

ANNEXE 5. – Liquides de freins

Les freins hydrauliques sont basés sur le principe du transfert de pression par l'intermédiaire d'un liquide. Une partie de l'énergie thermique dissipée par le freinage étant transmise au liquide, sa température peut atteindre son point de vaporisation. Des poches de vapeur se forment alors dans le circuit et rendent le fluide compressible d'où une transmission différée et affaiblie de l'effort de freinage qui devient insuffisant pour ralentir ou arrêter le véhicule. Ce phénomène est appelé tampon de vapeur (vapor-lock). Le point d'ébullition du fluide a donc une importance capitale.

1. Composition des liquides de freins

Jusqu'à présent, il existait trois types de liquides de freins incompatibles entre eux :

- les liquides minéraux d'origine pétrolière ;
- les liquides synthétiques à base de polyalkylène glycols ;
- les liquides synthétiques à base de silicones.

Récemment, un quatrième type de liquide synthétique à base d'esters boriques compatible avec les liquides synthétiques à base de polyalkylène glycols a été développé.

Historiquement, les liquides minéraux ont été petit à petit supplantés par les liquides de freins synthétiques à base de polyalkylène glycols. Puis des liquides à base de silicones ont été mis en service aux USA mais ils n'ont pas remplacé les liquides à base de polyalkylène glycols qui restent les plus utilisés.

Les liquides synthétiques à base de polyalkylène glycols sont formulés à partir de quatre constituants :

1.1. *Lubrifiant*

Certains véhicules sont équipés d'embrayages à commande hydraulique qui utilisent le liquide de freins comme liquide d'embrayage. Le pouvoir lubrifiant est alors primordial. Le lubrifiant doit être un composé peu volatil à haute masse moléculaire de type polyalkylène glycol.

Ces produits possèdent un bon pouvoir lubrifiant, une faible variation de leur viscosité en fonction de la température, une bonne résistance à l'oxydation, un bas point de congélation et une faible volatilité.

1.2. *Solvant diluant*

Le solvant diluant a pour fonction de :

- conférer au liquide une viscosité suffisamment faible à basse température ;
- dissoudre tous les composants et les maintenir en une seule phase liquide quelle que soit la température ;
- avoir un pouvoir solvant tel que le liquide de freins soit compatible et miscible avec d'autres liquides synthétiques du même type.

Actuellement, les éthers de polyalkylène glycols sont les solvants diluants les plus utilisés ; ils constituent habituellement la majeure partie du liquide de freins (60 à 90 %). Par conséquent, ils déterminent, dans une large mesure, les propriétés de la formulation complète. Les caractéristiques recherchées sont :

- un haut point d'ébullition ;
- un bas point de congélation ;
- une viscosité faible ;
- un indice de viscosité élevé.

1.3. *Solvant de couplage*

Les produits utilisés comme solvants diluants pouvant provoquer un gonflement excessif des élastomères, il faut ajouter un solvant de couplage pour pallier cet inconvénient. Les mono, di et trialkylène glycols sont utilisés à cet effet.

Ils facilitent la mise en solution des inhibiteurs et ont un comportement de solvant vis-à-vis du lubrifiant et surtout améliorent le comportement en présence d'eau de la formulation grâce à leurs propriétés hydrophiles.

1.4. *Système d'inhibiteurs*

Le système d'inhibiteurs (2 à 4 %) a pour but d'empêcher les phénomènes de corrosion des surfaces et d'oxydation du liquide de freins.

Les inhibiteurs de corrosion, pour un fluide donné, doivent être parfaitement compatibles avec d'autres liquides de synthèse de même type pouvant avoir un système d'inhibiteurs différent et protéger tous les métaux utilisés dans le circuit hydraulique.

Les inhibiteurs d'oxydation doivent prévenir la formation de gommages qui gêneraient le mouvement des pistons dans les cylindres de roues et dans le maître-cylindre.

2. **Classifications**

2.1. *Historique*

Dès 1942, les premières normes furent établies par l'armée américaine, puis par la SAE (sous la référence SAE J1703) reprise ultérieurement par l'ISO sous la référence ISO 4925. En 1996, la dernière norme SAE en vigueur était codifiée SAE J1703 JAN95.

Depuis le 1^{er} mars 1972, une norme fédérale est entrée en application aux Etats-Unis. Celle-ci appelée « *Federal Motor Vehicle Safety Standard 116 (FMVSS)* » est publiée sous la responsabilité du « *Department of Transportation* » (DOT). Elle autorise actuellement l'emploi de quatre qualités de liquide synthétique pour freins : DOT 3, DOT 4, DOT 5 et tout récemment DOT 5.1.

Les produits définis par les normes SAE, DOT 3, DOT 4 et DOT 5.1 sont compatibles entre eux ; par contre, les produits répondant à la norme DOT 5 ne sont pas miscibles avec les précédents et doivent satisfaire des exigences spécifiques.

2.2. *Normes DOT en vigueur*

Norme DOT 3 :

D'une façon générale, la norme DOT 3 a été conçue pour les liquides synthétiques conventionnels, à base d'éthers de polyalkylène glycols. A quelques détails près les normes SAE J1703 et ISO 4925 correspondent à la norme DOT 3.

Norme DOT 4 :

Les liquides conformes à la norme DOT 4 ne peuvent plus être formulés uniquement à partir des composants conventionnels, mais doivent cependant être compatibles et complètement miscibles avec ceux-ci.

La norme DOT 4 encourage le développement de liquides de freins dont les performances sont moins affectées par la présence éventuelle d'eau. Ce type de liquide offre donc une marge de sécurité supplémentaire contre la tendance à la formation du tampon de vapeur.

Des fluides dits « Super DOT-4 », intermédiaires entre ceux répondant aux exigences des normes DOT 4 et DOT 5.1, ne font pas l'objet d'une norme DOT, mais ils sont néanmoins cités dans le rapport d'information SAE J1709. En Europe, certains constructeurs de véhicules de haut de gamme les recommandent. Ils sont formulés à partir de mélanges d'éthers de (poly)glycols et d'esters boriques, leurs points d'ébullition secs et humides atteignent et même dépassent les exigences des spécifications DOT 5 et DOT 5.1.

Norme DOT 5 :

Cette norme de performance a été conçue pour spécifier les liquides de frein formulés à base de silicones qui permettent d'atteindre des valeurs des points d'ébullition sec et humide supérieures aux valeurs de la norme DOT 4. Pour différencier les produits, ceux-ci sont colorés en pourpre.

Norme DOT 5.1 :

Récemment, de nouveaux liquides de freins ont été formulés à base d'esters boriques dans des proportions qui varient de 15 à 95 %. Ces formules permettent d'atteindre les exigences de la norme DOT 5 tout en étant compatibles avec les produits DOT 3 et DOT 4. Il a donc été décidé de créer la norme DOT 5.1 à laquelle répondent notamment les liquides de freins utilisés par l'armée française sur tous ses véhicules (spécification DCSEA 402/A, code OTAN H-542).

2.3. Point d'ébullition humide

Les normes en vigueur exigent une valeur minimale du « point d'ébullition humide ». Cette caractéristique permet d'apprécier le degré d'hygroscopicité du liquide et son influence néfaste sur le point d'ébullition. Les liquides synthétiques pour freins ont tendance à absorber l'humidité de l'air, par diffusion au travers des flexibles et par les événements du réservoir, ce qui accentue le risque de formation de tampon de vapeur. Ces valeurs minimales complètent les valeurs du point d'ébullition « sec » pour définir les diverses qualités de liquides de freins (tableau 16).

TABEAU 16. – Valeurs minimales des points d'ébullition des liquides de freins

NORMES POINTS d'ébullition	SAE J 1703 JUN 91	DOT 3	DOT 4	DOT 5 et 5.1
Sec (°C)	205	205	230	260
Humide (°C)	140	140	155	180

3. Précautions d'emploi

3.1. Vieillessement

Le point d'ébullition du liquide chute progressivement au cours du temps en fonction de l'absorption d'humidité, ce qui accroît le risque de formation de tampon de vapeur. De plus, certains inhibiteurs peuvent se dégrader à l'usage.

Pour des raisons de sécurité, il est donc conseillé de changer le liquide de freins, conformément aux préconisations du constructeur (par exemple tous les 2 ou 3 ans pour les constructeurs français).

3.2. *Compatibilité miscibilité*

Tous les liquides synthétiques pour freins conformes à l'une des normes SAE J1703 (ISO 4925), DOT 3, DOT 4, DOT 5.1 sont compatibles entre eux car ces normes ont en commun un même test de compatibilité.

Par ailleurs, les liquides synthétiques pour freins ne sont pas miscibles avec les liquides minéraux de type LHM préconisés Citroën pour ses véhicules à suspension oléo-pneumatique ; en outre, l'inversion de ces types de produits conduit à une dégradation irréversible des joints du circuit.

Comme indiqué précédemment, les liquides à base de silicones DOT 5 ne sont pas miscibles avec tous les précédents.

3.3. *Couleur*

Les liquides synthétiques pour freins distribués dans le commerce sont incolores ou de couleur jaune pâle pour les fluides à base de polyalkylène glycols, alors qu'ils sont colorés en pourpre pour les fluides silicones, en vert pour les liquides hydrauliques minéraux (LHM de Citroën) et en rouge pour les ATF ; cela afin d'éviter les erreurs.

3.4. *Stockage*

Un liquide synthétique de freins, pour rester conforme à ses spécifications, doit être conservé dans son emballage d'origine hermétiquement clos. **Il est déconseillé de conserver trop longtemps un bidon entamé qui risque d'absorber de l'eau (maximum 1 an).**