

Le système de refroidissement – Comment ça fonctionne?

L'augmentation de température

Le remplacement ou la préparation du moteur est tout en haut de la liste des préoccupations principales des propriétaires de Mini. Peu d'attention ou de considération est accordée au système de refroidissement quand l'une ou l'autre de ces évolutions est réalisée. Ceci principalement parce que très peu d'entre eux comprennent vraiment ce que fait le système de refroidissement et comment il le fait. Or une inadéquation entre la capacités du système de refroidissement et la puissance de sortie du moteur peut entraîner un désastre pour le nouveau moteur. Tout ceci est évidemment aggravé s'il s'agit d'un moteur de course. Les questions concernant ces quelques lignes sont fréquentes. Bien souvent, il est trop tard pour se les poser mais parfois une petite explication évite de gros ennuis...

Les fonctions du système de refroidissement

La combustion interne des moteurs utilisés dans les voitures n'est pas particulièrement efficace. La combustion d'un mélange d'air et d'essence produit de l'énergie, mais parce que cette méthode de transformation d'énergie produit un haut niveau d'échauffement, une grande partie de cette énergie doit être dissipée. C'est essentiel pour prévenir la défaillance des pièces par fatigue thermique. Les pièces les plus susceptibles de casser de cette manière sont le piston, les segment, la chemise, la culasse, les soupapes et les pièces associées. Cependant, certaines surchauffe peuvent éventuellement causer des dommages plus étendus. Le niveau d'échauffement est régulé par le système de refroidissement : à travers les parois des chambres de combustion de la culasse, et partiellement à travers celles des cylindres, la chaleur passe dans le liquide de refroidissement qui l'emmène jusqu'au radiateur où elle passe enfin dans l'atmosphère.

La zone de la chambre de combustion doit être refroidie suffisamment pour éviter l'auto-allumage et la détonation. Ces problèmes sont amplifiés par les carburants actuels sans plomb à faible taux d'octane. De plus, la législation sur les émissions et la consommation des moteurs est toujours plus draconienne. Heureusement, cette dernière n'a pas affecté le vénérable moteur Série A, bien qu'on puisse noter une tendance à l'économie de carburant au fur et à mesure des années. Si un système de refroidissement inefficace ou non adapté est utilisé, les pertes seront favorisées. Plus la température des chambres de combustion est élevée, plus l'allumage doit être retardé pour éviter le début de l'auto-allumage et de la détonation mentionnés ci-dessus. Ces phénomènes entraînent une diminution de la puissance de sortie du moteur, plus précisément du couple qui est primordial pour la conduite. On observe la même perte de couple lorsque le moteur tourne à une température trop élevée, et ce à cause de l'appauvrissement du mélange air/essence.

La dissipation de la chaleur et le contrôle de la température sont régulés par le système de refroidissement. Un thermostat est installé pour maintenir la température constante à la valeur requise. La dissipation s'effectue largement par conduction thermique. Le liquide de refroidissement passe sur les surfaces métalliques chaudes des passages d'eau à l'intérieur de la culasse et des cylindres. La chaleur lui est alors transmise à cause du différentiel de température. Le liquide de refroidissement passe alors dans le radiateur où il cède sa chaleur à l'air pour la même raison, mais inversée.

Lumière sur le liquide de refroidissement

L'eau est le liquide de refroidissement (ou fluide caloporteur) le plus couramment utilisé dans les moteurs de voiture. Elle possède d'excellentes propriétés de transfert thermique dans son état liquide et remplit parfaitement sa fonction quand elle est bien contrôlée. Cependant, elle possède un ou deux défauts tous de même. L'inconvénient majeur, d'un point de vue thermique, est sa tension superficielle très élevée – c'est ce phénomène qui permet aux insectes de se promener sur l'eau sans se noyer.

La tension superficielle limite sa capacité à "mouiller" les surfaces métalliques des passages d'eau, formant ainsi une sorte de barrière thermique. A cause de cela, des points chauds peuvent être créés, particulièrement autour des chambres de combustion, là où les températures sont les plus élevées. Ces points chauds créent des bulles de vapeur en faisant bouillir l'eau, et ce malgré le fait que la majorité du volume d'eau soit bien en dessous du point d'ébullition. Les bulles qui se forment alors sur les surfaces métalliques créent un isolement thermique autour de cette zone, empêchant en grande partie le transfert thermique. Ces bulles entraînent une réduction de l'efficacité du système de refroidissement et par conséquent une augmentation de la température des chambres.

L'aboutissement est généralement la défaillance d'un élément. Le piston est souvent le premier touché, ou alors la bougie, puis la soupape d'admission, celle d'échappement et ainsi de suite. La vitesse à laquelle cela peut arriver peut être dangereusement rapide. Elle est déterminée par la gravité du point chaud ainsi que par la charge du moteur (i.e. pied au plancher = charge maximale = fonte rapide du métal s'il y a un point chaud).

L'anti-gel est souvent utilisé comme additif à l'eau dans les systèmes de refroidissement et c'est effectivement essentiel là où l'on rencontre des températures glaciales. De plus, il augmente légèrement le point d'ébullition, lubrifie les joints de pompe à eau et réduit la formation de rouille sur les surfaces en acier. La diminution de la corrosion aide à prévenir les colmatages dans le radiateur. Néanmoins, il n'augmente pas la capacité de refroidissement du système. Beaucoup de gens ont la fausse impression que le fait d'ajouter plus d'anti-gel résoudra les problèmes de surchauffe. Rien n'est plus faux.

Il est absolument nécessaire de prévoir une protection suffisante, en concordance avec l'environnement dans lequel la voiture sera utilisée. Suivez les instructions du fabricant à la lettre, bien que les voitures standards aient une capacité de refroidissement supérieure à ce qui est nécessaire pour supporter un mélange anti-gel bien chargé. Mais avec un moteur plus performant, il sera rapidement dépassé.

L'eau, comme cité précédemment, a des propriétés de transfert thermique grandioses, loin devant la plupart des autres fluides utilisés en refroidissement liquide. Ce qui est sûr, c'est qu'elle est bien meilleure qu'un mélange d'antigel (généralement à base de glycol) et d'eau. En fait, l'eau est jusqu'à 2,5 fois plus conductrice thermiquement qu'un fluide caloporteur à base de glycol pour un même circuit de refroidissement. Etant donné que le système de refroidissement fonctionne par conductivité thermique, depuis le métal chaud vers un liquide plus frais (dans les passages d'eau) puis depuis le liquide chaud vers le métal plus frais (dans le radiateur), cette dernière est une qualité primordiale que doit avoir le fluide caloporteur utilisé. Les expériences réalisées par de grands constructeurs automobile ont mené à la conclusion que l'augmentation de la conductivité thermique du glycol est presque directement proportionnelle à la quantité d'eau qui lui est ajoutée. Juste pour illustrer, un mélange de 50% d'eau et 50% de glycol a, à peu près, 70% de la conductivité thermique de l'eau seule.

Pour aller jusqu'au bout des choses, d'autres facteurs tels que la viscosité du fluide et le coefficient de convection de ce dernier dans un tube (une relation complexe entre la conductivité thermique, la viscosité, le diamètre du tube du radiateur et le flux turbulent) influencent l'efficacité du système. Un mélange glycol/eau à 50% est environ 4 fois plus visqueux (épais) que l'eau seule et, comme dit précédemment, 30% moins conducteur. Après avoir utilisé ces facteurs, on en arrive à la conclusion que ce mélange a environ 50% du coefficient de convection de l'eau seule. Pour écrire cela en Français simple, l'eau seule comme fluide caloporteur est capable de transférer 2 fois plus de chaleur que le mélange Glycol/eau à 50%. J'espère que j'ai réussi à faire voler en éclats le mythe du "plus d'antigel règlera le problème" une bonne fois pour toute.

Capacité : les possibilités d'amélioration

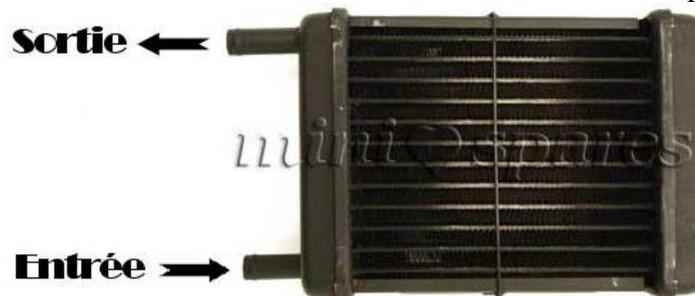
Donc, qu'est-ce qui peut être fait, et quand est-ce nécessaire ? La dernière chose à faire est d'installer votre moteur super-hyper-mega-puissant à l'aveuglette avec un système de refroidissement qui semble être adapté, pour finalement vous rendre compte qu'il ne l'est malheureusement pas, provoquant le déclin rapide de votre joie et de votre fierté. Dans tous les cas, si vous installez un 1275 en lieu et place d'un 998, installer un radiateur amélioré ne serait pas un mal. Le radiateur d'origine des 998 supportera bien l'installation d'un kit Stage 1, mais lorsque l'on commence à aller vers une simple culasse modifiée avec un AAC un peu plus pointu, il y a intérêt à ce que ce dernier soit en parfait état.

Au paravent, on avait tendance à penser qu'augmenter la quantité d'eau était la voie à suivre, d'où l'apparition des radiateurs 4 rangs. Il est certain que cela aide. Il apporte une capacité de refroidissement supplémentaire d'environ 23% comparé à un origine. Cependant, la technologie avance à grand pas et la théorie du "plus d'eau" n'a pas tardé à mordre la poussière. La dernière génération de radiateurs n'a que 2 rangs, mais a une capacité de refroidissement 37% supérieure à l'origine grâce à un meilleur arrangement d'ailettes. En fait, ce type de radiateur est suffisant pour refroidir des moteurs équipés de turbos et qui sortent dans les 160 ch. Installer un de ces radiateurs sur un moteur Série-A atmosphérique classique coupera court à tout problème. Après tout, mieux vaut trop de refroidissement que pas assez. Vous pourrez toujours en retirer s'il y en a trop, en installant un thermostat différent par exemple. Le bonus dans ce cas là, c'est qu'en plus, il pèse moins lourd qu'un d'origine, tout gain de poids étant le bien venu, particulièrement en course. Par contre, si la Mini est utilisée pour de la course dans la saleté et la boue, je n'installerais pas ce type de radiateur. Les ailettes peuvent être facilement endommagées et obstruées par les mottes de terre. Dans ce cas là, utilisez un 4 rangs.

Revenons aux calorstats un instant. Il est courant de retirer ce dernier afin de le remplacer par un manchon pour améliorer le refroidissement. Si c'est le cas, vous devez boucher le tube de by-pass, sinon des zones d'eau stagnante feront leur apparition, provoquant les points chauds tant redoutés. Toutefois, le danger quand on monte un manchon est que le moteur peut ne jamais atteindre une température de fonctionnement correcte et cela peut être au moins aussi mauvais que de fonctionner à une température un peu trop élevée. Je vous recommande fortement d'utiliser, dans TOUTE voiture routière, un calorstat d'au moins 82°C pour être certain qu'une température de fonctionnement correcte sera atteinte. Le manchon n'est pas une solution aux problèmes de surchauffe. Je monte toujours un thermostat sur mes moteurs de course, sauf quand ils sont destinés à des terres lointaines où des températures ambiantes élevées se font sentir. Beaucoup de gens pensent que le fait de boucher le by-pass les oblige à monter un manchon. Pas du tout. Condamnez ce satané by-pass et installez un thermostat avec 6 ou 8 trous de 3mm percés tout autour. Ces trous permettent à l'eau de circuler avant que le moteur soit à bonne température et que le thermostat s'ouvre.

Le montage d'un radiateur auxiliaire peut aider si le 2-rangs (two-core) n'est pas suffisant - disons sur les voitures de course ou de rallye. Utilisez le radiateur extrait du bloc de chauffage, c'est la solution la moins onéreuse. Montez le radiateur derrière la calandre pour un maximum d'efficacité. Environ 15 degrés de chute de température peuvent être espérés avec cette technique. Pour ceux qui veulent utiliser à la fois un radiateur de chauffage (d'habitacle) et un radiateur de refroidissement supplémentaire, disposez le radiateur supplémentaire, dans le sens de circulation de l'eau, entre le radiateur de chauffage et la culasse, sinon, vous allez alimenter votre radiateur de chauffage avec de l'eau déjà refroidie....

En ce qui concerne l'installation et le branchement du radiateur additionnel, disposez le comme cela :



L'eau chaude rentre en bas et vers l'arrière, l'eau refroidie sort en haut et devant. N'oubliez pas que si votre robinet de chauffage est fermé, votre radiateur additionnel ne fonctionnera plus. Pour ceux qui ne veulent ni radiateur additionnel, ni radiateur de chauffage, bouchez simplement les durits. Ne faites pas l'erreur de raccorder l'entrée et la sortie, vous amèneriez de l'eau non refroidie directement dans la culasse, créant ainsi une surchauffe autour du cylindre 4. Bouchez simplement la sortie derrière le cylindre 1 et l'entrée sur la culasse de l'autre côté, il n'y a rien de mieux à faire.

Aide supplémentaire

Assurez vous de toujours utiliser la pompe à eau avec la turbine (roue de pompe) large. Ces dernières sont communes de nos jours, mais les moteurs 850/998/1098 datant d'avant les années 1975 avaient l'ancienne turbine étroite. La turbine étroite dépasse de 7,9mm du plan de joint alors que la roue large dépasse elle de 15,75mm. La seule exception à cette règle concerne les 850 car il y a rarement assez de matière pour pouvoir les utiliser. Si vous utilisez un vieux bloc moteur de 998 ou 1098, il peut être nécessaire d'usiner un chouilla la paroi du cylindre pour faire de la place à la roue plus profonde. Si vous cherchez une pompe à turbine large, notez que toutes les Metros avaient le by-pass bouché directement au moulage, tout comme les toutes dernières Minis. Concernant les moteurs tournant principalement à haut régime, utilisez une poulie de pompe à eau de Metro 1300 qui est plus grande (120mm de diamètre). Cela aura pour effet de ralentir la vitesse de rotation de la pompe à eau et ainsi réduire les risques de cavitation.

Il y a une paire d'hélices différentes disponibles. La vieille à 2 pales (qui est souvent utilisée en doublette pour faire une hélice 4 pales), ou celle à 6 pales utilisée pour l'exportation. J'ignore complètement les vieilles hélices multi-pales en métal car elles ne sont généralement plus disponibles et pas si bien que ça. La 4-pales est très bruyante, mais très efficace, la 6 pales bien meilleur que l'origine mais un peu plus bruyante.

A part ça, vérifiez que vos durits sont en bon état, et que vous avez celles qui correspondent à votre moteur, particulièrement quand vous passez d'un 998 à un 1275. La durit supérieure est bien différente, celle du 998 ressemble à un boomerang alors que celle du 1275 ressemble plutôt à un point d'interrogation. Si vous utilisez celle d'un 998 sur un 1275, vous allez la couder et ainsi créer une restriction dangereuse du passage. Il vous faudra également changer la patte de fixation supérieure du radiateur car la cloche de calorstat n'est pas orientée pareille sur le 998 que sur le 1275. Il faut utiliser les pattes de fixation et durits de Cooper S ou de 1275GT.

Cet article n'est qu'une introduction de base au refroidissement et fournit quelques solutions testées, mais pour plus d'informations, allez voir 'Cooling - Controlling water temperature' dans la section Refroidissement.