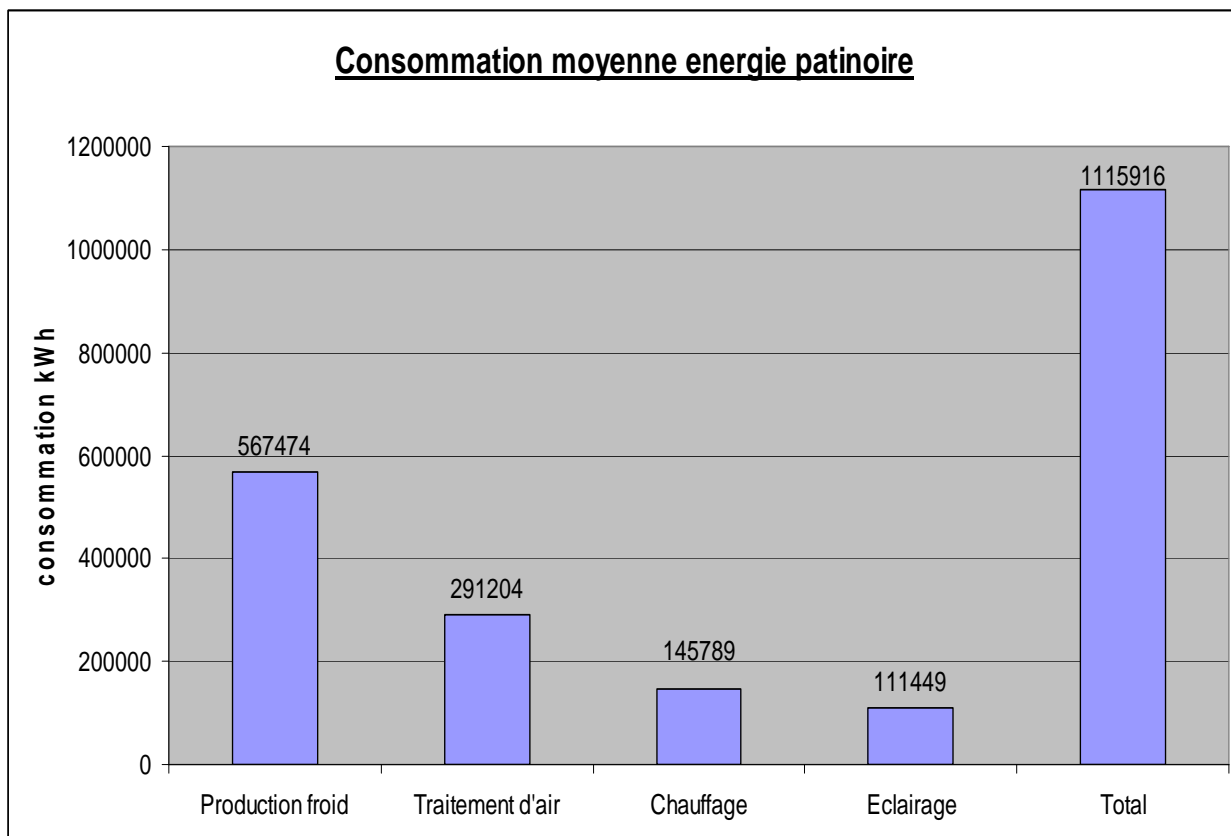
-c'est un équipement fiable, rapide et capable de surveiller en temps réel tous les systèmes (production de froid, ventilation, éclairage...)

Assurance responsabilité civile et des équipements en moyenne (en fonction de la taille du bâtiment, de la valeur des équipements,...) : environ 6000 euros par an

III. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE

D'après notre enquête (nous avons retiré les échantillons incohérents), les principaux secteurs consommateurs d'énergie sont :

- la production de froid
- l'éclairage
- le chauffage
- le traitement d'air



Consommation d'énergie moyenne d'une patinoire				
Production froid	Traitement d'air	Chauffage	Eclairage	Total
567474	291204	145789	111449	1115916
50,6%	25,9%	13,0%	9,9%	100%

A. Les principaux secteurs consommateurs d'énergie

1. La production de froid

Résultat de l'enquête : seulement quelques patinoires nous ont communiqué les chiffres sur la consommation d'énergie liée à la production de froid. (Voir tableau ci-dessous)

Nom patinoire	Consommation total (kWh)	Consommation "production froid"	% Consommation "production de froid" / consommation totale
BELFORT	1 334 874		
BESANCON	1 009 058		
BETHUNE	733 158	491764	67%
BOURGUEIL	350 906	102144	29%
BREST	665 878		
CASTRES	2 344 865		
DIJON	943 680		
DUNKERQUE	933 524		
EVRY	754 135	111000	15%
MEGEVE	1 240 684	145000	12%
MONETEAU	750 000	389808	52%
MULHOUSE	1 359 496		
NARBONNE	924 100	847600	92%
RENNES	2 565 000	1885000	73%
		MOYENNE	48,5%

On constate que la réfrigération représente environ 48,5% de la consommation total d'énergie d'une patinoire. C'est le secteur qui consomme le plus. Ceci s'explique par le fait que la plupart des patinoires ont des équipements, pour produire le froid, qui ont une puissance élevée. De plus, ces équipements doivent fonctionner quotidiennement afin de maintenir la température de la glace.

En fonction des caractéristiques des patinoires, nous allons proposer différentes solutions afin de réaliser des économies d'énergie sur la production de froid :

- type et gestion des compresseurs
- constitution de la dalle
-

2. Le traitement d'air

Résultat de l'enquête : les consommations d'énergie liée à au traitement de l'air n'ont pu être indiquées par la majorité des patinoires parce que en général elles ne possèdent qu'un compteur collectif (voir tableau ci-dessous). Le peu de réponse obtenu ne nous permet pas de tirer de conclusion.

Nom de la patinoire	Consommation total (kWh)	Consommation "traitement d'air"	% Consommation "traitement de l'air" / consommation totale
BELFORT	1 334 874		
BESANCON	1 009 058		
BETHUNE	733 158		
BOURGUEIL	350 906		
BREST	665 878		
CASTRES	2 344 865		
DIJON	943 680		
DUNKERQUE	933 524		
EVRY	754 135		
MEGEVE	1 240 684		
MONETEAU	750 000	203408	27%
MULHOUSE	1 359 496		
NARBONNE	924 100		
RENNES	2 565 000	379000	15%

Malgré le peu de réponse obtenu, nous allons quand même proposer des solutions pour répondre aux questions suivantes et ainsi réaliser des économies d'énergies :

- A quel débit la CTA doit-elle fonctionner ?
- Quelle capacité du système avoir (air chaud et air froid) ?
- Type de déshumidificateur ?
- ...

3. L'éclairage

Résultat de l'enquête : les consommations d'énergie liées à l'éclairage n'ont pu être indiquées par la majorité des patinoires parce qu'en général elles ne possèdent qu'un compteur collectif (voir tableau ci-dessous). Le peu de réponse obtenue ne nous permet pas de tirer de conclusion.

Nom de la patinoire	Consommation total (kWh)	Consommation "éclairage" (kWh)	% Consommation "éclairage" / consommation totale
BELFORT	1 334 874		
BESANCON	1 009 058		
BETHUNE	733 158		
BOURGUEIL	350 906		
BREST	665 878		
CASTRES	2 344 865		
DIJON	943 680	91 000	10%
DUNKERQUE	933 524		
EVRY	754 135		
MEGEVE	1 240 684		
MONETEAU	750 000	19 296	3%
MULHOUSE	1 359 496		
NARBONNE	924 100	76 500	8%
RENNES	2 565 000	259 000	10%

Néanmoins, nous allons montrer que l'éclairage a une influence sur la consommation d'énergie totale. Pour cela nous allons étudier, les différents types de luminaires que les patinoires utilisent et leurs impacts sur la consommation.

4. Le chauffage

Résultat de l'enquête : les consommations d'énergie liées au chauffage n'ont pu être indiquées par les patinoires parce que de manière générale elles ne possèdent qu'un compteur collectif (nous n'avons obtenu qu'une seule réponse).

Le chauffage du bâtiment est essentiel pour assurer le confort des utilisateurs de la patinoire et des visiteurs. Il est judicieux de faire varier la température ambiante en fonction de la fréquentation et du nombre utilisateur. En effet, plus ont a de « patineurs » moins on doit fournir de chauffage. Nous allons voir, par la suite, quel type de chauffage est le plus rentable et quand est-ce qu'il faut le mettre en fonctionnement afin de réaliser des économies d'énergie sur ce secteur.

B. Les éléments ayant une influence sur la consommation

1. Les luminaires

Les luminaires doivent fournir un éclairage général tout en limitant la dépense énergétique. Voici les principaux critères à prendre en compte :

- Le type de luminaire
- La distance séparant les luminaires de la piste de glace
- La puissance totale des luminaires installés
- Dégagement de chaleur des luminaires

D'après notre enquête, les types de luminaire que l'on retrouve les plus souvent dans les patinoires sont :

- Les tubes fluorescents néons
- Les lampes au sodium (LPS ou SHP)
- Les lampes halogènes
- Les lampes iodes

Tubes fluorescents :

Avantages → Longue durée de vie, plus économique que les lampes à incandescence...

Inconvénients → produit cher à l'achat, interférences créées par les tubes qui sont nuisibles pour les équipements électroniques et informatiques ...

Lampes sodium :

La famille des lampes à vapeur de sodium standard s'étend de 35 watts jusqu'à 1000 W, avec une efficacité lumineuse de 90 lm/W (lumens par watt) jusqu'à 140 lm/W, ce qui en fait une source de choix pour un éclairage économique.

Lampes halogènes :

Ces lampes ont une température de surface très importante. De plus avec ce type de lampe, il est utile d'utiliser une lampe de puissance inférieure et de multiplier si besoin le nombre de luminaires pour obtenir une plus grande luminosité.

Les petits spots halogènes consomment peu, mais en les multipliant cela peut entraîner une surconsommation d'énergie.

Lampes iodes :

L'efficacité de ces lampes est de l'ordre de 20 à 25 lm/W (lumens par watt électrique) ce qui est bien supérieure aux 12 à 14 lm/W des lampes à incandescence ordinaires.

2. Les compresseurs, les échangeurs, la constitution de la dalle, le fluide frigorigène et le type de détente

Les compresseurs : ils font partis des principaux éléments de la réfrigération (production de froid) consommateur d'énergie.

Le choix des compresseurs et leur nombre s'effectuent de la manière suivante :

- Selon le mode de gestion de la réalisation de production froid
- Quantité de glace à produire (dimension piste de glace)
- Performances intrinsèques des compresseurs
-

Les échangeurs : ils ont une très grande influence sur la consommation d'énergie (production de froid). Il y a plusieurs paramètres déterminants tels que l'entraxe des tuyaux, le diamètre, la matière et la distance entre la dalle et les échangeurs.

La constitution de la dalle : il est important de choisir entre une dalle de béton ou une dalle de sable, choisir le type isolation...

Le fluide frigorigène et le type de détente : par ses propriétés thermodynamiques, le fluide frigorigène influence la consommation énergétique frigorifique. De plus, suivant le type de détente que l'on adopte sur sa patinoire les frais d'exploitation ne seront pas les mêmes.

3. Les batteries de chauffage

Le type de batterie de chauffage à installer dans une patinoire dépend principalement du volume du bâtiment à chauffer. Mais aussi de la fréquentation moyenne de la patinoire car toutes les personnes présentes dans la patinoire apportent des calories (100W pour une personne assise et 300W pour un « patineur »).

4. La centrale de traitement d'air

Le choix d'une centrale de traitement d'air s'effectue en fonction des critères suivants :

- Prix d'achat de la CTA
- Performances de la CTA
- Volume du bâtiment
-

C. Conseils : type d'équipement à installer et utilisation

1. L'éclairage

a. Type, puissance et nombre de luminaires à installer

Le type de luminaire à installer doit principalement s'effectuer à partir du rendement lumineux. C'est le rapport entre le flux lumineux émis par une source lumineuse et la puissance absorbée (lm/W).

	Rendement lumineux (lm/W)
Tube fluorescent	41 à 96
Lampe sodium	65 à 140
Lampe iode	68 à 78
Lampe halogènes	17 à 20,5

Une fois le type de luminaire choisi, il faut déterminer la puissance et le nombre de luminaires à installer. En réalité, cela dépend de plusieurs paramètres :

- La surface à éclairer
- La hauteur des luminaires
- Le coefficient de réflexion des parois (sol ; plafond et parois)
- Le rendement lumineux d'une lampe
- L'éclairement moyen à fournir
-

Voici une formule permettant de déterminer la puissance d'éclairage totale à installer dans une patinoire :

Tout d'abord, déterminons le nombre de lumens (éclairage d'une surface)

Nombre de lumens = Nombre lux souhaités * surface piste de glace * 1/rendement lumineux lampe*1/ (coefficient réflexion glace*coefficient réflexion murs*coefficient réflexion plafond)

Coefficient de réflexion :

Piste de glace = 0,8

Murs = voir tableau

Plafond = voir tableau

Coefficient de réflexion des parois courantes

Facteurs de réflexion de quelques surfaces intérieures			
Peintures :		Autres matériaux de construction :	
blanc	0,70 à 0,80	plâtre blanc	0,7 à 0,80
jaune	0,50 à 0,70	marbre blanc propre	0,80 à 0,85
vert	0,30 à 0,60	brique blanche propre	0,62
gris	0,35 à 0,60	brique rouge	0,10 à 0,20
brun	0,25 à 0,50	brique rouge usagée	0,05 à 0,15
bleu	0,20 à 0,50	aluminium poli	0,65 à 0,75
rouge	0,20 à 0,35	aluminium mat	0,55 à 0,60
noir	0,04	émail blanc	0,65 à 0,75
Bois :		vitrages	0,08 à 0,40
bouleau clair, érable	0,55 à 0,65	crépis blanc neuf	0,70 à 0,80
chêne vernis clair	0,40 à 0,50	crépis blanc usagé	0,30 à 0,60
chêne vernis foncé	0,15 à 0,40	béton neuf	0,40 à 0,50
acajou, noyer	0,15 à 0,40	béton ancien	0,05 à 0,15
Papiers peints :		plastique blanc	0,6
très clairs (blanc, crème)	0,65 à 0,75	carrelage gris clair	0,3
clairs (gris, jaune, bleu)	0,45 à 0,60	linoléum gris foncé	0,2
foncés (noir, bleu, gris, vert, rouge)	0,05 à 0,36	tapis plein foncé	0,2

Eclairage moyen :

Patinoire entraînement = 200 lux

Patinoire compétition nationale = 400 lux

Patinoire compétition internationale = 1000 lux

NB : la distance entre la surface à éclairer et les luminaires a une influence sur le rendement lumineux. En fonction de hauteur, nous n'aurons pas le même rendement.
(Voir données constructeur)

Une fois le nombre de lumens nécessaire déterminé, il suffit de diviser le résultat par le rendement lumineux d'une lampe (données constructeur) pour obtenir la puissance totale à installer.

b. Conseils d'installation et d'utilisation

Problème : L'éclairage provoque une consommation d'énergie frigorifique supplémentaire par l'échauffement produit au niveau de la piste.

Il est donc essentiel de diminuer la puissance installée en agissant à la fois sur la nature des sources lumineuses, leurs emplacements et les facteurs de réflexion des parois intérieures.

Liste des solutions :

Utilisation de lampes à haut rendement

L'éclairage artificiel donne deux occasions de consommer de l'énergie, d'abord l'électricité consommée par les lampes elles-mêmes, ensuite pour enlever la charge thermique créée par les lampes. L'augmentation de la charge de production de froid est particulièrement élevée quand on éclaire la glace d'une patinoire. Il est donc judicieux d'utiliser des lampes à haut rendement pour rendre l'éclairage plus efficace et consommer moins d'énergie.

Plafonds à haut pouvoir réfléchissant permettent de réduire de 30 % les besoins en éclairage. Ceux-ci peuvent être combinés à des peintures ou matériaux à faible émissivité.

La couleur des murs doit être choisie pour mieux réfléchir la lumière.

Avantages du plafond à faible émissivité :

- Moins de condensation
- Conditions acoustique améliorées

Intensité d'éclairage réduite où cela est possible

- Lampes à multi-intensités d'éclairage (lampes à intensité variable)
- Nombre variable de lampes en opération
- Modulation selon le niveau d'occupation et le type d'activité
- Réduire la hauteur des luminaires et des plafonds en tenant compte de la réflectivité des plafonds et des murs
- En diminuant la puissance des luminaires installés, on diminue la charge radiative sur la glace.

Utilisation de lampes à plusieurs niveaux d'intensité

Ceci permet d'adapter le niveau d'éclairage pour chaque groupe d'activité :

- Niveau inférieur pour l'entretien
- Niveau intermédiaire 1 pour les loisirs

- Niveau intermédiaire 2 pour le patinage artistique
- Niveau supérieur pour le hockey
- Utilisation d'un panneau de contrôle pour l'éclairage des différents niveaux. (voir exemple ci-dessous du panneau de contrôle de la patinoire Val-des-monts au Québec)
- Gestion intégrée de l'éclairage au contrôle centralisé

Utilisation de lampes à halogénure métallique

La lampe aux iodures métalliques fait partie des lampes à décharge. Pour certaines lampes (certaines puissances, certains culots), l'ensemble amorceur, ballast conventionnel et condensateur peuvent être remplacé par un ballast électronique.

L'ampoule contient de la vapeur de mercure haute pression dans laquelle est ajoutés des halogénures métalliques. Suivant le fabricant, les iodures métalliques sont différents (dysprosium, scandium, sodium, thallium, indium, etc.). La température de couleur dépend des iodures métalliques présents.

La lumière est émise, en majeure partie sous forme de rayonnements visibles, mais une petite partie est émise sous forme de rayonnements ultraviolets invisibles. Dans les lampes ellipsoïdes, on tente de récupérer ces rayons en tapissant la paroi intérieure de l'ampoule d'une poudre qui absorbe les U.V. et les transforme en rayons visibles de couleur chaude, de manière à obtenir une couleur globale moins froide. Cette poudre rend l'ampoule opaline.

Paramètres lumineux

Puissance (W)	Puissance lampe (W)	Puissance ballast (W)	Flux lumineux (lm)	Efficacité lumineuse (ballast non compris) (lm/W)	Efficacité lumineuse (ballast compris) (lm/W)	IRC	T° couleur (K)	Durée vie utile (h)	Durée vie moyenne	Prix brut HTVA (€)
Standard (tube à décharge en quartz)										
70	75	10,5	5 900	84	72	80	4 000	6 000 à 10 000	18 000	73
150	147	19	13 000	87	78	85				93
250	245	19,5	19 000	76	70	85	+/- 4 600			57
400	390	23	35 000	88	82	58				
1 000	965	48	85 000	85	82	155				
2 000	1 960	96	189 000	95	93	180				
A brûleur céramique										
35	38	8	3 400	89	74	+/- 85	3 000	6 000	10 000	60-100
70	70	13	6 400	90	77		3 000 ou 4 200			
150	147	17	14 000	95	87		3 000 ou 4 200			

Avantages et inconvénients des lampes à halogénure métallique :

Elles ont un flux lumineux élevé et un bon rendement.

Pour certaines applications (dans les bureaux par exemple), il faut une protection contre les U.V. Cette protection peut se faire soit au niveau de la lampe, soit au niveau du luminaire.

Il existe des lampes aux iodures métalliques qui peuvent être utilisées en remplacement direct des lampes au sodium haute pression. Il suffit de changer l'ampoule, il ne faut aucune modification de ballast, d'armature ou de câblage.

Suivant le type d'halogénures présent dans la lampe, les caractéristiques électriques sont différentes, ce qui ne rend pas ces lampes toutes interchangeables.

Les lampes aux halogénures métalliques ne sont pas stables dans le temps. Dans le brûleur (ou tube à arc), il y a des poudres stabilisantes, mais le brûleur classique est en quartz et ces poudres s'échappent, ce qui explique que la couleur de ces lampes peut devenir bleue ou rose après un certain temps.

Certains fabricants ont remplacé le brûleur en quartz des lampes aux halogénures métalliques par un brûleur en céramique du même type que celui des lampes sodium haute pression. La couleur de la lampe est alors stable dans le temps, de plus son efficacité lumineuse ainsi que son IRC sont légèrement améliorés.

Cependant, ces lampes n'existent pas encore dans la gamme des grandes puissances (>150W).

Elles ont une position de fonctionnement bien déterminée.

A l'allumage, le flux lumineux nominal n'est atteint qu'après plusieurs minutes et après extinction, le réamorçage ne peut se faire qu'après une dizaine de minutes. Utilisé avec un ballast électronique à allumage à chaud pour lampes aux iodures métalliques, le réamorçage est immédiat en cas d'extinction. Toutefois, ces ballasts n'existent que pour de faibles puissances.

De même, certains modèles particuliers permettent un réamorçage immédiat. Ces lampes couvrent toute la gamme de puissance. Néanmoins, elles doivent être utilisées avec des accessoires adéquats : l'amorceur doit procurer une tension très élevée pour permettre cet allumage instantané.

Ces lampes peuvent exploser, il faut donc les utiliser avec une glace de protection excepté pour les modèles spéciaux qui possèdent un revêtement extérieur en téflon qui les protège contre l'éclatement et qui permet de les utiliser dans des luminaires ouverts.

Eclairage naturel

Une autre option, toujours appréciée des occupants, est l'utilisation de la lumière extérieure. En comparaison de la lumière artificielle, l'éclairage naturel crée moins de charge thermique à l'intérieur du bâtiment, à intensité égale d'éclairage, ce qui réduit les charges frigorifiques, à condition de moduler l'éclairage artificiel en fonction de la lumière naturelle disponible. Il faut aussi faire attention de contrôler les gains solaires indésirables, les reflets, les pertes ou les gains en chaleur par les fenêtres et les puits de lumière. Il faut éviter tout particulièrement de laisser entrer directement le rayonnement solaire.

Avantages des solutions précédemment citées : (gains observés sur la patinoire Val-des-Monts au Québec) :

- 10,5 kW contre 26 kW d'appel de puissance dans une patinoire traditionnelle au Québec.
- Les niveaux multiples d'éclairage diminuent par 5 la consommation d'énergie d'éclairage. Ce qui représente une économie d'environ 75% de consommation d'énergie par rapport aux patinoires traditionnelles
- Le plafond à faible émissivité permet une diminution de 6 % de la charge de production de froid.

2. Production de froid

a. Les compresseurs

Type de compresseurs à utiliser :

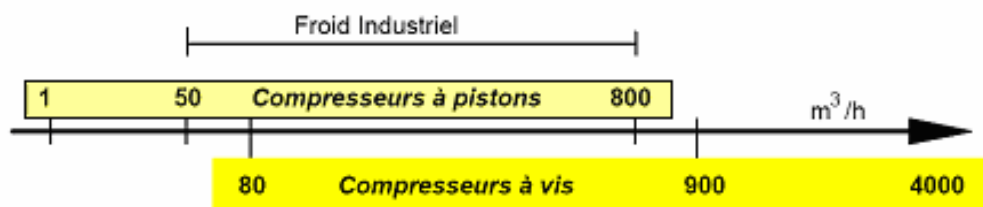
Voici les deux principaux types de compresseurs utilisés dans les patinoires:

- Piston
- Vis ou Scroll

D'après notre enquête, 71% des patinoires utilisent des compresseurs à pistons et 29% des compresseurs à vis.

Comparaison entre les compresseurs à piston et à vis :

Les gammes de volume balayé par les compresseurs (voir schéma ci-dessous)



Le rendement volumétrique est meilleur avec les compresseurs à vis. En effet, un faible rendement volumétrique n'est pas pénalisant sur le plan énergétique (cela signifie que le débit-masse qui traverse le compresseur est plus faible que celui qui correspondrait théoriquement à la cylindrée) mais en revanche il est pénalisant sur le plan économique (cela conduit à surdimensionner la cylindrée et donc à un investissement plus élevée)

Le coefficient de performance (COP) varie en fonction du fluide et de la température utilisée. Pour les patinoires, il dépend du taux d'utilisation des compresseurs. En effet, les COP fournis par les constructeurs sont à 100% de charge.

Le fonctionnement à charge partielle (délestage) : avec les compresseurs à pistons la variation de puissance s'effectue par paliers successifs alors qu'avec les compresseurs à vis la variation de puissance est en générale continue, ce qui permet une plus grande souplesse.

Le choix économique s'effectue selon deux critères principaux :

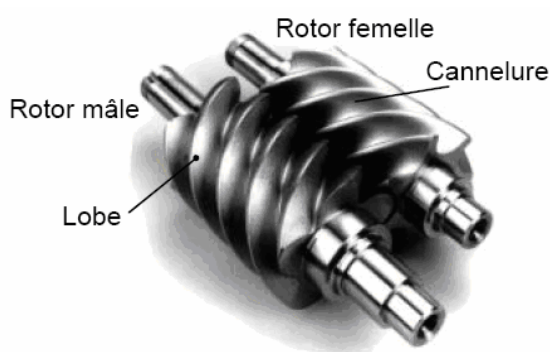
- Le prix d'investissement

Prix moyen d'un compresseur piston → ce type de compresseurs n'est plus commercialisé

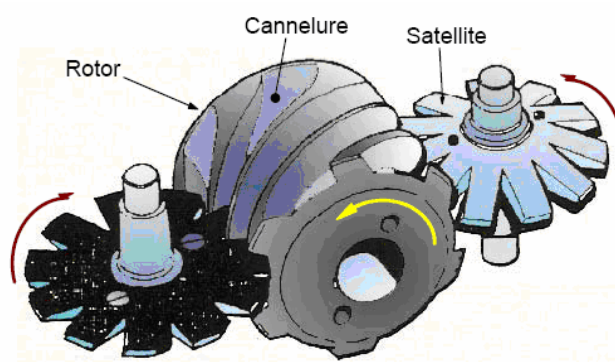
- Le coût d'entretien

Il est plus avantageux avec les compresseurs à vis

LES COMPRESSEURS À VIS SE REPARTISSENT EN DEUX GROUPES



Compresseur birotor



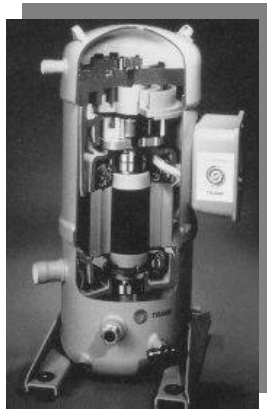
Compresseur monorotor

Les compresseurs à vis sont des machines qui présentent plusieurs avantages :

- Absence de soupapes d'aspiration et de refoulement, donc peu sensibles aux coups de liquide
- Le fait d'avoir un flux de gaz comprimé constant, peu de pièces en mouvement et un mouvement rotatif, confèrent à ces machines un faible niveau sonore
- Le rendement volumétrique est élevé
- La régulation de puissance est en générale continue de 10 à 100%
- L'encombrement au sol est réduit

Il existe un troisième type de compresseur qu'utilisent certaines patinoires :

LE COMPRESSEUR SCROLL



Le compresseur SCROLL est composé de deux rouleaux identiques en forme de spirale. Le premier est fixe, le second décrit un mouvement circulaire continu sans tourner sur lui même. Les spirales sont déphasées de 180°.

La réduction du nombre de pièces par rapport à un compresseur à pistons de même puissance est de l'ordre de 60 %. L'unique spirale mobile remplace pistons, bielles, manetons et clapets. Moins de pièces en mouvement, moins de masse en rotation et moins de frottements internes, cela se traduit par un rendement supérieur à celui des compresseurs à pistons.

Les variations de couple ne représentent que 30 % de celles d'un compresseur à pistons. Il n'impose donc que de très faibles contraintes au moteur, facteur de fiabilité.

Il reste limité en puissance (autour des 50 kW) mais plusieurs scroll peuvent être mis en parallèle (jusqu'à 300 kW par exemple).

A noter également sa faible sensibilité aux coups de liquide.

Conclusion : les compresseurs à vis et scroll sont actuellement, sur le marché, les compresseurs les plus intéressants en termes de performance et de prix.

- Modèle de compresseurs à installer

Le choix du modèle de compresseur doit se réaliser à partir de vos besoins. C'est-à-dire en fonction du taux de charge à laquelle vous désirez faire fonctionner vos compresseurs pour produire du froid (faire un appel d'offres à plusieurs fournisseurs).

- Calcul de la puissance de froid nécessaire

Le calcul de la puissance de froid nécessaire pour produire de la glace s'effectue de la manière suivante : $P = 0,02W/cm^2 * \text{surface piste de glace}$

Exemple : pour une piste de glace de $1624m^2 \rightarrow P = 0,02 * 1624 * 10000 = 324800W = 324,8 \text{ kW}$

- Conseils d'utilisation

Veillez vous référer à la partie VII. GESTION D'UNE PATINOIRE.

b. Constitution de la dalle

Les patinoires de France sont équipées de dalle en béton ou en sable pour le support de glace. On peut optimiser la production de glace en jouant sur ce paramètre.

➤ Dalle en béton

Avantages : Facilite la décongélation, possibilité d'exercer d'autres activités (tennis, roller...)

Inconvénients : Coût de mise en œuvre important

➤ Dalle en sable

Avantages : Coût de mise en œuvre nettement inférieur à celui d'une dalle en béton

Inconvénients : phénomène de gonflements susceptible d'apparaître

c. Les échangeurs

Les patinoires de France sont équipées d'échangeurs pour la production de froid. On peut optimiser la production de glace en jouant sur ce paramètre.

Les échangeurs ont une très grande influence sur la consommation d'énergie (groupe froid). Il y a plusieurs paramètres qui sont déterminants : l'entraxe des tuyaux, le diamètre, la matière et distance entre la dalle et les échangeurs.

D'après une étude menée par NPA, toutes les solutions ont été envisagées : se référer à l'annexe joint.

➤ Pour une solution traditionnelle avec les paramètres suivants :

Entraxe tuyaux = 100mm

Diamètre = 25/32 mm

Matière = PE

Distance dalle/échangeurs = 50mm

Résultat → *Echangeurs grand diamètres* : avec ce type d'échangeurs dans une solution traditionnelle, nous obtenons une consommation de 1 200 000 kWh

➤ **Pour une solution dalle de béton :**

Entraxe tuyaux = 40mm

Diamètre = 12,5/15,8 mm

Matière = PE

Distance dalle/échangeurs = 31mm

Résultat → *Echangeurs moyen diamètre* : avec ce type d'échangeurs dans une solution dalle de béton, nous obtenons une consommation de 810 000 kWh

➤ **Pour une solution HQE dalle de sable**

Entraxe tuyaux = 40mm

Diamètre = 5,5/8 mm accolés

Matière = PE

Distance dalle/échangeurs = 25mm

Résultat → *Echangeurs petit diamètre* : Avec ce type d'échangeurs dans une solution dalle en sable, nous obtenons une consommation de 600 000 kWh.

Parmi les trois solutions précédemment proposées, la solution HQE dalle de sable reste la plus économique.

CONCLUSION:

La dalle de sable avec des échangeurs à petit diamètre et thermo soudés est la solution optimale. Ceci a été vérifié à Auxerre et au Mans avec moins de 400 000 kWh de consommation annuelle pour une piste de 1450 m² (soit 275,86 KWh/an/m²).

d. Fluides frigorigènes

Sur le tableau ci-dessous, vous trouverez les fluides frigorigènes qu'utilisent les patinoires consultées :

R22	NH3	R507	R134A	R404A	R527	Mexiflon
58%	16%	5%	5%	5%	5%	5%

Le R-22 est de type HCFC et sera interdit dans les installations neuves dès 2010. Dans l'existant, les fluides issus du recyclage ne combleront pas les besoins. Les remplacements possibles imposent une stratégie de choix.

L'ammoniac et le R-134a présentent une performance énergétique meilleure. Pour des risques d'intoxication, l'ammoniac est à éviter dans ce type d'installation. Ainsi, il reste le R-134a qui, lui, demande des investissements plus conséquents (tuyauterie et compresseur plus imposants)

Sur la route de l'abandon des Chlorofluorocarbones (CFC), après le protocole de Montréal en 1987, l'Europe s'est attaquée à partir de 1994 à l'autre famille de fluides frigorigènes contenant du chlore nuisible à la couche d'ozone et générateur d'effet de serre: les Hydro Chlorofluorocarbones (HCFC).

Le règlement CEE 2037/2000 du 19/06/2000 paru au JOCE du 29 septembre 2000 programme la diminution progressive des quantités utilisées (article 5) : “À partir du 1^{er} janvier 2010, l'utilisation de HCFC vierges est interdite dans la maintenance et l'entretien des équipements de réfrigération et de conditionnement d'air existant à cette date. L'ensemble des hydro chlorofluorocarbones seront interdits à compter du 1^{er} janvier 2015.” Ce texte envisage plus loin l'utilisation de fluides de substitution : « les fluides verts ». Ces solutions de remplacement devraient avoir des effets sensiblement moins actifs sur l'environnement que les hydro chlorofluorocarbones.

Pour remplacer le R-22 : cinq fluides sont possibles.

On recherchera l'usage de fluides :

- A faible pression interne, ce qui contribuera à limiter les fuites.
- Les plus performants, de manière à maintenir un coefficient de performance élevé. Mais dans tous les cas, on enregistrera une baisse de performances par rapport au R-22.
- Affichant un GWP (Global Warming Potential ou potentiel de réchauffement global) le plus faible possible.

De fait, le choix de fluides de substitution reste limité. Il s'agit des R-404A, R-507, R-407C, R-422D (Isceon MO) et R-427A (Forane FX 100) (se référer au tableau ci-dessous).

En reconversion simple, deux fluides sont proposés par les producteurs : le R-427A, ou Forane

Le R 427A convient pour les systèmes à détente directe, que ce soit en production de froid négative ou positive ou lors d'un changement d'huile, mais avec un nettoyage facultatif. La charge résiduelle d'huile peut atteindre 15 % selon les données du producteur de fluides, mais il faut préférer un résiduel maximal de 2 à 5 % en froid négatif, et de 5 à 7% en froid positif.

Ce fluide se révèle en réalité être un R-407C auquel a été ajouté un peu de R-143a pour lui allier les propriétés de production frigorifique volumétrique et de consommation énergétique de manière à ne pas consommer plus qu'avec un R-22. La nouvelle charge s'effectuera avec une huile polyolester. Il faut anticiper une perte de production frigorifique instantanée par une augmentation des temps de fonctionnement des groupes ou par une extension des installations pour compenser la perte de puissance.

L'Isceon 29, toujours pour système à détente directe et compatible pour le froid positif et le froid négatif et accepte une huile d'origine (minérale, alkybenzène, semi synthétique ou polyolester). Il faut, ici aussi, anticiper une perte de production frigorifique instantanée par une augmentation des temps de fonctionnement ou par extension d'installation. Cette solution convient pour les installations avec des réseaux courts. Sinon, il faut opter pour un changement d'huile.

Par expérience, il est conseillé de passer en huile polyolester pour limiter la perte de puissance liée au mauvais retour d'huile.

Caractéristiques des fluides frigorigènes

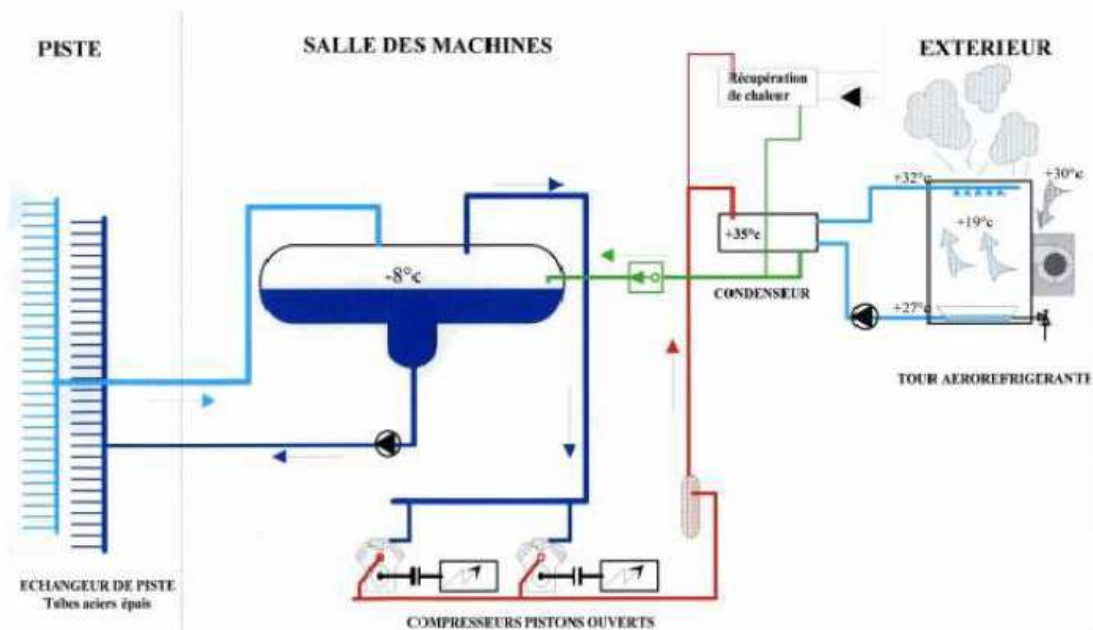
	R-22	R-407C	R-404A	R-422D / Isceon MO 29	R-427A / Forane FX 100
Composition	Corps pur	23 % R-32 25 % R-125 52 % R-134a	50% R-143a 50% R-125	65,1 % R-125 31,5 % R-134a 3,4 % R-600a	50 % R-134a 25 % R-125 15 % R-32 10 % R-143a
Glissement de température	-	7 K	< 1 K	± 5 K	± 7 K
Effet de serre direct (GWP) en kg CO ₂ /kg	1700	1800	3900	2700	2100
Mise en œuvre	-	Reconversion simple	Reconversion complexe	Reconversion simple	Reconversion simple
Usage d'huile polyolester	Possible	Obligatoire (résiduel < 3 %)	Obligatoire (résiduel < 3 %)	Conseillé (si circuit complexe, résiduel ≤ 5 %)	Obligatoire (résiduel ≤ 15 % Si circuit complexe et T °C ≤ 2 à 7 %)
Pression HP Pression BP	- -	Equivalentes Equivalentes	P ≥ à 20 %	≥ 5%	↓ -
Performances suivant régime et applications	COP → Puissance frigo. → Consommations →	COP ↓ P. frigo. ≤ 5 à 10 % Consommations ↗	COP ↓ Puissance frigo. = Consommations ↗	COP ↓ P. frigo. ≤ 12 à 20 % Consommations ↓	COP ↓ P. frigo. ≤ 5 à 10 % Consommations =
Température critique	+ 96 °C	+ 86 °C	+ 72,1 °C	+ 79,6 °C	+ 86,8 °C
Charge en liquide et en poids	-	Recharge possible	Recharge possible	≤ 5 à 15 % Recharge possible	≤ 5 à 15 % Recharge possible

Les HFC comparés au R-22. Pour choisir le type de reconversion des systèmes, les opérateurs privilégieront le coût de l'intervention. Le coefficient de performance de leur installation passe au second plan.

e. Types de détente

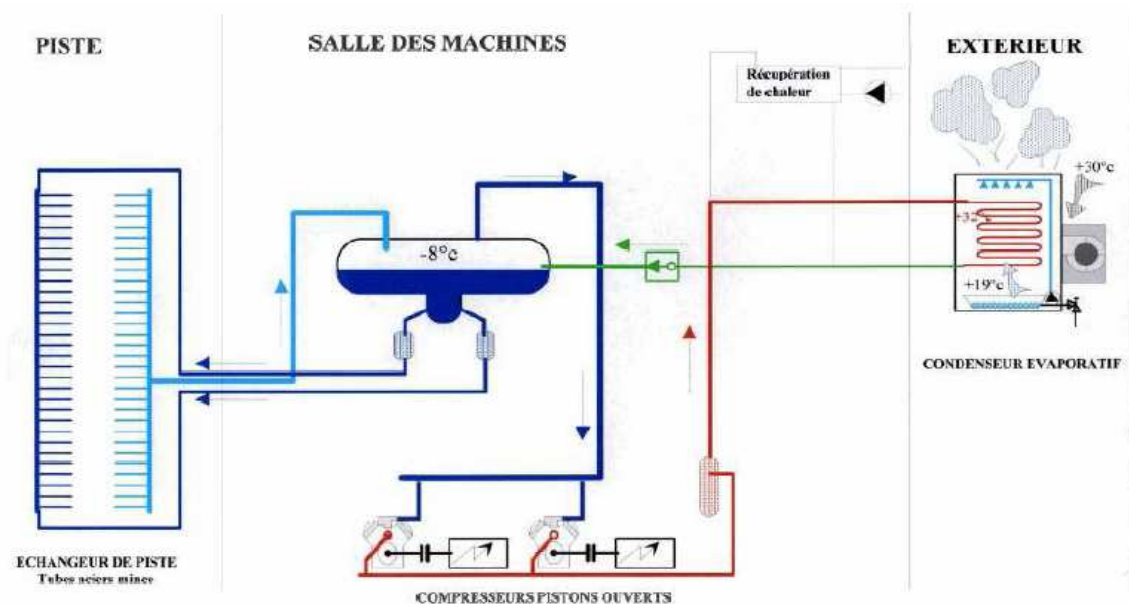
Voici quelques exemples d'installation en détente directe et indirecte :

PRINCIPE SYSTEME DIRECT AVEC TOUR



Avantages	Inconvénients
Un échangeur de moins et meilleur rendement	La tour aéroréfrigérant est la source de développement de bactéries. Certains cas de légionellose ont été recensés. La légionellose est une maladie respiratoire provoquée par des bactéries qui se développent dans des eaux réchauffées.

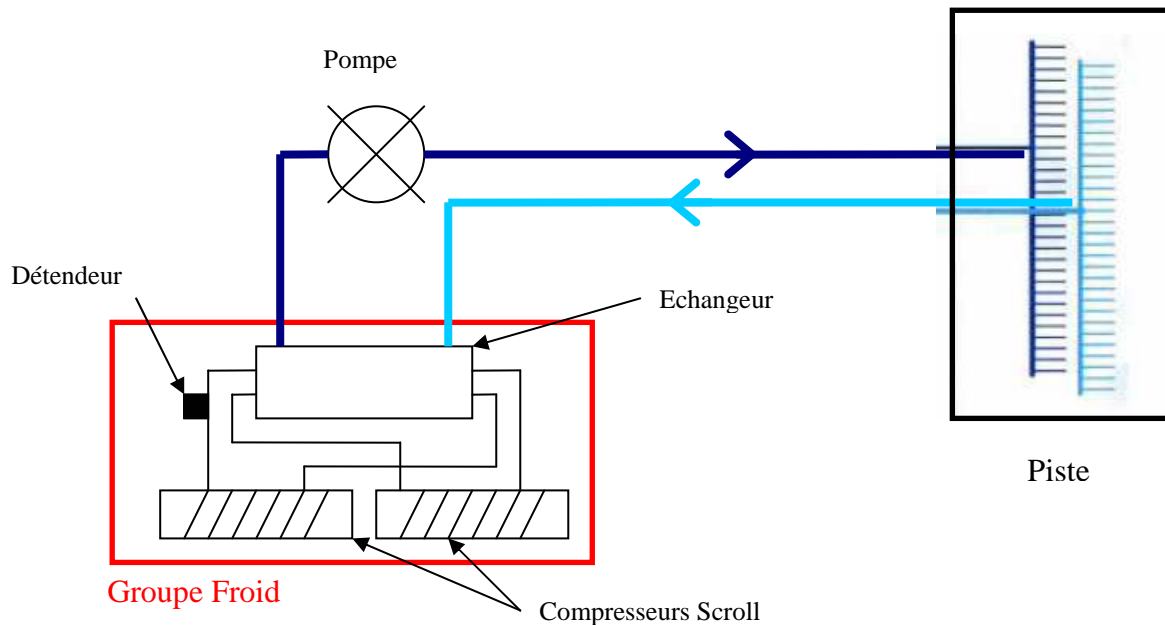
PRINCIPE SYSTEME DIRECT AVEC CONDENSEUR



Les avantages et les inconvénients sont les mêmes que ceux cités précédemment.

Ce système produit une température de liquide frigorigène toujours à la même température. Donc la température de glace est moins maîtrisée qui produit un liquide à la température voulue. Par contre, le ballon va être utilisé comme un stockage de froid, il va servir à éviter les cycles courts c'est-à-dire pour éviter que les compresseurs se mettent en marche souvent pour un « petit » besoin.

PRINCIPE SYSTEME INDIRECT SANS BALLON RESERVOIR



D'après notre enquête, 74% des patinoires sont en détente indirecte et 26% en direct.

COMPARAISON DETENTE DIRECT ET INDIRECT

Type de détente	AVANTAGES	INCONVENIENTS
INDIRECTE	<ul style="list-style-type: none"> - faible charge de fluide frigorigène - aération de la salle peu importante - conduite plus facile de l'installation 	<ul style="list-style-type: none"> - mise en glace moins rapide - Frais d'exploitation plus élevés - température de sortie d'eau de condenseur plus basse - risque de corrosion possible (dépend de la matière du circuit)
DIRECTE	<ul style="list-style-type: none"> - économie supplémentaire d'exploitation - génie civil simplifié (coût construction de la dalle de piste moins élevé...) 	<ul style="list-style-type: none"> - détection fuite de gaz très difficile - risque de corrosion possible (dépend de la matière du circuit)

f. Les isolants

- Le phénomène de gonflement sur les pistes de patinoires

➤ Mécanisme des gonflements

Les difficultés dues aux gonflements surviennent généralement lorsque les responsables de l'établissement ne connaissent qu'imparfaitement la nature des gonflements dus au gel. Sans parler de la nécessité de températures inférieures au point de congélation, le gonflement ne peut se produire que si les deux conditions suivantes, sont simultanément satisfaites:

- 1) existence d'un matériau à fine texture (sol) à travers lequel l'humidité peut cheminer.
- 2) existence d'une source d'eau.

La profondeur maximale du gel sous une piste dépend de la température de la glace, de la durée de la saison de gel, de la température moyenne de l'air dans le bâtiment pendant la période de fermeture en été, et avec un degré moindre, des propriétés thermiques du sol.

➤ Isolement et systèmes de chauffage du sol

On peut utiliser soit l'isolation, soit le chauffage du sol pour prévenir ou limiter dans leur étendue les gonflements dus au gel. Cependant, dans chaque cas particulier, les avantages économiques de chaque solution doivent être pesés.

Réduction des difficultés causées par les gonflements dus au gel et extension de la saison d'utilisation

En augmentant la température de la glace pendant les mois les plus froids, on peut obtenir sur des pistes existantes une certaine réduction des gonflements dus au gel.

- Conductivité et résistance thermique des isolants

On évalue le pouvoir isolant d'un matériau par :

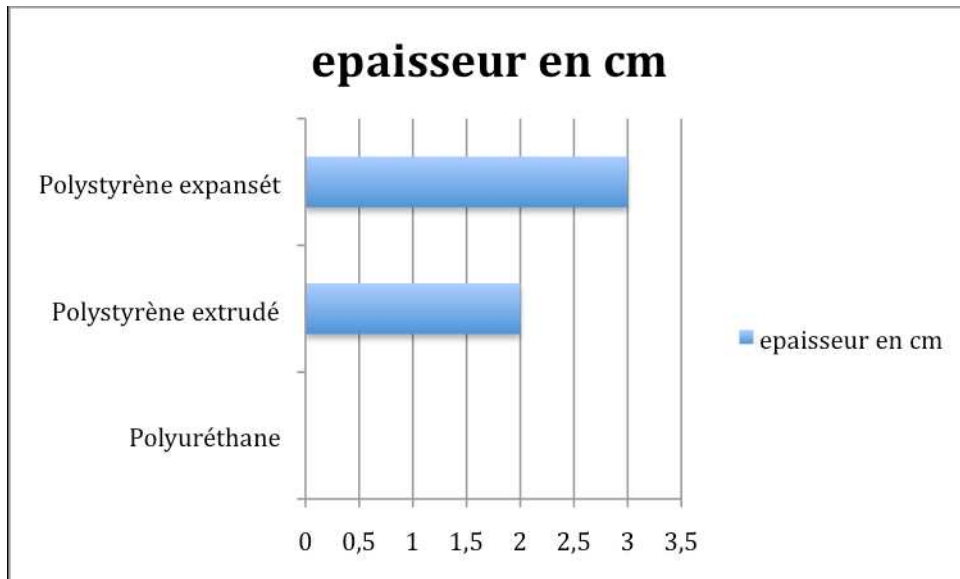
- La conductivité thermique : le coefficient Lambda qui exprime la quantité de chaleur traversant en 1 seconde 1 mètre de matériaux homogène pour un écart de température de 1°C entre ses deux faces. Le coefficient Lambda s'exprime en W/m.°C. Plus sa valeur est petite, plus le matériau est isolant.

Dénomination de l'isolant	Lambda W/m.°C
Polyuréthane	0.025
Polystyrène extrudé	0.03
Polystyrène expansé	0.04

- La résistance thermique : le coefficient R

La qualité isolante d'une paroi est mesurée par résistance thermique R. Si la paroi est constituée d'un seul matériau, on a la relation $R = \text{épaisseur} / \text{lambda}$. Si la paroi est multiple, le calcul est plus compliqué. R est exprimé en $\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$.

Ces coefficients caractérisent le pouvoir isolant de tel ou tel matériau. Le graphique ci-dessous montre quels sont les plus efficaces. Attention toutefois à garder une approche globale dans le choix des matériaux. En effet, un produit comme le polystyrène peut séduire à la seule vue de ce graphique. Toutefois, il ne faut pas oublier que c'est un matériau qui consomme beaucoup d'énergie tout au long de son cycle de vie, qu'il peut se révéler dangereux pour la santé, qu'il se dégrade rapidement et enfin qu'il s'agit d'un très mauvais isolant phonique.



Source : www.labrivert58.fr/SWaP/DOC/conducte.pdf

- Réglementation/ Préconisation des éléments de recherche pour le socle

Il est conseillé d'avoir une résistance thermique des garde-fous **supérieure ou égale à 2 m² K/W**.

Les principales caractéristiques des isolants thermiques à examiner lors du choix d'un isolant, sont :

- la **conductivité thermique** du matériau, qui détermine sa capacité à isoler
- sa **densité**

Dans le choix d'un isolant, il est également important de tenir compte de :

- sa **toxicité éventuelle**
- de son **épaisseur**
- de son **coût**

➤ Les isolants efficaces pour la dalle :

Les isolants de polystyrène extrudés

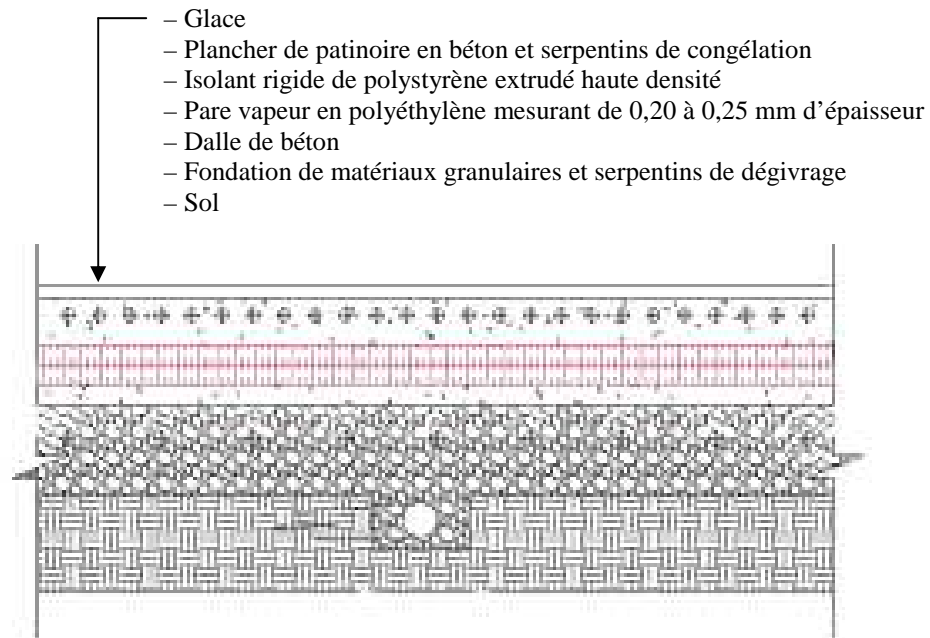
Usage de base

C'est une gamme d'isolant rigide de polystyrène extrudé à résistance élevée. L'isolant est utilisé pour maintenir le sol dans un état congelé durant la période estivale. Les dimensions et les propriétés thermiques sont conformes aux exigences. Les panneaux isolants sont légers et durables.

Pour réduire la pénétration du gel dans le sous-sol et le soulèvement potentiel de la dalle. L'isolant réduit énormément les coûts d'énergie et les charges de réfrigération. Il réduit le temps de fabrication de glace et de dégivrage. L'épaisseur de l'isolant est calculée en fonction de la température de la

glace. Le concepteur doit aussi vérifier si le centre est exploité sur une base saisonnière ou en continu. Une économie considérable en terme de coûts d'énergie peut être réalisée grâce à l'installation d'un isolant sous la plaque de glace dans le cas d'une exploitation en continue.

Conception d'un plancher type pour les patinoires



SOURCES : CNRC (Conseil National de Recherche Canada) et Owens Corning canada

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - meilleure performance d'isolation que le polystyrène expansé - plus résistant à la compression et à l'humidité que le polystyrène expansé - matériau très léger - résistance mécanique élevée - facile à travailler 	<ul style="list-style-type: none"> - isolation acoustique médiocre - plus cher que le polystyrène expansé - mode de fabrication polluant - dégagement de gaz toxiques en cas d'incendie

Caractéristiques techniques et fonctionnelles

Masse volumique :

25 à 45 kg/m³

Conductivité thermique :

0.027 (pour 45 kg/m³) à 0.037 W/m.K (pour 25 kg/m³)

Les isolants de polystyrène expansé

Description de cet isolant

D'une manière pratique, on le reconnaît à son côté cassant avec un blanchissement sur les zones de contrainte. La façon la plus rapide de reconnaître ce plastique est de le brûler pour observer la flamme, la fumée et sentir l'odeur, ce qu'il ne vaut mieux pas faire étant donnée la possible toxicité des gaz lors de la combustion de certains plastiques. Le polystyrène est facilement reconnaissable à sa fumée noire et à son odeur caractéristique. On peut également le distinguer au bruit très métallique qu'il produit en subissant un choc, par exemple en tombant sur une surface dure.

Le polystyrène, outre son côté cassant, souffre aussi d'une faible résistance chimique et d'une faible résistance à la fissuration sous contrainte ("ESCR").

Caractéristiques techniques et fonctionnelles

Classement réaction au feu : M1

Résistance thermique (R) : 1,90 m².K/W (en 70 mm d'épaisseur).

Coefficient de conductivité thermique (λ) : 0,036 W/m.K.

Mise en œuvre : fixation mécanique

Les isolants de polyuréthane

Usage de base

Il s'agit de panneaux isolants en mousse de polyuréthane. L'étanchéité est posée en indépendance.

Caractéristiques techniques et fonctionnelles

Coefficient de conductivité thermique (λ) : 0,024 W/m.K.

Résistance thermique (R) : 1,1 à 3,7 m².K/W (type B) ; 1,2 à 4,15 m².K/W (type ET).

Mise en œuvre : avec étanchéité indépendante.

Conclusion

Notre choix se porte sur le polystyrène extrudé car celui-ci offre un prix abordable tout en gardant les caractéristiques mécaniques et thermiques offrant la meilleure isolation. Cependant l'usage et la fabrication de cet isolant restent très polluants.

Si le choix devrait se porter sur le Polyuréthane qui donne des performances plus importantes, il est de bon savoir qu'il offre un gain de 2cm d'encombrement en moins par rapport au Polystyrène expansé.

Ci-dessus, nous vous avons cité les trois principaux isolants les plus utilisés dans la constitution de l'ensemble : piste, dalle.

Tableau de synthèse des matériaux :

Dénomination Isolant	Densité (Masse Volumique)	Prix € m ²
Polystyrène expansé	16 Kg/m ³	18
Polystyrène extrudé	35 Kg/m ³	35
Polyuréthane	35 Kg/m ³	65

3. Le chauffage

a. Inventaire des types de chauffage

En 2007, l'OQAI (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur) a réalisé un travail sur les lieux de vie fréquentés par les enfants. Celui-ci avait pour objectifs de présenter un inventaire des patinoires françaises et de décrire leurs caractéristiques (bâtiments et équipements).

Cette étude montre que la France métropolitaine dispose de 112 patinoires couvertes. Des données ont pu être obtenues auprès de 69 patinoires (61,6%).

Les données ci-dessous sont extraites de l'étude :

Les polluants de l'air intérieur des patinoires sont principalement, le CO, le NO₂, ainsi que les COV et les particules. Les sources principales de ces polluants sont les engins utilisés pour le lissage de la glace (surfaceuse et coupe-bordure). Les surfaceuses thermiques fonctionnant au gazole ou à l'essence, sont celles qui émettent le plus de CO.

83% des patinoires enquêtées sont équipées de surfaceuses fonctionnant au gaz, 14% de surfaceuses fonctionnant à l'électricité et 3% de surfaceuses fonctionnant à l'essence. Certaines des surfaceuses à gaz sont équipées de dispositifs favorables à l'amélioration de la qualité de l'air : 50% disposent de pot pour l'échappement des gaz en hauteur (favorise leur élimination) et 50% sont équipées de pot catalytique (réduction des émissions). 56,5% des patinoires ont déclaré utiliser des engins complémentaires (coupe-bordure) pour lisser la glace. 72,2% d'entre eux fonctionnent à l'essence.

Une autre source possible de pollution intérieure est l'énergie de chauffage. 12% des patinoires enquêtées ne sont pas chauffées. L'énergie utilisée pour le chauffage est majoritairement le gaz (37%), vient ensuite l'électricité (19%) puis le fioul (13%).

		Nombre de piste (%) N=131
Pas de chauffage		32 (24,4)
	fuel	17 (13)
	Gaz	49 (37,4)
Chauffage (cumulable)	électricité	25 (19,1)
	solaire	3 (2,3)
	autre	17 (1,3)
	Chauffage non spécifié	8 (6,1)

La ventilation des patinoires est assurée par des systèmes d'extraction mécanique d'air dans 46% des cas et par des systèmes de recyclage d'air dans 46% des cas. 7,5% des patinoires enquêtées seraient ventilées naturellement. (D'après l'étude faite par l'OQAI en 2007)

Les modes de chauffage sont décrits dans le tableau ci-dessous. On remarque que le mode de chauffage le plus utilisé est la pulsion d'air chaud.

Mode de chauffage	n	%
Air chaud pulsé	27	40,9
Radiateur	15	22,7
Radiateur et air pulsé	15	22,7
Non chauffée	8	12,1
Total	66	100,0

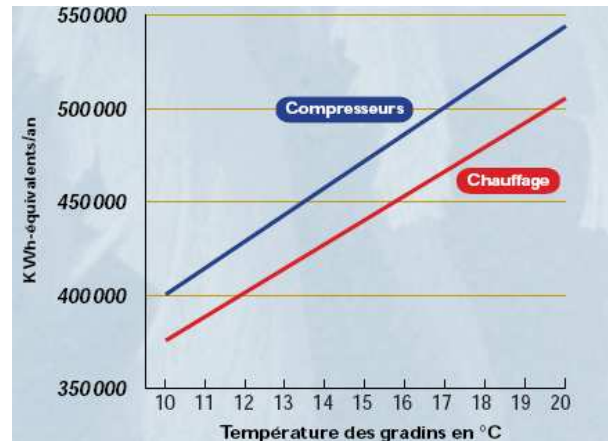
Le gaz est majoritairement utilisé pour chauffer. Quelques patinoires utilisent deux énergies (elles sont répertoriées dans le tableau ci-dessous). La 2^{ème} énergie la plus utilisée est celle (la chaleur) récupérée au niveau des installations frigorifiques.

1 ^{ère} énergie utilisée			2 ^{ème} énergie utilisée		
Energie de chauffage	n	%	Energie de chauffage	n	%
Gaz	35	58,3	Récupération d'énergie	7	58,3
Electricité	14	23,3	Gaz	2	16,7
Fioul	8	13,3	Fioul	1	8,3
Récupération d'énergie	2	3,3	Bois	1	8,3
Géothermie	1	1,7	Géothermie	1	8,3
total	66	100,0	total	12	100

Une étude réalisée par le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET - Varennes (Ressources naturelles Canada) montre les effets du chauffage sur la consommation d'énergie. (Réalisée sur des patinoires canadiennes)

La figure ci-dessous montre le double effet de la température de consigne dans les gradins sur la consommation de production de froid ainsi que celle nécessaire pour le chauffage des gradins. Selon les données du modèle, chaque degré d'augmentation de la température de consigne des gradins correspond à une augmentation de 13 000 kWh/an de la consommation de production de froid et à une augmentation de 12 000 kWh/an du système de chauffage. Cette augmentation de la consommation d'énergie de 25 000 kWh/an/°C, qui représente 2%/°C de la consommation totale, tient compte de la récupération de chaleur du système de réfrigération.

Influence de la température de l'air sur la consommation d'énergie :



b. Comparaison des différents types de chauffage

Chauffage électrique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Installation peu onéreuse • Large gamme de convecteurs • Pas soucis de stockage 	<ul style="list-style-type: none"> • Facture supérieure de 20 à 25% par rapport au gaz. • Nécessite un bâtiment bien isolé

Gaz naturel (gaz de ville)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Plus économique que l'électricité • Plus écologique • Pas de soucis de stockage 	<ul style="list-style-type: none"> • Installation plus ou moins chère selon les travaux à effectuer • Nécessité d'avoir un bâtiment proche du réseau

Chauffage au fioul

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Bonne alternative en cas de non raccordement au gaz de ville • Diffusion d'une chaleur homogène • Eau chaude instantanée toute la journée 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prix du fioul est fluctuant • Coût de l'installation plus important car nécessité de prévoir le stockage (cuve fioul) • Ne participe pas à la diminution de l'effet de serre

c. Le chauffage à plancher rayonnant

Ces planchers sont réalisés au moyen de résistances (câbles électriques chauffants) noyées dans le béton d'une chape de faible épaisseur (10 à 12 cm) connectées au secteur grâce à des liaisons froides. Les planchers chauffants se comportent donc comme des radiateurs géants.

Comme les panneaux rayonnants, le plancher diffuse sa chaleur douce et homogène aux corps, objets et parois environnants, qui réchauffent à leur tour l'air ambiant. La température du sol étant limitée à 28°C (on parle alors de basse température), il ne peut y avoir aucune sensation désagréable de jambes lourdes. La moquette et les planchers flottants sont fortement déconseillés.



Les avantages du plancher rayonnant: L'un des principaux avantages des planchers chauffants est qu'ils diffusent une chaleur douce typique du confort du rayonnement. L'installation libère de la place dans l'enceinte. L'absence de radiateurs permet d'utiliser toute la surface habitable sans contrainte.

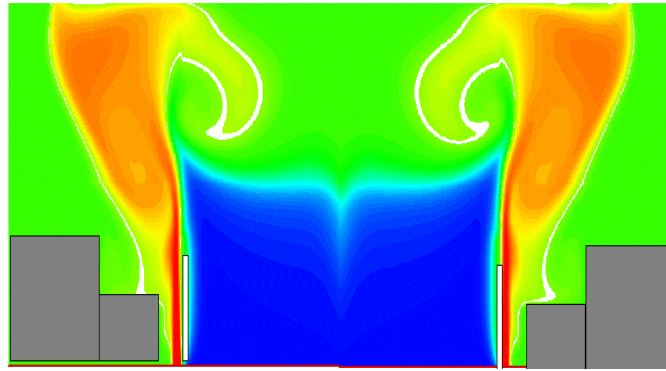
Les inconvénients du plancher rayonnant: Le principal inconvénient du plancher chauffant électrique réside dans son prix élevé. Il est compris en moyenne, selon ses caractéristiques techniques, entre 40 et 60 € par m² de surface chauffée, chape flottante comprise. Cette technologie bénéficie d'aides intéressantes de la part d'EDF. Les résistances étant noyées dans la chape, à la mise en route du chauffage le temps de réaction est plus long que dans le cas d'un chauffage par radiateur du fait de l'inertie du béton.

d. Quelques solutions qui permettent de réduire la consommation d'énergie

- L'influence des transferts de chaleur

Les gradins autour d'une patinoire sont proches de la glace. Le chauffage de cette zone, surtout lorsqu'il est réalisé en poussant de l'air chaud depuis le haut, vient donc contribuer à la charge de réfrigération de la patinoire. La surface de cette dernière peut être 20 °C plus froide si les gradins sont chauffés à une température aussi élevée que 15 à 18 °C par exemple. Ces gains de chaleurs des gradins vers la glace représentent typiquement 20 % de la charge de réfrigération. L'image ci-dessous est le résultat des simulations de la température d'air dans un aréna. Le bleu indique les zones les plus froides à la surface de la patinoire; le rouge, les zones les plus chaudes sous l'action du système de chauffage des gradins. Cette simulation montre qu'il est possible de contrôler les transferts de chaleur vers la glace en utilisant des parois plus hautes pour délimiter la surface de patinoire.

Températures simulées :



Les transferts de chaleur ont une influence importante sur la consommation d'énergie. Des méthodes de calculs numériques connues sous le nom de *Computational Fluid Dynamics* (CFD) sont devenues une nouvelle spécialité du domaine de l'ingénierie et plus particulièrement au Canada. Le CFD est une méthode de calcul qui relie entre elles plusieurs équations de thermodynamique, de transfert de masse ou autres servant à décrire un phénomène physique complexe comme le mouvement de l'air dans les patinoires. Le but est de simuler avec précision le comportement de ce phénomène quand les principaux paramètres sont variés. Des scientifiques ont appliqué cette méthode de modélisation des patinoires canadiennes et voici les résultats obtenus avec des simulations :

- Influence de la position des bouches de ventilation :

Par CFD, on a pu ainsi simuler la trajectoire effectuée par l'air de ventilation et établir les profils de température (champs thermiques) à l'intérieur de l'aréna.

Deux cas pratiques sont illustrés ci-dessous :

1. alimentation de l'air chaud par le bas et retour par le haut (figure 1)
2. alimentation de l'air chaud par le haut et retour par le bas (figure 2).

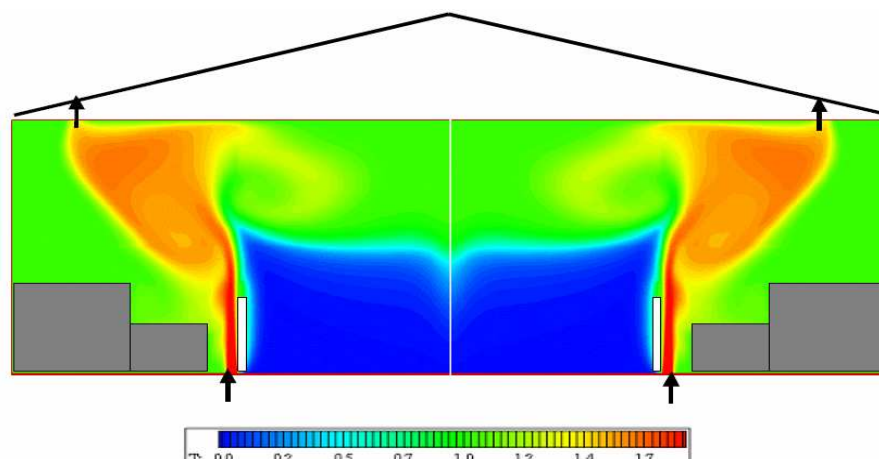


Figure 1. Profils de température dans une patinoire
(Cas 1: ventilation par le bas et retour par le haut)

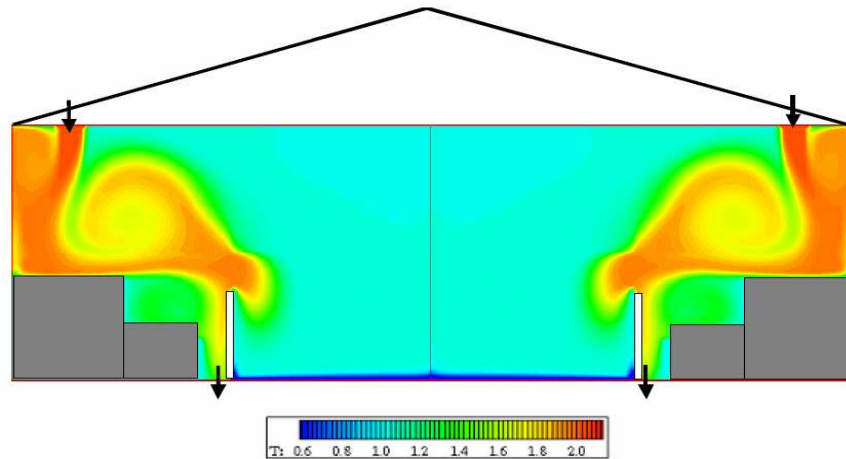


Figure 2. Profils de température dans une patinoire
(Cas 2: ventilation par le haut et retour par le bas)

Les figures 1 et 2 présentent les profils de température dans une patinoire pour deux configurations différentes des positions de sorties d'air de ventilation. L'échelle des températures est représentée par des couleurs variant du bleu (basse température) au rouge (haute température).

La patinoire est représentée par la zone bleu foncé. Dans le premier cas, l'air chaud soufflé par le bas a tendance à se déplacer facilement vers le haut assisté par la convection naturelle.

Dans le deuxième cas, la force de gravité s'oppose au mouvement de l'air qui arrive par le haut, constituant ainsi une perte de charge pour le ventilateur. En effet, l'air chaud a tendance à se rediriger vers le plafond. Ceci résulte en une consommation d'énergie beaucoup plus importante que dans le premier cas.

Pour une situation où toutes les autres variables seraient constantes, il est évident que c'est la première configuration qui est à recommander. De plus, une diminution légère du débit d'air entraîne le déplacement de la zone rouge vers le bas offrant par conséquent une meilleure couverture de toute la région occupée par les spectateurs.

- Influence du rayonnement thermique émis du plafond vers la patinoire :

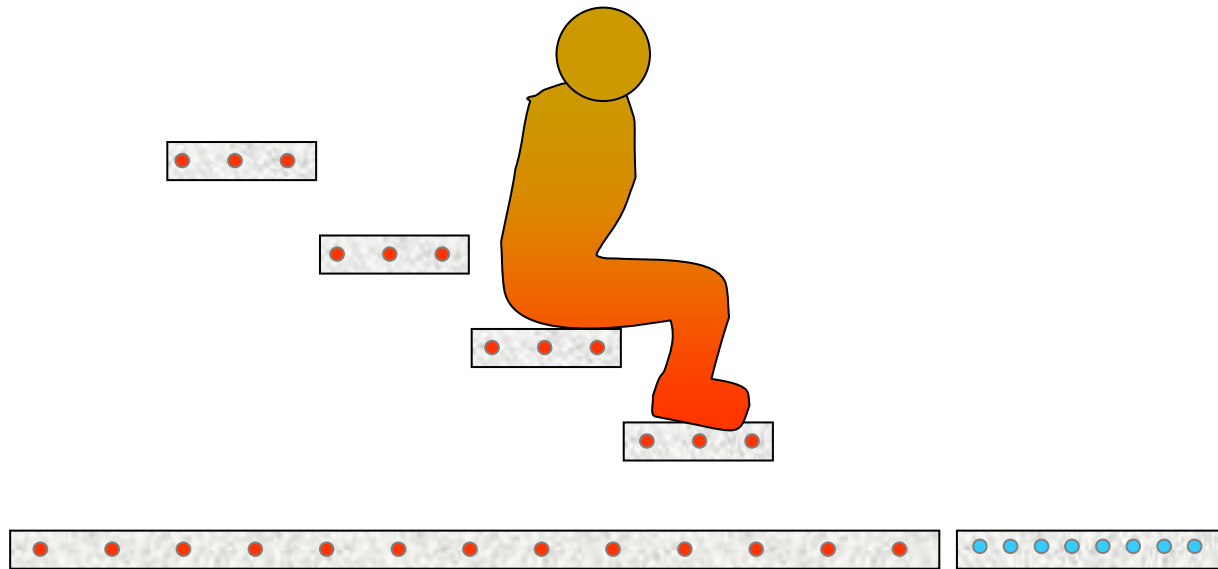
En moyenne, le rayonnement thermique du plafond vers la patinoire représente 28 % de la charge de réfrigération de la patinoire (ASHRAE Refrigeration Handbook, chapitre 33, 1994). Les résultats obtenus par CFD montrent qu'on peut réduire considérablement cette part de la charge de réfrigération en utilisant un revêtement pour le plafond ayant un faible indice d'émissivité thermique. À titre d'exemple, pour un plafond à indice d'émissivité de $\varepsilon = 0.25$, le rayonnement est réduit de 45% par rapport à l'utilisation d'un revêtement à $\varepsilon = 0.90$.

- Chauffer les gradins avec un système de plancher radiant à basse température

Il est aussi possible de limiter ces transferts en chauffant les gradins par un plancher rayonnant à basse température qui utilise un caloporteur par exemple à 32 °C ou même moins qui circule dans le sol sous les gradins ou directement sous les bancs des spectateurs. La basse température de la source

de chaleur et les basses valeurs de transfert thermique entre le plancher radiant et l'air environnant, limitent les pertes de chaleur vers la glace. De plus, ce système de chauffage à basse température est idéal pour récupérer l'énergie thermique produite par les compresseurs de réfrigération. Enfin, c'est le confort apporté par ce type d'installation qui est avant tout apprécié des spectateurs qui se sentent bien au chaud même si en réalité la température de l'air ambiant reste basse.

Schéma des gradins avec système de plancher radiant :



- Réduire la température dans les gradins durant les périodes inoccupées

Il ne faut pas oublier enfin, que réduire la température au niveau des gradins est le moyen le plus simple de réduire la consommation d'énergie pour le chauffage et la réfrigération. On ne doit pas oublier d'abaisser la température de chauffage des gradins lorsqu'il n'y a pas de spectateurs, cela n'a aucune incidence sur leur confort.

e. Autre type de chauffage : la géothermie

Cette technique connaît aujourd'hui un développement important, en construction neuve comme en rénovation, pour l'habitat individuel ou le petit collectif, en raison de son intérêt économique et écologique.

Pour le cas spécifique de la pompe à chaleur par géothermie, la chaleur est captée dans le sol via un capteur constitué d'une ou plusieurs boucles, dans lesquelles circule un fluide frigorigène. Ce système de captage permet de récupérer dans la terre l'énergie apportée par le soleil, les infiltrations d'eau de pluie et le vent.

Cette énergie, prélevée par un générateur, est ensuite distribuée dans la maison par l'intermédiaire d'un plancher chauffant ou de radiateurs basse température.

Deux types de capteurs sont possibles :

- Les capteurs horizontaux sont enterrés à environ 1 mètre sous le sol, le circuit est constitué de boucles. Il occupe environ deux fois la surface à chauffer ;
- Les capteurs verticaux sont enterrés en une seule boucle verticale. Un forage en profondeur (environ 80 m) est nécessaire.

Les avantages du chauffage via géothermie : La géothermie est un système de chauffage à part entière qui se suffit à lui-même. Une fois installé, le coût d'utilisation ne comprend que l'électricité nécessaire au générateur. Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie présente l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent), ni même de la disponibilité d'un substrat, comme c'est le cas de la biomasse. C'est donc une énergie fiable et stable dans le temps.

Les inconvénients du chauffage via géothermie : Le coût de l'installation des capteurs est particulièrement lourd. Le générateur est lui aussi assez cher à l'achat.

Exemple d'application aux patinoires :

Depuis 1998, grâce à un concept unique en son genre et un système géothermique, la patinoire de Miami (ville canadienne) utilise le stockage thermique pour produire la glace et pour assurer le chauffage et la climatisation des locaux et d'une salle communautaire attenante.

Le projet avait pour but de récupérer en moins de trois ans la différence de coûts entre le système géothermique à thermopompes et un système de production de la glace traditionnel. L'installation a permis une réduction annuelle de 30 000 \$ en coûts d'exploitation, d'entretien et d'énergie, permettant ainsi le remboursement en moins de deux ans.

Caractéristiques de la patinoire de Miami :

Il s'agit d'un bâtiment à arcs en bois d'environ 27 m x 67 m. Une section de 27 m sur 11 m à l'une des extrémités abrite au rez-de-chaussée une aire d'observation, des concessions et des bureaux. Le sous-sol abrite les vestiaires et le local technique. L'étage mesure environ 21 m x 11 m. Les seules fenêtres de cette aire font face à la surface de glace. Le chauffage est assuré par deux fournaies électriques à air chaud de 30 kW. La partie qui abrite la surface de glace de 25 m x 56 m n'est ni chauffée, ni isolée. Les seules fenêtres sont celles qui permettent d'observer les événements qui s'y déroulent de l'aire d'observation et de la salle située à l'étage.

Contribution du stockage thermique à la production de la glace :

Une couche de sable a été creusée jusqu'à une profondeur d'environ 60 cm. Les parois et le fond de la partie excavée ont été recouverts de huit centimètres de mousse isolante à forte densité. Une couche de gravier de 35 cm d'épaisseur, puis des tuyaux en polyéthylène haute densité de trois quart de pouce espacés de 20 cm, ont été placés sur la mousse. Et enfin une nouvelle couche de gravier de 20 cm a été posée. Cela a permis de constituer une « zone tampon de stockage thermique » sous la surface de glace. Ce système a fait l'objet d'une demande de brevet. Il permet de stocker du froid sous la dalle et il a d'autres avantages :

- La masse froide empêche les variations de température de la glace pendant les périodes d'usage intensif.
- Les thermopompes à basse température refroidissent la zone tampon lorsque la glace n'est pas utilisée et la chaleur dégagée par la glace est injectée dans l'échangeur souterrain pour chauffer le bâtiment.
- Il assure l'intégrité de la glace durant plusieurs jours en cas de panne de courant.

Une thermopompe liquide-liquide basse température avec un compresseur de 10 kW a été installée dans le local technique de fabrication de la glace. La thermopompe est conçue pour

fonctionner avec une température d'eau à l'entrée aussi basse que $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$, des compresseurs de refroidissement et un réfrigérant qui n'est pas un CFC (R404A). La saumure refroidie par la thermopompe circule dans les tuyaux sous la glace.

Intégration d'un système géothermique :

Pour réaliser une boucle de sol verticale, à côté de la patinoire, 48 trous de dix centimètres de diamètre et d'une profondeur de 38 mètres ont été forés dans le sol argileux. Des tuyaux en polyéthylène haute densité de 0,75'' avec des raccords en U ont été introduits dans les trous, puis raccordés à quatre paires de conduites d'alimentation et de retour de 61 cm. Ces dernières, qui comportent des robinets de sectionnement individuels, sont raccordées à un collecteur dans le local technique.

Les deux fournaies électriques de 30 kW ont été remplacées par deux thermopompes à air forcé de 5 tonnes pour chauffer et refroidir l'aire d'observation, les vestiaires et la salle. La boucle thermique de sol sert de source de chaleur. On alimente l'échangeur souterrain en chaleur rejetée par la glace, ce qui permet d'accroître sensiblement le rendement des thermopompes de chauffage des bâtiments.

À l'automne, au moment de la mise en service, la température de l'échangeur souterrain monte entre 21 et 27 °C. Au fur et à mesure de l'augmentation de la demande en chauffage, les thermopompes extraient de plus en plus de chaleur de la boucle; celle-ci voit sa température diminuer graduellement jusqu'à - 1 et - 4 °C au plus froid de l'hiver. On utilise des pompes distinctes pour faire circuler l'eau de la boucle par chaque thermopompe et par l'appareil basse température de production de glace.

Comparaison des frais d'installation :

La solution géothermique exigeant le remplacement de tout le chauffage électrique, les frais d'installation sont bien entendu plus élevés que ceux d'un système traditionnel de production de la glace.

Le système traditionnel à ammoniac entraîne des coûts supplémentaires de construction d'un local pour la production de la glace, mais également pour rendre les systèmes de ventilation conformes aux règles de sécurité particulières à ces systèmes. Le système géothermique à thermopompes n'exige pas de telles dépenses et permet en plus de bénéficier d'un incitatif d'Hydro- Manitoba.

4. La centrale de traitement d'air

Pour la plupart des patinoires, le traitement de l'air est géré, en automatique ou en manuelle, par une CTA (Centrale de Traitement d'Air)

D'après notre enquête, le traitement de l'air représente, en moyenne, 26% de la consommation énergétique totale d'une patinoire.

Une CTA a pour mission de donner à l'air distribué les caractéristiques thermiques et hygiéniques nécessaires au confort des occupants.

Pour cela elle doit modifier, contrôler et réguler :

- La température
- L'humidité
- Niveau poussières
-

Une CTA peut comprendre tout ou en partie les équipements suivants :

- Un système de déshumidification
- Un système de récupération chaleur
- Une batterie de chauffe
- Une batterie de préchauffe
- Un filtre
- Une batterie de refroidissement
- Un système de registre modulant

Les 4 grandes fonctions d'une CTA:

- **Le réchauffage**

L'air soufflé est filtré puis réchauffé par une batterie chaude.

- **Le refroidissement**

Le refroidissement se fait grâce à une batterie froide dans le but d'augmenter l'humidité de l'air.

- **La gestion d'apport d'air neuf**

Une gestion efficace de l'apport d'air neuf est liée à la prise en compte du profil d'occupation des zones (nombre de personnes présentes, occupation intermittente, régulière, occasionnelle, ...).

Tout dépendra aussi de la configuration du réseau de traitement d'air par rapport aux locaux à alimenter en air frais, à savoir: une alimentation monozone est difficilement gérable car elle risque d'entrer en conflit avec les besoins thermiques du local considéré. Par contre une alimentation multizone permet d'être souple au niveau de la gestion (réglage individuel de chaque débit).

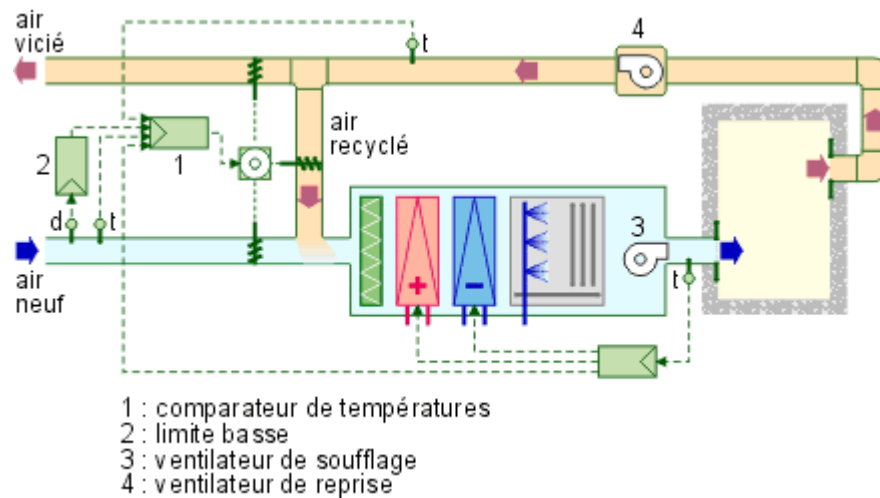
La gestion du flux de l'air se fait par des caissons de ventilation, filtration et de transmission.

Il est important d'adapter à tout moment le débit d'air neuf adéquat. On peut parler d'une véritable gestion de l'air neuf, puisque :

- Le débit d'air neuf sera minimal en plein hiver et en plein été.
- Le débit sera maximal car il est préférable d'utiliser de l'air extérieur "gratuit" que de traiter l'air intérieur.
- Le débit sera nul en période de relance du bâtiment (pas d'occupants).
- Le débit sera maximal si l'on souhaite refroidir le bâtiment durant la nuit par de l'air frais extérieur (free cooling).

Dans les installations avec "air recyclé", le registre d'air neuf devra en permanence être adapté: si le débit d'air à pulser dans les locaux est faible, la part de l'air neuf sera importante (jusqu'à 100 %). Au contraire, un grand débit pulsé entraîne une faible proportion d'air neuf.

Schéma de principe d'une CTA



- La déshumidification

Elle permet de maîtriser le degré d'humidité et crée ainsi une atmosphère saine et agréable où il fait bon vivre. La déshumidification se réalise avec une batterie froide.

Principe de fonctionnement → l'appareil aspire l'air humide de la pièce, le filtre, le dirige vers un condenseur qui est à une température inférieure (le compresseur comprime un gaz frigorigène qui permet d'abaisser la température du condenseur) ce qui a pour effet de transformer la vapeur d'eau contenue dans l'air qui est récoltée dans un réservoir. L'air ainsi « asséché » (exempt de vapeur d'eau) ressort dans la pièce.

Type de CTA à installer

Le choix du type de CAT doit s'effectuer à partir:

- Caractéristiques du bâtiment (volume)
- Caractéristiques intrinsèques de la CTA
- Prix
-

Voici quelques points importants à respecter pour optimiser correctement votre CTA :

- Choisir le bon filtre permet d'économiser de l'énergie

Pour optimiser la durée de vie du filtre et réduire la consommation d'énergie correspondante, il est primordial d'installer un filtre présentant une faible perte de charge moyenne.

- Choisir un filtre présentant un niveau de qualité d'air intérieur (QAI) répondant à votre besoin

Conseil d'utilisation

L'utilisation de la CTA dépend :

- de la situation géographique de la patinoire
- de la saison (hiver ou été), en été par exemple il est plus intéressant de renouveler l'air avec l'air extérieur alors qu'en hiver ce n'est pas le cas (ajuster l'introduction d'air neuf aux stricts besoins hygiéniques et de pollution et traiter l'air neuf dès son introduction)
- nombre de personnes présentes dans la patinoire (réduire les apports d'air neuf de la CTA lors des grandes séances)

De plus, il existe des CTA avec récupération d'énergie. Ce sont des doubles flux avec récupération d'énergie à roue, équipées en usine d'un système de commande et de régulation.

IV. BATIMENT : CHOIX DES MATERIAUX ET REGLEMENTATIONS

1. Introduction

Le choix des matériaux est l'un des investissements les plus rentables dans l'isolation thermique des bâtiments notamment dans la construction neuve, pour réaliser des économies d'énergie. Ils ont pour but de freiner les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Ces matériaux dits isolants thermiques ont des faibles conductivités thermiques. Une bonne isolation se caractérise par l'absence de ponts thermiques.

Plusieurs critères doivent être pris en compte pour évaluer la qualité d'un isolant thermique :

- La **conductivité thermique** du matériau, qui détermine sa capacité à isoler
- Sa **densité**
- Sa **perméabilité à la vapeur d'eau**, c'est-à-dire sa capacité à laisser respirer les murs.

Dans le choix d'un isolant, il est également important de tenir compte de sa **toxicité éventuelle**, de son **épaisseur** et, bien sûr, de son **coût**.

Ces matériaux choisis pour les murs, les sols ou encore la toiture peuvent jouer sur la performance énergétique du bâtiment. Béton, bois, brique, chaque matériau présente ses caractéristiques : inertie thermique, performance acoustique, capacité à laisser passer l'air et l'humidité ...

Les enjeux sont les mêmes côté fenêtre. Le type de vitrage (simple, double, double à isolation renforcée, triple) et le type de menuiserie (PVC, bois, aluminium, acier) limitent plus ou moins les pertes de chaleur.

NB : Ce qui isole n'est pas le matériau, mais principalement l'air qu'il contient. L'air a un pouvoir isolant à condition d'être piégé dans les fibres ou sous la forme de micro bulle

2. Présentation de la démarche HQE dans les bâtiments

A l'heure actuelle, la Haute Qualité Environnementale (HQE) n'est pas considérée comme une réglementation, même si les préconisations qu'elle comporte sont issues de textes législatifs ou normes spécifiques, elle s'inscrit dans une démarche volontaire et consensuelle, où tous les acteurs et les partenaires de l'acte de construire devront apporter leur contribution.

La Haute Qualité Environnementale doit conjuguer la maîtrise des impacts des constructions sur l'environnement extérieur avec la mise en œuvre d'un environnement sain et confortable; ceci dans le respect des hommes et des femmes qui vivent aujourd'hui dans ces bâtiments, mais aussi des générations qui les utiliseront demain. Construire en occultant les problématiques écologiques et humaines est désormais inconcevable. Par conséquent, la Haute Qualité Environnementale est l'aptitude du ou des bâtiments à satisfaire 3 exigences:

1. Maîtriser les impacts du ou des bâtiments sur l'environnement extérieur,
2. Créer un environnement confortable et sain pour ses utilisateurs,
3. Préserver les ressources naturelles en optimisant leur usage.

Voici les démarches HQE (14 Cibles & 4 Familles):

Maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur	
Eco-construction	<ol style="list-style-type: none">1. Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat2. Choix intégré des procédés et produits de construction3. Chantier à faibles nuisances
Eco-gestion	<ol style="list-style-type: none">4. Gestion de l'énergie5. Gestion de l'eau6. Gestion des déchets d'activité7. Gestion de l'entretien et de la maintenance
Créer un environnement intérieur satisfaisant	
Confort	<ol style="list-style-type: none">8. Confort hygrothermique9. Confort acoustique10. Confort visuel11. Confort olfactif
Santé	<ol style="list-style-type: none">12. Qualité sanitaire des espaces13. Qualité sanitaire de l'air14. Qualité sanitaire de l'eau

3. Les différents types de matériaux

On peut classer les matériaux isolants en plusieurs grandes familles :

- les **fibres minérales, végétales ou animales** : laines de roche et laines de verre, qui sont très courantes, mais aussi laines de bois, de lin, de chanvre ou de mouton
- les **matériaux synthétiques** : **Polystyrène** expansé ou extrudé, **Polyester** et polyuréthane qui constituent un isolant efficace mais non dénué de toxicité
- les **isolants minéraux**, plus rares : perlite, vermiculite, argile expansée, verre cellulaire
- les matériaux renouvelables (autres que les fibres) : cellulose, liège
- les **isolants minces** dits "réfléchissants" ou "thermo-rélecteurs".

Caractéristiques thermiques des différents matériaux

Matériaux d'isolation	Masse volumique ρ (kg/m ³)	Conductivité thermique λ (W/m.K)	Capacité thermique ρC (Wh/m ³ .K)	Diffusivité thermique a (m ² /s) * 10 ⁻³	Vitesse de transfert v (cm/h) *	Efficiéne thermique E (Wh ² /m ² .K)	Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau μ	Énergie grise (kWh/m ³)
Polystyrène expansé	30 à 300	0,038	12	3,14	4,06	0,7	40 à 100	= 450
	15 à 30	0,042	9	4,63	4,93	0,6	30 à 70	
	7 à 15	0,050	4	11,29	7,7	0,5	20 à 50	
Polystyrène extrudé	20 à 30	0,028					80 à 300	= 850
	30	0,030	12				Impénétrable	
Polyuréthane (poutreaux)	27 à 60	0,032	17	1,89	3,15	0,7	Impénétrable	1000 à 1200
Polyuréthane (mousse)	40 à 150	0,038	27	1,43	2,74	1	perméable à la vapeur d'eau mais les performances thermiques sont fortement diminuées par l'humidité	
Laine de verre	15 à 40	0,041	8	5,21	5,23	0,6		150 à 250
	7 à 15	0,050	3	15,89	9,14	0,4		
	40 à 200	0,045	34	1,31	2,62	1,2		
Laine de roche	25 à 40	0,044	9	4,73	4,99	0,6		= 1600
	15 à 25	0,050	6	8,74	6,78	0,5		
Verre cellulaire	140 à 180	0,057	44	1,28	2,59	1,6		= 230
110 à 140	0,051	35	1,47	2,78	1,3			
Vermiculite	75 à 130	0,06 à 0,08					3 à 4	= 12,5
Poutreaux de bois mou	40 à 55	0,040	113	0,37	1,39	2,2	1 à 2	
Poutreaux de bois dur (1)	160	0,050	156	0,62	1,81	2,8	5	= 12,5
Laine de cellulose	20 à 30	0,043	11	3,97	4,57	0,7	1 à 2	
Léger expansé	100 à 150	0,049	65	0,75	1,99	1,8	5 à 30	80 à 90
Poutreaux de chanvre	30 à 30	0,038					1 à 2	
Poutreaux en lin semi-rigide	30 à 35	0,037					1 à 2	30
Laine de coton en rouleaux	20	0,040						
Laine de mouton	20 à 50	0,060	16	3,86	4,5	1	1 à 2	80
	10 à 20	0,065	7	9,75	7,16	0,7	1 à 2	
Matériaux de construction à isolation répartie								
Béton cellulaire	775 à 825	0,29	222	1,31	2,62	8		= 400
Béton cellulaire	575 à 625	0,21	167	1,26	2,57	5,9	4 à 10	
Béton cellulaire	375 à 425	0,14	111	1,26	2,57	3,9		700
Béton de chanvre	400 à 450	0,11	213	0,52	1,65	4,8		
Brique alvéolée (monomur)	700 à 750	0,12	202	0,59	1,76	4,9		Très faible
Brique alvéolée (doublemur)	300 à 400	0,11	136	0,81	2,06	3,9		
Autres matériaux								
Poutrelle de ciment	850 à 950	0,9	250	3,6	4,35	15	5 à 10	1800
Brique de terre cuite pleine	2300 à 2400	1,04	653	1,59	2,89	26,1	50 à 100	1700
Pisé	1600 à 1700	0,64	458	1,4	2,71	17,1	50 à 100	1700
	1770 à 2000	1,1	785	1,4	2,71	29,4		100 à 120

4. Les Murs du bâtiment

Pour la composition d'un mur il est important d'utiliser des résistances thermiques conseillées selon les zones géographiques selon la RT 2005 et aussi utiliser quelques une des 14 cibles de l'association HQE (choix et intégré des procédés et produits de construction, confort acoustique, Hygrothermique...).

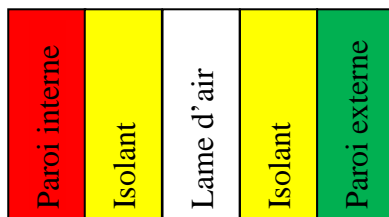


ISOLATION DES MURS	Up conseillé $\leq 0.36W/(m^2/K)$
Valeur générale conseillée	R=3.15
Sous ossature métallique	R=3.15
Doublage collé	R=2.95



ISOLATION DES MURS	Up conseillé $\leq 0.40W/(m^2/K)$
Valeur générale conseillée	R=2.35
Sous ossature métallique	R=2.40
Doublage collé	

La composition du mur :



Paroi interne : Elles sont composées essentiellement de béton ou de bardage (permet de réaliser une isolation thermique, acoustique). On peut trouver d'autres types de matériaux (siporex, rideaux de verre, élément réfléchissant...).


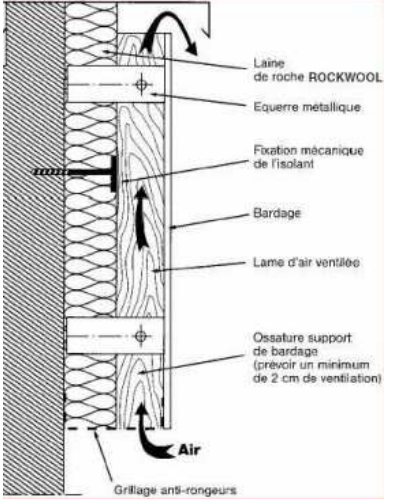

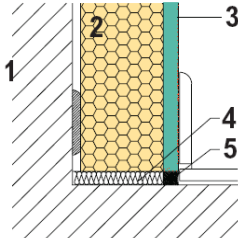
Isolant : D'après l'analyse, ils sont composés de laine de verre, laine de roche, laine de bois...

Lame d'air : la lame d'air doit être comprise entre 4 et 16mm

Paroi externe : Idem (paroi interne)

NB : Plus la résistance thermique du système d'isolation est élevée, moins il y aura besoin de consommer de l'énergie. Cependant, si on cherche à obtenir un bâtiment avec le Label Basse Consommation, il faut augmenter les résistances de 1,5 à 2 m^2K/W .

NB 2 : A épaisseur identique, on peut avoir une performance thermique différente
 Quelques exemples d'isolants thermiques performants pour la constitution d'un mur

Dénomination isolant	Solutions techniques	Photos	Mise en œuvre
<p>Rockwool -> Rockfaçade 401</p> <p>Panneau isolant rigide en laine de roche non revêtu, à fixer mécaniquement sur murs extérieurs sous bardages ventilés. Disponible en six épaisseurs de 55 à 140 mm.</p>	<p>Façade avec bardage ventilé</p> <p>Dimensions : (L x l): 135 x 60 cm Epaisseur: 55/ 70/ 80/ 100/ 120/ 140 mm.</p> <p>Classement Euroclasse : A1.</p> <p>Coefficient de conductivité thermique (λ): 0,034 W/m.K</p> <p>Résistance thermique (R): 1,5 m².K/W (55 mm) à 3,85 m².K/W (140 mm)</p>		 <p>Se pose des panneaux en continu ou en quinconce, fixation mécanique. Maintenir une lame d'air de 2 cm d'épaisseur entre l'isolant et le bardage. Conditionnement : 29 à 78 pièces/palette.</p> <p>Pose du bardage Elle doit se faire à l'avancement et conformément aux recommandations des procédés traditionnels des Avis techniques des fabricants. En particulier, maintenir une lame d'air ventilée d'épaisseur minimale 2 cm entre l'isolant et le bardage extérieur.</p>
<p>Knauf -> PolyplacThane 24</p> <p>Doublage à isolant polyuréthane</p> <p>Isolants thermiques ou acoustiques en plaque ou rouleau</p> <p>Complexe de doublage pour l'isolation thermique des murs par l'intérieur. Constitué d'un isolant en mousse polyuréthane revêtu sur une face d'une plaque de plâtre cartoné pour milieu sec (KS 10) ou pour milieu humide (KH 13). Disponible en huit épaisseurs de 40 à 110 mm.</p>	<p>Dimensions (L x l) : 250 ou 260 x 120 cm en 40/ 50/ 60/ 70 / 80/ 90/ 100 et 110 mm d'épaisseur totale.</p> <p>Résistance thermique (R) élevée :</p> <p>De 1,3 m².K/W en 40 mm à 4,2 m².K/W en 110 mm.</p> <p>Particulièrement adapté aux climats de montagne (perméance P3 dans toutes les épaisseurs).</p>		 <p>Fig. 1: Pose sur la dalle brute et ou sur sol fini</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mur extérieur 2. Isolant 3. Plaque hydrofugée H1 4. Bourrage (LM ou Mousse PU) 5. Joint souple 5 à 10 mm en périphérie du local

5. Le toit du bâtiment

L'efficacité énergétique de l'isolation d'une toiture dépend évidemment de l'épaisseur, du coefficient de conductivité thermique de l'isolant et de la conductivité de l'isolation. Comme pour le mur, il est important que les matériaux du toit soient étanches aux conditions hygrothermiques. La toiture est composée généralement de simples tôles (structure portante), avec des isolants tels que (laine de verre, roche,...).

La composition du toit :

Structure
Pare-vapeur
Isolant
Couche finition
Pare-vapeur
Intérieur

Structure portante : Elle peut se composer de simple tôle, PVC, de bois...

Pare-vapeur : Papier Kraft ou aluminium ...à appliquer sur l'isolant

Isolant : Laine de roche, laine de verre...

NB : Les types d'isolation peuvent avoir différents effets notamment sur l'étanchéité, l'écologie, réduction des ponts thermiques

NB 1 : Pour éviter les ponts thermiques la meilleure solution c'est isoler la toiture par l'extérieur par la méthode « sarking », en posant des éléments autoportants à isolation continue ou en posant une sous toiture.

- Sarking : procédé d'isolation thermique caractérisé par la pose des panneaux isolants rigides (mousses synthétiques, laine de roche..) au-dessus des chevrons ou des fermettes.

Voici les différentes valeurs des coefficients thermiques selon les zones géographiques.


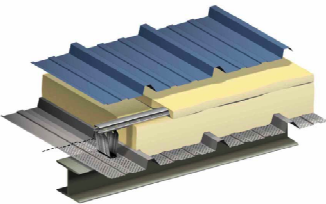
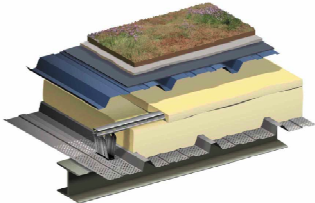

Pour les Zones H1 et H2


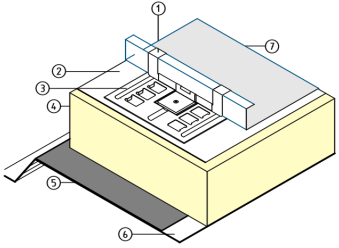
ISOLATION COMBLES ET TOITURE	Up conseillé $\leq 0.20W/(m^2/K)$
Valeur général conseillée	R > 6
Charpente traditionnelle	R=6.25
Entre fermettes	R=6.25
Combles non aménageables	R=6

Pour les Zones H3

ISOLATION DES COMBLES ET TOITURE	Up conseillé $\leq 0.25W/(m^2/K)$
Valeur générale conseillée	R > 5
Charpente traditionnelle	R=5.10
Entre fermettes	R=5.40
Combles non aménagés	R=5

Parmi les constructeurs de bâtiment qui doivent tenir compte des paramètres tels que l'hygrothermie et leur coefficient de résistivité thermique, voici quelques matériaux sélectionnés qui répondent à nos critères de sélection (esthétisme, qualité, spécificité des matériaux) :

Dénomination isolant	Solutions techniques	Photos	Mise en œuvre
<p>Parasteel toiture -> Icopal Siplast Procédé de couverture destiné aux structures de fortes hygrométries. Complexe comprenant trois éléments : un bac acier nervuré avec profil spécifique permettant de dissimuler les fixations de l'isolant et de l'étanchéité, un isolant thermique et une étanchéité monocouche ou bicouche fixée mécaniquement ou soudée en plein. Interposition d'un pare-vapeur entre le bac acier et l'isolant.</p>	milieux soumis à forte hygrométrie résistants à l'incendie confort acoustique		Pose du bac à l'avancement sur pannes, fixation isolant thermique au droit du caisson à vis, mise en œuvre de l'étanchéité fixée mécaniquement ou soudée. Celle-ci est facilitée car tous les éléments sont livrés sous forme de plaques ou de panneaux
<p>Faynot -> Toiture double peau Système d'ossature secondaire pour la réalisation en neuf d'une couverture double peau avec isolation thermique et/ou acoustique. Constitué de piliers supports disponibles en trois hauteurs, de profilés Oméga, d'éclisses de raccords et de fixations métalliques permettant la mise en place d'une isolation en toiture sur bac acier, sur plateaux ou végétalisée.</p>	<p>3 types proposés:</p> <p>isolation thermique en toiture sur bac acier ou isolation thermique sur plateaux</p> <p>toiture végétalisée (en cas de pluie il y a une surcharge de plus pour le toit mais avec un bon niveau environnemental car l'eau peut être redistribuée)</p>	<p>Couverture double peau <small>Pour la mise en place d'une isolation thermique en toiture sur bac acier</small></p>  <p>Couverture double peau « végétalisée » <small>Pour la mise en place d'une isolation thermique et végétalisée en toiture sur bac acier</small></p> 	<p>Mise en œuvre simplifiée par le sertissage des barres d'encre</p> 

<p>VM Zinc Umicore -> Toiture Structurale Système de toiture chaude pour bâtiments à faible ou forte hygrométrie intermittente. Utilisable sur bac acier ou structure bois ou béton. Associe une couverture en zinc à joint debout (VM Zinc Plus) à une isolation en laine minérale de 50 à 180 mm d'épaisseur, sans profilé intermédiaire, sans découpe de l'isolant et avec ponts thermiques minimisés. Pour toiture en pente de 3 à 60° plane, cintrée ou gironnée.</p>	<p>-Système de toiture chaude en zinc prépatiné</p>		<p>Conditionnés sous formes de bobineaux à profiler ou bandes à façonner</p>  <p>Patte coulissante à fixation unique 1 Ecran d'interposition 2 Plaque de répartition 3 Laine minérale rigide 4 Pare vapeur 5 Bac acier 6 VM ZINC PLUS 7</p>
--	---	---	---

6. Le vitrage du bâtiment

Nombreux sont aujourd'hui les procédés de vitrage. S'il est vrai que le simple vitrage (acier, PVC, aluminium...) est un moindre coût, les autres solutions permettent de faire des économies sur le long terme et sont plus respectueuses de l'environnement (vitrage isolant, vitrage basse émissivité...) car elles limitent dans une certaine mesure la consommation en énergie.

L'isolation thermique d'un vitrage est caractérisée par le coefficient U : plus il est faible, meilleure est la performance thermique.

Les différents types de vitrages existants :

- Vitrage à protection sonore
- Vitrage isolant à couche faiblement émissive
- Vitrage triple
- Vitrage double
- Vitrage à protection solaire athermique

.....

Il existe des différences de coefficient thermique, facteur solaire.... entre tous ces types de vitrages

Autres projets et rapports

Sur le lien:

www.najmemoires.com

Najmemoires.com

najmemoires@gmail.com

Tableau comparatif de différents vitrages

Type de vitrage	Coefficient K W/m2 .°C	Transparence%	Facteur solaire %
Verre claire			
Simple vitrage, 4 mm	6.0	88	83
Double vitrage à lame d'air (4-12-4)	3.0	80	76
Double vitrage avec traitement de surface "low E" à lame d'Argon (4-12-4)	1.5	77	65
Triple vitrage à lame d'air (4-12-4-12-4)	2.0	72	67
Triple vitrage avec traitement de surface "low E" à lame d'Argon	1.2	70	60
Double vitrage à vide avec traitement de surface "low E" (4-12-4)	0.5	77	65
Verre réfléchissant			
Double vitrage moyennement réfléchissant avec traitement de surface "low E" (6-12-6)	1.6	29	39
Double vitrage, Bronze avec traitement de surface "low E" (6-12-6)	1.6	9	13


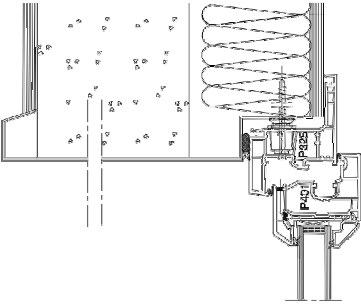

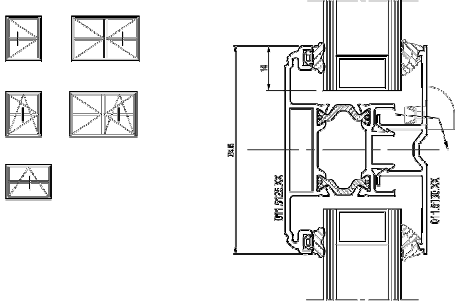
NB : Le double vitrage réduira les pertes de chaleur de 50 à 80%. Il en existe 5 principaux types de doubles vitrages.

	Type de vitrage	Description	Résultats	Prix
Isolation thermique	Double vitrage standard	4/12/4 ou 4/16/4, ce qui signifie qu'il est composé de 2 verres de 4 mm séparés par une lame d'air de 12 ou 16 mm.	Réduction de 40% des pertes de chaleur par rapport au simple vitrage	150€ le m ²
	Double vitrage faiblement émissif	Revêtement spécial sur l'un des verres, piégeant les rayonnements infra-rouges : la chaleur est renvoyée à l'intérieur de la pièce.	Réduction de 30% des pertes de chaleur par rapport au double vitrage standard	5 à 10% plus cher qu'un vitrage standard
	Double vitrage faiblement émissif renforcé à lame argon	Comme ci-dessus mais l'air est remplacé par du gaz argon	Réduction supplémentaire de 5 à 10% des pertes de chaleur	200 à 250€ le m ² avec un retour sur investissement au bout de 2 ans grâce aux gains d'énergie
	Vitrage anti-réfléchissant	Traité de manière à ce que les apports calorifiques du soleil soient atténués.	Convient surtout pour les grandes baies vitrées orientées plein Sud	Onéreux
	Vitrage chauffant	Equippé d'un film transparent relié au secteur. Emet de la chaleur par rayonnement.	La température de la vitre intérieure peut atteindre 35°C, la chaleur se diffuse par rayonnement.	Cher à l'achat mais comporte le prix du vitrage + du chauffage

NB : Pour améliorer son isolation on joue sur plusieurs facteurs tels que :

- L'épaisseur de chacune des 2 vitres
- L'espace entre les vitres
- L'ajout d'un gaz entre les vitres
- Le collage d'un film anti-réfléchissant pour éviter le chaud

L'élément d'ouverture vers l'extérieur, il joue un rôle primordial dans l'esthétisme d'un bâtiment, nous vous conseillons donc :

Dénomination isolant	Solutions techniques	Photos	Mise en œuvre
<p>GROSFILLEX -> Sunbaie</p> <p>Menuiserie en PVC (Polychlorure de Vinyle) blanc, modifié choc de type ouvrant à soufflet, à la française, oscillo-battant, comportant un double joint d'étanchéité et composée de :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Profils en PVC -Vitrages et Garnissages 	<p>Fréquemment utilisé pour les collectivités</p> <p>Gamme de fenêtres et porte-fenêtre en PVC multi chambres blanc pour châssis fixes, ouvrants à soufflet, à la française, oscillo-battants et oscillo-couissants. Equipées d'un double vitrage de 20 mm d'épaisseur et d'une poignée en nylon blanc....</p>	 <p>Plusieurs vitrages possibles</p>	<p>POSE EN APPLIQUE intérieure et réglage des menuiseries selon conditions générales, de mise en œuvre en travaux neufs et sur dormant existant des menuiseries en PVC faisant l'objet d'un Avis Technique.</p> <p>FIXATION par équerres et vis appropriées zinguées et bichromatées, bénéficiant des garanties du label SNFQ, dans chevilles adaptées à la nature du gros œuvre.</p> <p>RÉALISATION d'une barrière d'étanchéité par joint silicone de 1ère catégorie compatible avec le profil PVC, sur fond de joint préalablement mis en place entre dormant PVC et gros œuvre.</p> <p>CLIPPAGE des rejets d'eau et couvre joint en PVC blanc sur le dormant PVC.</p> <p>MISE EN ŒUVRE NEUF DORMANT P325 sur précadre métallique</p> 
<p>Reynaers Aluminium -> XS 50</p> <p>Menuiseries à ouvrant caché et rupture de pont thermique</p> <p>Fenêtres et portes-fenêtres constituées de profils en aluminium à rupture de pont thermique, agrémentées d'un triple joint périphérique en Epdm. Modèles à un o</p>	<p>Modèles à un ou deux vantaux fixes, à ouvrant caché, à la française, oscillo-battant ou à soufflet. Double-vitrage de 24-26 mm ou 32-34 mm. Dimensions maximales vantail (l x h) : 90 x 220 cm. Classement AEV : A*4 E*9A V*A3 (porte-fenêtre 2 vantaux + fixes). Coefficient de transmission thermique (U) : 1,9 W/m².K. (fenêtre 2 vantaux 1,48 x 1,48 m remplissage gaz argon).</p>		<p>Mise en œuvre usuelle dans le bâtiment</p> <p>Schéma : Section de Nœud et ouvrant</p>  <p>Reynaers</p>

Conclusion :

Comme pour tout bâtiment, il est important d'avoir une bonne isolation sonore pour éviter les bruits extérieurs. Cependant il est très difficile d'avoir un matériau qui puisse à la fois être un bon isolant thermique, acoustique... Il existe des logiciels (Acoutbat Sound 4.0,.....) qui permettent selon le matériau choisi d'évaluer les isolements acoustiques aux bruits aériens et aux bruits d'impact dans les bâtiments. Généralement pour avoir un bon rendu acoustique dans une patinoire il est recommandé d'avoir un gain de 92 dB.

V.INNOVATION « ECOGLISS »

1. Qu'est ce que patinoire ECOGLISS ?

La patinoire ECOGLISS est conçu pour la pratique du patin à glace, aussi bien en intérieur qu'en extérieur, quelque soit la saison et ce pour un coût moindre.

Il s'agit d'une piste synthétique constituée de plaques de polyéthylène haute densité (PEHD) assemblées solidairement entre elles. Traitées à l'aide de deux adjuvants, le premier protégeant contre les rayons UV et le second agissant comme un lubrifiant, ces pistes peuvent éventuellement être pratiquées avec des patins à glace traditionnels.

A vocation ludique et pédagogique, cette nouvelle activité qui tend à se développer dans le cadre d'installations de type événementiel (marchés de Noël, animations de quartier et de centre ville...), attire une clientèle de plus en plus diversifiée et ce notamment pour remplacer les patinoires à glace trop coûteuses en énergie et en personnel. Et bien des usages futurs restent à inventer !

Des patinoires ECOGLISS fonctionnent déjà en Europe (Suisse, Italie, France, Russie), en Asie et en Amérique.

2. La patinoire ECOGLISS : une réponse aux préoccupations actuelles

Développement durable, économies d'énergie, dégradation de la couche d'ozone, réchauffement de la planète, voici quelques exemples environnementaux qui sont de plus en plus la préoccupation de tous.

Sports de rue, développement d'activités pédagogiques, ludiques et sportives pour la jeunesse sont au centre des préoccupations de nos politiques.

Bien plus que des modes, ces attentes écologiques et sociales s'inscrivent dans les problématiques de notre temps.

Ainsi la patinoire ECOGLISS, dans son domaine, apporte une réponse appropriée à ces attentes.

3. Les patins utilisés

Sur une patinoire traditionnelle, c'est la fonte d'une fine pellicule de glace, provoquée par la friction d'une lame épaisse de 3mm, qui permet la glisse du patineur.

Sur une surface synthétique, cette lubrification est impossible.

Le patinage sur ce type de piste peut se faire avec des patins traditionnels à conditions de lubrifier d'avantage la piste. Toutefois cette pratique n'offre pas la possibilité de pratiquer toutes les activités.

C'est pourquoi, le créateur de ce type de patinoire, monsieur Robert Blumer, aidé de son gendre, Laurent Tobel (qui fut deux fois champion de France de patinage artistique) a mis au point un modèle de patin, spécialement conçu pour cet usage, et qui restitue quasiment les sensations ressenties sur de la glace : facilité de glisse, virages secs, freinage.

Cet effet dynamique est obtenu grâce au montage de la lame inox de 3 mm sur 4 roulettes en ligne. L'effort à produire pour glisser est ainsi, par comparaison avec des patins « classiques », considérablement réduit.

Détail des patins 3S



4. Les avantages des patinoires ECOGLISS

➤ L'aspect économique

Cette installation ne nécessite aucune consommation d'énergie ni de fluide, pas de groupe froid ni de machine à surfaçer, pas de personnels qualifiés.

➤ L'aspect écologique

Le matériau utilisé est neutre (non toxique) et recyclable. Il reste facile à mettre en œuvre et ne nécessite aucune installation particulière (hormis un sol plat) et aucun permis. Les montages et démontages sont simples.

➤ Toujours praticable

Quelles que soient les conditions climatiques ou atmosphériques, cette installation ne rencontre aucun risque de fonte. En effet, la température maximale d'emploi est de 105°C et la température de fragilisation est de -50°C.

➤ Respecte l'environnement

Le matériau (PEHD) utilisé est ininflammable et non toxique: en cas d'incendie, il ne dégage pas de fumées toxiques.

De plus, il ne contient ni acide chlorhydrique ni acide cyanhydrique et le nettoyage de la piste se fait avec des produits chimiques non corrosifs.

➤ Durabilité et longévité

La structure moléculaire ainsi que la composition chimique garantissent une grande résistance à l'abrasion et à l'incision des lames de patins.

Lorsqu'un surfaçage se révèle nécessaire (en cas d'usure des plaques), les plaques peuvent être, d'abord retournées, puis rabotées des deux côtés.

➤ Sports de glisse

Le matériau utilisé absorbe les chocs et l'environnement qu'offre l'installation est sensiblement moins « agressif » car les utilisateurs ne sont ni exposés au froid, ni à la glace et n'ont pas de risque d' « être mouillés »

5. Les inconvénients des patinoires ECOGLISS

Bien que les avantages soient nombreux et non négligeables, il subsiste toutefois des inconvénients, qui peuvent, selon le type d'activité, poser un problème.

Pour les patineurs artistiques confirmés, les sensations offertes par une patinoire ECOGLISS ne sont pas tout à fait les mêmes que celles qu'offre une piste traditionnelle.

De plus, bien que l'installation soit écologique dans le sens où elle ne nécessite aucune ressource énergétique et que le matériau utilisé soit recyclable, il est important de garder à l'esprit que le pétrole reste à l'origine de la fabrication des plaques de polyéthylène.

VI. GESTION D'UNE PATINOIRE

La gestion d'une patinoire n'est pas chose simple. Car aujourd'hui la plupart des patinoires appartiennent aux collectivités locales, comité d'agglomérations... D'ailleurs, c'est ce qui explique une gestion un peu particulière et un manque de souci de rentabilité ou d'économie d'énergie. Aujourd'hui, nous pouvons avoir, avec une bonne gestion de l'énergie et des équipements, des patinoires très rentables. Pour ce faire, le gestionnaire doit avoir une parfaite maîtrise des aspects techniques, financiers, humains et sociaux de sa patinoire.

1. Le besoin

Il faut définir le besoin en production de froid

- La glace sèche : température de la surface doit être uniforme souvent égale à -2°C
- Optimisation énergétique et économique

2. les variables

Pour assurer une bonne production de glace il faut prendre en compte les variables suivantes :

- les apports calorifiques et hygrothermiques (pertes)
- les conditions météorologiques (transferts bâtiment)
- la fréquentation et le type d'activité (apports énergétiques des patineurs et spectateurs)
- le traitement de l'air (vitesse de la CTA) en fonction du public

3. les moyens de gestion possible

- la variation de la consigne de production d'eau glacée
- la limitation de la puissance absorbée par les groupes froids
- la variation de la température de soufflage d'air
- la variation de la vitesse de soufflage d'air
- ajustement de la déshumidification thermodynamique

4. GTC ou automate ?

Les patinoires sont équipées soit des systèmes d'enregistrement indépendants ou d'un GTC (Gestion Technique Centralisée)

Voici un tableau comparatif entre une GTC et un automate :

	GTC	Automate
<i>Condition d'installation</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Les compétences du gestionnaire - Les connaissances en production de froid - Les connaissances de fonctionnement d'une patinoire - Identifier les paramètres (critères) qui seront gérés par la GTC 	<ul style="list-style-type: none"> - Formation particulière et spécifique - Programmation de l'automate - Identifier les paramètres (critères) à programmer - Les compétences du gestionnaire - Les connaissances en production de froid - Les connaissances de fonctionnement d'une patinoire
<i>Avantages</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pilotage à distance - Présence d'une interface (utilisation facile) - Une bonne gestion de la production de glace, de l'éclairage, CTA et autres - Une maîtrise de tous les paramètres de production de glace - Une économie d'énergie avec le délestage -Extraction et exploitation des données facilement - Limitation d'énergie (délestage) 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût moindre
<i>Inconvénients</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Formation et suivi du personnel sur l'utilisation de la GTC - Connaissances en production de froid obligatoire - Inexploitation de toutes les données de la GTC 	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitation limitée - Pas de détail sur les paramètres de productions de glace - Chaque équipement a son automate d'enregistrement - Extraction de données limitée - Système complexe à utiliser

De ce tableau, nous trouvons qu'il est plus intéressant pour une patinoire d'avoir un GTC. Nous allons développer et expliquer plus clairement la GTC

5. la GTC

Qu'est-ce que la gestion technique centralisée ?

Le champ d'application de la gestion technique centralisée est très vaste. La GTC permet, en effet, de télé surveiller les points sensibles, d'automatiser partiellement ou totalement le fonctionnement et de faciliter le travail des exploitants.

Ce mode de gestion, nous permet d'obtenir un accroissement de la fiabilité et une diminution des coûts de fonctionnement.

Exemple d'une GTC évoluée et liée à la maintenance

La GTC a pour principal objectif l'amélioration de la qualité du service offert par les services techniques en termes de maintenance et de sécurité des personnes. Ce système assistera les opérateurs de maintenance dans leur activité.

Elle vise également par un meilleur suivi des équipements et des interventions, à réaliser des économies financières substantielles sur la maintenance.

- La qualité du service
 - améliorer la qualité du service de traitement des pannes par une intervention plus rapide
 - disposer d'éléments de prescription fiables sur les nouveaux équipements
 - faciliter les services d'astreinte
 - rationaliser les visites de maintenance
- La maintenance
 - améliorer l'entretien préventif
 - faciliter les interventions sur les équipements
 - vérifier les réparations
- Les économies financières
 - sur les consommations d'énergie
 - sur les coûts d'interventions confiés à des entreprises
 - sur les frais de personnel (diminution des déplacements)

Les trois grandes activités supportées par le système de télégestion

- La gestion des anomalies
 - Le suivi du traitement des événements (changement d'état, de niveau, de température,...) survenus sur les équipements surveillés.
 - Le suivi du traitement des événements critiques (anomalie, alarme...)
 - Le suivi et le pilotage des équipements
 - La consultation d'un équipement (informations relatives à l'état et aux mesures).
 - Le suivi de l'évolution d'un équipement (historique des équipements, courbes d'évolution).
 - Le pilotage à distance des équipements (mise Marche/Arrêt, chargement des consignes).
 - L'administration du service
 - La définition et l'introduction dans le système des utilisateurs et de leurs droits d'accès.
 - La définition des données accédées.
 - La gestion des bases de données locales et centrales.
 - Les archivages.
 - La maintenance du système.
 - La définition et le contrôle du report des événements vers le groupe opérationnel

6. Conseils de gestion technique

- Lorsque le gestionnaire a des compétences certaines en thermique et en production de froid, il faut installer une GTC évoluée afin de réaliser de précises analyses.
- La montée en température doit se faire de manière progressive pour la production de froid (ceci évite la fonte de la glace).
- Pendant les séances avec un public important, il faut fabriquer de la glace moins froide.
- Il est judicieux de faire du délestage et du stockage de glace.

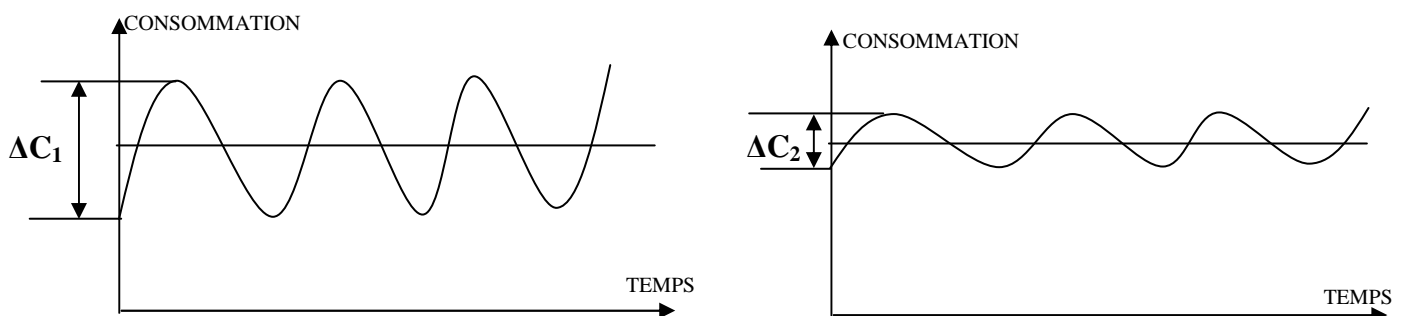
Exemple : mettre en veille l'installation en été ou l'arrêter en hiver pendant quelques heures puis la redémarrer progressivement (par palier pour éviter les phénomènes de fissure de la glace).

Nous avons réalisé un essai sur la patinoire de Monéteau en Novembre:

Coupage des groupes froids à 19h30 et redémarrage à 22h → ceci a permis un gain de 63 kW soit une économie annuelle de 1149€

Mise en garde : il faut éviter de mettre en veille ou d'arrêter l'installation trop longtemps car cela risque de faire fondre la glace, d'avoir une glace trop tendre et de fournir une énergie trop importante au redémarrage.

- Préférer une déshumidification de nuit lors des jours de pluies. En été, prendre de l'air sec de l'extérieur pour la CTA et en hiver celle de l'intérieur de la patinoire.
- Les variations de température des dalles en béton favorisent la fatigue du béton. Ainsi il faut essayer au maximum de limiter les variations de température.
- Il faut traiter l'état de surface de la glace pour faciliter le patinage. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir une surfaceuse. En effet, elle doit être munie d'un système de lavage de glace à eau froide. Même si la plupart des patinoires sont équipées de surfaceuse à eau chaude, il faut savoir que le chauffage de l'eau fait appel à une énergie supplémentaire.
- Il faut toujours essayer de lisser la consommation par le délestage et le stockage de froid. Il est aussi préférable de faire du stockage en heures creuses.



Ces deux courbes montrent bien l'intérêt de lisser la consommation car plus le ΔC est grand plus la facture de consommation énergétique est importante (cette théorie n'est valable que pour le tarif vert).

VII. CONCLUSION

Ce guide a été réalisé en s'appuyant sur une enquête nationale que nous avons effectuée courant juillet 2008. L'équipe projet tenait à vous apporter des recommandations sur la construction et la rénovation des patinoires.

Nous n'avons malheureusement recueilli que peu de réponses (14%). Ceci étant dû, notamment, à un manque de collaboration de la part de certaine patinoire.

Bien que ce recueil fût peu probant, l'équipe projet ne c'est pas démobilisé face à cette épreuve, au contraire ils ont tout mis en œuvre pour rendre ce travail exploitable et en s'appuyant notamment sur une enquête préalablement réalisée en 1998.

Ce guide est destiné aux maîtres d'œuvre afin de les aider à avoir tous les éléments nécessaires pour la conception d'une patinoire. Il peut également être utilisé par les gestionnaires de patinoire lors d'une rénovation mais aussi, tout simplement pour les aider à améliorer leur gestion.

En effet, il est important avant de concevoir une patinoire de bien prendre en compte tous les éléments à intégrer dans le bâtiment pour optimiser ses formes et dimensions.

L'expérience prouve que plus les connaissances sont diversifiés plus les décisions à prendre pour mettre en œuvre ou rénover une patinoire sont décisifs.

C'est pourquoi nous avons décidé de faire appel à des personnes de qualification différentes tels que M. Voegeli Thierry ingénieur TP, M. Laurens Damien frigoriste ou M. Gervais ingénieur ESTP

ANNEXE

DIFFERENTES SOLUTIONS D'INSTALLATION DE DALLE

Etude réalisée par le bureau d'études NPA

La dalle de sable est la solution optimale (vérifiée à Auxerre et au Mans avec moins de 400.000 kWh de consommation annuelle pour une piste de 1450 m²)

Dimension des tubes ->
 Epaisseur des tubes ->
 Surface d'échange ->
 Volume d'eau glycolée ->
 Concentration EG ->

Débit d'eau nécessaire ->
 Puissance moteur pompe ->

Delta sur aller / retour ->
 Régime glace -2°C ->
 Régime glace -4°C ->
 Consommation /10 mois ->

	Solution traditionnelle	Base marché optimisé Dalle béton	Solution HQE Dalle sable
	Charge = 0.02 W/cm ²	Charge = 0.02 W/cm ²	Charge = 0.02 W/cm ²
	PER 25 / 32 mm 7 mm 1.700 m² 20.000 l 40%	PER 12.5 / 15.8 mm 3.3 mm 2.358 m² 8.000 l 35%	AEV 5.5 / 8 mm 2.5 mm 2.263 m² 4000 l 35%
	Amélioration de la surface d'échange de 658 m² (+38.7%) Economie d'éthylène glycol 5.200 l soit 15.600 € Surcoût de l'échangeur : 25.000 €		
		Surface d'échange équivalente (-4%) Economie d'éthylène glycol 1.400 l soit 4.200 € Surcoût de l'échangeur : 15.000 € Delta piste sable (+22 k€) / gros œuvre (-70 k€): - 55.000 €	
	415 m³/h 35 kW	165 m³/h 15 kW	100 m³/h 11 kW
	Economie sur le coût de pompe : 5.000 € Economie d'énergie (20 kW x 24H x 300J x 0.05€) : 7.200 €		
		Economie sur le coût de pompe : 3.000 € Economie d'énergie (4 kW x 24H x 300J x 0.05€) : 1.440 €	
	1.5 °C -10°C -14°C 1.200.000 kWh	3°C -8 °C -10 °C 810.000 kWh	4°C -7.5 °C Unité capable régime -10°C 600.000 kWh
	Economie sur le coût des groupes froid (standard) : 20.000 € Economie d'énergie (390.000 kWh * 0.05 €) : 19.500 €		
		Groupes froid standards identiques - COP amélioré Economie d'énergie (210.000 kWh * 0.05 €) : 10.500 €	
	Comparatif traditionnel / base marché (optimisé) INVESTISSEMENT : -15.600 € CONSOMMATION SUR 10 ANS : -267.000 €		
		Comparatif base marché / solution HQE INVESTISSEMENT : -43.000 € CONSOMMATION SUR 10 ANS : -119.400 €	