

L'humidification et les applications à vapeur sous pression :

## Absorption rapprochée et économies d'énergie grâce à la reprise des condensats sous pression

par Dale Ryynanen et Jim Lundgreen, ingénieur en chef en conception mécanique  
DRI-STEEM Corporation

À mesure que les systèmes d'humidification à vapeur commerciaux et industriels sont devenus plus complexes et la demande s'est développée à partir de la moitié du XXe siècle, des besoins applicatifs uniques ont motivé 50 années d'innovation. Mais chaque nouveau progrès technologique majeur a appelé de nouveaux compromis :

**Les tubes de dispersion de la vapeur sans enveloppe** étaient efficaces et faciles à installer ; cependant, leurs distances d'absorption de vapeur étaient trop importantes pour certaines applications et ils étaient prompts aux éclaboussures.

**Les tubes de dispersion de la vapeur à enveloppe** ont remédié aux éclaboussures et rendu possible la reprise des condensats sous pression. Cependant, leurs enveloppes en métal portées à haute température — **constamment activées dans la plupart des systèmes** — étaient inefficaces et augmentaient la température de la circulation d'air. En outre, leur profil de grande dimension empêchait un espacement étroit des tubes et augmentait les distances d'absorption.

**Les panneaux de dispersion de la vapeur** ont représenté un progrès technologique important en matière d'absorption rapprochée, leur efficacité étant améliorée par des tubes de dispersion étroitement espacés, dont la température redescendait à celle du conduit quand ils ne dispersaient pas de vapeur. Cependant, ils nécessitaient des siphons-P ayant le **dégagement requis, ainsi que des évacuations ou des pompes** pour les condensats non pressurisés.

Les progrès technologiques les plus importants dans les systèmes d'humidification à vapeur ne sont survenus que récemment et leurs répercussions sur le secteur de l'humidification commencent seulement à se faire jour. La réunion de deux innovations permet — pour la première fois dans un panneau de dispersion de la vapeur unique et sans compromis — l'absorption rapprochée, des économies d'énergie conséquentes et la reprise des condensats sous pression :

**Les tubes de dispersion de la vapeur isolés (à haute efficacité)** réduisent les déperditions d'énergie et la production de condensats jusqu'à 85 % dans les applications à vapeur sous pression et par évaporation.

**Les panneaux de dispersion avec échangeurs de chaleur intégrés** permettent d'économiser encore de l'énergie tout en supprimant les déperditions d'eau et la nécessité de siphons-P et de pompes à condensats dans les applications à vapeur sous pression.

Dans un passé encore récent, la perte des condensats produits par dispersion éliminés par évacuation ne constituait pas un problème et faisait réaliser des économies de main-d'œuvre lors de l'installation. Il n'existait aucune mesure d'incitation à économiser de l'énergie et des ressources. Aussi, en quoi un panneau de dispersion de la vapeur équipé de tubes isolés et d'un échangeur de chaleur, qui permet la maîtrise des condensats, représente-t-il un progrès technologique important ?

### Humidification pour les personnes et les procédés, et sauvegarde

Au moment de la construction d'hôpitaux ou d'autres bâtiments ou lors de leur mise à niveau pour améliorer les environnements intérieurs, l'humidité relative (HR) est un facteur de conception déterminant. Des études confirment qu'une HR correctement régulée est un facteur clé pour assurer la santé et le confort des occupants.<sup>1</sup> Les salles blanches et les installations de fabrication de semi-conducteurs nécessitent un contrôle étroit de l'humidité relative, en tant que variable de procédé. Une HR adéquate évite l'accumulation d'électricité statique et les dommages aux composants dus à l'humidité. La régulation de l'humidité relative est également une préoccupation du point de vue de la sauvegarde : Lorsque les taux d'humidité relative fluctuent, les matériaux absorbent et relarguent de l'humidité. Certaines modifications ont des répercussions sur les propriétés des matériaux et risquent d'endommager les objets et de raccourcir leur durée de vie.

La régulation de l'humidité relative à l'intérieur est devenue un besoin vital et le nombre de systèmes d'humidification à vapeur commerciaux et industriels dans le monde n'a jamais été aussi élevé.



Opérateurs en salle blanche<sup>2</sup>  
Avec l'aimable autorisation de  
Rakon Limited

Grâce aux récents progrès technologiques importants accomplis dans le domaine de la dispersion, l'absorption rapprochée et les économies d'énergie grâce à la reprise des condensats sous pression n'ont jamais été aussi faciles à obtenir.

**À présent, un panneau de dispersion de la vapeur peut offrir l'absorption rapprochée, une haute efficacité et la reprise des condensats sous pression avec des déperditions d'eau nulles.**

Sans conteste, l'énergie et l'eau représentent une préoccupation plus importante aujourd'hui et n'ont jamais été aussi coûteux. Les personnes réfléchies, les fabricants, les hôpitaux et les établissements proactifs cherchent dorénavant à réduire leur consommation et à maîtriser les coûts d'exploitation. À leur tour, les concepteurs d'installations, les gestionnaires immobiliers et les ingénieurs consultants cherchent à réduire les déperditions et à améliorer l'efficacité des bâtiments.

**Les condensats non maîtrisés gaspillent l'énergie et l'eau**

Pourquoi les systèmes d'humidification à vapeur produisent-ils autant de condensats ? En cours de fonctionnement, des tubes de dispersion non isolés ont une température superficielle d'environ 100 °C et dispersent habituellement la vapeur en flux d'air de 10 à 12,8 °C. L'air frais qui circule à travers les tubes de dispersion chauds entraînent la condensation d'une partie de la vapeur à l'intérieur des tubes. Dans les systèmes d'humidification à vapeur où ces condensats sont éliminés par évacuation, il y a une corrélation directe entre le volume de condensats perdus et le niveau de déperditions d'énergie :

Chaque litre (1 kg) de condensats gaspille environ 2230 kJ — l'énergie utilisée pour transformer l'eau en vapeur.

Dans les applications d'humidification à vapeur sous pression, les condensats issus des panneaux de dispersion de la vapeur ne sont souvent pas repris par la chaudière, car celle-ci n'est pas pressurisée et ne peut pas être régénérée sans pompes, vannes ou dispositifs de régulation supplémentaires. Les évacuations de condensats peuvent même être canalisées à proximité immédiate des conduites de reprise des condensats sous pression, pour finalement être évacuées par les siphons de sol. Si le différentiel de pression entre les condensats produits par dispersion et l'eau de la chaudière a constitué l'obstacle le plus important à la maîtrise des condensats, la solution commence par les tubes de dispersion et leur volume réduit de condensats.

**Les tubes isolés permettent de réduire jusqu'à 85 % les déperditions d'énergie et de condensats**

Les tubes sont isolés avec du polyfluorure de vinylidène (PVDF) afin de réduire leur conductivité thermique, ce qui se traduit par une réduction allant jusqu'à 85 % des déperditions d'énergie et de condensats. La ligne sur fond gris du tableau à gauche quantifie l'énergie et l'eau économisées par un panneau de dispersion de la vapeur équipé de tubes isolés. Comparez ces économies à l'énergie et l'eau perdues par un panneau de dispersion de la vapeur ayant des tubes non isolés (ligne au-dessus dans le tableau).

Les tubes isolés avec du PVDF sont disponibles depuis le début de l'année 2007. Voir le médaillon en quatrième de couverture, qui présente le livre blanc sur les principes physiques faisant l'intérêt des tubes isolés.

Même si les tubes isolés sont davantage connus pour la rapidité de leur amortissement grâce aux seules économies d'énergie réalisées, ils sont la base du prochain progrès technologique majeur en raison de la réduction considérable des condensats qu'ils permettent.

**Énergie et eau économisées par les tubes isolés et l'échangeur de chaleur**

1829 Panneaux de dispersion de la vapeur équipés de tubes isolés et d'un échangeur de chaleur intégré (largeur : mm × hauteur : 1219 mm) fonctionnant 2000 heures/an, tubes sur centres de 75 mm, vitesse de l'air de 5,1 m/s, air à 10 °C

Type de panneau de dispersion de la vapeur	Énergie	Eau
Tubes non isolés (condensats perdus par évacuation)	Gaspile 171 879 368 kJ/an	Gaspile 65 590 kg/an (65 590 l/an)
Tubes isolés (condensats perdus par évacuation)	Économise* 129 064 566 kJ/an	Économise* 49 351 kg/an (49 351 l/an)
Tubes isolés et échangeur de chaleur (condensats recyclés par la chaudière)	Économise* 134 994 613 kJ/an	Économise 65 590 kg/an (65 590 l/an) Pertes nulles par évacuation

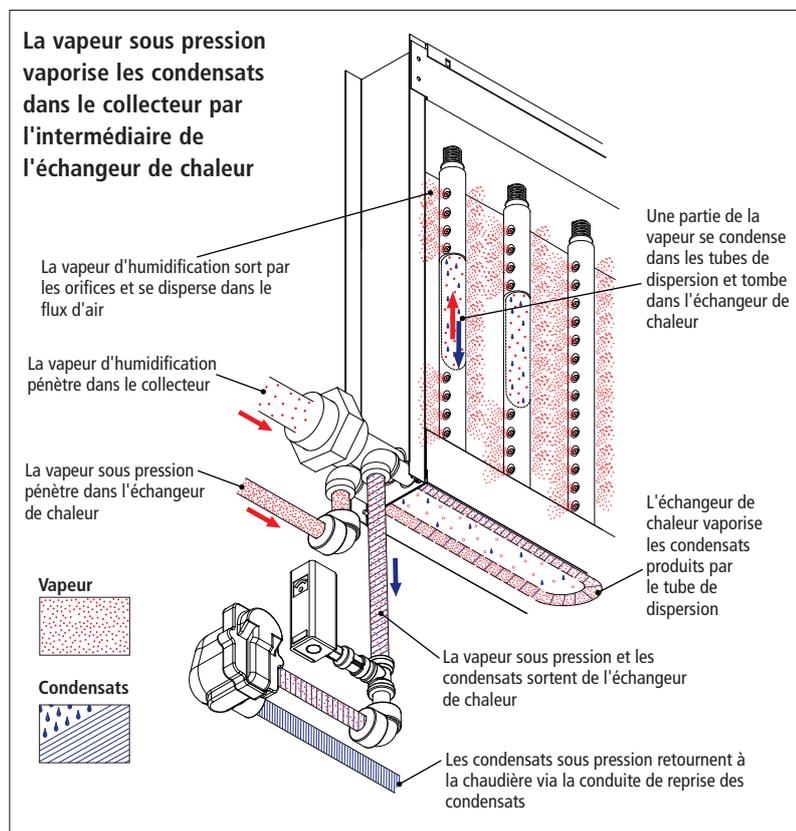
\* Économies réalisées comparativement au panneau de dispersion de la vapeur de la ligne du haut du tableau (tubes non isolés, sans échangeur de chaleur)

## L'échangeur de chaleur permet de réaliser encore davantage d'économies d'énergie, la reprise des condensats sous pression et l'absence de déperditions d'eau

Les tubes isolés préparent le terrain pour un nouveau paradigme dans la maîtrise des condensats pour l'humidification à vapeur sous pression : Un échangeur de chaleur intégré qui vaporise, pressurise et recycle les condensats produits par les tubes de dispersion. La totalité de la vapeur d'humidification qui entre dans le collecteur est dispersée dans le flux d'air, tandis que les condensats sous pression et leur énergie thermique sont repris par la chaudière. Les interactions simultanées à l'intérieur et autour de l'échangeur de chaleur intégré sont les suivantes :

- La vapeur d'humidification circule en remontant dans les tubes de dispersion, sort au niveau des orifices et se disperse dans le flux d'air. Tous les condensats qui se forment dans les tubes de dispersion tombent dans l'échangeur de chaleur où ils sont vaporisés en vapeur d'humidification.
- Les condensats vaporisés dans le collecteur entraînent un volume égal de condensats sous pression dans l'échangeur de chaleur. Les condensats sous pression sont renvoyés à la chaudière par l'intermédiaire de la conduite de reprise des condensats, sans pompes, vannes ou dispositifs de régulation supplémentaires.

Si l'on revient au tableau en page 2, la ligne du bas quantifie les économies d'énergie supplémentaires et l'économie à 100 % de l'eau obtenues avec un panneau de dispersion équipé de tubes isolés et d'un échangeur de chaleur intégré. Comme l'illustre le tableau à droite, ce panneau permet d'économiser près de 16 277 l d'eau et plus de 5,93 millions de kilojoules d'énergie sur une année de 2000 heures, ainsi que les produits chimiques de la chaudière.



## Recyclage des condensats, de l'énergie et des produits chimiques

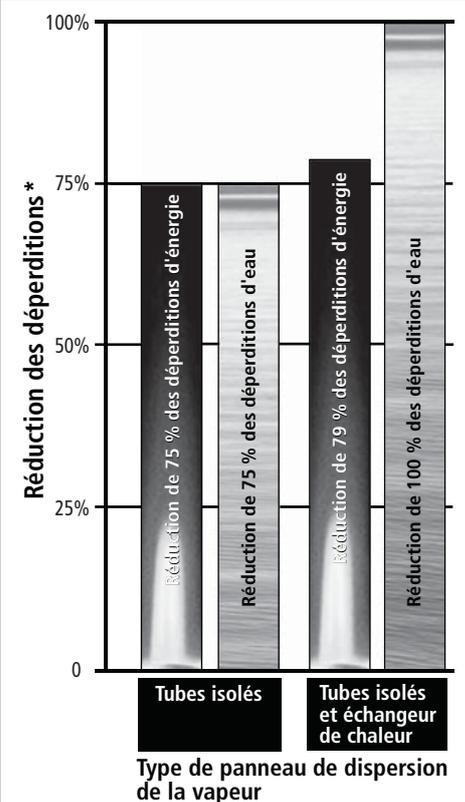
Panneau de dispersion de la vapeur équipé de tubes isolés et d'un échangeur de chaleur intégré (largeur : 1829 mm × hauteur : 1219 mm) fonctionnant 2000 heures/an, tubes sur centres de 75 mm, vitesse de l'air de 5,1 m/s, air à 10 °C

Condensats / Btu perdus par évacuation	Néant / néant
Condensats mis sous pression et repris par la chaudière	16 239 kg/an (16 239 l/an)
Btu reprises par la chaudière	5 930 047 kJ/an* Équivalence énergétique : <sup>3</sup> • 153 m <sup>3</sup> de gaz naturel • 212 kg de charbon
Produits chimiques de chaudière économisés	Suffisamment (par année) pour traiter 16 239 l/an d'eau d'appoint fraîchement préparée

\* Température de l'eau de reprise de 100 °C

## Réduction des déperditions d'eau et d'énergie obtenue avec les tubes isolés et l'échangeur de chaleur

Panneaux de dispersion de la vapeur équipés de tubes isolés et d'un échangeur de chaleur intégré (largeur : 1829 mm × hauteur : 1219 mm) fonctionnant 2000 heures/an, tubes sur centres de 75 mm, vitesse de l'air de 5,1 m/s, air à 10 °C



\* Comparativement au panneau de dispersion de la vapeur équipé de tubes non isolés et sans échangeur de chaleur

## Les tubes isolés permettent de réduire jusqu'à 85 % les déperditions d'énergie

Humidification à la vapeur :

**utiliser moins d'énergie, réduire le gain de chaleur du flux d'air et produire moins de condensats**

par Lynne Wilson et Jim Lundgren, ingénieurs-concepteurs mécaniques seniors  
DRI-STEEM Corporation

Les maîtres d'œuvre éclairés demandent des comptes sur toutes les ressources consommées lors de la construction et l'entretien de bâtiments neufs ou rénovés. Pour se conformer aux normes rigoureuses de conservation, les performances de constructions doivent être mesurables car il est bien connu que si l'on ne peut pas les mesurer, il est impossible de les améliorer.

Les systèmes d'humidification à la vapeur commerciaux et industriels sont considérés comme étant essentiels pour la plupart des processus et des applications de santé, comme les usines de semi-conducteurs, les imprimeries et les établissements de soins de santé. Dans la mesure où de nombreux gros bâtiments nécessitent une humidification à la vapeur, il est temps de faire des progrès en matière de détermination et d'optimisation de l'efficacité de l'énergie et de la consommation d'eau de ces systèmes de construction. De récentes avancées concernant les matériaux et les techniques de fabrication attirent l'attention sur ces points, notamment les pertes d'énergie et le gorgement d'eau lorsque la vapeur se déplace dans le flux d'air frais. Cet article présente ces matériaux, ainsi que leurs caractéristiques de performances.

**Informations de base sur les systèmes de dispersion de la vapeur**  
L'humidification à la vapeur requiert deux fonctions essentielles : la génération et la dispersion de la vapeur.

Les systèmes d'humidification par injection directe de la vapeur déplacent la vapeur dans le flux d'air des condenseurs ou des unités d'alimentation en air des chaudières ou des générateurs de vapeur à froid sur site. La dispersion de vapeur compétitive réside que sur les applications d'injection directe de la vapeur.

La vapeur d'humidification peut également être produite dans un récipient non pressurisé, relié à un système de dispersion. Ce type de vapeur est souvent appelée vapeur « évaporative » car la chambre à vapeur fonctionne à pression atmosphérique ou sous-vacuum.

Que la vapeur de dispersion soit comprimée ou non, le fonctionnement du système de dispersion reste le même : il reçoit

Figure 1-1  
Système de dispersion standard



Voici un panneau de tubes de dispersion de la vapeur standard avec des tubes d'air inoxydable non isolés installés pour régler toute la hauteur et la largeur d'une unité d'alimentation en air. Ces tubes de dispersion libèrent la vapeur des deux côtés, perpendiculairement au flux d'air.

Consultez le livre blanc intitulé « Reducing energy use, airstream heat gain, and condensate production » (réduire la consommation d'énergie, le gain de chaleur par le flux d'air et la production de condensats) à la page **Education & Resources** (formation et ressources) de [www.dristeem.com](http://www.dristeem.com) (ou [cliquez ici](#)).

## Conclusion

La seule ampleur des pertes d'énergie, de produits chimiques de chaudière et d'eau par les condensats évacués dans de nombreuses applications d'humidification à la vapeur est ahurissante. Récemment encore, la stratégie habituelle de maîtrise des condensats comprenait un siphon de sol.

Les déperditions de condensats peuvent être éliminées et l'absorption rapprochée, ainsi que des économies d'énergie et d'eau sans précédent peuvent être obtenues grâce à un panneau de dispersion de la vapeur incorporant deux récents progrès technologiques majeurs :

Les tubes isolés pour les applications à vapeur sous pression et par évaporation réduisent de façon importante la production de condensats et le gain de chaleur en aval, en permettant de réduire jusqu'à 85 % les déperditions d'énergie.

Un échangeur de chaleur intégré pour les applications à vapeur sous pression vaporise la vapeur d'humidification condensée et permet la reprise des condensats sous pression.

À présent, un panneau de dispersion de la vapeur peut offrir l'absorption rapprochée, une haute efficacité et la reprise des condensats sous pression avec des déperditions d'eau nulles.

## Références

- 1 E.M. Sterling, "Criteria for Human Exposure to Humidity in Occupied Building." ASHRAE Winter Meeting. 1985.
- 2 2007. "Two in a clean room." Rakon Limited. <http://www.flickr.com/photos/8879602@N07/1444516049/in/datetaken/>
- 3 "Methods of Storing Energy." C. Johnson. 2007. <http://mb-soft.com/public2/storing.html>.

**DRI-STEEM**<sup>®</sup>  
The humidification experts

DRI-STEEM Corporation

Une société certifiée ISO 9001:2000

Bureau européen :

Marc Briers

Grote Hellekensstraat 54 b

B-3520 Zonhoven

Belgique

+3211823595 (téléphone)

+3211817948 (télécopie)

E-mail : [marc.briers@dristeem.com](mailto:marc.briers@dristeem.com)

Siège social aux États-Unis :

14949 Technology Drive

Eden Prairie, MN 55344

800-328-4447 ou 952-949-2415

952-229-3200 (télécopie)

[sales@dristeem.com](mailto:sales@dristeem.com)

DRI-STEEM est une marque déposée de DRI-STEEM Corporation.

© 2008 DRI-STEEM Corporation

---

**Pour de plus amples informations, contacter :**