

En général, lors de l'élaboration de pièces de compétition, il existe un fossé entre les constructeurs, et les amateurs et professionnels du sport auto.

Si on prend le cas du liquide de frein, bien que sa composition semble assez simple, ses propriétés physiques et chimiques peuvent rapidement désarmer les ingénieurs de courses. A tel point, que l'interprétation des données techniques est souvent erronée.

Au final il n'est pas rare de voir des ingénieurs choisir «ce que les plus rapides» utilisent.

Point d'ébullition sec, point d'ébullition humide, compressibilité, hygroscopie, DOT 3, DOT 4, DOT5 et 5.1. Qu'est-ce que ça signifie ?

Cet article va vous permettre comprendre les spécificités utiles à connaître pour un liquide de frein. Ainsi, vous comprendrez comment les « Pros » choisissent leur liquide de frein.

## Caractéristiques d'un liquide de frein

Pour commencer, il faut savoir que le ministère américain des transports (DOT) a établi une liste de critères techniques spécifiques au liquide de frein.

Les caractéristiques ont ensuite été classées par la Society of Automotive Engineers ou «SAE».

Pour information, c'est le même organisme qui a cartographié la viscosité des huiles moteurs il y a des décennies.

Il faut noter que le ministère américain des Transport (DOT), ne contrôle pas les caractéristiques d'un liquide de frein.

Il se contente de publier les résultats fournis par les fabricants. C'est le fabricant qui est seul responsable des données techniques fournies.

Ce sont des laboratoires indépendants qui sont chargés d'effectuer les analyses du produit et qui valident la mention «atteint ou dépasse» les normes imposées par le DOT.

Ce sont ces résultats qui vont permettre à un technicien de choisir le fluide adapté à son véhicule.

### **Il existe 4 normes DOT pour les liquides de frein.**

Les DOT3, DOT4 et DOT5.1 sont des fluides synthétiques à base de Polyalkylèneglycol. Ils sont en général de couleur ambre et ont l'avantage d'être miscibles entre eux. Ils ne sont pas corrosifs pour les joints caoutchouc des étriers et des cylindres de frein.

Contrairement aux autres, le DOT5 est fabriqué à base de silicone. Il est hydrophobe et donc moins sensible au vieillissement.

Cette différence entre le DOT5 et les autres fluides explique pourquoi il ne doit jamais être mélangé à un autre liquide de frein autre que du DOT5.

## Comprendre les caractéristiques d'un liquide de frein.

### Point d'ébullition sec :

Pour tous les fluides DOT, il correspond à la température où le liquide commence à bouillir lorsqu'il est testé dans les conditions décrites par la norme DOT.

Pour les plus technophiles on parlera d'équilibre au reflux d'ébullition (ERBP). Cela signifie que le liquide est testé immédiatement à la sortie de la bouteille sans aucune contamination extérieure par d'autres fluides ou par l'humidité.

### Point d'ébullition humide :

C'est à peu près le même type de test que celui qui mesure le point d'ébullition sec, à la différence, que le liquide de frein a eu le temps d'absorber l'humidité de son environnement.

On parlera cette fois d'équilibre au reflux d'ébullition humide (wet ERBP). Cela signifie que le fluide testé peut, ou ne pas avoir, la même teneur en humidité que le fluide de référence (3.7%).

La teneur en humidité réelle dépend entièrement de ses propriétés chimiques et de son mode de fabrication.

En ce qui concerne le test DOT (ou SAE), un liquide de frein DOT3 typique, peut contenir de 3,0 à 3,5% d'humidité, tandis qu'un DOT4 contiendra de 4% à 4,5% d'humidité.

Cela veut dire que qu'un liquide de frein DOT4 aura tendance à absorber plus d'humidité qu'un liquide DOT3

**REMARQUE :** Le point d'ébullition humide sera toujours plus bas que le point d'ébullition sec. Dans les faits, le meilleur moyen de préparer une voiture pour la course est d'effectuer la vidange du liquide de frein avant une épreuve.

**REMARQUE :** Il est possible, d'utiliser un liquide de frein Super DOT4 où la teneur en humidité testée est plus proche de celle du DOT3. Il aura une plus grande tolérance à l'humidité mais sera également plus cher.

Ainsi même lorsque la contamination par l'humidité et donc la teneur en eau, (par exemple 4.5 à 6%) augmentera, il conservera les performances de son point d'ébullition humide. D'ailleurs la note DOT indiquée sur l'étiquette sera bien en deçà de son comportement réel à haute température.

Stabilité à haute température :

C'est la mesure de la variation de la température du point d'ébullition sec.

La spécification FMVSS indique, que pour chaque mesure, le point d'ébullition sec ne doit pas varier de plus de 3°C (+0.05) pour tous les liquides de frein dont le point d'ébullition sec dépasse 225°C.

Pour les liquides de frein à haut point d'ébullition, ce dernier peut varier de plus de 9.97°C

La stabilité à haute température du Torque RT-700 n'est que de 1°C.

### Viscosité :

Pour mieux comprendre, faisons une analogie avec la viscosité de l'huile moteur. Plus son indice de viscosité sera élevé, plus l'huile sera épaisse et plus l'écoulement sera difficile.

C'est à peu près la même chose avec les liquides de frein, bien que la technique utilisée pour la mesure de la viscosité soit différente.

Par exemple, la spécificité du DOT3 pour la viscosité à -40°C est de 1500mm². La viscosité du DOT4 est de 1800 mm².

Le DOT3 a donc un meilleur écoulement à froid que le DOT4.

Pour compliquer encore le problème, les liquides DOT5.1 ont été développés spécifiquement pour les systèmes ABS et DSC, plus complexes, tout en gardant des caractéristiques supérieures au point d'ébullition du DOT5, qui rappelons le, est à base de silicone.

**REMARQUE :** La viscosité à chaud (100°C) est identique pour toutes les spécifications DOT et elle est de 1.5mm².

Pour les pilotes exigeants il est préférable d'avoir un indice de viscosité le plus faible possible afin d'avoir le meilleur ressenti possible au freinage.

Dans cette optique, que Le RT700 de Torque a été testé sur piste par des pilotes professionnels.

### Compressibilité :

Ce n'est pas un critère défini par le DOT mais il est pourtant très important pour les pilotes professionnels et amateurs.

Il apparaît dans la liste SAE J1705, Annexe A, A.2.2.8 dans la rubrique «Air Solubility».

Il est noté que le liquide de frein diméthylpolysiloxane à base de silicone peut contenir de l'air dissous à 16% (+ ou - 3%) en volume d'air, à température et pression standard.

Pour les liquides de frein à base de glycol on observe un taux de 5% (+ ou - 2%) en volume d'air dissous.

Il en découle que dans des conditions sévères d'utilisation, le pilote peut ressentir un trajet plus long de la pédale de frein. C'est encore plus flagrant à haute altitude et à haute température.

Il ne faut pas confondre « l'air dissous » (air absorbé provenant de l'atmosphère) et l'air piégé ou air libre puisque leurs effets sur le système de freinage sont différents.  
L'air dissous ne provoque pas une augmentation du volume du liquide alors que l'air emprisonné, ou air libre, sera facilement comprimé lors de contraintes dans le système de freinage.

La norme SAE A.2.2.8 explique que les liquides de frein à base de silicone sont plus compressibles que les liquides de frein classique et l'effet est accentué à des températures élevées. Les liquides de frein à base de silicone DOT5 (à ne pas confondre avec le DOT5.1) ne doivent jamais être utilisés dans les voitures de course en raison de leur compressibilité.

En condition de course il est très important de prendre en compte la compressibilité du liquide de frein. Il n'est pas rare que des liquides de frein haut de gamme soient connus pour leur mauvaise sensation à la pédale.

Un rapport de recherche publié par Carbide Union met en évidence une relation entre la compressibilité d'un liquide de frein et sa densité. Plus la densité du fluide est élevée et moins il sera compressible.

Il n'existe pas de spécification DOT pour les liquides de frein à base glycol. Pourtant il est possible de trouver, dans le commerce, une différence de densité de plus de 200% entre certains fluides.

La sensation au freinage est si importante pour la concentration et la confiance du pilote que cela peut directement influencer dans les temps.

C'est pourquoi le Torque RT700 dispose, à ce jour, de la densité la plus importante des liquides de frein sur le marché.

#### pH :

Le pH est un indicateur de la résistance à la corrosion et de sa stabilité à haute température. Un PH élevé va prévenir la corrosion dans le temps. Pourtant les pH trop élevés réduisent la stabilité du liquide à haute température.

La plage de pH décrite par la norme FMVSS 116 est comprise entre 7 et 11.5.

Si le pH est inférieur à 7 le système est acide et va produire de la corrosion dans le temps. En dessous de 6, des problèmes vont survenir.

Un pH légèrement au dessus de 7 fournira une protection suffisante contre la corrosion et permettra de garder une stabilité maximale à haute température.

#### Alcalinité :

Ce terme décrit le comportement du fluide à protéger, le système de freinage, de la corrosion, dans le temps.

Les fluides très alcalins ont une durée de vie plus longue. Les autres devront être remplacés plus fréquemment, au risque de corroder les éléments du système. (Maîtres-cylindres, étriers, les corps de vanne d'ABS, etc...).

Au cours du temps la valeur d'alcalinité va diminuer

Typiquement, les DOT 3 et DOT 4 perdent 20% de leur alcalinité après 18 à 20 mois d'utilisation en conditions normales. Cela se traduit pas une baisse notable du Ph.

En revanche, ce phénomène peut subvenir beaucoup plus tôt dans des conditions d'utilisation extrêmes, comme la course.

C'est la raison principale, pour laquelle les liquides de frein doivent être renouvelés après avoir connu des chauffes importantes. C'est aussi pour ça qu'il est préférable de vidanger, le système de freinage après une journée de piste.

C'est en connaissance de tout ça, que le Torque RT700 a une réserve alcaline très importante et qu'il permet d'espacer les vidanges et de faire des économies.

## Caractéristiques des liquides de frein.

#### DOT3 :

Le DOT3 est le liquide de frein le plus courant, à base de glycol, d'éthers de glycol. Des additifs sont ajoutés pour inhiber la corrosion (durée de vie du système de freinage) et augmenter la fluidité (durée de vie des joints).

Le DOT 3 a un point d'ébullition sec minimum de 205°C et un point d'ébullition humide minimum de 140°C.

Il est de couleur ambre et relativement hygroscopique (absorbe l'humidité).

Il va absorber une teneur de 1% à 2% en humidité par an, en fonction des conditions d'utilisation.

Cette absorption d'humidité va réduire son point d'ébullition jusqu'à atteindre son point d'ébullition humide.

Il ne nécessite pas forcément de vidange et peut être mélangé avec du DOT 4 et du DOT 5.1 sans endommager le système.

Faites attention lors d'un ajout de liquide de frein. Les produits à base de glycol sont extrêmement agressifs sur la peinture d'une voiture.

#### DOT4 :

Bien qu'il soit aussi à base de glycol, la Norme SAE J17704 considère que le DOT4 contient en plus une base d'ester de borate. Il est également de couleur ambre.

Il est moins hygroscopique que le DOT3, mais il absorbe tout de même l'humidité.

Point d'ébullition sec à 230°C minimum et point d'ébullition humide à 155°C minimum.

Le DOT4 est utilisé dans de nombreux véhicules européens, pour le remorquage ou pour les véhicules de compétition qui nécessite des freinages sévères.

Le DOT4 est également préconisé pour les systèmes ABS récents.

Il contient des additifs anticorrosion et des additifs qui augmentent la fluidité.

Il peut être mélangé avec le DOT3 sans endommager le système.

Le DOT4 est très agressif envers les peintures de la voiture.

Dans le milieu de la course automobile, les DOT4 contiennent généralement d'autres additifs pour augmenter les performances du fluide au delà des spécifications minimales.

#### DOT5 :

##### ATTENTION !

**Le DOT5 à une base silicone, il est de couleur pourpre.**

A la différence des autres DOT, il n'est pas hygroscopique et n'absorbera pas l'humidité.

Il a un point d'ébullition sec de 260°C minimum et un point d'ébullition humide de 180°C minimum.

Il est compatible avec les mêmes circuits étanches que les autres DOT mais il n'abime pas la peinture du véhicule.

Bien qu'il montre de nombreux avantages, le DOT5 ne convient pas à une utilisation sportive pour 3 raisons:

1) Quand il chauffe, des bulles d'air se forment et donnent une très mauvaise sensation à la pédale.

2) Comme il n'absorbe pas l'humidité, l'eau se dépose par lentille dans le système. Cela provoque une corrosion localisée, le gel ou des bouchons de vapeur.

3) Il n'est ABSOLUMENT PAS MISCIBLE avec les DOT3, DOT4 et DOT5.1.

Un mélange malheureux va rendre le liquide gélatineux à certains endroits, allant jusqu'à colmater les pistons.

Le DOT5 est utilisé dans des milieux où le climat est très froid ou pour des voitures anciennes ou de collection qui roulent peu et restent stationnées durant de longues périodes.

Bien que développé à la fin des années 60 par General Electric pour la compétition, il ne convient pas à la course pour les raisons énumérées ci-dessus.

#### DOT5.1 :

Il est semblable au DOT4 mais il est principalement composé d'ester de Borate (environ 70-80%) et d'autres additifs.

Comme le DOT3 et le DOT4, le DOT5.1 est de couleur ambre et hygroscopique.

Il a un point d'ébullition sec de 260°C minimum et un point d'ébullition humide de 180°C minimum. Il est souvent utilisé en compétition en raison de ses performances élevées.

Il peut être mélangé avec le DOT3 et le DOT4 sans endommager le système et il est très agressif avec les peintures.

Son coût est généralement plus élevé que celui des autres liquides de frein.

#### Compatibilité :

Le liquide de frein doit être compatible avec les autres éléments du système de freinage. (Maitre-cylindre, étriers, durites, collecteur d'ABS, joints, etc...)

La compatibilité est déterminée par les propriétés chimiques du liquide.

Selon la norme FMVSS les DOT3, 4 et 5.1 doivent être compatibles avec tous les composants du système de freinage.

Ce n'est pas le cas du DOT5. Dans ce cas, certains composants externes comme les joints peuvent être attaqués par les huiles de silicone.

#### Absorption d'eau et corrosion :

Bien que contre-intuitif, une certaine quantité d'eau absorbée n'est pas une mauvaise chose.

Les DOT3/4/5.1 à base de glycol vont absorber facilement l'humidité. De toute façon, tous les systèmes de freinage vont absorber de l'eau, c'est inévitable.

Cela va induire une baisse du point d'ébullition et l'augmentation de la compressibilité. Les inhibiteurs de corrosion vont alors agir pour protéger le système de freinage.

Tout comme dans l'antigel, ces inhibiteurs de corrosion vont s'épuiser au cours du temps. C'est la principale raison pour laquelle il est nécessaire de vidanger régulièrement le liquide de frein.

Le DOT5 est l'exception à la règle.

Comme il n'est pas hygroscopique (base silicone), les molécules d'eau vont s'agglomérer. Et comme l'eau reste plus lourde que le liquide de frein, elle va «couler» au niveau le plus bas du système de freinage.

C'est à cet endroit que la corrosion va apparaître en premier.

## A quelle vitesse le liquide de frein absorbe l'humidité ?

Tout va dépendre des caractéristiques du fluide et de son environnement.

Par exemple le DOT4 peut absorber jusqu'à 4.5/5% d'humidité en seulement 2 semaines dans un environnement très humide si il n'est pas conservé dans un récipient hermétique.

Les meilleurs liquides de frein sont emballés et stockés dans des environnements saturés en azote et exempts de toute humidité.

Quelles sont les voies de contamination du liquide de frein.

L'humidité entre dans un système de freinage par divers moyens.

- 1) Utiliser du liquide de frein provenant d'une bouteille déjà ouverte ou qui a été stockée pendant très longtemps dans un environnement humide.
- 2) Lors du remplacement du liquide, remettre le plus rapidement possible le bouchon pour éviter à l'humidité de pénétrer à l'intérieur.
- 3) De la condensation peut se former à l'intérieur de la ligne et des étriers lorsque qu'ils chauffent et se refroidissent à plusieurs reprises.

Quand l'eau va atteindre 100°C, à pression normale, elle va se changer en vapeur d'eau.

L'accumulation de cette vapeur d'eau va entraîner une pression dans le système de frein. Parfois, cette pression peut aller jusqu'à pousser les plaquettes de frein contre le disque.

Il va en résulter une augmentation de chaleur plus importante encore.

Souvent, les bulles d'air dans le système de freinage proviennent de la vaporisation de l'eau et de sa recondensation.

C'est ce qui rend la pédale de frein spongieuse.

- 4) La diffusion à travers les durites de frein en caoutchouc.  
Les durites aviation, permettent de supprimer presque totalement cet effet.

## Que ce passe t-il si je passe d'un liquide à base Glycol à un liquide à base de silicone ?

Lorsqu'on le met dans un circuit déjà âgé et corrodé, le silicone va se mêler aux «boues» résiduelles et créer une patte gélatineuse.

Cela risque ensuite de boucher les orifices et de coller les pistons.

Si un système a été modifié pour recevoir du DOT5 ne revenez pas en arrière !

Le silicone est très tenace et pratiquement impossible à enlever totalement. Il est préférable de vidanger régulièrement le liquide de frein.

## Quelles sont les causes de pédale molle ?

Cela peut provenir de facteurs mécaniques ou chimiques. On ne détaillera que les causes concernant le liquide de frein.

Bulles d'air : Même une petite bulle d'air peut gêner un pilote qui est très exigeant sur le ressenti de ses freins.

L'air dissous : Tous les liquides de freins contiennent une certaine quantité d'air dissous. C'est inévitable.

Pour une sensation optimale au freinage, veuillez choisir un fluide avec le moins d'air dissous possible. Le phénomène est expliqué ci-dessus.