

FLUIDES CALOPORTEURS A CHACUN SON APPLICATION

Faire circuler de la chaleur ou du froid nécessite des fluides de transport spécifiques appelés fluides caloporteurs. Quels sont ces fluides ? A quelles applications sont-ils adaptés ? Quelle est leur durée de vie ? Quel entretien des installations nécessitent-ils ? L'enquête qui suit nous donne le point de vue des spécialistes

« Fluides de transfert caloporteurs et frigoporteurs » aurait été un titre plus rigoureux pour cette enquête, mais pour des raisons de mise en page, « Fluides caloporteurs » a été retenu. Un fluide caloporteur est un fluide utilisé en transfert d'énergie dans les circuits de chauffage et de refroidissement. Pour ces derniers, on parlera plutôt de fluide frigoporteur. « Bien que les deux mots ne soient pas les mêmes, il n'y a aucune différence entre un frigoporteur et un caloporteur. Simplement, pour faire la distinction entre les utilisations vers le froid et vers le chaud, on parle de « frigoporteur » pour les basses températures et de « caloporteur » pour les hautes températures. Mais le nom générique reste un caloporteur dans l'ensemble », explique Serge François, directeur application technique chez Dehon. L'étymologie est simple : l'unité de mesure d'énergie thermique que l'on employait autrefois n'était pas le Joule mais la calorie, quantité de chaleur. Calorie a donné le mot « caloporteur », terme désignant le fluide secondaire employé pour le transport de chaleur.

Un circuit de chauffage est constitué d'une source de chaleur, telle une chaudière ou une PAC (Pompe à chaleur), qui va chauffer le fluide caloporteur. Par le biais d'une tuyauterie, celui-ci va ensuite alimenter les échangeurs de chaleur pour apporter/transférer l'énergie coté process. L'échange thermique peut se faire entre liquide/liquide ou liquide/gaz.



DR Axima Refrigeration

Industrie des boissons (brasserie et boissons gazeuses) : ensemble Ballon - Echangeur Ammoniac/Eau glycolée (fluide frigoporteur) en amont de la distribution d'eau glycolée aux divers utilisateurs.

Avec le circuit de refroidissement, le schéma reste sensiblement le même. A la différence que la source de chaleur est remplacée par un groupe frigorifique produisant le froid puisque la finalité ici est de refroidir le process. « Sur un process chimique, le frigoporteur peut circuler dans une double enveloppe de cuve pour stopper une réaction exothermique et éviter qu'elle ne devienne exponentielle. » illustre Valérie Gibert, knowledge manager chez Axima Refrigeration. Afin de mener à bien ces applications basses températures, les producteurs ajoutent dans leur fluide un additif anti-gel abaissant le point de congélation. L'industrie agroalimentaire, chimique et pétrochimique, la grande distribution, les entrepôts frigorifiques, sont les principaux secteurs d'activité concernés par ces installations frigorifiques.

Pas de frigoporteurs sans frigorigènes

La société Axima conçoit des installations dans le domaine de la réfrigération industrielle et commerciale associant à la fois fluide frigorigène et frigoporteur, car « on ne peut pas utiliser l'un sans l'autre » explique Valérie Gibert. C'est ce qu'on appelle une solution « indirecte » : le fluide frigorigène ne va pas refroidir directement les différents utilisateurs, il va rester dans un groupe frigorifique via un cycle de compression/condensation/évaporation, et c'est le frigoporteur qui va circuler à sa place dans le circuit pour distribuer le froid. Quand ce dernier revient plus chaud, il est alors ramené à la température d'utilisation par le groupe de production de froid.

L'intérêt du refroidissement indirect ? Réduire la charge en fluide frigorigène sur l'installation (NdR : ici la « charge » signifie la quantité) et la confiner en un endroit unique.

Le frigorigène confiné dans le groupe frigorifique est généralement un HFC (Hydro-Fluoro-Carbone). Celui-ci présente un GWP ou PRP (Global Warming Potentiel ou Potentiel de Réchauffement de la Planète) qui varie entre 1300 et 4000, le point de référence étant le CO₂ avec un GWP de 1. « L'intérêt d'utiliser une solution à base de frigoporteur avec une charge frigorigène réduite, c'est de diminuer l'impact environnemental en terme de réchauffement climatique. » résume Valérie Gibert.

En limitant l'usage des frigorigènes en un seul endroit du circuit spécialisé frigoriste, les risques de fuites sont plus faibles car on s'affranchira des longs réseaux de tubes contenant ce type de produit. La maintenance de l'installation frigorifique dans son ensemble s'en trouve également facilitée. « Et dans le cas d'utilisation de fluides frigoporteurs diphasiques, où la température reste constante, il faudra juste faire du maintien en froid

avec le groupe frigorifique, ce qui va réduire la consommation énergétique », souligne Valérie Gibert.

Selon elle, si dans les procédés industriels l'usage du refroidissement indirect est courant, dans la grande distribution, à contrario, on reste encore sur des solutions directes : « on n'y emploie souvent que des HFC pour alimenter les bacs à surgelés et les vitrines traicteur des supermarchés. Ils circulent et retournent sur le groupe frigorifique directement, ce qui nécessite de plus grosses quantités d'HFC par rapport à une installation avec circuit frigoporteur. » Cependant, « la tendance actuelle, dictée par un important travail de lobbying, est à la limitation des charges dans ces installations », note Serge François.

Lequel choisir ?

Un caloporteur ne se choisit pas à la légère. Le décideur doit porter une attention toute particulière aux propriétés thermo-physiques, environnementales et économiques, sans oublier la sécurité (toxicité).

Bien entendu, la première chose à prendre en compte est la plage

de température d'utilisation. A noter qu'en négatif, il faut prendre garde au « point de congélation » du fluide, c'est-à-dire la température à laquelle se forme de la glace ou des cristaux ; et qu'en positif, la température est choisie en fonction du fluide. Selon Alain Wilhelm, responsable assistance technique chez Arkema, « lors de la fabrication de la chaudière, le constructeur doit connaître le fluide (capacité calorifique, densité etc.) pour la dimensionner à l'aide d'un logiciel de simulation qui calcule les pertes de charges. En prenant en compte la puissance de la chaudière, le circuit et la taille des échangeurs de chaleur sont spécialement adaptés afin d'arriver à la température souhaitée. »

Une règle d'or : « Plus la viscosité est basse, meilleur sera l'échange thermique », indique Alain Wilhelm. Par ailleurs, plus un caloporteur est visqueux, plus il faut de force pour le faire circuler. Or cette force est emmenée par la pompe. Donc La consommation énergétique augmente et le coût aussi. En résumé, « privilégiez le fluide le moins visqueux possible » conseillent en chœur les experts. Toutefois, le paramètre viscosité varie selon la température d'utilisa-



Laiterie - France : silos de stockage d'eau glacée, en amont de la distribution aux utilisateurs

tion. « Quand on travaille vers le chaud ce n'est pas un problème car les viscosités des produits restent relativement correctes. En revanche, quand on travaille vers le froid, les caloporteurs, comme par exemple les glycols, ont des viscosités qui augmentent énormément en basses températures. » précise Serge François.

Certains caloporteurs contiennent des additifs contre la corrosion, un plus. « Prenons par exemple un circuit de chauffage où circule de l'eau. Si vous avez différents métaux, à un moment donné vous pouvez avoir des courants statiques qui passent au niveau de ces différents métaux. Des couples se créent engendrant des courants électriques et vous corrodez ainsi la matière, par hydrolyse. Après il y a également la corrosion due à la présence d'oxygène. Toute cette corrosion due soit aux courants, soit à l'oxygène forme de la rouille qui risque de percer les tuyauteries » explique Serge François, « afin d'y remédier, nous avons des additifs secrets : les inhibiteurs de corrosion. C'est une soupe propre à chaque fabricant de caloporteur. Certes les bases sont pratiquement toutes connues, mais se sont les proportions qui varient ». Il en existe deux types. L'inhibiteur qui se dépose en couche sur les tuyauteries pour les protéger contre les oxydations et les agressions. Et l'inhibiteur de corrosion dit « intelligent ». Dès que celui-ci localise une oxydation ou une différence de potentiel, il va boucher la partie oxydée ou la partie attaquée et ne déposer que la quantité de produit nécessaire à la résolution du problème. « Parce que les inhibiteurs de corrosion permettent de protéger efficacement le circuit, certains utilisateurs mettent des caloporteurs même si ils en ont pas besoin, rien que pour protéger les tuyauteries contre les corrosions. » souligne Serge François.

Enfin, dans le cas d'une utilisation dans les process du secteur de l'agroalimentaire, bien faire attention au caractère dit



Refroidisseur du caloporteur

« alimentaire » ou « non-alimentaire ». L'Alcali, par exemple, devient plus ou moins toxique selon les concentrations. Quand au CO₂ utilisé en diphasique, s'assurer d'avoir une bonne maîtrise de la pression de fonctionnement.

Panorama des fluides

« Il y en existe une myriade ! » prévient Serge François. Dow Chemical, Grande Paroisse, 3M, Arkema, Tyfrop Chemie,

Hydro Chemicals et Clariant sont quelques-uns des grands chimistes fabricants de fluides frigo et caloporteurs. En ce qui concerne les distributeurs, on en compte peu en France (Univar, Dehon...). Pour mieux les repérer, faisons un petit tour des grandes familles de caloporteurs.

Les produits dits banals : tout ce qui est disponible naturellement. A savoir l'eau, le CO₂ (-55°C/-10°C), l'éthanol et le méthanol. « L'eau est magnifique



Pompe du réseau caloporteur sur une installation industrielle

comme fluide : faible viscosité, pH neutre, utilisation alimentaire. Une solution miracle, mais qui ne peut être utilisée en négatif. » indique Valérie Gibert. L'eau est utilisée dans une plage de 0 à 50°C. Le CO₂, quand à lui, est non toxique et non inflammable. Il présente de belles propriétés thermodynamiques et physiques. Sa grande particularité : il offre la possibilité de travailler en diphasique. C'est-à-dire que le CO₂ est transporté sous forme liquide (à une pression de 20 à 25 bars) mais, lors du refroidissement de l'application, il peut retourner sous forme gazeuse. L'éthanol et le méthanol présentent des risques puisqu'en tant qu'alcools ils sont inflammables.

Les glycols : le mono-éthylène-glycol et le mono-propylène-glycol. Le premier est toxique. Le second pas et convient aux échanges en agroalimentaire. Avec lui, « à basse température on peut descendre à -30°C, avec cependant des viscosités importantes. » note Serge François.

Les solutions aqueuses :

- Les saumures de sels minéraux (carbonate de potassium, chlorure de calcium...). Ils permettent d'atteindre des températures négatives, en fonction de la concentration, de -37°C à -50°C. Cependant, le chlorure de calcium a tendance à être délaissé car trop agressif.

- Les formiate et acétate de potassium. Le formiate de potassium a des caractéristiques techniques physiques meilleures que l'acétate de potassium mais il est plus agressif. « En mélangeant les deux, on aboutit à un produit pas trop agressif contenant des inhibiteurs de corrosion intelligents. Les sels sont des composants agressifs et dégradent les tuyauteries en présence d'oxygène et surtout dans le cas de fuite sur les peintures et l'acier galvanisé. » explique Serge François.

- L'Alcali, un mélange ammoniac/eau fabriqué en sous-produit par les usines Grande Paroisse, spécialiste des engrais. Ce fluide peut descendre à -45°C dans

Chauffage et rafraîchissement géothermique

Chauffé par les énergies contenues dans l'air, l'eau de pluie et les rayons de soleil, le sol entourant une maison emmagasine de l'énergie thermique sous forme de calories. France Géothermie propose de la capter par le biais d'une pompe à chaleur (PAC), c'est le principe de la géothermie. La société conçoit des cir-

cuits combinant fluides frigorigènes et caloporteurs (eau glycolée, eau seule) afin de chauffer une habitation, une piscine, de l'eau sanitaire etc. mais également de refroidir en inversant le sens du fluide dans le circuit, absorbant de la sorte les calories de la maison pour les évacuer à l'extérieur.

la limite de concentration autorisée, soit 25% selon la réglementation française. Par contre, « si l'on dépasse cette concentration l'installation devient classée pour la protection de l'environnement. L'industriel doit alors faire une demande d'autorisation auprès de la préfecture. Une formalité qui complique un peu son utilisation. » explique Valérie Gibert. Autre inconvénient de ce mélange : il est assez agressif et nécessite en fonction de sa température d'utilisation un circuit en inox.

Les fluides élaborés :

- Les Dowtherm, fabriqués par Dow Chemical et distribués par Univar en France, ont une très grande plage d'utilisation, autorisant à la fois l'application frigo et caloporteur : -10°C/300°C, -35°C/330°C et -80°C/315°C.
- Avec les Tyfoxit, la « cuisine » des chi-

mistes consiste à mettre les bons additifs en bonne quantité pour avoir une homogénéité du produit et pouvoir baisser son point de congélation tout en gardant une viscosité la plus faible possible. L'équilibre « sel + additif » permet d'arriver au meilleur compromis. L'objectif est d'avoir un fluide qui peut être utilisé de -10°C à -60°C en fonction de la concentration de sel organique et d'additifs. Le bémol reste leur agressivité. Il faut toujours vérifier la compatibilité avec les matériaux du circuit sinon gare à la corrosion.

- Un caloporteur à base de betterave ? Ça existe ! Commercialisé sous le nom de « Thermera » par Dehon qui en détient le brevet, ce produit élaboré à partir de la bêtaine est entièrement biodégradable, non toxique et non corrosif. « C'est une solution chère

« Thermera », un caloporteur biodégradable fabriqué à partir de la betterave



DR Dehon

mais intéressante pour son côté environnemental. On l'utilise plutôt en basses températures jusqu'à -30°C environ » détaille Serge François.

Les fluides de synthèse : « C'est le haut de gamme, ils sont plus chers », précise Alain Wilhelm dont la société, Arkema, commercialise « Jarytherm », une gamme regroupant trois fluides thermiques de synthèse. Le Jarytherm « DBT » ($300^{\circ}\text{C}/350^{\circ}\text{C}$) sert pour des applications sous pression atmosphérique en hautes températures, il circule notamment dans les chaudières à serpentin. Le Jarytherm « BT06 » convient aux procédés exigeant des installations associant cycles de chauffage et de refroidissement. Sa plage de $-40^{\circ}\text{C}/280^{\circ}\text{C}$ sans pression peut monter à 350°C sous pression, « idéal pour les applications de chimie fine avec des réacteurs multi-produits, où l'on effectue plusieurs réactions dans le même réacteur » souligne Alain Wilhelm. Le Jarytherm « AX320 », comme il bout à 320°C , ce bas de gamme est plutôt utilisé vers les 300°C . « Même si la gamme Jarytherm peut être utilisée à des températures négatives, elle se révèle plus adaptée au chauffage, en particulier si la réaction est de l'ordre des 300°C . Il est préférable de choisir d'autres fluides pour le refroidissement. » conseille Alain Wilhelm. Ces trois fluides de synthèse sont des huiles. Ils ne posent donc pas de problème de corrosion, sont peu réactifs avec le métal puisque l'eau y est absente, et peu visqueux. Certes inflammables, ils ne sont pas classés dangereux pour l'environnement et exigent d'installer des bacs de rétention en cas de fuites. Les fluides de synthèse s'avèrent pratiques pour les contrôles d'échantillon car, initialement, leur composition est bien définie. On peut donc observer l'évolution du produit à travers ses réactions de dégradations...

On pourrait citer encore d'autres fluides tels que les silicones, longue est la liste. Le livre « FrigopORTEURS », édité par



DR Arkema

« Jarytherm », la gamme de fluides thermiques de synthèse d'Arkema

l'AFF (Association Française du Froid), énumère tous les fluides frigo et caloporteur disponibles sur le marché.

La maintenance du circuit

Que l'on ait affaire à un circuit de chauffage ou de refroidissement, les conseils de base en matière de maintenance restent les mêmes. Vérifier l'étanchéité du réseau, ne pas utiliser différents types de métaux pour la tuyauterie, ne pas laisser le circuit ouvert plusieurs jours en contact avec l'air, sans aucun fluide circulant, sous peine d'oxydation....

« Avec le temps, des impuretés risquent de former de la mousse, de la

rouille ou de la boue. De plus, le caloporteur peut perdre de son efficacité et ses caractéristiques peuvent être amenées à changer. Il faut donc surveiller l'installation, faire périodiquement des prises d'échantillons, au moins une fois par an », prévient Serge François, « Notre Kit APC (Analyse Périodique du Caloporteur) permet justement de réaliser cela. Les résultats collectés sont interprétés par notre laboratoire ». L'analyse du prélèvement porte sur la couleur, la concentration, le pH et la viscosité que l'on compare avec le produit neuf. « Si on y trouve des particules insolubles comme des produits carbonés ou de la ferraille, il faudra alors faire une filtration », explique Alain

Guide des frigopORTEURS

« FrigopORTEURS, guide technique pour le refroidissement indirect » est la bible de la profession. Publié en 2005 par l'AFF, Association Française du Froid, il donne tous les éléments techniques nécessaires à la réalisation des circuits frigopORTEURS.

Il est livré avec un CD-ROM qui présente l'ensemble des fluides disponibles sur le marché, un tableau d'aide au choix, et les textes réglementaires tant français qu'euroPÉENS. Plus d'infos sur www.aff.asso.fr

Wilhelm. « On contrôlera également l'indice d'acide afin de vérifier si le fluide n'est pas oxydé ; si tel était le cas cela voudrait dire qu'il a été en contact avec l'air. On peut aussi réaliser des chromatographies afin de vérifier la composition chimique et il arrive d'effectuer des distillations du produit en laboratoire. Enfin, pour des questions de sécurité, on vérifie le point d'éclair, car en cas de fuite cela peut provoquer une inflammation. » poursuit-il. Le point d'éclair étant la température la plus basse vers laquelle les vapeurs d'un liquide mélangé avec l'air ambiant peut s'enflammer sous l'effet d'une flamme pilote.

Plusieurs instruments indiquent à tout instant l'état du réseau. A commencer par les sondes de température installées en amont et en aval de l'utilisateur, ainsi que les filtres dont la mission consiste à assurer la propreté du circuit en les changeant dès qu'ils sont colmatés. « Une tuyauterie qui n'a pas été bien nettoyée va nuire aux performances du fluide et de l'installation si il y a des particules d'acier dues au réseau de tuyauteries. » rappelle Valérie Gibert. Chez Dehon, un réfractomètre mesure sur site le point de congélation d'un caloporteur à base de glycol, tandis qu'un densimètre mesure la masse volumique du liquide en vue de déterminer son point de congélation.

Si tous ces contrôles et analyses révélaient

un souci quelconque, par exemple un problème de pH, de fuite ou de température, il serait tout à fait possible de faire des appoints en fluide caloporteur. Mais attention ! « Celui-ci doit être le même produit, à la même concentration, et doit provenir du même fournisseur. » met en garde Valérie Gibert, « Il ne faut surtout pas faire les mélanges soi-même. A part l'eau, les produits ne sont pas purs, il y a toujours des additifs dont il faut impérativement respecter les concentrations initiales. »

Lorsque le caloporteur est usagé, les appoints ne suffisent plus. Il faut le changer. Cependant, « on attend pas qu'il soit complètement dégradé », prévient Alain Wilhelm. L'opération de renouvellement du fluide se déroule en plusieurs étapes : d'abord vider l'installation à tous les points bas ; puis la nettoyer avec un produit de rinçage approprié, lequel circule plusieurs heures. Vider encore une fois pour évacuer l'eau de rinçage chargée de rouille et de boues. Cette opération est répétée autant de fois qu'il le faut jusqu'à obtenir une eau de rinçage propre. On pourra ensuite verser le nouveau caloporteur dans le circuit.

Les fluides usagés sont stockés dans des fûts et renvoyés au distributeur. Celui-ci doit s'assurer de la reprise, du traitement et de l'élimination des caloporteurs. Dans la majorité des cas, ils seront incinérés.

La durée de vie des caloporteurs est variable, entre 10 et 20 ans en moyenne. Selon Alain Wilhelm, « plus la température d'utilisation est élevée, moins la durée de vie est importante ». La gamme Jarytherm d'Arkema, utilisée pour les hautes températures, illustre parfaitement ce phénomène. A 300°C, ces fluides sont quasiment éternel, à 320°C on leur prédit 10 ans de vie, à 350°C on ne leur accorde plus que quelques années d'existence. La raison ? « Si on monte de 10°C, on multiplie par 2 les réactions de dégradation », conclut Alain Wilhelm.

FRIGOPORTEURS

GUIDE TECHNIQUE
POUR LE REFROIDISSEMENT INDIRECT
(avec un CD-ROM)
sous la direction de Maxime DUMINIL

Arkema



Olivier Roussard

JUMO
ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

- Mesure de pH et du potentiel redox
- Conductivité par conduction
- Conductivité inductive
- Mesure de l'oxygène dissous
- Mesure du chlore libre et dioxyde de chlore
- Mesure du peroxyde
- Mesure de l'ozone
- Régulateurs, convertisseurs dédiés aux analyses physico-chimiques
- Annuaire

Analyses Physico-chimiques

Mesure de pression

Indicateurs, enregistreurs, convertisseurs de mesure

Régulateurs, programmeurs et supervision

Capteurs de température et d'hygrométrie

Thermomètres à radian et thermostats

Nombreuses versions d'appareils ATEX

7 rue des Drapiers
57075 METZ CEDEX 3
Tél 03 87 37 53 67
Fax 03 87 37 80 02
Mail : commercial@jumo.net
Site : www.jumo.fr