

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Phases du conditionnement de l'air Solvason, K. R.

For the publisher's version, please access the DOI link below. / Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40001065>

Digeste de la construction au Canada, 1972-11

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=d62d1058-aced-4b96-a544-47bbad588ca5>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=d62d1058-aced-4b96-a544-47bbad588ca5>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 108F

Phases du conditionnement de l'air

Publié à l'origine en novembre 1972

K.R. Solvason

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

Le contrôle de la température et de l'humidité de l'air ambiant est l'un des aspects importants du conditionnement visant à assurer le confort de l'homme (**CBD 102F**). Il doit y avoir apport ou retrait de chaleur et d'humidité de l'air d'un local afin d'y maintenir les conditions souhaitées. Ceci implique normalement que la température et l'humidité de l'air fourni soient plus élevées ou plus basses que celles du local, de manière à faire équilibre aux charges thermiques et hygrométriques de l'air ambiant (**CBD 106F**). Il importe de connaître les phases du traitement de l'air pour bien comprendre les possibilités d'un système de conditionnement. Il faut tenir compte des problèmes particuliers et du coût des différentes solutions, non seulement en faisant le choix d'un système de climatisation et en élaborant les exigences de conditionnement, mais même en préparant les plans de l'enceinte. C'est, par conséquent, le but du présent Digest d'examiner quelques-unes des étapes du traitement de l'air.

Les propriétés de l'atmosphère touchées par les installations de conditionnement de l'air sont la température, l'humidité, et l'enthalpie ou quantité de chaleur. Ces trois propriétés sont en liaison étroite, à tel point que deux d'entre elles, prises au hasard, déterminent l'état de l'air.

Le diagramme psychrométrique est la représentation graphique de toutes les conditions possibles, dans les limites pour lesquelles le diagramme a été conçu. Les Figures 1 à 4 représentent le squelette de ce type de diagramme simplifié. L'échelle horizontale donne la température de l'air, ou température sèche, et l'échelle verticale le degré hygrométrique exprimé en livres d'eau par livre d'air. Les verticales représentent, par conséquent, des températures constantes et les horizontales les degrés hygrométriques constants. La courbe à gauche représente la limite de saturation de l'air ou les points d'humidité relative de 100 pour cent, et indique la quantité maximale d'humidité que l'air peut contenir à diverses températures. C'est la limite du graphique. Les températures, aux points situés le long de cette courbe, sont appelées températures de saturation ou du point de rosée. On peut également représenter les autres degrés de saturation par les courbes, comme celle d'humidité relative de 50 pour cent.

L'enthalpie de l'air humide représente l'enthalpie tant de l'air que de la vapeur d'eau qu'il contient. Ainsi, on peut augmenter l'enthalpie en élevant soit la température, soit le degré

d'humidité. Le long d'une droite d'enthalpie constante, il y a une augmentation de la température et une baisse d'humidité ou une augmentation d'humidité et une baisse de la température. Les lignes d'enthalpies constantes sont des droites qui descendent vers l'axe des ordonnées.

Le diagramme est un excellent moyen de visualiser les phases successives du traitement de l'air. On peut également s'en servir pour les calculs. Il s'agit le plus souvent de maintenir des conditions données, comme celle représentée par le point A de la Figure 1. Si le local subit une perte de chaleur et d'humidité, l'air fourni doit avoir des caractéristiques semblables à celles représentées par le point B, c'est-à-dire une température et une humidité plus élevées que celles du local. S'il y a au contraire gain de chaleur et d'humidité dans la pièce, la température et l'humidité de l'air fourni doivent être plus basses comme, par exemple, les valeurs représentées par le point C. Certains procédés de conditionnement pour amener l'air aux caractéristiques B et C sont relativement simples, tandis que d'autres sont plutôt complexes.

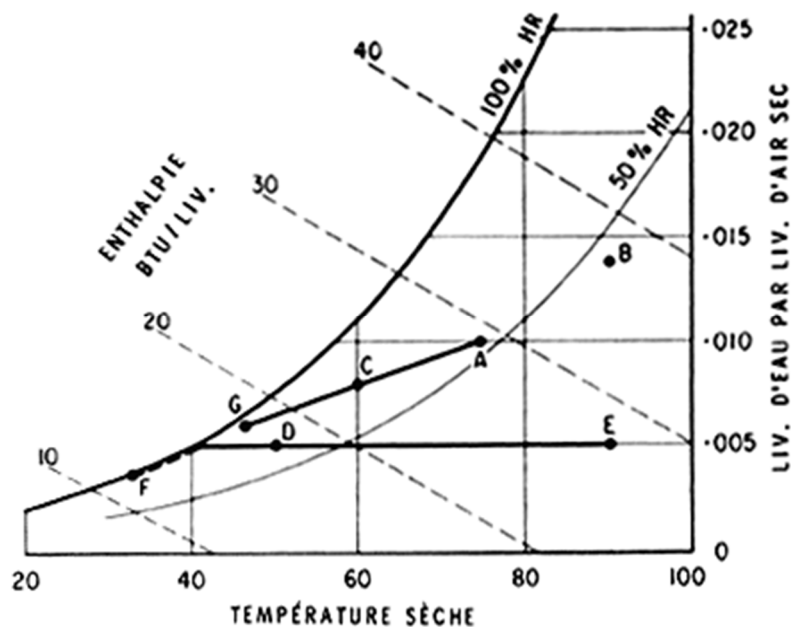


Figure 1. Processus de chauffage, de réfrigération et de mélange.

Le réchauffage de l'air de l'état D à l'état E dans la Figure 1 ne comporte qu'une augmentation de l'enthalpie, et aucune modification de l'humidité. Ceci est représenté sur le diagramme par une ligne d'humidité constante DE. De même, le refroidissement de l'air, de l'état E à l'état D, est représenté par un retrait de chaleur, et aucune modification de l'humidité. Un refroidissement au-delà de l'état D peut s'effectuer sans perte d'humidité jusqu'à la rencontre de la ligne de saturation; mais, si l'on pousse le refroidissement plus loin il s'effectuera le long de la ligne de saturation par exemple jusqu'au point F, amenant une baisse d'humidité.

Mélange d'Air

Deux jets d'air, aux conditions d'humidité et de température différentes, sont souvent mélangées pour produire une source d'air unique, possédant les caractéristiques désirées. La température du mélange sera la température moyenne pondérée des deux jets originaux, et l'humidité (livre d'eau par livre d'air), leur degré hygrométrique moyen pondéré. On peut utiliser l'air extérieur et l'air recyclé d'un local pour obtenir un mélange aux caractéristiques désirées. La Figure 1 illustre ce phénomène. L'air du local, dont la température et l'humidité correspondent au point A, est mélangé avec l'air extérieur à l'état G. Le mélange d'air se trouve donc à un état correspondant au point C, situé sur la droite AG. La position du point C sur la ligne dépend des proportions des composants du mélange. En modifiant ces proportions, on

peut régler les caractéristiques de l'air fourni. Deux jets d'air traités séparément sont parfois mélangés pour réaliser les conditions désirées.

Refroidissement et Humidification

Le refroidissement et l'humidification peuvent être accomplis par pulvérisation d'eau dans l'air. On appelle ce procédé "adiabatique", en autant qu'il n'y a ni apport ni retrait de chaleur. Ce phénomène est également connu sous le nom de refroidissement par évaporation. Lorsque l'air non saturé vient en contact avec l'eau pulvérisée recyclée, il y a évaporation d'eau, si le procédé est adéquat, l'air sera saturé. S'il n'y a pas apport de chaleur au cours de cette étape, la chaleur nécessaire à l'évaporation de l'eau ne peut être fournie que par l'air, ce qui résulte en une baisse de température de l'air, et en une augmentation du degré hygrométrique. L'enthalpie totale de l'air humide reste la même.

Ce processus est illustré par le segment HI de la Figure 2, où l'air, initialement à l'état H, est traité dans une chambre de pulvérisation adiabatique. Comme il n'y a aucun apport de chaleur, alors que l'humidité de l'air augmente, le processus doit suivre une ligne d'enthalpie constante et atteindre l'état I au point de saturation. La température atteinte au point de saturation dépend donc uniquement de l'enthalpie initiale et celle-ci dépend à son tour de la température sèche initiale et de l'humidité. Cette température s'appelle température humide thermodynamique; elle est à peu près égale à la température de la mèche mouillée d'un thermomètre à réservoir humide. Les droites de températures humides constantes peuvent être considérées comme des droites d'enthalpies constantes.

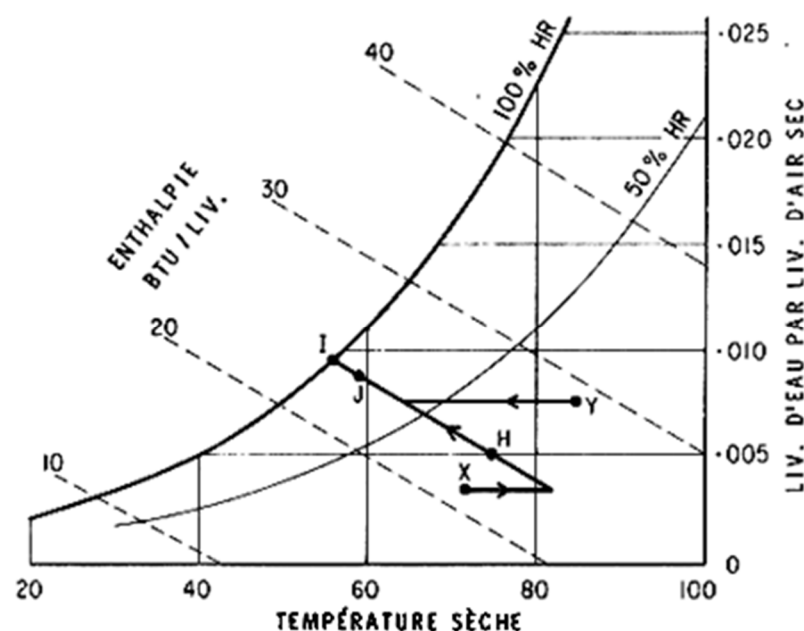


Figure 2. Processus d'évaporation.

Si la pulvérisation est inadéquate, le processus ne peut atteindre qu'un état non saturé, représenté par exemple par le point J, situé sur la même droite de température humide. On obtiendrait alors le même effet que si l'on ne conditionnait qu'une partie de la source d'air à l'état I, et qu'on la mélangeait avec l'air à l'état initial H. Un tel phénomène se produirait, si une partie de l'air traité ne venait pas en contact avec l'eau pulvérisée.

L'état de l'air à la sortie peut être réglé, si la température humide de l'air admis est ajustée par réchauffage ou refroidissement, ou mieux, par mélange avec l'air extérieur. Le réchauffage de l'air au delà de l'état X, ou le refroidissement en deçà de l'état Y donnera à l'air admis la température humide requise. L'air, à l'état X ou Y, peut également passer à l'état I en traversant un serpentin arrosé ou une chambre de pulvérisation maintenue à une température I par chauffage ou refroidissement.

L'application du procédé au jet adiabatique pour le conditionnement de l'air est limitée par les températures humides de l'air extérieur et les exigences de conditionnement du local. Si l'air du local doit avoir une température de 75°F et une humidité relative de 50 pour cent, correspondant à une température de saturation de 55°F, le refroidissement par évaporation ne sera pas suffisant pendant l'état dans la plupart des régions du Canada. La raison en est que la plupart du temps, les températures humides extérieures excèdent cette valeur. En ce qui a trait aux installations industrielles et commerciales, où l'on peut tolérer de plus fortes humidités et des températures plus élevées pendant un certain temps, et où l'on utilise de grandes quantités d'air, l'air extérieur traité au moyen d'un jet adiabatique peut être fourni au local pour améliorer les conditions résultant des températures élevées au cours des mois d'été.

Le procédé par évaporation est beaucoup utilisé pour refroidir l'eau. La température de l'eau et la température sèche de l'air se rapprochent de la température humide. C'est le procédé utilisé dans les tours de refroidissement.

Chauffage et Humidification

Le chauffage et l'humidification, deux éléments essentiels en hiver, impliquent un apport de chaleur pour élever la température de l'air et de la vapeur d'eau qu'il contient, et aussi un apport additionnel de chaleur pour évaporer l'humidité en excès. Certaines conditions psychrométriques doivent également être remplies avant d'augmenter l'humidité de l'air. Un exemple illustre très bien ceci.

Si l'air à l'état K (Figure 3) doit être chauffé et humidifié à l'état L, $(h_L - h_K)$ Btu de chaleur et $(m_L - m_K)$ livre d'eau doivent être ajoutées pour chaque livre d'air.

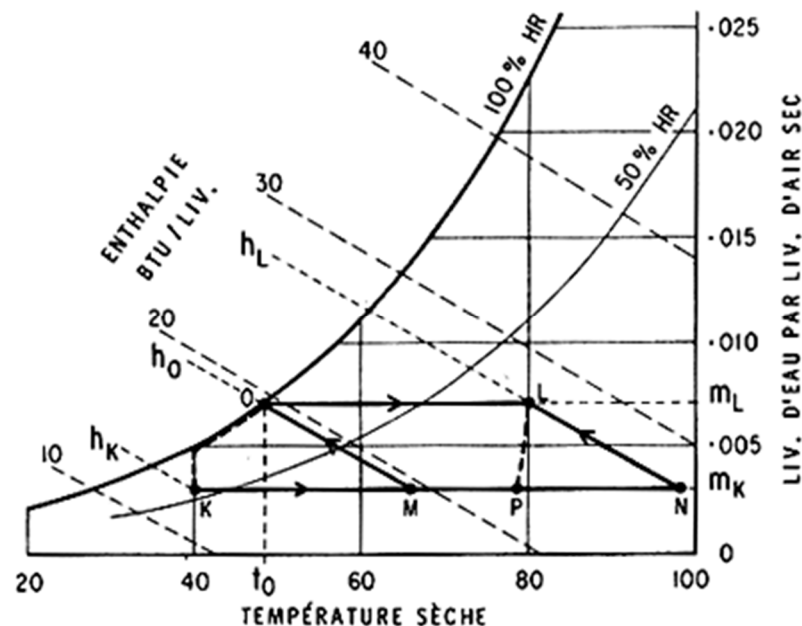


Figure 3. Processus de chauffage et d'humidification.

Il y a plusieurs façons de réaliser ceci. La plus basse température à laquelle l'air pourra contenir la quantité d'humidité désirée est la température du point de rosée ou température de saturation, correspondant à l'état L, et la plus faible enthalpie possible pour cet état est h_0 . Le processus peut s'effectuer par le traitement de l'air au travers d'un jet d'eau chauffé à t_0 , où l'air sera chauffé et saturé à t_0 ; il peut ensuite être chauffé sans apport d'humidité à l'état L. L'air peut aussi être chauffé à l'état M, où la température humide est t_0 , puis traité au moyen d'un jet adiabatique pour le refroidir et le saturer à t_0 , suivi d'un réchauffage à l'état L. Une troisième façon consiste à réchauffer l'air à l'état N, où la température humide est égale à celle

de l'état L, puis à ajouter adiabatiquement la quantité exacte d'eau pour augmenter l'humidité et réduire la température sèche de façon à atteindre l'état L.

Si l'air est humidifié par la vapeur, il doit d'abord être chauffé, de façon que son enthalpie ajoutée à l'enthalpie de la vapeur soit supérieure à h_0 . Habituellement, on n'utilise qu'un serpentin de chauffage où l'air est réchauffé à un état P, de sorte que l'enthalpie à l'état P venant s'ajouter à la chaleur apportée par la vapeur donne l'enthalpie et la température requise à l'état L.

Refroidissement et Déshumidification

Le refroidissement et la déshumidification sont également des exigences usuelles du conditionnement de l'air. Lorsque l'air traverse un échangeur de chaleur ou un serpentin dont la température est inférieure à la température du point de rosée de l'air, l'humidité se condense et la température sèche de l'air baisse. La perte de chaleur provient de l'enthalpie de l'air et de la chaleur latente liée à la condensation de la vapeur d'eau.

L'état de l'air qui a passé au travers d'un serpentin refroidisseur dépend de l'arrangement du serpentin. Si l'on arrose le serpentin ou si un jet d'eau de refroidissement est utilisé, l'air de sortie sera, à toutes fins utiles, saturé à la température de l'eau pulvérisée, à condition que le jet soit adéquat. La Figure 4 illustre ce processus: l'air à l'état Q est refroidi et déshumidifié à l'état R en traversant un serpentin arrosé ou un jet d'eau maintenu à une température R. On voit qu'il y a diminution de la température, de l'humidité et de l'enthalpie.

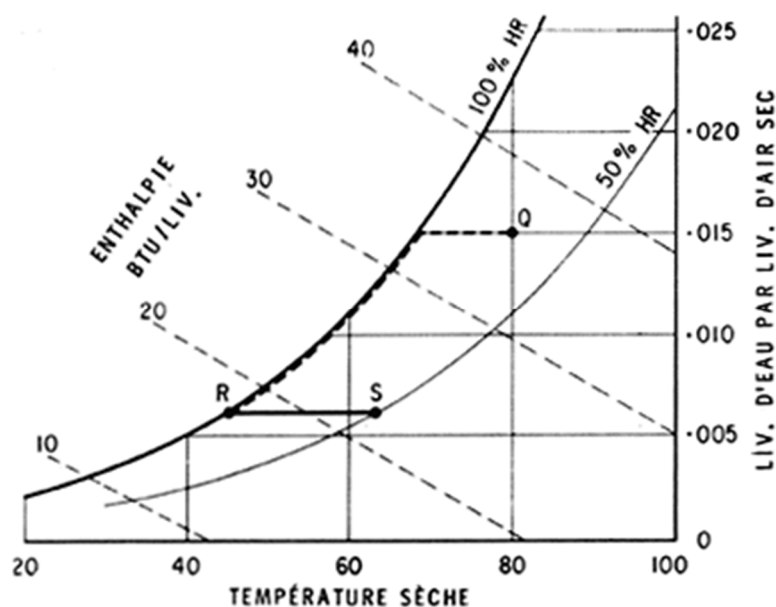


Figure 4. Processus de réfrigération et de déshumidification.

Il arrive souvent que les exigences de déshumidification amènent une température de l'air trop basse pour être admise directement dans le local. Il faut chauffer, tout en maintenant une humidité constante, jusqu'à un état S par exemple. Cette situation se produit habituellement lorsque l'on doit contrôler tant la température que l'humidité d'un local et que la charge de déshumidification demande un jet d'air saturé. Toutefois, la température et l'humidité d'un jet saturé ne peuvent pas être contrôlées indépendamment. Pour des charges de refroidissement et de déshumidification données, il n'y aura qu'une seule quantité d'air possible et une seule température de saturation qui donneront la chaleur et l'humidité correctes nécessaires à maintenir la température et l'humidité désirées dans le local.

Si les charges de chaleur et d'humidité changent, et s'ils changent dans la même proportion, la quantité, ou la température de l'air admis, peuvent être modifiées dans des limites étroites pour maintenir les conditions ambiantes désirées. Mais si le rapport des charges de chaleur et

d'humidité change, il n'est plus possible de maintenir la température et l'humidité désirées. Par conséquent, lorsqu'il est nécessaire de contrôler étroitement l'humidité, il faut habituellement faire fonctionner le système, de façon à régler le niveau d'humidité, mais de refroidir à l'excès, puis réchauffer pour régler la température, comme l'indique la Figure 4.

Pour la plupart des installations de conditionnement visant à assurer le confort, il n'est pas nécessaire de contrôler étroitement l'humidité, et le système peut fonctionner de façon à contrôler la température du local et laisser varier l'humidité; ceci permet d'éviter le réchauffage et d'épargner une quantité d'énergie considérable. Dans la conception du système, la quantité d'air et la température de saturation sont habituellement choisies de façon à maintenir certaines conditions désirées dans le local aux charges de refroidissement et de déshumidification prévues. Si les exigences sont moins rigoureuses (charges inférieures à celles prévues) la température est contrôlée et l'humidité peut varier au-dessus et au-dessous de la valeur désirée. Lorsque la température et l'humidité doivent être contrôlées effectivement, la complexité du système et de ses contrôles et, par conséquent, le coût augmentent.

Conclusion

Dans le présent Digest, il a été possible de décrire seulement en termes généraux les processus impliqués dans le traitement de l'air pour le conditionnement visant à assurer le confort. Il est cependant nécessaire de se livrer à une analyse quantitative détaillée pour juger de la convenance d'un système de conditionnement de l'air donné pour un édifice déterminé. Ce n'est qu'à ce moment-là que toutes les implications du bâtiment et de ses charges deviennent évidentes.

Le diagramme psychrométrique donne une représentation graphique des propriétés de l'air humide; c'est un moyen d'illustrer la nature des processus en jeu. Il faut comprendre ces procédés afin de connaître les possibilités générales et les limites des différents systèmes, et de se rendre compte des implications des conditions ambiantes qui sont spécifiées. Le choix arbitraire d'une température et d'une humidité données, sans tenir compte de la gamme de conditions possibles qui satisferaient convenablement aux exigences liées à l'utilisation d'un local, peut conduire à des systèmes d'une complexité et d'un coût exagérés.