

Meilleurs fluides caloporteurs pour le refroidissement liquide

Maintenant que vous êtes arrivé à la conclusion que le refroidissement liquide est la bonne solution, savez-vous quel fluide caloporteur utiliser? L'un des facteurs les plus importants pour le choix d'une technologie de refroidissement liquide dans votre application est la compatibilité du fluide caloporteur avec les surfaces mouillées des composants ou du système de refroidissement et avec votre application. La compatibilité du fluide caloporteur est essentielle pour assurer la fiabilité du système à long terme. Les autres caractéristiques d'un fluide caloporteur peuvent inclure une haute conductivité thermique et une chaleur spécifique élevée, une faible viscosité, un faible point de congélation, un point d'éclair important, une faible toxicité et une stabilité thermique¹. Sur la base de ces critères, les fluides caloporteurs les plus couramment utilisés aujourd'hui pour le refroidissement liquide sont:

- L'eau déionisée
- Les solutions de glycol et d'eau inhibées
- Les fluides diélectriques

En sélectionnant une association compatible de fluide caloporteur et de matériaux mouillés, vous réduirez le risque de corrosion tout en optimisant les performances thermiques. Le cuivre est compatible avec l'eau et les solutions de glycol/eau, et l'aluminium est compatible avec les solutions de glycol/eau, les fluides diélectriques et les huiles. Toutefois, pour utiliser de l'eau déionisée ou d'autres fluides corrosifs, l'acier inoxydable est généralement recommandé car il résiste plus à la corrosion que les autres métaux. (Voir Tableau 1.) La plupart des [systèmes de refroidissement](#) sont compatibles avec l'eau ou les solutions de glycol/eau mais nécessitent une tuyauterie spéciale pour la compatibilité avec l'eau déionisée ou un fluide diélectrique tel que la polyalphaoléfine (PAO).

Tableau 1

MATÉRIAUX ET COMPATIBILITÉ DES FLUIDES				
	Eau	Glycols	Eau déionisée	Fluides diélectriques (Fluorinert, PAO)
Cuivre	X	X		X
Aluminium		X		X
Acier inoxydable	X	X	X	X

Eau

L'eau est l'un des meilleurs choix pour les applications de refroidissement liquide en raison de sa capacité thermique élevée et de sa grande conductivité thermique. Elle est également compatible avec le cuivre, qui est l'un des meilleurs [matériaux pour le transfert de chaleur](#) à utiliser pour le passage de fluide. L'eau utilisée pour le refroidissement provient de sources différentes. L'eau du robinet par exemple provient d'une installation de traitement de l'eau publique ou d'un puits. L'avantage à utiliser de l'eau d'alimentation ou du robinet est qu'elle est facilement disponible et bon marché. Toutefois, il est important de noter à propos de l'eau d'alimentation ou du robinet qu'elle n'est probablement pas traitée et qu'elle risque par conséquent de contenir des impuretés. Ces impuretés peuvent provoquer une corrosion dans la boucle de refroidissement liquide ou

colmater les canaux de circulation du fluide. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser une eau de bonne qualité pour minimiser la corrosion et optimiser les performances thermiques.

La capacité de l'eau à corroder les métaux peut varier considérablement en fonction de sa composition chimique. Les chlorures, par exemple, sont fréquemment présents dans l'eau du robinet et peuvent être corrosifs. L'eau d'alimentation ou du robinet ne doit pas être utilisée dans les boucles de refroidissement liquide si elle contient plus de 25 PPM de chlorures. Les niveaux de calcium et de magnésium dans l'eau doivent également être pris en compte, car le calcium et de magnésium peuvent former du tartre à la surface des métaux et réduire les performances thermiques des composants. (Voir Tableau 2.)

Tableau 2

EXIGENCES MINIMALES POUR UNE EAU DE BONNE QUALITÉ ²	
Minéraux	Limite recommandée
Calcium	< 50 ppm
Magnésium	< 50 ppm
Dureté totale	< 100 ppm (5 grains)
Chlorures	< 25 ppm
Sulfates	< 25 ppm

Si vous constatez que votre eau d'alimentation ou du robinet contient un pourcentage élevé de minéraux, de sels ou d'autres impuretés, vous pouvez soit filtrer l'eau, soit opter pour l'achat d'une eau filtrée ou déionisée. Si votre eau d'alimentation ou du robinet est relativement pure et répond aux limites recommandées, il est quand même généralement recommandé d'ajouter un inhibiteur de corrosion pour une protection supplémentaire. Le phosphate est un inhibiteur de corrosion efficace pour l'acier inoxydable et la plupart des composants en aluminium. Il est également efficace pour le contrôle du pH. Par contre, l'un des inconvénients du phosphate est qu'il précipite le calcium dans de l'eau dure. Pour le cuivre et le laiton, le tolyltriazole est un inhibiteur de corrosion courant et très efficace. Pour l'aluminium, les acides organiques tels que 2-éthyl hexanoïque ou sébacique offrent une protection.

Eau déionisée

L'eau déionisée est de l'eau dans lesquels les ions ont été éliminés, notamment les ions sodium, calcium, fer, cuivre, chlorure et bromure. Le processus de déionisation élimine les minéraux, sels et autres impuretés nuisibles qui peuvent provoquer une corrosion ou la formation de tartre. Par rapport à l'eau du robinet et à la plupart des fluides, l'eau déionisée a une résistivité élevée. L'eau déionisée est un très bon isolant, c'est pourquoi elle est utilisée dans la fabrication des composants électriques où les pièces doivent être isolées électriquement. Toutefois, plus la résistivité de l'eau augmente, plus sa corrosivité augmente également. L'eau déionisée a un pH de 7 environ, mais devient rapidement acide lorsqu'elle est exposée à l'air. Le dioxyde de carbone présent dans l'air va se dissoudre dans l'eau, ce qui introduit des ions et conduit à un pH acide aux

alentours de 5. Par conséquent, pour utiliser de l'eau qui est virtuellement pure, il est nécessaire d'utiliser un inhibiteur de corrosion. Pour utiliser de l'[eau déionisée dans un refroidisseur à recirculation](#), une tuyauterie spéciale de haute pureté est nécessaire. Les raccords doivent être plaqués au nickel et les évaporateurs doivent être brasés au nickel. Pour utiliser de l'eau déionisée dans des [plaques froides](#) ou des [échangeurs de chaleur](#), il est recommandé d'utiliser une tuyauterie en acier inoxydable.

Solutions de glycol et d'eau inhibées

Les deux types de glycol les plus couramment utilisés pour les applications de refroidissement liquide sont les solutions d'éthylène-glycol et d'eau (EGW) et de propylène-glycol et d'eau (PGW). L'éthylène-glycol a des propriétés thermiques attractives, notamment un point d'ébullition élevée, un faible point de congélation, une stabilité sur une large plage de température, ainsi qu'une chaleur spécifique et une conductivité thermique élevées. Il possède également une faible viscosité et, par conséquent, des exigences réduites pour le pompage. Bien que l'EGW présente des propriétés physiques plus attractives que le PGW, le PGW est utilisé dans les applications où la toxicité peut être une préoccupation. Le PGW est généralement reconnu comme étant sûr pour une utilisation dans les applications alimentaires ou de traitement alimentaire, et il peut également être utilisé dans des espaces clos³.

Même si la conductivité thermique de l'EGW n'est pas aussi élevée que celle de l'eau, l'EGW permet une protection contre le gel qui peut être utile pendant l'utilisation ou pendant le transport. En fait, l'éthylène-glycol est le produit chimique utilisé dans l'antigel pour automobile. Toutefois, le glycol pour automobile ne doit pas être utilisé dans un système de refroidissement ou un échangeur de chaleur car il contient des inhibiteurs de rouille à base de silicates. Ces inhibiteurs peuvent former un gel et un encrassement qui enduisent les surfaces de l'échangeur de chaleur et réduisent leur efficacité. Il a également été montré que les silicates réduisent de manière importante la durée de vie des joints d'étanchéité des pompes. Alors que les mauvais inhibiteurs peuvent provoquer des problèmes importants, les bons inhibiteurs peuvent empêcher la corrosion et prolonger de manière importante la durée de vie d'une boucle de refroidissement liquide. Les glycols inhibés peuvent être achetés auprès de sociétés telles que Dynalene, [Houghton Chemical](#), ou [Dow Chemical Company](#) et sont vivement recommandés par rapport aux glycols non inhibés.

Au fur et à mesure que la concentration de glycol dans la solution augmente, les performances thermiques du fluide caloporteur diminuent. Par conséquent, il vaut mieux utiliser la concentration la plus faible possible de glycol inhibé nécessaire pour satisfaire vos besoins pour la protection contre la corrosion et le gel. Dow Chemical recommande une concentration minimale de 25 à 30 % d'EGW⁴. À cette concentration minimale, l'éthylène-glycol a également une action bactéricide et fongicide. Avec les refroidisseurs à recirculation, une solution à 30 % d'éthylène-glycol n'entraînera qu'une baisse d'environ 3 % des performances thermiques par rapport à l'utilisation d'eau seule, mais fournira une protection contre la corrosion ainsi qu'une protection contre le gel jusqu'à -15 °C (5 °F).

La qualité de l'eau utilisée dans la solution de glycol est également importante. L'eau doit répondre aux limites spécifiées dans le Tableau 2 ou les dépasser, même si vous utilisez un glycol inhibé. Les ions présents dans

l'eau peuvent provoquer la désagrégation de l'inhibiteur dans la solution, ce qui entraîne un colmatage et une corrosion.

Fluide diélectrique

Bien que l'industrie agroalimentaire préfère généralement choisir le PGW plutôt que l'EGW pour le transfert de chaleur, les secteurs de l'[électronique de puissance](#), des [lasers](#) et des [semi-conducteurs](#) ont tendance à préférer les fluides diélectriques à l'eau. Un fluide diélectrique est non conducteur et sera par conséquent préféré à l'eau pour travailler avec de l'électronique sensible. Les perfluorocarbures, tel que le fluide diélectrique de 3M [Fluorinert™](#), sont ininflammables, non explosifs et stables thermiquement sur une large plage de température de fonctionnement. Bien que l'eau déionisée soit également non conductrice, le Fluorinert™ est moins corrosif que l'eau déionisée et constitue par conséquent un meilleur choix pour certaines applications. Cependant, l'eau a une conductivité thermique d'environ 0,59 W/m°C (0,341 BTU/h ft °F), alors que le Fluorinert FC-77 a une conductivité thermique qui n'est que d'environ 0,063 W/m°C (0,036 BTU/h ft °F).⁵ Le Fluorinert est également beaucoup plus cher que l'eau déionisée.

La PAO est un hydrocarbure utilisé fréquemment dans les applications [militaires et aérospatiales](#) en raison de ses propriétés diélectriques et de sa large plage de température de fonctionnement. Par exemple, les radars de conduite de tir sur les avions de chasse actuels sont refroidis par liquide en utilisant de la PAO. Pour les essais de plaques froides et d'échangeurs de chaleur qui utiliseront la PAO comme fluide caloporteur, des refroidisseurs à recirculation compatibles PAO sont également disponibles. La PAO a une conductivité thermique de 0,14 W/m°C (0,081 BTU/h ft °F). Ainsi, bien que les fluides diélectriques offrent moins de risques pour le refroidissement liquide d'électronique, ils ont généralement une conductivité thermique bien inférieure à celle de l'eau et des solutions à base d'eau.

L'eau, l'eau déionisée, les solutions glycol/eau, les fluides diélectriques tels que les hydrocarbures fluorés et la PAO sont les fluides caloporteurs utilisés le plus couramment pour les applications de refroidissement liquide à hautes performances. Il est important de sélectionner un fluide caloporteur compatible avec votre passage de fluide, qui offre une protection contre la corrosion ou un risque de corrosion minimal, et qui corresponde aux exigences spécifiques à votre application. Avec la bonne composition chimique, votre fluide caloporteur peut fournir un refroidissement très efficace pour votre boucle de refroidissement liquide. Pour plus d'informations sur les technologies de refroidissement liquide, [contactez Lytron](#). Pour plus d'informations sur la composition chimique de l'eau ou sur la purification d'eau, consultez un ingénieur chimiste ou un spécialiste de la qualité de l'eau.

¹Mohapatra, Satish C., "An Overview of Liquid Coolants for Electronics Cooling," ElectronicsCooling, May 2006, p. 22.

²The Dow Chemical Company, "The Importance of Using Good-Quality Water in Heat Transfer Fluid Solutions," www.Dow.com, Form No.180-01396-1099QRP, October 1999.

³The Dow Chemical Company, "How to Choose the Right Heat Transfer Fluid", Process Heating, January 2008, Troy, MI, p. 52.

⁴The Dow Chemical Company, "Engineering and Operating Guide for DOWTHERM SR-1 AND DOWTHERM 4000 Inhibited Ethylene Glycol-based Heat Transfer Fluids", www.Dow.com, Form No. 180-1190-0901 AMS, September 2001, p. 6.

⁵3M, "3M Fluorinert™ Electronic Liquid FC-77", www.3M.com, 98-0212-2309-8 (HB), May 2000, p. 1.