

ANNEXE 6. – Antigels et liquides de refroidissement

La majorité des véhicules automobiles est équipée de moteurs refroidis par la circulation d'un fluide appelé liquide de refroidissement.

Les liquides de refroidissement modernes, trop souvent considérés comme de simples antigels, par référence à leur fonction historique « anticongelante » en période hivernale, sont en fait des produits complexes qui nécessitent de nombreux moyens d'évaluation en laboratoire pour leur mise au point.

Dans la suite de ce document, les définitions suivantes seront adoptées :

- **antigel** : produit concentré destiné à la préparation des liquides de refroidissement par mélange avec de l'eau ;
- **liquide de refroidissement** : produit dilué prêt à l'emploi destiné à garnir les circuits de refroidissement des moteurs.

1. Constitution des liquides de refroidissement

La constitution des liquides de refroidissement a suivi l'évolution des techniques. Historiquement à base d'eau, puis d'un mélange eau-glycol, les liquides de refroidissement maintenant utilisés sur véhicules sont composés de trois types de produits :

- de l'eau (50 à 70 %) ;
- de glycols (30 à 50 %) ;
- d'additifs (quelques %).

1.1. Eau

L'eau présente l'avantage d'avoir le pouvoir réfrigérant le plus élevé, mais elle présente un certain nombre d'inconvénients :

- elle se solidifie à 0 °C avec une augmentation de volume d'environ 9 % ;
- elle favorise la corrosion (phénomènes électrochimiques entre les métaux) et ce d'autant plus qu'elle contient des impuretés ; les chlorures, par exemple, ont des effets catastrophiques vis-à-vis de l'aluminium ;
- elle peut contenir des sels minéraux (calcium, magnésium, etc.) qui favorisent la corrosion et la formation de dépôts et de produits insolubles.

La qualité de l'eau utilisée pour la formulation d'un liquide de refroidissement est donc fondamentale ; il est vivement recommandé d'utiliser de l'eau déminéralisée.

1.2. Glycols

Afin d'abaisser le point de congélation de l'eau, il est nécessaire d'ajouter des produits solubles en milieux aqueux, ce qui a toutefois pour effet de dégrader les propriétés de transfert de chaleur.

Comme pour l'eau, la pureté des glycols est également un facteur indispensable à l'élaboration d'un liquide de refroidissement de qualité.

1.2.1. Monoéthylène glycol (MEG)

Encore appelé éthylène glycol ou glycol technique, il est actuellement le produit le plus utilisé à des teneurs de 30 à 50 %, ce qui permet son emploi aux températures comprises entre -15 et -35 °C. Il présente l'inconvénient d'être toxique par ingestion, mais il a l'avantage d'être facilement biodégradable.

1.2.2. Monopropylène glycol (MPG)

Appelé aussi propylène glycol, c'est un substitut du monoéthylène glycol. Il présente l'avantage d'être moins toxique mais il est nettement moins biodégradable ; son prix – comme celui du monoéthylène glycol – est étroitement lié à la conjoncture économique sur les produits pétroliers et il est parfois compétitif vis-à-vis de celui du monoéthylène glycol.

1.3. Additifs

De nos jours, un liquide de refroidissement contient de nombreux inhibiteurs, ce qui implique un travail de formulation complexe.

Les grandes familles de produits sont en constante évolution. Les plus couramment utilisées sont :

- Phosphates/amines : ce type de formulation est largement répandu sur le marché français. L'inconvénient majeur de cette formulation est de précipiter en présence d'eau dure. Pour des raisons d'environnement, ce type de produits est amené à disparaître, ce qui est déjà le cas en Allemagne ;
- Nitrites/benzoates/silicates : ces produits étaient très répandus en France et en Allemagne. Ils présentent une bonne stabilité à l'eau dure, mais se dégradent facilement à haute température. L'évolution des moteurs les condamne à terme ;
- Phosphates alcalins : cette formule a l'avantage de posséder un tampon alcalin qui inhibe les produits acides corrosifs ;
- Sels d'acides carboxyliques : ces produits d'avenir font une percée remarquable sur le marché en raison de leur innocuité vis-à-vis de l'environnement comme des utilisateurs. Les sels d'acides carboxyliques ont l'avantage de posséder une très bonne stabilité thermique et d'agir catalytiquement sur la corrosion, donc de conserver leurs propriétés anticorrosives dans le temps.

A ces produits principaux sont rajoutés un certain nombre d'additifs complémentaires : des antiacide, des antimousse, des colorants bleus ou roses selon le degré de protection visé et pour éviter les erreurs lors des manipulations, et enfin un amersissant destiné à masquer le goût sucré des liquides de refroidissement, connus pour leur toxicité (MEG), et pour prévenir les risques accidentels d'ingestion.

2. Propriétés physiques

2.1. Degré de protection contre le gel

La protection contre le gel étant liée directement à la teneur en glycol du liquide de refroidissement, il est nécessaire de connaître celle-ci grâce à la mesure de la masse volumique ; en effet, la différence de masse volumique de l'ordre de 0,14 kg/dm³ qui existe entre le monoéthylène glycol et l'eau, permet un dosage très facile de la teneur en glycol dans l'eau par simple mesure à l'aide d'un densimètre (aréomètre).

2.2. Point eutectique

Le diagramme d'équilibre indiqué à la figure 3 correspond au tracé des points de congélation en fonction de la teneur en monoéthylène glycol du mélange ; il montre l'existence d'un point particulier dit point eutectique pour lequel le point de congélation du mélange est le plus bas. Au-delà de 60 % de monoéthylène glycol, tout ajout supplémentaire de ce composé a pour effet de remonter le point de congélation.

2.3. Point d'ébullition

Les glycols ayant des températures d'ébullition supérieures à 150 °C, celles des liquides de refroidissement sont comprises entre 100 °C et 120 °C à la pression atmosphérique. Cette caractéristique peut être mise à profit pour limiter les pertes par évaporation de l'eau :

- dans les pays chauds, où les pertes par évaporation sont importantes, l'emploi de liquides de refroidissement est vivement recommandé malgré le moindre pouvoir réfrigérant d'un tel liquide ;
- en altitude, où la pression atmosphérique est plus faible, l'emploi des liquides de refroidissement permet de compenser l'abaissement de la température d'ébullition de l'eau.

Actuellement, les circuits de refroidissement sont pressurisés, ce qui permet encore un gain de quelques degrés.

2.4. Conductibilité thermique

La conductibilité thermique de l'eau étant sensiblement le double de celle des glycols, il convient, pour un degré de protection contre le gel déterminé, de ne pas utiliser le liquide de refroidissement contenant plus de glycols que nécessaire.

Le tableau 17 compare les conductibilités thermiques et les capacités thermiques massiques de l'eau pure, du monoéthylène glycol pur et d'un mélange aqueux contenant 40 % de monoéthylène glycol.

3. Classifications

Actuellement, il n'existe aucune norme au niveau international définissant les antigels et les liquides de refroidissement, bien que le rapport d'information SAE J 814 de juillet 1988 fournisse des indications générales sur les liquides de refroidissement pour moteurs ; que la recommandation SAE J 1034 d'avril 1991 donne les caractéristiques physico-chimiques et les caractéristiques de performances limites admissibles pour les fluides de refroidissement concentrés à base de monoéthylène glycol compatibles avec l'aluminium pour les véhicules automobiles de tourisme et utilitaires légers, tandis que la recommandation SAE J 1941 d'avril 1990 donne les caractéristiques minimales d'un concentré à base de monoéthylène glycol renfermant une faible teneur en silicate destiné aux véhicules industriels.

TABLEAU 17. – Propriétés de transfert thermique de fluides de refroidissement

Température en °C.....	CONDUCTIBILITÉ thermique W/m.K		CAPACITÉ THERMIQUE massique J/kg.K	
	50	100	50	100
Eau pure.....	0,63	0,68	4 184	4 220
Monoéthylène glycol pur.....	0,35	0,31	2 510	2 761
Mélange contenant 40 % de monoéthylène glycol..	0,46	-	3 640	3 849

En France, depuis juin 1991, la norme AFNOR NF R. 15-601 définit une qualité minimale d'antigel :

- type 1, « liquide concentré »,
et deux qualités minimales de liquides de refroidissement :
- type 2, « liquide dilué ayant une température de congélation de - 18 °C ;
- type 3, « liquide dilué ayant une température de congélation de - 35 °C.

Les travaux se poursuivent en France au sein du Bureau de normalisation de l'automobile (BNA), comité en relation avec le Groupement français de coordination (GFC) chargé d'élaborer les méthodes d'essais. Ces travaux devraient être repris, au niveau européen, par le CEC. De nombreux essais sont en cours de développement afin d'améliorer les fluides répondant à la norme dont les constructeurs automobiles considèrent qu'ils ne correspondent pas à leurs exigences ; il est prévu que l'AFNOR fasse évoluer cette norme en conséquence.

*
* *

Un livre intitulé « Lubrifiants et fluides pour l'automobile » – l'un des rares rédigés en langue française – traitant en plus amples détails les informations fournies dans les annexes techniques de ce guide, a été publié au début de l'année 1998 par les éditions Technip, 27, rue Ginoux, 75737 Paris Cedex 15, tél. : 01-45-78-33-80, télécopie : 01-45-75-37-11. Il a été rédigé par certains des membres de l'équipe de rédaction du comité F du GPEM/CP et préfacé par le Secrétaire général de la Commission centrale des marchés.

