MAHLE

Refroidissement des véhicules

Petit guide pour l'atelier

BEHR®

Qu’est-ce que la gestion thermique ?

La gestion thermique vise une température optimale du moteur à tout régime ainsi que le chauffage et le refroidissement de l’habitacle. Un système moderne de gestion thermique se compose donc des pièces du refroidissement moteur et de la climatisation.

Les composants de ces deux modules influent l’un sur l’autre et forment souvent une unité. Dans cette brochure, nous vous présentons les systèmes de refroidissement modernes dans leur contexte technique. Nous expliquons également leur fonctionnement, les causes de panne, les spécificités et les possibilités de diagnostic.

Exclusion de responsabilité/crédits photo

Les informations présentées dans ce document ont été compilées par l’éditeur à partir notamment des données des constructeurs automobiles et des importateurs. Un grand soin y a été apporté afin de garantir l’exactitude de ces informations. Toutefois, l’éditeur décline toute responsabilité pour les erreurs et les conséquences corollaires. Cela s’applique à l’utilisation de données et d’informations se révélant fausses ou ayant été présentées de façon erronée, ainsi qu’aux éventuelles erreurs survenues de façon non intentionnelle durant leur compilation. Nonobstant la mention précédente, l’éditeur décline également toute responsabilité en cas de perte quelconque de gain, valeur d’entreprise ou autre, même commerciale, en découlant. L’éditeur décline toute responsabilité en cas de dommages ou de dysfonctionnements liés au non-respect des documents de formation et des consignes de sécurité spécifiques. Les photos de cette brochure viennent en majorité des entreprises MAHLE et MAHLE Service Solutions.

Sommaire

Systèmes de refroidissement modernes

VP 4
PL 5
Structure d'un module de refroidissement moderne 5

Refroidissement – rétrospective

Refroidissement moteur par eau 6
Refroidissement moteur moderne 7

Systèmes de refroidissement

Le système de refroidissement moteur 8
Radiateur de refroidissement 9
Radiateur tout aluminium 11
Vase d'expansion (réservoir de trop-plein) 12
Thermostats 13
Pompes à liquide de refroidissement 14
Pompes à liquide de refroidissement électriques 15
Échangeur de chaleur habitacle 16

Ventilateur de radiateur

Ventilateur Visco® 17
Le Visco®-coupleur électronique 18
Ventilateur de radiateur électrique 19

Autres systèmes de refroidissement

Refroidisseur d'huile pour moteur, transmission et ralentisseur hydrodynamique 20
Refroidissement de la direction assistée 21
Refroidissement du carburant 21
Refroidissement direct de l'air de suralimentation 24
Refroidissement indirect de l'air de suralimentation 25
Refroidisseur pour la recirculation des gaz d'échappement (RGE) 26

Air d'admission et gestion thermique

Régulation thermique de l'air pour la combustion dans le moteur 27
Sous-systèmes de gestion thermique de l'air d'admission (GTAA) 28
Gestion thermique de la batterie pour les véhicules hybrides 31

Réchauffeur CTP

Structure et fonctionnement 33
Puissance et spontanéité 34
Sécurité de fonctionnement 35
Commande 35
Innovation 35

Diagnostic, entretien et réparation

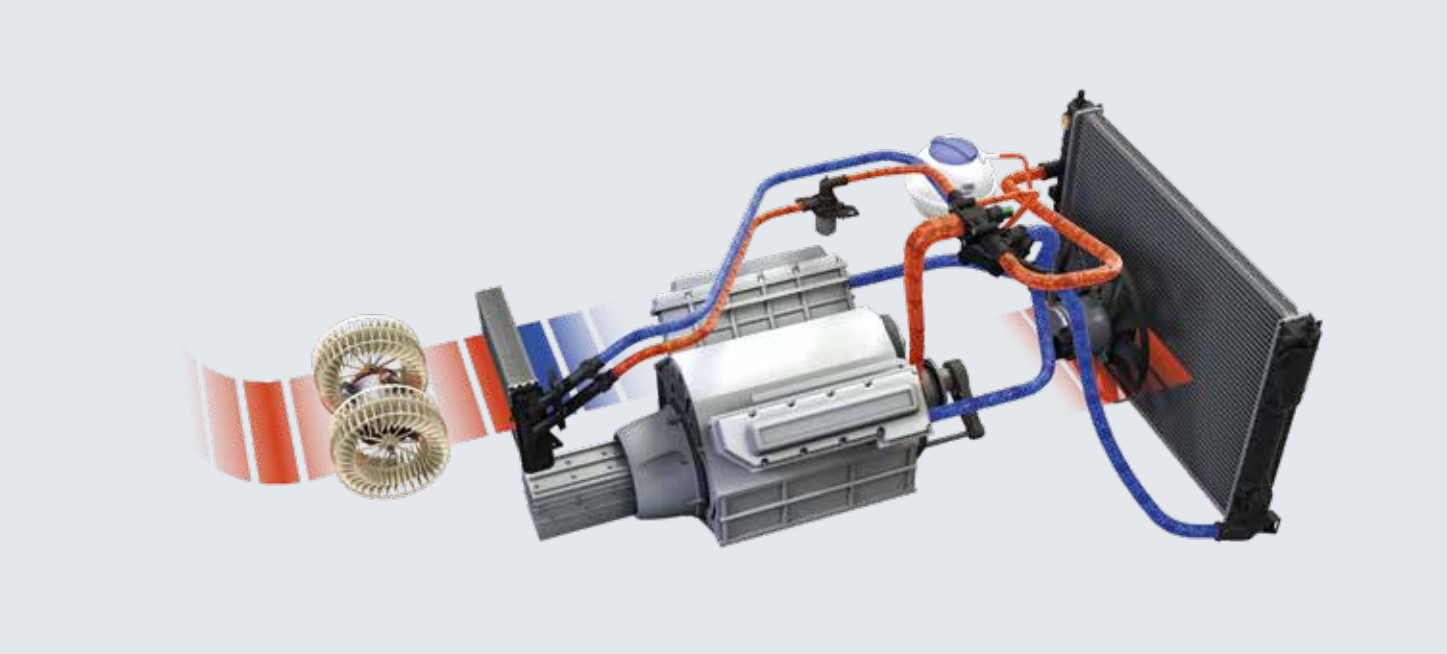
Liquide de refroidissement, antigel et protection contre la corrosion 36
Entretien du radiateur 37
Purge du système lors du remplissage 38
Dommages typiques 39
Contrôle et diagnostic du circuit de refroidissement 40

Refroidissement à régulation électronique

Le niveau de température du liquide de refroidissement 42
Carter de distribution du liquide de refroidissement 43
Unité de régulation du liquide de refroidissement 44
Commande électronique : aperçu 45
Régulation de la température du liquide de refroidissement en fonction du chauffage souhaité 46
Thermostat piloté par cartographie 48

Informations techniques 50

Systèmes de refroidissement modernes

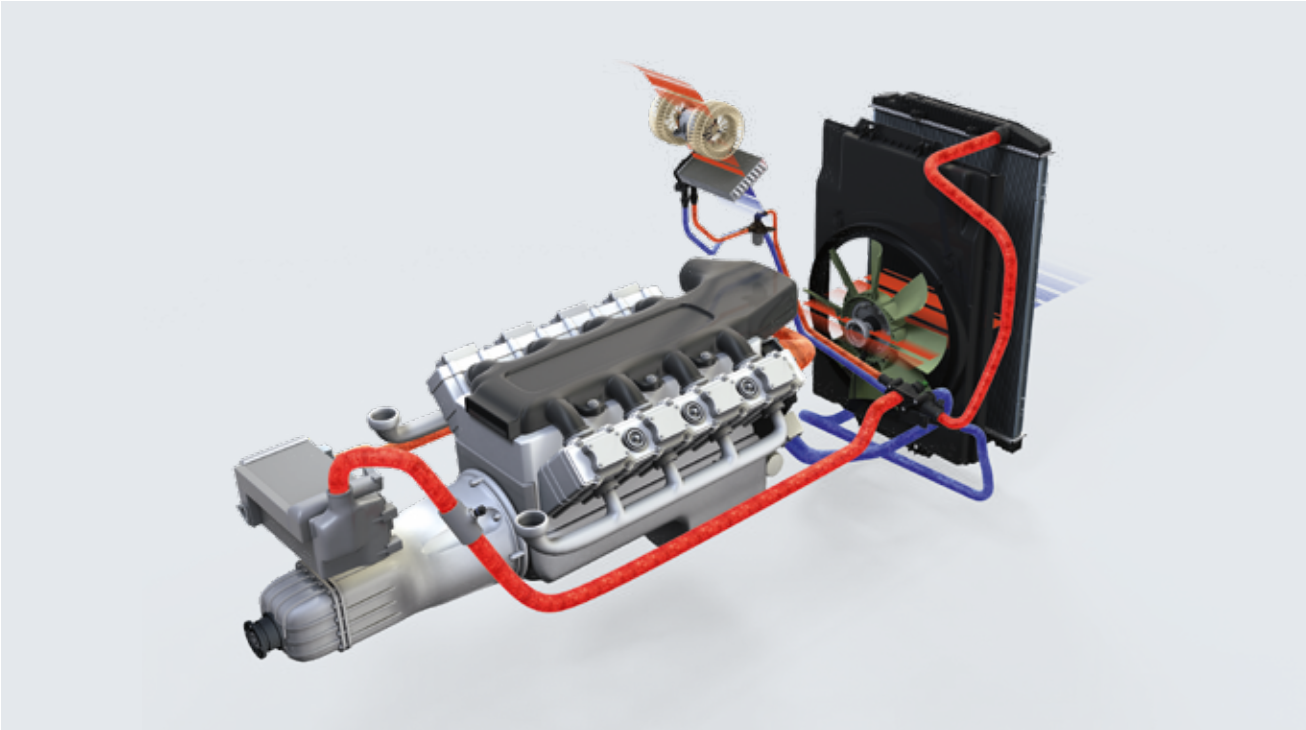


VP

Toute la chaleur produite par un moteur et ses systèmes attenants doit être évacuée. La température de service d'un moteur n'autorise aujourd'hui qu'une faible tolérance afin de contrôler au mieux le fonctionnement et la température ambiante (moteur et habitacle). Une température de service élevée peut altérer les émissions et entraîner une commande moteur défectueuse.

En outre, le système de refroidissement des moteurs à injection directe, diesel et essence, qui créent peu de chaleur, doit réchauffer les passagers en hiver et les rafraîchir en été. Tous ces facteurs doivent être pris en compte lors du développement d'un système de gestion thermique. À cela s'ajoute également l'exigence de puissance et d'efficacité plus élevées dans un espace réduit.

> Le saviez-vous ? MAHLE est l'un des principaux équipementiers de première monte dans le monde pour le refroidissement moteur et la climatisation des véhicules.

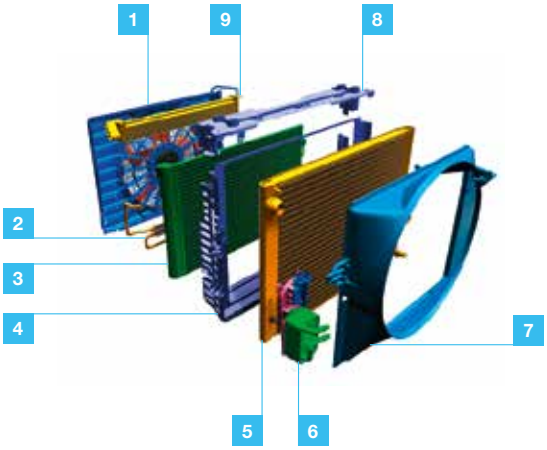


PL

Un exemple typique de la gestion thermique actuelle dans les poids lourds.

Structure d'un module de refroidissement moderne

Un exemple typique des modules de refroidissement actuels. Il est composé d'un radiateur de refroidissement, d'un refroidisseur d'huile moteur, d'un condenseur de climatisation, d'un refroidisseur d'huile de transmission, d'un radiateur de direction assistée et de ventilateurs de radiateur de refroidissement/condenseur de climatisation.



1 Enveloppe côté pression avec ventilateur électrique

2 Radiateur de direction assistée

3 Module de condenseur de climatisation

4 Cadre porteur

5 Radiateur de refroidissement tout aluminium

6 Refroidissement de l'huile de transmission

7 Enveloppe côté aspiration pour ventilateur de radiateur

8 Couvercle pour cadre porteur

9 Refroidisseur d'huile moteur

Refroidissement – rétrospective

Refroidissement moteur par eau

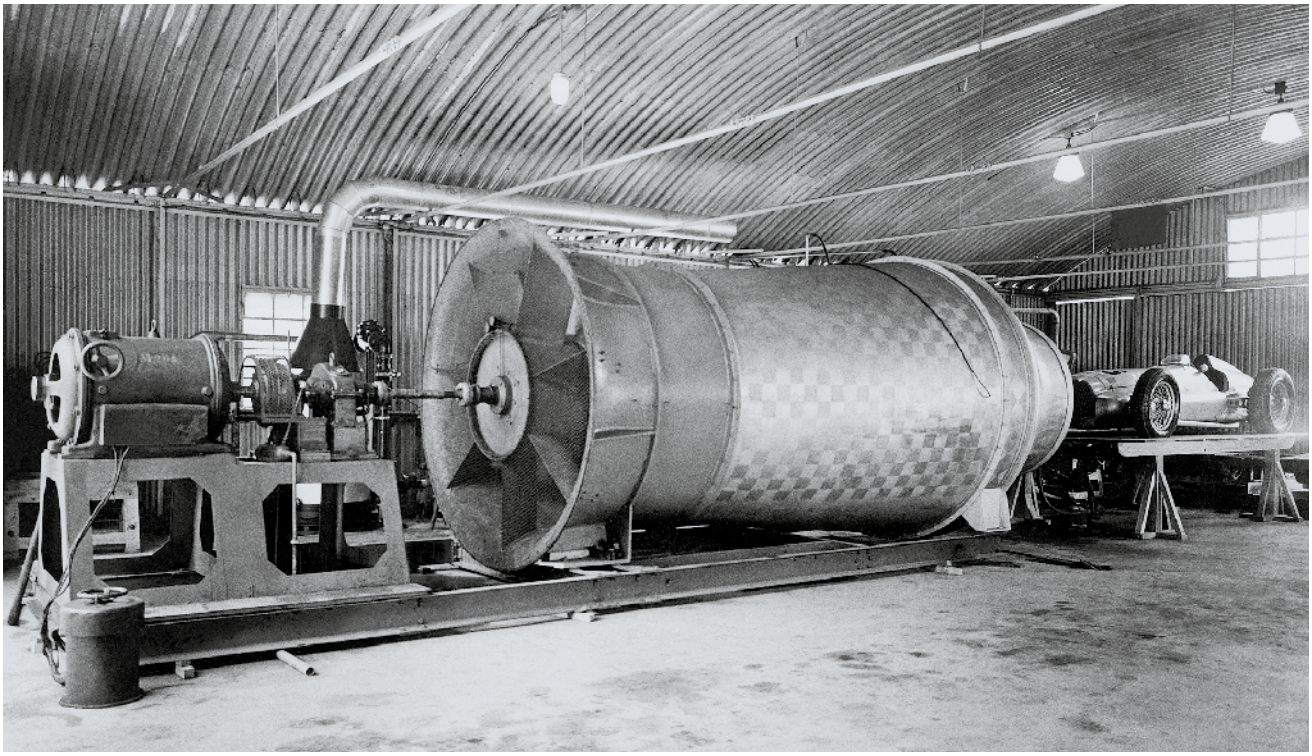
Les températures générées lors la combustion du carburant (jusqu'à 2 000 °C) sont préjudiciables au bon fonctionnement du moteur. C'est pourquoi il est refroidi à la température de service. Le premier mode de refroidissement par eau a été le thermosiphon. L'eau réchauffée, plus légère, monte dans la partie supérieure du radiateur par un tube collecteur. Elle est refroidie par le flux d'air créé par le déplacement, descend et repart vers le moteur. Ce circuit fonctionne tant que le moteur est en marche. Le refroidissement était assisté par des ventilateurs, aucune régulation n'était encore possible. Plus tard, la circulation de l'eau a été accélérée par une pompe à eau.

Points faibles :

- longue durée de préchauffage,
- faible température du moteur pendant la saison froide.

Les modèles de moteurs développés par la suite font intervenir un régulateur d'eau de refroidissement ou un thermostat. La circulation de l'eau via le radiateur est régulée en fonction de la température de l'eau de refroidissement. En 1922, ce système est décrit de la façon suivante : « Ces dispositifs ont pour but d'assurer un réchauffement rapide du moteur et d'éviter son refroidissement ». Ici, on parle déjà d'un refroidissement régulé par thermostat offrant les fonctions suivantes :

- courte durée de préchauffage,
- maintien d'une température de service constante.



Soufflerie aérodynamique BEHR, 1937

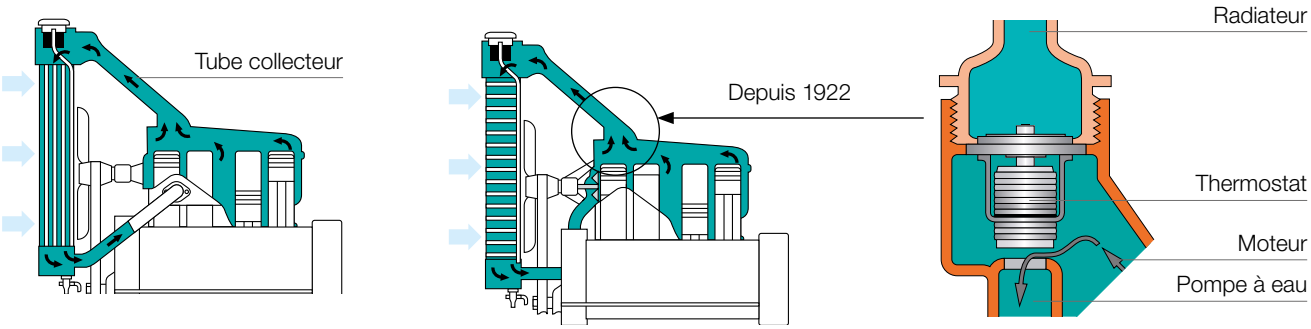
Soufflerie climatique MAHLE, aujourd'hui

Refroidissement moteur moderne

Le thermostat a apporté une amélioration majeure au refroidissement moteur en permettant de « court-circuiter » le circuit de refroidissement. Tant que la température de service souhaitée du moteur n'est pas atteinte, l'eau ne passe pas par le radiateur, mais retourne au moteur par le chemin le plus court. Ce n'est que lorsque la température de service souhaitée est atteinte que le thermostat ouvre la liaison via le radiateur. Cette régulation a été conservée sur tous les systèmes jusqu'à aujourd'hui.

La température du moteur est non seulement importante pour la puissance et la consommation, mais également pour une faible émission de substances nocives.

Pour refroidir un moteur, on utilise de plus en plus le fait que l'eau sous pression ne commence pas à bouillir à 100 °C mais à partir de 115–130 °C. Le circuit de refroidissement est soumis à une pression de 1,0–1,5 bars. On parle de système de refroidissement fermé. L'installation dispose en plus d'un vase d'expansion rempli qu'à moitié. Le liquide de refroidissement est composé d'un mélange d'eau et d'additif de refroidissement. On parle ici d'un liquide de refroidissement qui offre une protection antigel et un point d'ébullition plus élevé, tout en protégeant les composants du moteur et le système de refroidissement de la corrosion.



Vers 1910, avec une pompe à eau

Systèmes de refroidissement

Le système de refroidissement moteur

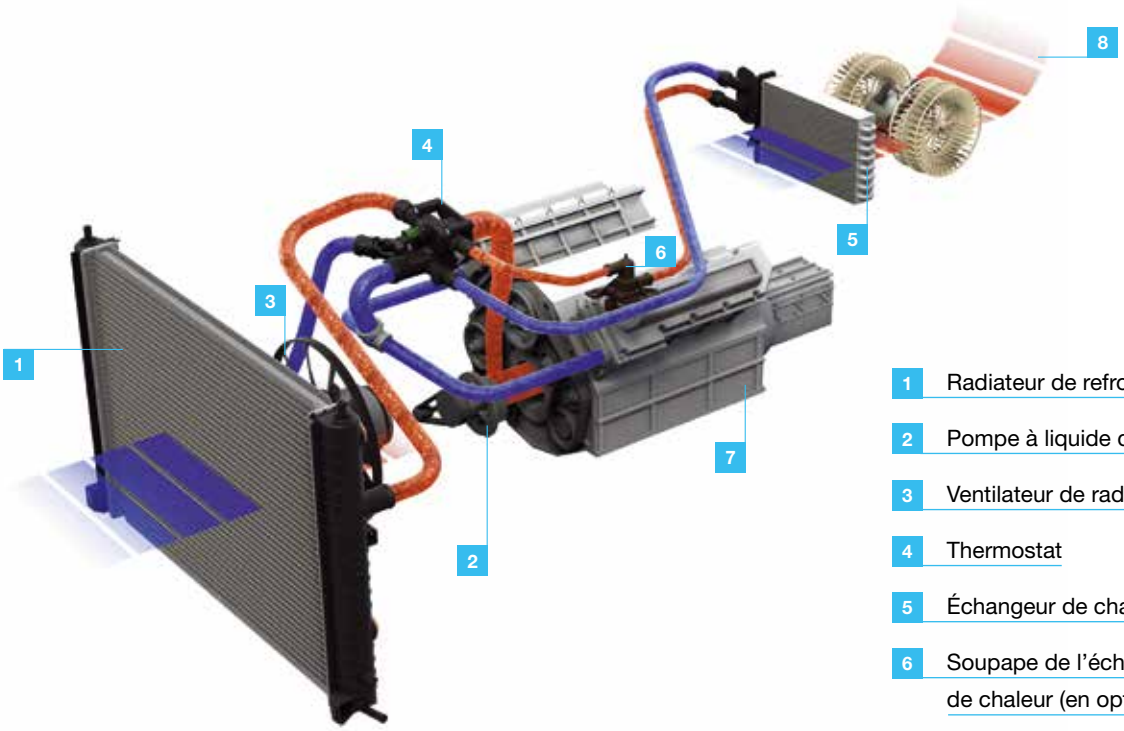
Les compartiments moteurs devenant de plus en plus compacts, le logement des composants et la dissipation des énormes quantités de chaleur produites représentent un défi important. Pour refroidir le compartiment moteur, les circuits de refroidissement modernes doivent répondre à des exigences élevées ; de nombreux progrès ont donc été réalisés dernièrement en la matière.

Les exigences vis-à-vis du système de refroidissement sont les suivantes :

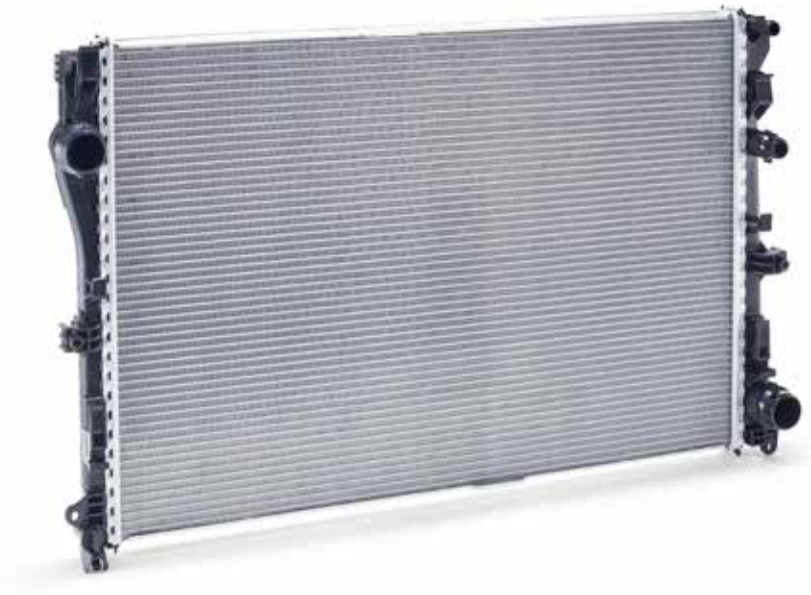
- phase de préchauffage raccourcie,
- réchauffement rapide de l'habitacle,
- faible consommation de carburant,
- durée de vie des composants allongée.

Tous les systèmes de refroidissement moteur reposent sur les composants suivants :

- radiateur de refroidissement,
- thermostat,
- pompe à liquide de refroidissement (mécanique ou électrique),
- vase d'expansion (réservoir de trop-plein),
- durites,
- ventilateur de radiateur (entraîné par courroie ou Visco®),
- capteur de température (commande moteur/affichage).



1 Radiateur de refroidissement
2 Pompe à liquide de refroidissement
3 Ventilateur de radiateur
4 Thermostat
5 Échangeur de chaleur
6 Soupape de l'échangeur de chaleur (en option)
7 Moteur
8 Flux d'air



Radiateur de refroidissement

Radiateur de refroidissement

Les techniques de refroidissement du moteur voient le jour en 1905 ; à l'époque, la température de combustion dans le moteur était d'environ 600–800 °C. Entre le début du siècle et 1938 environ, on utilise des radiateurs en acier. Par la suite, on opte plutôt pour des modèles en métaux lourds non ferreux (cuivre/laiton). L'inconvénient : poids élevé et stock limité, d'où le coût élevé du matériau.

Exigences vis-à-vis des radiateurs :

- densité de puissance élevée,
- résistance suffisante,
- résistance durable à la corrosion,
- coûts de fabrication faibles,
- fabrication respectueuse de l'environnement.

Type :

- réservoir d'eau en plastique renforcé de fibres de verre,
- de plus en plus en aluminium.

Mission :

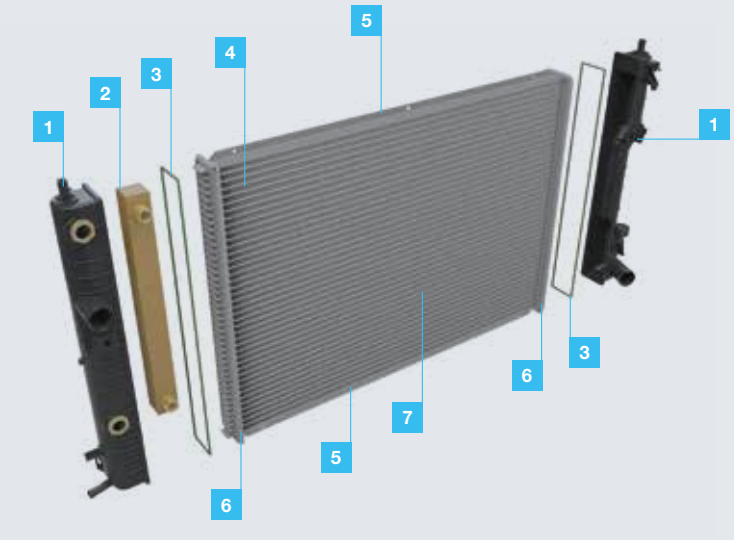
- refroidir le liquide de refroidissement dans le circuit moteur.

Avantages :

- installation sur mesure pour un montage simple,
- efficacité optimale,
- adapté aux spécifications du client (OEM).

Structure typique

Pour les radiateurs de refroidissement, le refroidisseur d'huile peut également être un composant à part. Les différents éléments sont assemblés et c'est ce qui donne sa forme au radiateur de refroidissement. Le refroidissement se fait via les ailettes de refroidissement (faisceau) ; l'air qui circule évacue la chaleur du liquide de refroidissement. Le liquide de refroidissement s'écoule du haut vers le bas (écoulement vertical) ou en suivant un flux transversal (de droite à gauche, ou inversement). Les deux versions doivent avoir suffisamment de temps et une coupe transversale suffisante pour que l'air crée un refroidissement efficace du liquide de refroidissement.



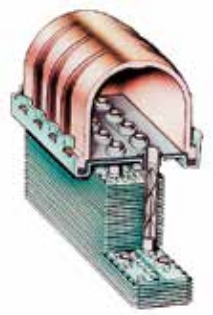
1 Réservoir d'eau
2 Refroidisseur d'huile
3 Joints
4 Ailettes de refroidissement (faisceau)
5 Joues latérales
6 Fond
7 Tube de refroidissement

Formes

Il existe deux formes typiques : brasé et assemblé mécaniquement. Ces deux constructions sont utilisées pour les radiateurs à écoulement vertical. Les premiers radiateurs étaient équipés de réservoirs d'eau en laiton, avant d'en venir aux réservoirs en plastique. Les radiateurs à flux transversal sont 40 % plus petits que leurs homologues à écoulement vertical et sont utilisés dans les VP actuels nécessitant une structure plus plate. Les réservoirs d'eau sont fixés et scellés à l'aide d'un sertissage ondulé développé par MAHLE. Le sertissage par recouvrement est un autre type de fixation utilisé. Les radiateurs à écoulement vertical sont utilisés dans les VP hauts (véhicules tout-terrain, etc.) et les véhicules utilitaires. Lors de la fabrication, on fait la distinction entre deux méthodes de production : les pièces peuvent être assemblées mécaniquement ou brasées. Les données de performance des deux procédés de fabrication sont pratiquement identiques. La version assemblée mécaniquement est juste plus légère. À terme, ce sont les constructeurs automobiles qui décident du procédé utilisé en série.

La géométrie des tuyaux/ailettes du radiateur est décisive pour leur efficacité. Il faut donc tenir compte de l'espace disponible dans le véhicule.

Brasé



Assemblé mécaniquement

Radiateur tout aluminium

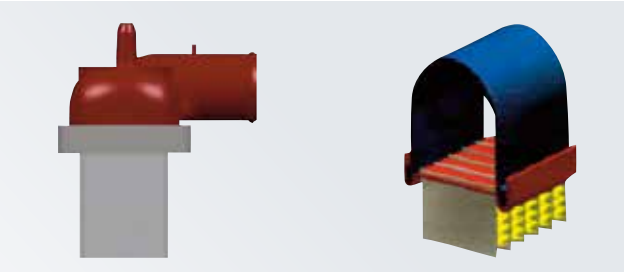
Radiateur tout aluminium

Comme on le voit ici, la conception tout aluminium réduit considérablement la profondeur du faisceau. Ce type de radiateur permet de limiter la profondeur totale du module de refroidissement ; par exemple, le radiateur tout aluminium de l'Audi A8 est 11 % plus léger et a une profondeur inférieure de 20 mm.

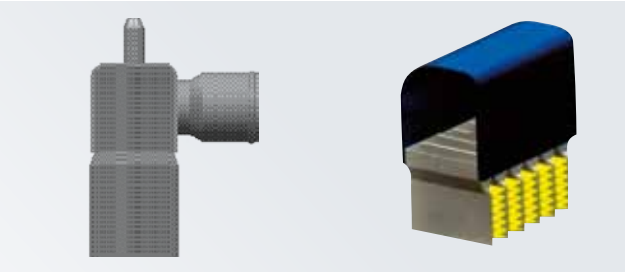
Ce type de radiateur offre les caractéristiques suivantes :

- pas de fond supérieur,
- profondeur du faisceau égale à celle du radiateur,
- réduction du poids de 5–10 %,
- résistance en service accrue,
- pression d'éclatement de 5 bars,
- complètement recyclable,
- réduction des dommages liés au transport (trop-plein),
- possibilité d'utiliser différents types de tubes,
- tube rond pour rendement supérieur avec plaque de turbulence,
- tube ovale (surface de refroidissement supérieure),
- tube plat, fabrication mécanique, caisson (encore plus de surface et une seule rangée nécessaire),
- tube plat, brasé, sans flux de brasage (meilleur refroidissement, ailettes entièrement en contact), mais très coûteux,
- utilisation d'un alliage aluminium spécial (faisceau),
- température 600–650 °C puis refroidissement à environ 130 °C (les tensions sont compensées).

Cette comparaison indique la différence entre un radiateur à fond standard et un radiateur de refroidissement tout aluminium. On voit clairement que la profondeur totale est considérablement réduite. Cela permet une installation peu encombrante dans un module de refroidissement moderne.



Profondeur du faisceau : 40 mm ; profondeur totale : 63,4 mm



Profondeur du faisceau : 40 mm ; profondeur totale : 40 mm

Vase d'expansion pour véhicules utilitaires

Vase d'expansion (réservoir de trop-plein)

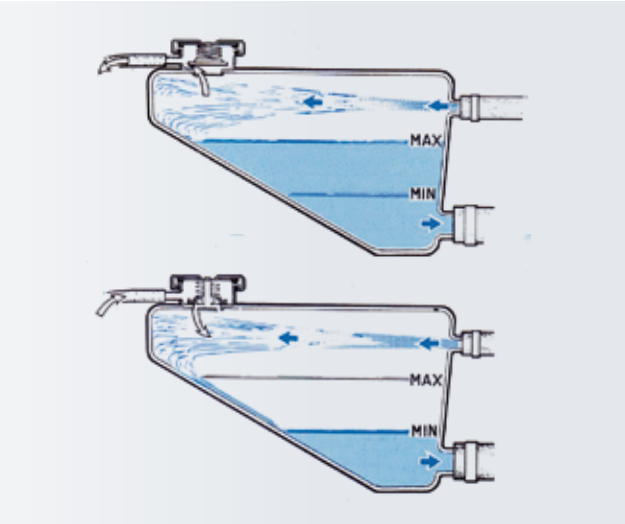
Pour éviter la surchauffe locale des composants, un circuit de refroidissement sans bulles d'air est indispensable. Le liquide de refroidissement entre à grande vitesse dans le réservoir et en ressort à vitesse réduite (diamètres de tubulures différents).

En comparaison, les vases d'expansion des véhicules utilitaires possèdent 3 compartiments et une grande quantité d'eau, par exemple un volume de liquide de refroidissement de 8 litres. Le vase d'expansion sert à absorber le liquide de refroidissement dilaté provenant du circuit de refroidissement. La pression s'échappe par une soupape, ce qui permet de maintenir la pression du système à une valeur prédéfinie.

Vase d'expansion pour VP

Fonctionnement

Une température de liquide de refroidissement élevée entraîne une montée de la pression dans le système de refroidissement car le liquide de refroidissement se dilate. Le liquide de refroidissement est comprimé dans le réservoir et la pression y augmente. Le limiteur de pression du couvercle de fermeture s'ouvre et laisse s'évacuer l'air. Lorsque la température du liquide de refroidissement revient à la normale, une dépression se crée dans le circuit de refroidissement. Le liquide de refroidissement est aspiré du réservoir. Cela entraîne également une dépression dans le réservoir, qui entraîne l'ouverture de la soupape de compensation de dépression dans le couvercle de fermeture. L'air pénètre dans le réservoir jusqu'à ce que la pression soit compensée.



Fonctionnement du vase d'expansion

Thermostat à commande électronique avec élément en cire

Thermostat

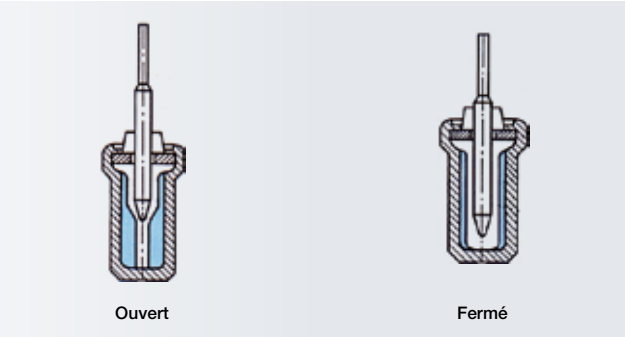
Les thermostats contrôlent la température du liquide de refroidissement ainsi que celle du moteur. Les thermostats mécaniques n'ont pas beaucoup changé avec les années et continuent à être installés. Ils fonctionnent grâce à un élément en cire qui se dilate et ouvre une soupape qui renvoie le liquide de refroidissement vers le radiateur de refroidissement pour le refroidir. Le thermostat s'ouvre à une température précise prédéfinie pour le système et qui ne doit pas être modifiée. Les thermostats à commande électronique sont régulés par la commande moteur et s'ouvrent en fonction du régime du moteur. Les régulateurs de température à commande électronique contribuent à réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz polluants grâce à l'amélioration du rendement moteur mécanique.

Avantages :

- diminution de la consommation de carburant d'environ 4 %,
- réduction des émissions polluantes,
- amélioration du confort (grâce à l'amélioration de la puissance thermique),
- prolongation de la durée de vie du moteur,
- maintien des conditions de flux et thermodynamiques,
- régulation de la température en fonction des besoins,
- changement de température très rapide,
- augmentation de l'encombrement minime (< 3 %).

Fonctionnement

La pastille de cire fond lorsqu'elle est chauffée à plus de 80 °C, ce qui augmente son volume et déplace le boîtier métallique sur le piston. Le thermostat ouvre le circuit de refroidissement et ferme en même temps le circuit de dérivation. Lorsque la température redescend en-dessous de 80 °C, la pastille de cire se resolidifie et un ressort de rappel remet le boîtier métallique en position de départ. Le thermostat bloque la circulation vers le radiateur et le liquide de refroidissement redescend directement vers le moteur via le conduit de dérivation.



Thermostat avec élément en cire

Pompe à liquide de refroidissement

Pompes à liquide de refroidissement

Les pompes à liquide de refroidissement acheminent le liquide de refroidissement à travers le circuit et font monter la pression. Les pompes à liquide de refroidissement ont également subi des améliorations techniques, mais de nombreux VP et PL du marché sont encore équipés de pompes à liquide de refroidissement entraînées par une courroie. Les pompes à liquide de refroidissement à commande électronique sont la toute dernière génération de pompes. Elles sont actionnées en fonction des besoins, tout comme le compresseur du circuit de climatisation. Cela permet d'atteindre une température de service optimale.

Kit de courroie synchrone avec pompe à liquide de refroidissement

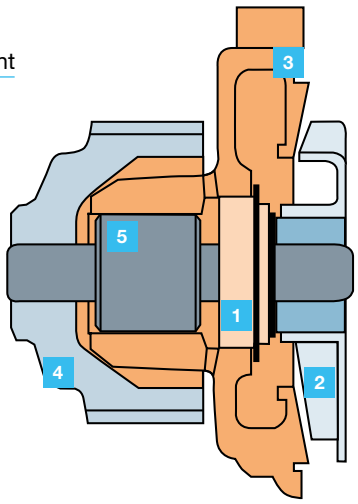
1 Joint à anneau coulissant axial

2 Turbine de ventilateur

3 Carter

4 Pignon d'entraînement

5 Palier à roulement



Les pompes à liquide de refroidissement sont constituées de cinq modules principaux

Le pignon d'entraînement et la turbine de ventilateur sont placés sur un arbre commun. Un joint à anneau coulissant assure l'étanchéité de l'arbre de la pompe vers l'extérieur. Le mouvement rotatif de la turbine de ventilateur achemine le liquide de refroidissement à travers le système de refroidissement.

La durée de vie d'une pompe à liquide de refroidissement est fortement influencée par les facteurs suivants :

- montage conforme,
- entretien et maintenance du circuit de refroidissement,
- qualité du liquide de refroidissement,
- état et bon fonctionnement de la courroie de transmission et des blocs auxiliaires.

Pompe à liquide de refroidissement électrique

Pompes à liquide de refroidissement électriques

Les pompes à liquide de refroidissement mécaniques directement entraînées par le moteur pompent le liquide de refroidissement lorsque le moteur tourne, même quand il n'y a pas besoin de refroidissement. À l'inverse, les pompes à liquide de refroidissement électriques, grâce à leur régulation électronique intégrée, s'enclenchent en continu en fonction de la capacité de refroidissement nécessaire. Elles peuvent être utilisées comme pompes principales, pompes de dérivation ou pompes de circulation et travaillent indépendamment du moteur et en fonction des besoins.

Lors du démarrage à froid, la pompe à liquide de refroidissement électrique ne commence pas immédiatement à pomper le liquide de refroidissement. Le moteur atteint donc plus rapidement sa température de service. Au ralenti ou après l'arrêt du moteur, la pompe à liquide de refroidissement électrique peut fournir suffisamment de capacité de refroidissement, car elle n'est pas couplée au régime du moteur. Ce refroidissement moteur en fonction des besoins réduit les besoins en puissance et ainsi les pertes dues au frottement et à la consommation de carburant. Les pompes à liquide de refroidissement électriques contribuent donc à la réduction des émissions dans les systèmes de refroidissement modernes.

Un autre avantage réside dans le fait que les pompes à liquide de refroidissement électriques peuvent être installées séparément du moteur. Elles sont relativement légères et ne nécessitent que peu d'entretien grâce à leur conception sans balais. Avec une tension de service de 12–360 V, elles atteignent à l'heure actuelle une puissance de 15–1 000 W. Le moteur électrique de la pompe à liquide de refroidissement est refroidi par le liquide de refroidissement. La régulation en continu s'effectue grâce à l'activation par signal à modulation de largeur d'impulsions (MLI). Le débit peut ainsi être régulé indépendamment du régime moteur, en fonction des besoins réels, et la température du liquide de refroidissement peut être maintenue constante et adaptée au système. Grâce à l'intégration dans l'électronique du réseau de bord, les pompes à liquide de refroidissement électriques peuvent être diagnostiquées. Suivant le type d'entraînement (moteur à combustion, hybride, électrique) et le type de système, une ou plusieurs pompes peuvent être montées dans le véhicule.

Pompe à liquide de refroidissement électrique pour BMW

Les pompes à liquide de refroidissement électriques ont de nombreux domaines d'application :

- refroidissement moteur,
- refroidissement de l'air de suralimentation,
- refroidissement de la recirculation des gaz d'échappement,
- refroidissement de l'entraînement et de la batterie des véhicules hybrides et électriques,
- refroidissement de la transmission,
- refroidissement de divers entraînements auxiliaires.

Échangeur de chaleur habitacle

Échangeur de chaleur habitacle

L'échangeur de chaleur fournit de la chaleur acheminée jusqu'à l'habitacle par le flux d'air de la ventilation. Lorsque le véhicule est équipé d'une climatisation, ce qui est aujourd'hui le cas la plupart du temps, sa commande crée un mélange d'air froid et chaud. 3 facteurs sont réunis : chaleur, froid et commande correspondante = climatisation de l'habitacle.

Caractéristiques d'un échangeur de chaleur tout aluminium :

- complètement recyclable,
- garantie de la température souhaitée dans l'habitacle,
- échangeur de chaleur brasé de type tout aluminium,
- encombrement réduit dans l'habitacle,
- puissance thermique élevée,
- fonds brasés et non agrafés,
- installé dans le boîtier de chauffage,
- système tuyaux-ailettes,
- les ouïes des ailettes augmentent la performance,
- conception dernière génération, comme pour les radiateurs de refroidissement : tout aluminium.

Échangeur de chaleur tout aluminium

Ventilateur de radiateur

Le ventilateur de radiateur de refroidissement sert à transporter l'air ambiant dans le radiateur de refroidissement et à travers le moteur. Il est entraîné par la courroie ou par un moteur à régulation électrique dans le cas des ventilateurs électriques. Le ventilateur Visco® est principalement utilisé pour les poids lourds, mais on le retrouve également dans certains VP. Le ventilateur de radiateur garantit un flux d'air suffisant pour refroidir le liquide de refroidissement. Le volume d'air des ventilateurs entraînés par courroie dépend du régime moteur. Ces ventilateurs sont différents des ventilateurs de condenseur car ils sont actionnés en continu. Le ventilateur Visco® est commandé par la température de service.

Ventilateur Visco®

Fonctionnement

Seuil d'activation à env. 80 °C. Rempli d'huile de silicone servant de fluide d'entraînement (30–50 ml), activé par bimétal et enclenché par la tige.

Historique

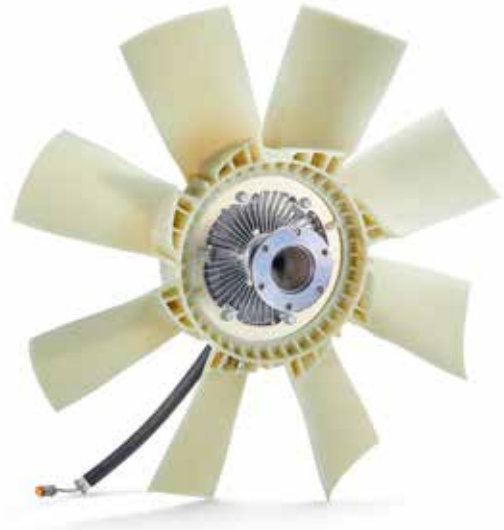
Lorsqu'il est rigide (entraîné en permanence), il nécessite une énergie élevée (ch), il est bruyant et consomme beaucoup. Les ventilateurs électriques (VP), en revanche, consomment moins, sont silencieux et ont un besoin réduit en énergie. Ils ont été développés dans l'objectif de réduire la consommation et le bruit, par ex. grâce à l'utilisation d'un ventilateur de gaine.

Le développement du Visco®-coupleur électronique a permis les perfectionnements suivants :

- régulation en continu,
- régulation grâce à des capteurs,
- traitement des données par le régulateur, par ex. liquide de refroidissement, huile, air de suralimentation, régime moteur, ralentisseur, climatisation.

On obtient ainsi un refroidissement adapté aux besoins, une amélioration du niveau de la température du liquide de refroidissement, une diminution du bruit et de la consommation de carburant. Dans le domaine des VP, les ventilateurs étaient autrefois composés de 2 parties : le Visco®-coupleur et l'hélice étaient vissés. Ils sont aujourd'hui enroulés l'un dans l'autre et ne sont donc plus réparables.

Il y a tout juste 50 ans, BEHR mettait au point les ventilateurs Visco® et déposait la marque Visco®. Depuis la participation majoritaire de MAHLE au capital de BEHR et le transfert des droits sur la marque, les produits Visco® sont produits et commercialisés sous la marque MAHLE. Seuls les ventilateurs et coupleurs de ce type produits par MAHLE peuvent être commercialisés avec la mention Visco®.



Ventilateur Visco® complet (coupleur et hélice)

Visco®-coupleur

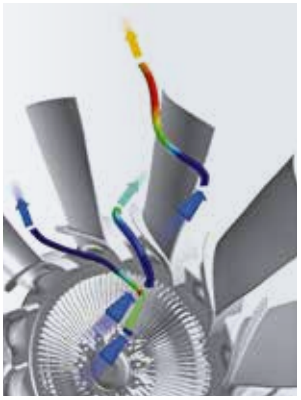
Le Visco®-coupleur électronique

Le disque principal et la bride d'entrainement transmettent la puissance du moteur. Le ventilateur y est également étroitement lié. L'huile de silicone qui circule cause la transmission de couple des deux modules. Le levier de soupape permet de commander le circuit d'huile entre le compartiment de réserve et le compartiment de travail.

Le flux d'huile de silicone entre le compartiment de réserve et le compartiment de travail, et inversement, a lieu entre deux orifices, l'orifice de retour dans le carter et l'orifice d'alimentation dans le disque principal.

Le levier de soupape commande l'unité de contrôle du moteur à l'aide d'impulsions sur le module magnétique. Le capteur Hall détermine la vitesse réelle du ventilateur et transmet l'information à l'unité de contrôle du moteur. Un régulateur conduit un courant de commande synchronisé vers le module magnétique qui commande le levier de soupape qui, à son tour, contrôle le débit et la quantité d'huile. Plus il y a d'huile de silicone dans le compartiment de travail, plus la vitesse du ventilateur est élevée. Si le compartiment de travail est vide, le ventilateur tourne au ralenti et un glissement d'environ 5 % se produit à l'entraînement.

Visco®-coupleur



Guidage de l'air par l'hélice du ventilateur

Visco®-coupleur à régulation électronique avec ventilateur

Ventilateur de radiateur électrique avec châssis

Ventilateur de radiateur électrique

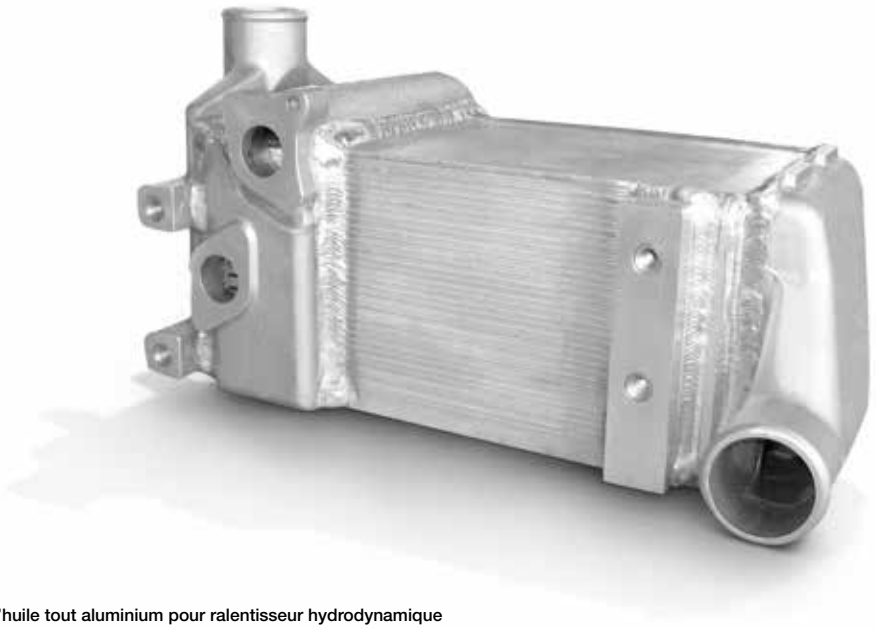
Les VP sont principalement équipés de ventilateurs électriques. Ils sont souvent utilisés comme ventilateurs aspirants, et parfois comme ventilateurs de poussée. Lorsque le ventilateur est en marche, un flux d'air plus important passe dans le radiateur du moteur, ce qui garantit une régulation optimale de la température du liquide de refroidissement peu importe la condition de fonctionnement du véhicule. En général, d'autres radiateurs (par ex. air de suralimentation, direction, carburant, condenseur) se trouvent à l'avant du véhicule ; leurs fluides (air, huile, carburant, liquide de refroidissement) sont également refroidis par des ventilateurs électriques.

Le ou les ventilateurs (ventilateur double) sont commandés par le pressostat, la commande thermostatique ou un module de commande. Cela permet de régler la vitesse du ventilateur en fonction des conditions de fonctionnement, de façon progressive (interrupteur) ou en continu (modulation de largeur d'impulsions). Dans les ventilateurs à régulation électronique, le module de commande se trouve souvent à proximité du ventilateur. Un appareil de diagnostic/oscilloscope permet de lire les codes défauts ou de contrôler la commande.

Parmi les causes de panne possibles, on compte des dommages mécaniques (chocs, paliers endommagés, rampe de guidage cassée) et des défauts électriques (faux contact, court-circuit, interrupteur/module de commande défectueux).

Le ou les ventilateurs de radiateur électriques sont en général montés sur un déflecteur de ventilateur, qui a pour mission de guider vers le ventilateur l'air passant dans le radiateur de façon ciblée et en évitant au maximum les pertes de pression. Pour cette raison, le déflecteur de ventilateur est aussi fixé le plus près possible du radiateur.

Autres systèmes de refroidissement



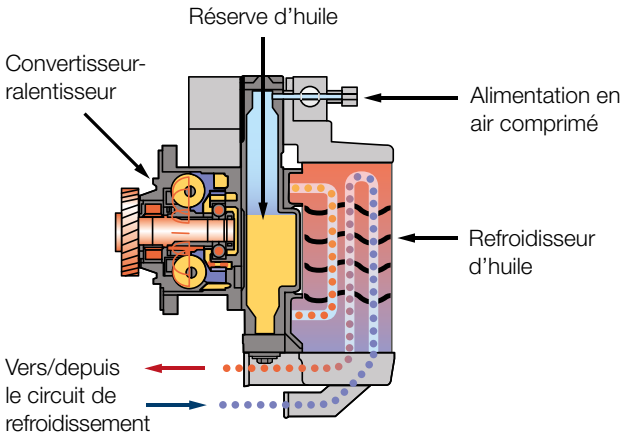
Refroidisseur d'huile tout aluminium pour ralentisseur hydrodynamique

Refroidisseur d'huile pour moteur, transmission et ralentisseur hydrodynamique

Le refroidissement et le réchauffement rapide de l'huile moteur et de transmission (par ex. transmission automatique, ralentisseur) sont garantis par un refroidisseur intégré au réservoir d'eau ou fixé sur ce dernier (moteur ou transmission). Il peut s'agir de refroidisseurs d'huile à tube ou à plaques rondes tout aluminium ou acier.

Avantages :

- refroidissement d'huiles fortement sollicitées sur le plan thermique,
- allongement des intervalles de vidange, prolongation de la durée de vie du moteur,
- moins encombrant et moins lourd grâce au corps tout aluminium,
- compact grâce aux plaques empilées performantes offrant une grande surface de refroidissement.



Ralentisseur avec refroidisseur d'huile intégré

Radiateur de direction assistée

Refroidisseur de carburant

Refroidissement de la direction assistée

L'huile de direction assistée doit également être refroidie pour ne pas affecter le degré d'efficacité de la direction assistée. Sinon, la direction deviendrait soit trop dure, soit trop souple.

Caractéristiques :

- tout aluminium, avec bornes à connexion rapide,
- pression supérieure à 8 bars avec une température d'arrivée d'huile de –40 °C à +160 °C,
- pression d'essai de 20 bars avec une pression d'éclatement de 50 bars.

Refroidissement du carburant

Le refroidissement du carburant est principalement utilisé pour les moteurs diesel. Le carburant est refroidi pour baisser la température d'arrivée à la buse d'injection ou au système d'injection directe à rampe commune. Autrement, la pression élevée ferait augmenter de façon exagérée la température du carburant. Une augmentation exagérée de la température du carburant nuit à la puissance du moteur à cause d'une combustion trop précoce dans la chambre de combustion.

Refroidisseur d'air de suralimentation

Refroidissement de l'air de suralimentation

Les tendances visant à l'augmentation du rendement du moteur et au downsizing entraînent une augmentation du nombre de moteurs suralimentés, dans lesquels la suralimentation a aujourd'hui lieu à l'aide d'air de suralimentation refroidi. La densité supérieure de l'air de suralimentation permet d'augmenter la puissance et le degré d'efficacité du moteur. Mais il n'y a pas que le nombre de moteurs suralimentés qui augmente. La législation imposant une réduction constante de la consommation et des émissions, les exigences relatives à la capacité de refroidissement de l'air de suralimentation sont également en hausse. Elles peuvent être atteintes en refroidissant l'air de suralimentation par le liquide de refroidissement au lieu de l'air. Cette technologie coûteuse était jusqu'ici réservée aux véhicules particuliers du segment premium. De nouvelles évolutions permettent également de réguler le refroidissement de l'air de suralimentation. Cela permet de diminuer les émissions de NO_x et de HC, et ainsi d'augmenter l'efficacité du traitement des gaz d'échappement. En plus de l'augmentation de la capacité de refroidissement, le refroidissement de l'air de suralimentation est soumis à une autre exigence : la régulation de la température de l'air de processus du moteur grâce à la régulation du refroidissement de l'air de suralimentation. La régulation de la température est nécessaire due à l'augmentation des exigences en matière de traitement des gaz d'échappement. La température de l'air de suralimentation joue alors un rôle crucial. Par conséquent, le refroidissement de l'air de suralimentation par le liquide de refroidissement offre également des avantages décisifs pour les véhicules utilitaires.

Types :

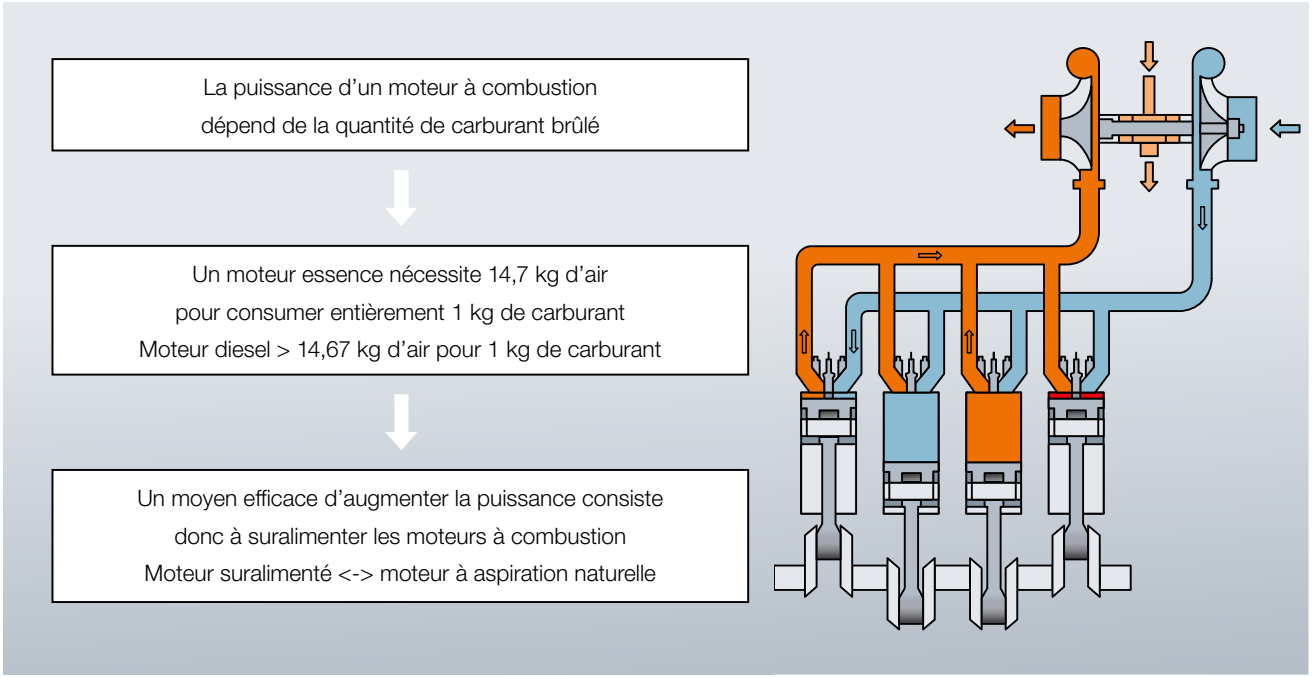
Refroidissement par air et par liquide de refroidissement, ainsi que direct et indirect.

Mission :

Augmentation de la puissance du moteur grâce à la suralimentation (plus d'air de combustion, teneur en oxygène supérieure).

Caractéristiques :

- capacité de refroidissement dynamique supérieure,
- degré d'efficacité du moteur amélioré grâce à une densité accrue de l'air de suralimentation,
- température de combustion réduite, d'où moins d'émissions,
- moins d'oxyde d'azote de –40 °C à +160 °C,
- pression d'essai de 20 bars avec une pression d'éclatement de 50 bars.



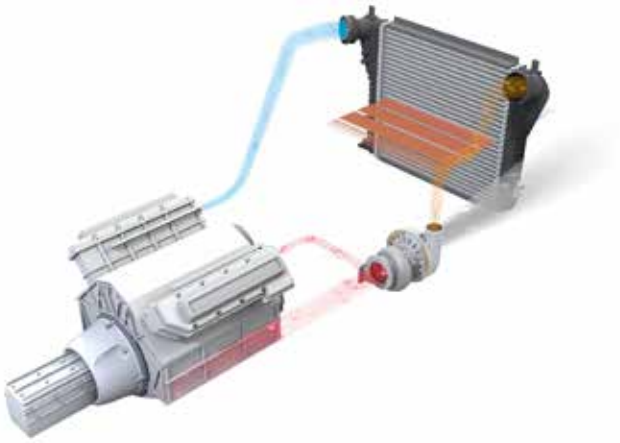
Suralimentation par turbocompresseur

Principe : suralimentation par turbocompresseur

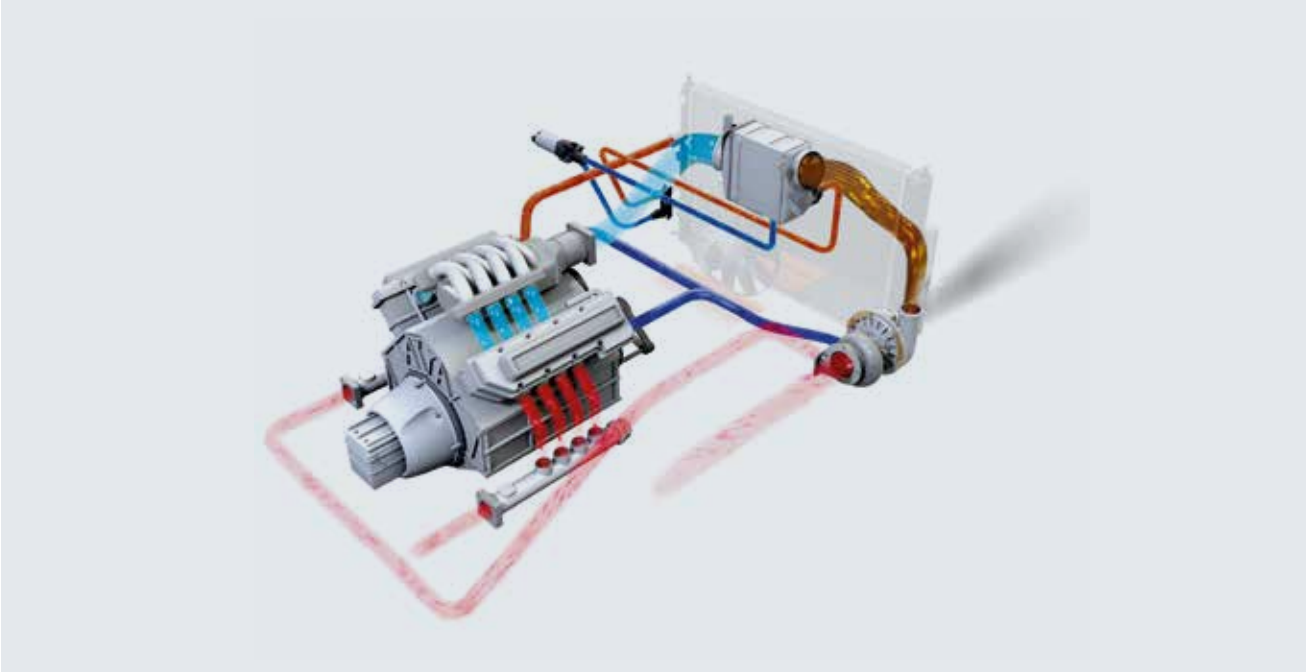
La puissance d'un moteur à combustion dépend de la quantité de carburant brûlé. Un moteur essence nécessite 14,7 kg d'air pour consumer entièrement 1 kg de carburant. C'est ce qu'on appelle le rapport stœchiométrique. Un moyen efficace d'augmenter la puissance consiste à suralimenter les moteurs à combustion.

Exigences : augmenter la capacité de refroidissement

Dans les véhicules particuliers, le besoin grandissant en capacité de refroidissement se heurte aux limitations croissantes de l'espace disponible à l'avant du véhicule. Aujourd'hui, les refroidisseurs d'air de suralimentation compacts dominent encore le marché. Une des solutions au problème de profondeur réduite est d'agrandir le refroidisseur d'air de suralimentation compact pour en faire un refroidisseur plat monté avant le radiateur de refroidissement, comme c'est la norme pour les poids lourds. L'utilisation de ce type de refroidisseurs est donc en augmentation. Toutefois, cette solution reste impossible dans de nombreux véhicules car l'espace nécessaire est déjà attribué ou n'est plus disponible à cause d'autres exigences, notamment le système de protection des piétons. Ce conflit entre espace et besoin de rendement peut être réglé en utilisant deux nouveaux systèmes : le refroidissement préliminaire de l'air de suralimentation et le refroidissement indirect de l'air de suralimentation.



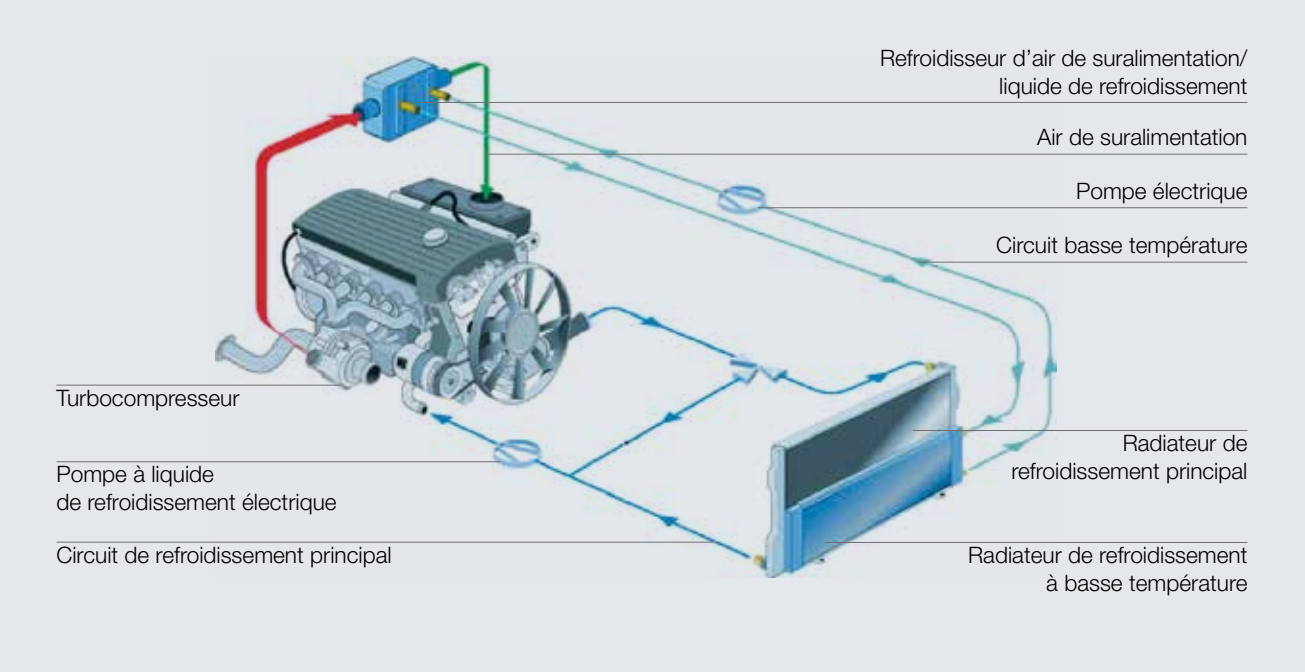
Guidage de l'air de suralimentation avec un refroidissement direct air de suralimentation/air (exemple)



Guidage de l'air de suralimentation avec un refroidissement direct air de suralimentation/liquide de refroidissement (exemple)

Prérefroidisseur d'air de suralimentation

L'utilisation du nouveau prérefroidisseur d'air de suralimentation, alimenté avec du liquide de refroidissement provenant du circuit moteur, permet de déplacer une partie de la chaleur dissipée de l'air de suralimentation du refroidisseur d'air de suralimentation vers le radiateur de refroidissement. La chaleur dissipée de l'air de suralimentation supplémentaire liée à l'augmentation de la puissance étant évacuée par le prérefroidisseur, on peut conserver un refroidisseur d'air de suralimentation en forme de bloc. Le prérefroidisseur d'air de suralimentation, qui est également un radiateur compact, est placé entre le turbocompresseur et le refroidisseur d'air de suralimentation/air. Le prérefroidissement de l'air de suralimentation permet d'augmenter considérablement la performance d'un concept existant. L'encombrement nécessaire d'un refroidisseur d'air de suralimentation/liquide de refroidissement représente 40–60 % de celui d'un refroidisseur d'air de suralimentation/air.



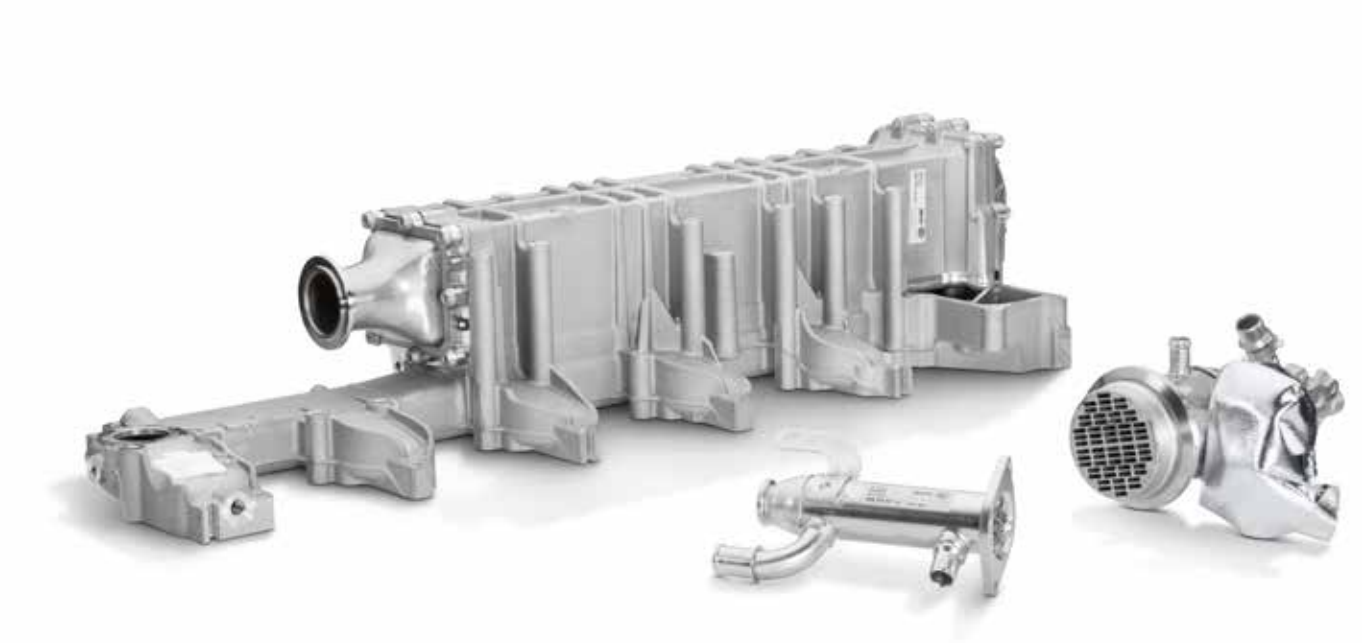
Circuit de refroidissement indirect de l'air de suralimentation

Refroidissement indirect de l'air de suralimentation

La seconde stratégie pour répondre au conflit entre encombrement et performance est de recourir au refroidissement indirect de l'air de suralimentation. Dans les VP, ce système de refroidissement se compose généralement d'un circuit de refroidissement complet, indépendant du circuit de refroidissement moteur. Ce circuit comprend un radiateur de refroidissement à basse température et un refroidisseur d'air de suralimentation/liquide de refroidissement. La chaleur dissipée de l'air de suralimentation est tout d'abord transférée vers le liquide de refroidissement avant d'être évacuée vers l'air ambiant par le radiateur de refroidissement à basse température. Il est installé à l'avant du véhicule, là où se trouve le refroidissement courant par air de l'air de suralimentation. Le radiateur basse température étant beaucoup moins volumineux qu'un refroidisseur d'air de suralimentation/air comparable, cela libère de l'espace à l'avant du véhicule. On supprime également les conduits d'air de suralimentation volumineux entre l'avant du véhicule et le moteur. Cette solution simplifie fortement l'agencement sous le capot, ce qui améliore donc l'écoulement de l'air de refroidissement dans le compartiment moteur.

En comparaison avec le prérefroidissement de l'air de suralimentation (direct), le refroidissement indirect a les effets positifs suivants :

- forte réduction de la perte de pression de l'air de suralimentation,
- dynamique moteur améliorée grâce au volume d'air de suralimentation réduit,
- capacité de refroidissement dynamique supérieure,
- meilleur rendement moteur grâce à l'augmentation de la densité de l'air de suralimentation.



Différents types de refroidisseurs RGE

Refroidisseur pour la recirculation des gaz d'échappement (RGE)

Le refroidissement de la recirculation des gaz d'échappement (RGE) permet de respecter les valeurs limites Euro 6 en matière d'émissions d'oxydes d'azote (NO_x). Une partie du flux principal des gaz d'échappement entre le tuyau d'échappement coudé et le turbocompresseur est prélevée, refroidie dans un échangeur de chaleur spécial (refroidisseur RGE) puis renvoyée vers l'air d'admission. Cela permet de faire baisser la température de combustion dans le moteur et de réduire la formation d'oxydes d'azote.

Le refroidisseur RGE est fabriqué en acier inoxydable ou en aluminium et dispose de plusieurs raccordements par lesquels les gaz d'échappement chauds et le liquide de refroidissement pénètrent dans le refroidisseur. Une fois que les gaz d'échappement ont été refroidis dans le refroidisseur, ils en sortent et sont guidés en quantité dosée vers le système d'aspiration, puis amenés dans la chambre de combustion. Les émissions d'oxydes d'azote sont ainsi réduites avant le catalyseur. Des actionneurs pneumatiques et/ou électriques sont montés sur le refroidisseur RGE et chargés de le commander.

Le refroidisseur RGE n'est certes pas une pièce d'usure classique, mais des défauts liés par ex. à des variations extrêmes de température ou à des additifs manquants ou agressifs dans le liquide de refroidissement peuvent entraîner des fuites internes ou externes. Une panne des actionneurs est donc possible.

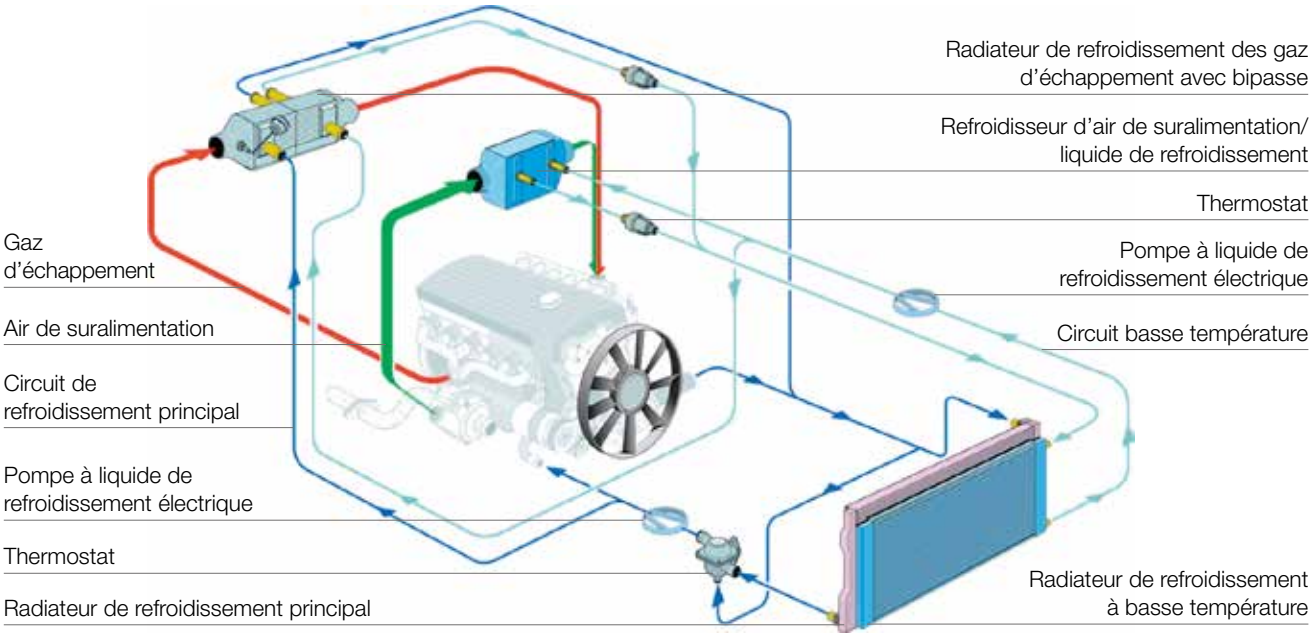
Refroidisseur RGE

Air d'admission et gestion thermique

Régulation thermique de l'air pour la combustion dans le moteur

Après un démarrage à froid et en cas de températures extérieures extrêmement basses durant le trajet, il peut être utile d'arrêter le refroidissement de l'air de suralimentation. Le moteur et le catalyseur atteignent ainsi plus rapidement leur température de service optimale, ce qui limite les émissions de démarrage à froid, en particulier les hydrocarbures (HC). Avec un refroidisseur d'air de suralimentation/air, cela s'avère très compliqué et possible uniquement grâce à un bipasse du côté air de suralimentation. Avec un refroidissement indirect de l'air de suralimentation, en revanche, un simple réglage du débit de liquide de refroidissement permet non seulement d'arrêter le refroidissement de l'air de suralimentation, mais aussi de réguler sa température. La connexion entre le circuit de refroidissement de l'air de suralimentation et le circuit de refroidissement moteur, combinée à une régulation intelligente du débit de liquide de refroidissement, permet de renforcer le refroidissement indirect de l'air de suralimentation pour réguler la température. Le refroidisseur d'air de suralimentation peut ainsi être traversé soit par le liquide de refroidissement chaud du circuit moteur ou par le liquide de refroidissement plus froid du circuit basse température.

La régulation de la température de l'air de suralimentation est importante pour le traitement des gaz d'échappement par les filtres à particules et les catalyseurs. Les gaz d'échappement de ces deux systèmes doivent avoir une certaine température minimale définie pour pouvoir fonctionner correctement. Pour le catalyseur, la température minimale est la même que sa température d'amorçage ; pour le filtre à particules, elle doit correspondre à la température de régénération nécessaire pour une combustion de la suie accumulée. Lorsque le véhicule roule en charge partielle (trafic urbain, arrêt-démarrage), ces températures des gaz d'échappement ne sont pas toujours atteintes. Dans ce cas également, les émissions peuvent être réduites en arrêtant le refroidissement, voire en réchauffant l'air de suralimentation, car ces deux actions augmentent la température des gaz d'échappement. La façon la plus simple d'utiliser ces deux options est de recourir au refroidissement indirect de l'air de suralimentation.



Sous-systèmes de la gestion thermique de l'air d'admission (GTAA)

Refroidissement indirect de l'air de suralimentation

Le refroidissement de l'air de suralimentation augmente la densité de l'air dans le cylindre et réduit la température de combustion. Avec la GTAA, l'air de suralimentation n'est pas refroidi comme d'habitude par l'air, mais par un liquide de refroidissement, un mélange d'eau et de glycol utilisé également pour refroidir le moteur. La chaleur dissipée de l'air de suralimentation est tout d'abord transférée vers le liquide de refroidissement avant d'être évacuée vers l'air ambiant par un radiateur de refroidissement à basse température.

Le refroidissement indirect de l'air de suralimentation offre les avantages suivants :

- meilleure capacité de refroidissement qu'avec le refroidissement par air traditionnel,
- taux de remplissage des cylindres supérieur grâce à la réduction de la perte de charge d'air de suralimentation,
- refroidissement de l'air de suralimentation plus rapide grâce à la proximité entre le moteur et le refroidisseur.

Refroidissement de la recirculation des gaz d'échappement

Elle entraîne une réduction de la concentration d'oxygène dans le cylindre, ce qui fait baisser la température et la vitesse de combustion. La gestion thermique de l'air d'admission (GTAA) est adaptée pour la recirculation des gaz d'échappement haute et basse pression. Lors de la recirculation des gaz d'échappement haute pression, les gaz d'échappement sont prélevés avant le turbocompresseur, refroidis dans le refroidisseur des gaz d'échappement, puis mélangés à l'air de suralimentation. Si l'air d'admission doit être réchauffé pour améliorer le traitement des gaz d'échappement, le refroidisseur des gaz d'échappement est contourné à l'aide du bipasse. La recirculation des gaz d'échappement basse pression est une solution d'avenir. Dans ce cas, les gaz d'échappement ne sont pas prélevés avant le turbocompresseur (recirculation des gaz d'échappement haute pression) mais après ce dernier ainsi qu'après le filtre à particules. Ils sont ensuite refroidis et mélangés à l'air de suralimentation avant le compresseur du turbocompresseur.

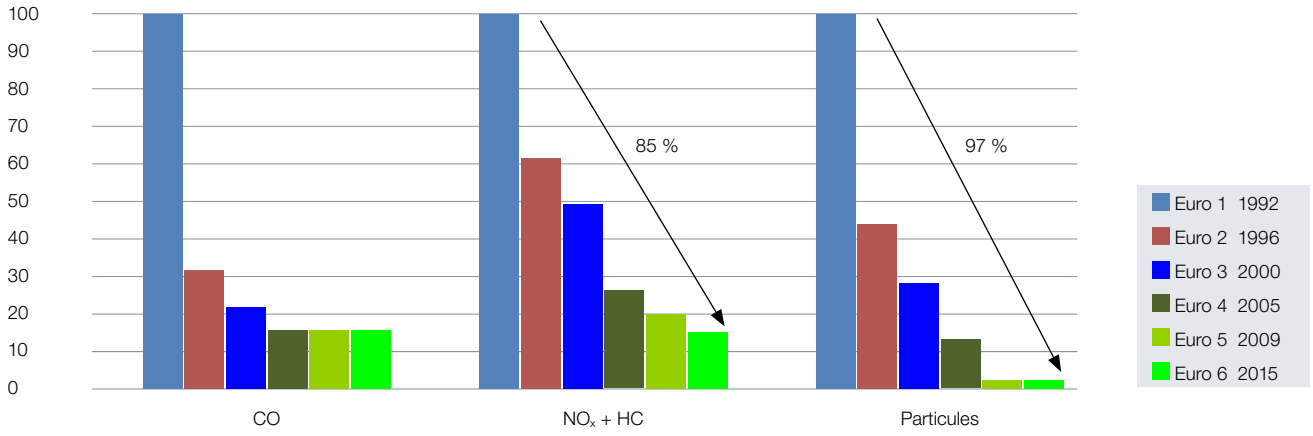
Préchauffage de l'air de suralimentation

L'air d'admission peut être réchauffé de quatre façons avec la GTAA : en arrêtant le refroidissement de l'air de suralimentation, ou des gaz d'échappement, en combinant les deux ou en préchauffant l'air de suralimentation. Pour le chauffage, une partie du flux du liquide de refroidissement est déviée du circuit de refroidissement moteur vers le refroidisseur d'air de suralimentation. Des tests sur un banc d'essai à pression moyenne effective de 2 bars avec un groupe moteur diesel 2 litres ont permis de mesurer les différentes températures des gaz d'échappement après la turbine, températures obtenues avec les méthodes mentionnées ci-dessus, en faisant varier les températures de l'air d'admission. L'arrêt du refroidissement de l'air de suralimentation donne la plus faible augmentation de la température des gaz d'échappement : env. 6 °C. Lorsque l'air de suralimentation a été chauffé avec un liquide de refroidissement moteur lui-même à environ 85 °C (température du thermostat), la température des gaz d'échappement a atteint, après la turbine, env. 16 °C. Le potentiel maximal lié au chauffage devrait se situer à 20 °C. C'est l'arrêt du refroidissement des gaz d'échappement (refroidisseur des gaz d'échappement commutable) qui a entraîné la plus forte hausse de température, pour atteindre env. 57 °C. Combiné au chauffage de l'air de suralimentation, la température des gaz d'échappement peut augmenter pour même dépasser 70 °C. Avec une pression moyenne effective de 4 bars, on peut même atteindre 110 °C environ.

Euro 6 et ses implications

Pour les VP diesel, la norme Euro 6 exige une diminution toujours plus sévère des émissions d'hydrocarbures (HC), d'oxydes d'azote (NO_x) et de particules par rapport à Euro 4 et Euro 5. La régulation de la température de l'air d'admission du moteur est de plus en plus importante pour atteindre ces objectifs. La gestion thermique de l'air d'admission (GTAA) développée par MAHLE réduit la production d'émissions, soutient le traitement des gaz d'échappement et facilite la régénération du filtre à particules. De plus, les synergies entre les sous-systèmes de la GTAA permettent de réduire la capacité de refroidissement installée nécessaire par rapport aux systèmes actuels, ce qui économise du carburant et de l'espace.

Émissions de gaz d'échappement pour les VP diesel



Principe de fonctionnement de la gestion thermique de l'air d'admission (GTAA)

La GTAA regroupe trois sous-systèmes : le refroidissement indirect de l'air de suralimentation, le refroidissement de recirculation des gaz d'échappement et le refroidissement moteur. Ces sous-systèmes sont interdépendants et régulés de façon à pouvoir refroidir et réchauffer l'air d'admission, ainsi qu'augmenter et diminuer la température de combustion. La baisse de température est liée au refroidissement de l'air de suralimentation et des gaz d'échappement ainsi qu'au mélange de la quantité maximale de gaz d'échappement à l'air de suralimentation en fonction du régime du moteur, ce qui diminue la concentration d'oxygène dans le cylindre. Pour augmenter la température de combustion, on suspend le refroidissement de l'air de suralimentation et des gaz d'échappement ; l'air de suralimentation peut également être chauffé.

Diminution des émissions

NO_x : La formation de NO_x dépendant de façon exponentielle de la température de combustion, sa diminution a pour conséquence une forte baisse des NO_x : environ 10 % pour chaque baisse de température de 10 °C ; la consommation de carburant baisse alors de 0,5–1 %. HC et CO : Lors d'un démarrage à froid, la température de combustion est en principe encore faible et la combustion incomplète, d'où une formation élevée de HC et CO. Dans cette phase, le catalyseur d'oxydation n'a pas encore atteint sa température de service, ce qui entraîne des émissions. Dans certaines situations (trafic urbain en hiver, arrêt-démarrage), la température de combustion et du catalyseur peuvent baisser à tel point qu'il en résulte des émissions de HC et CO, même pendant la conduite normale. Dans ces deux cas, l'augmentation rapide de la température de combustion et des gaz d'échappement grâce à la GTAA réduit la formation de HC et CO et stimule leur conversion dans le catalyseur. La température augmente en suspendant le refroidissement des gaz d'échappement. À ces fins, le refroidisseur des gaz d'échappement est équipé d'un bipasse intégré et d'un clapet de commutation. Des mesures sur un banc d'essai à rouleaux avec un moteur diesel 1,9 litres turbocompressé ont permis de déterminer une diminution d'environ 30 % des émissions de HC et CO lors du démarrage à froid.

Régénération du filtre à particules

Lorsque le filtre à particules est plein, la suie accumulée doit être brûlée. Pour ce faire, la GTAA augmente aussi la température des gaz d'échappement, qui est le plus souvent inférieure à 550 °C, la température d'inflammation de la suie. La combustion de la suie peut toutefois aussi être amorcée par une baisse de la température d'inflammation de la suie, par ex. grâce à un additif pour carburant. Une combinaison des deux procédés (augmentation de la température des gaz d'échappement et baisse de la température d'inflammation de la suie) a certains avantages : la quantité d'additifs peut être réduite et le système d'adjonction simplifié. Néanmoins, si l'augmentation de la température par la GTAA est liée à une postinjection, un système supplémentaire pour la régénération du filtre est alors généralement superflu.

Économie d'énergie

Selon la charge moteur, les quantités de chaleur arrivant dans les refroidisseurs d'air de suralimentation et des gaz d'échappement sont différentes. À charge partielle, alors que le taux de recirculation des gaz d'échappement peut dépasser 50 %, le refroidisseur des gaz d'échappement a besoin de plus de liquide de refroidissement que le refroidisseur d'air de suralimentation. À certains points de charge partielle, par ex. à 50 km/h en plaine, on peut entièrement renoncer au refroidissement de l'air de suralimentation et mettre toute la capacité de refroidissement à disposition du refroidisseur des gaz d'échappement. À plein régime, en revanche, pratiquement toute la capacité de refroidissement doit être utilisée pour le refroidissement de l'air de suralimentation. Ce genre de répartition des flux du liquide de refroidissement en fonction des besoins permet de diminuer considérablement la capacité de refroidissement installée et l'espace requis ; par ex. la surface frontale du radiateur peut être réduite jusque 10 %.

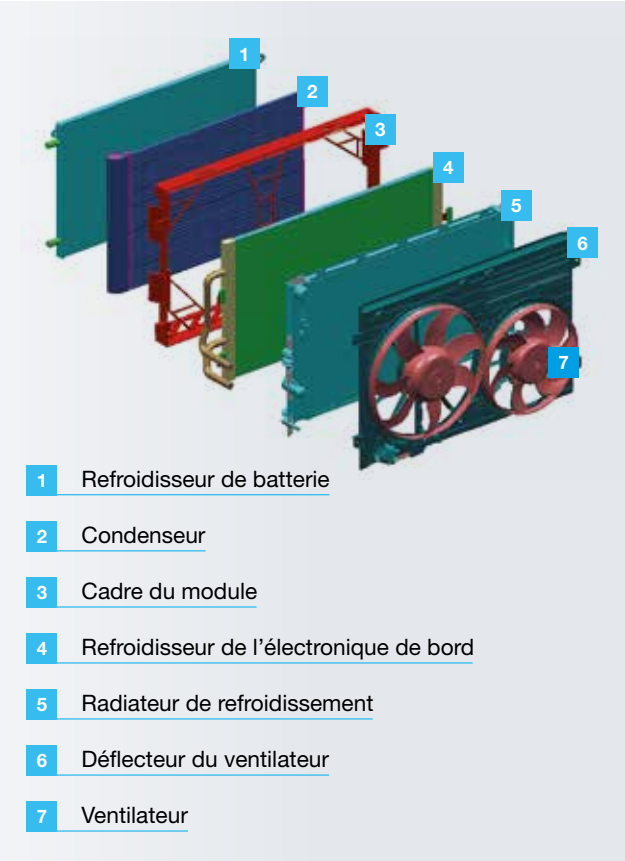
Gestion thermique de la batterie pour les véhicules hybrides

Pour les batteries de capacité élevée, une régulation correcte de la température est fondamentale. C'est pourquoi, par très basses températures, il est nécessaire de prévoir un chauffage supplémentaire de la batterie pour l'amener dans la plage de température idéale, condition sine qua non pour qu'elle atteigne une autonomie satisfaisante en mode tout électrique.

Pour obtenir ce chauffage supplémentaire, la batterie est reliée à un circuit secondaire. Ce circuit veille à ce que la température de fonctionnement soit constamment maintenue dans la plage idéale entre 15–30 °C.

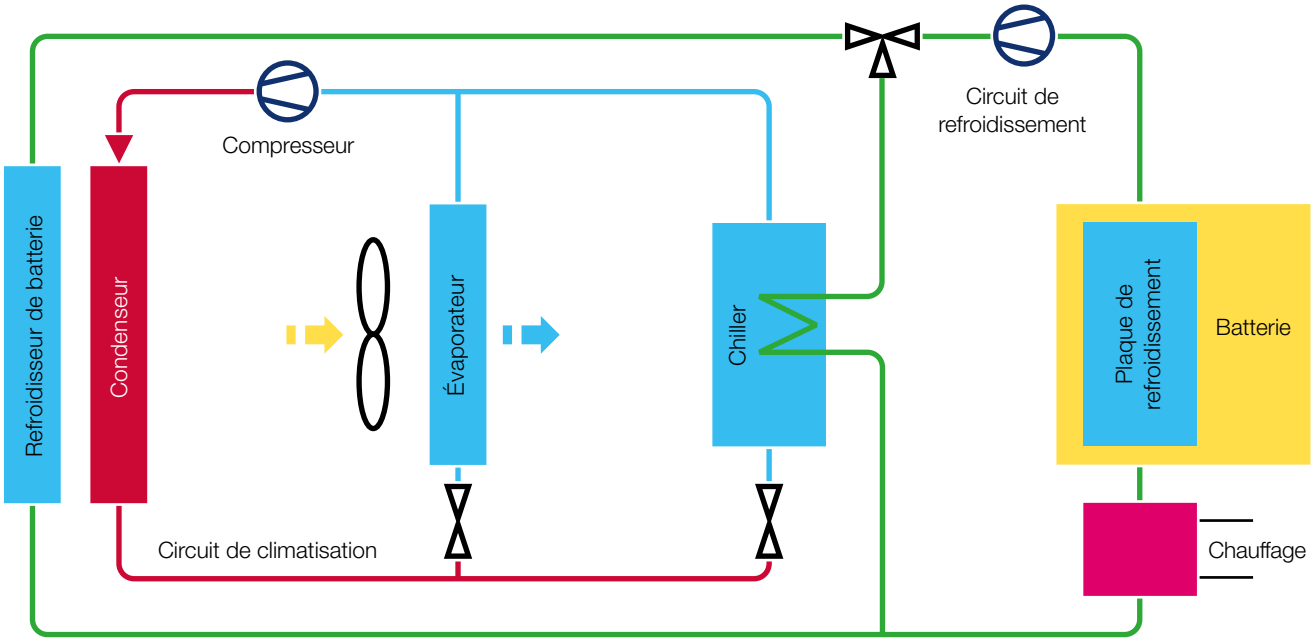
Dans le bloc batterie, une plaque de refroidissement est traversée par du liquide de refroidissement composé d'eau et de glycol (circuit vert). Par temps froid, un chauffage réchauffe rapidement le liquide de refroidissement jusqu'à la température idéale. Si la température de la batterie augmente pendant l'utilisation des fonctions hybrides, le chauffage est coupé. Le liquide de refroidissement peut alors être refroidi par le refroidisseur de batterie se trouvant à l'avant du véhicule, grâce au vent relatif.

Si ce refroidissement est insuffisant en raison de fortes températures extérieures, le liquide de refroidissement traverse un chiller ou un échangeur de chaleur spécial, où le fluide frigorigène de la climatisation s'évapore. En outre, une chaleur très compacte et à haute densité de puissance peut être transmise du circuit secondaire au fluide frigorigène évaporé, ce qui entraîne un refroidissement supplémentaire du liquide de refroidissement. Le chiller permet ainsi d'utiliser la batterie dans une plage de température optimale.



Module de refroidissement pour véhicules hybrides

Circuit à base de liquide de refroidissement et de fluide frigorigène (refroidissement indirect de la batterie)



Réchauffeur CTP

En raison du rendement élevé des moteurs modernes à injection directe diesel et essence, la chaleur perdue par le moteur lors des journées froides est souvent insuffisante pour chauffer rapidement l'habitacle, ni pour assurer des températures confortables lors des trajets urbains ou de la conduite avec de nombreux arrêts-démarrages. La sécurité de la conduite est aussi perturbée car les vitres peuvent s'embuer. Pour palier ce manque de puissance de chauffage, MAHLE développe trois types de réchauffeurs : des réchauffeurs CTP électriques, des pompes à chaleur CO_2 pour le chauffage immédiat de l'air insufflé, ainsi que des échangeurs de chaleur des gaz d'échappement pour un chauffage plus rapide du liquide de refroidissement. L'échauffement du liquide de refroidissement permet d'augmenter la puissance et la spontanéité du chauffage conventionnel, et la phase de démarrage à froid s'en trouve raccourcie. Les pompes à chaleur travaillent sur la base de la nouvelle climatisation CO_2. Les réchauffeurs mentionnés ci-dessus permettent de respecter les normes nationales et internationales. Les éléments CTP font partie des résistances céramiques non linéaires. CTP signifie Coefficient Thermique Positif, ce qui veut dire que la résistance électrique augmente avec la température de l'élément. Cela n'est toutefois pas strictement exact, car elle commence par baisser avec l'augmentation de la température. La courbe caractéristique de résistance a sur cette plage une caractéristique de température négative. Ce n'est que lorsqu'on atteint une résistance minimale que la caractéristique de température négative devient positive. Cela signifie que la résistance augmente tout d'abord lentement avec la température, puis rapidement à partir d'environ 80 °C et jusqu'à ce que l'élément CTP n'absorbe pratiquement plus de courant supplémentaire. Lorsque ce point est atteint, la température de surface de l'élément CTP est d'environ 150 °C quand il ne passe pas d'air dans le réchauffeur PTC, et celle du cadre métallique d'environ 110 °C.

Structure et fonctionnement

Le réchauffeur CTP est constitué de plusieurs éléments chauffants, d'un cadre de fixation, d'un cadre isolant et du relais ou de l'électronique de puissance. Les éléments chauffants sont composés de céramique CTP, de tôles de contact, de raccordements et d'ailettes ondulées en aluminium. Les ailettes ondulées élargissent la surface des tôles de contact dégageant de la chaleur. Pour augmenter la transmission thermique côté air, les ailettes ondulées sont dotées de fentes, les ouïes. La transmission thermique améliorée permet de diminuer considérablement l'augmentation du courant d'appel par rapport au réchauffeur avec des ailettes ondulées sans ouïes. Cela a pour avantage de pouvoir activer plus souvent des éléments CTP individuels. Le réchauffeur peut donc fonctionner avec une puissance globalement plus élevée. Le savoir-faire de la production des ouïes vient de la fabrication des radiateurs. Le réchauffeur est installé dans le flux d'air de la climatisation directement derrière l'échangeur de chaleur conventionnel, un échangeur de chaleur liquide de refroidissement/air.

L'encombrement est donc réduit au strict minimum. En cas de températures extérieures basses et si le moteur est froid, le réchauffeur CTP est d'abord traversé uniquement par un air froid ou légèrement réchauffé par l'échangeur de chaleur. La température et la résistance des éléments chauffants sont faibles, la puissance de chauffage, quant à elle, est élevée. La réponse du chauffage conventionnel augmente la température de l'air et la résistance, ce qui fait baisser la puissance de chauffage. La température de surface d'un réchauffeur CTP traversé par un air à 25 °C permet d'atteindre un débit de 480 kg d'air par heure. Le réseau de chauffage accepte une température moyenne de 50 °C avec un air à cette température.

Puissance et spontanéité

Il est possible de choisir entre différentes résistances nominales de l'élément CTP. Cela modifie la consommation de courant et la puissance en conséquence. Une résistance nominale faible autorise une puissance de chauffage élevée lorsque le moteur tourne. La puissance des chauffages CTP se situe entre 1 kW et 2 kW. À 2 kW, la limite de puissance du réseau 12 V (150 A pour 13 V) est atteinte. Un réseau de bord de 42 V permettrait d'atteindre des puissances encore supérieures. La faible inertie et la chaleur créée électriquement étant dirigée directement vers le flux d'air sans aucun détour permettent au chauffage CTP de répondre pratiquement immédiatement. Cette grande spontanéité est la caractéristique propre des réchauffeurs CTP. Étant donné que le moteur atteint plus rapidement sa température de service grâce à la sollicitation supplémentaire de l'alternateur, le chauffage conventionnel répond également plus rapidement. Cette puissance de chauffage supplémentaire représente environ deux tiers de la puissance du chauffage CTP. Cette puissance de chauffage peut être pour ainsi dire attribuée au réchauffeur CTP. La puissance du réchauffeur CTP du modèle 220 CDI de la Classe E est de 1,6 kW. Le réchauffeur CTP est intégré dans le module chauffage/climatisation, juste après l'échangeur de chaleur conventionnel.

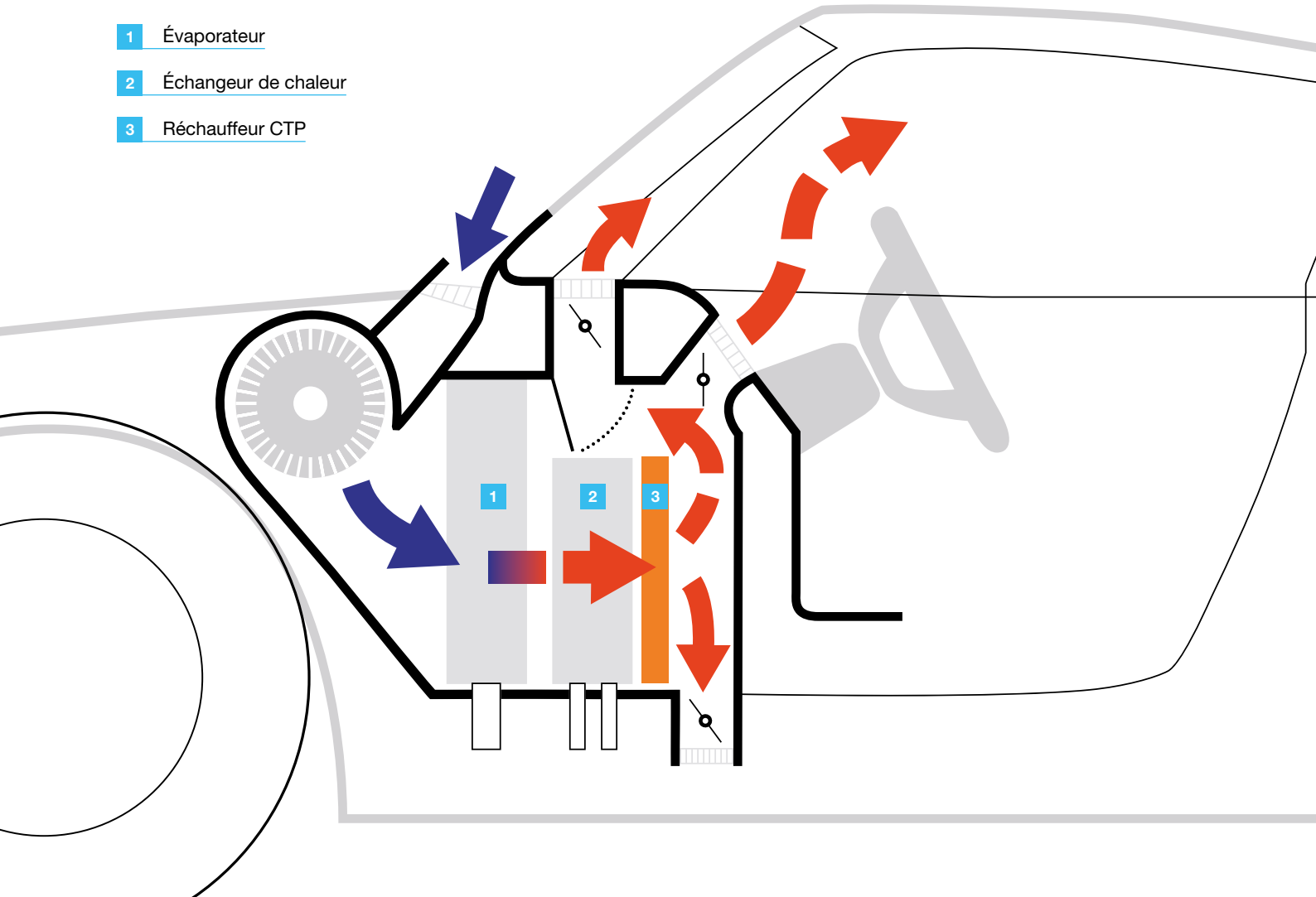
Exemple de test

Le carter d'huile du véhicule a été refroidi à –20 °C pendant la nuit. On a ensuite conduit le véhicule en troisième vitesse à une vitesse de 32 km/h pendant 30 minutes avec soufflerie climatique, ce qui correspond à une vitesse moyenne réaliste pour le trafic urbain. Au bout de 20 minutes, la température moyenne de l'habitacle a atteint 18 °C avec le réchauffeur CTP. Sans ce dernier, on arrivait seulement à 10 °C. La température de « confort » de 24 °C a été atteinte avec le réchauffeur CTP au bout de 30 minutes. Le même résultat a pris plus de 50 minutes sans ce dernier.

1 Évaporateur

2 Échangeur de chaleur

3 Réchauffeur CTP



Sécurité de fonctionnement

La courbe de résistance caractéristique des éléments CTP empêche que le réchauffeur CTP ne surchauffe. La température de surface du cadre métallique est toujours inférieure à 110 °C. De plus, lorsque la température de l'air insufflé de l'échangeur de chaleur est plus élevée, la puissance du réchauffeur CTP diminue. L'électronique de puissance permet de réguler le réchauffeur CTP soit sur plusieurs paliers soit en continu pour qu'elle puisse s'adapter à la puissance de chauffage nécessaire ou à la puissance électrique disponible.

Commande

Le réchauffeur CTP peut être commandé de façon externe à l'aide d'un relais ou via une régulation intégrée avec l'électronique de puissance. Avec la commande via relais, le constructeur automobile fixe le nombre de vitesses possibles et la manière de les activer. La régulation intégrée dans le réchauffeur fait la différence entre fonctionnalité minimale et élevée. La fonctionnalité minimale permet d'activer les vitesses une par une. L'électronique de puissance protège le réchauffeur contre la surtension, les courts-circuits et l'inversion de polarité. Cette régulation ne prévoit aucune fonction de diagnostic. La régulation à vitesses permet jusqu'à huit vitesses. Le réchauffeur CTP utilisé dans la Classe E dispose de sept vitesses. La commande dépend de la consommation et de la demande de chauffage d'appoint, c'est-à-dire du confort thermique souhaité. Avec la régulation à fonctionnalité élevée, la commande de l'électronique de puissance se fait par ex. en continu grâce au bus de données LIN ou CAN du véhicule.

Le courant mis à disposition par le réseau de bord dans toutes les situations peut ainsi être toujours utilisé de façon optimale pour le chauffage. En plus de la protection contre la surtension, les courts-circuits et l'inversion de polarité, l'électronique de puissance à fonctionnalité élevée contient une protection contre les surintensités par vitesse, une protection du circuit imprimé contre la surchauffe et une surveillance de la tension. La régulation à fonctionnalité élevée peut être diagnostiquée par une EPROM, ce qui permet l'enregistrement des variantes (EPROM = Erasable Programmable Read Only Memory ; une mémoire à lecture seule programmable, dont le contenu peut être effacé).

Innovation

La nouvelle génération de réchauffeurs CTP se démarque des précédentes par la réduction de son poids, de la perte réduite de pression (diminue la puissance de soufflage) et des faibles coûts de fabrication.

Caractéristiques techniques :

- chauffage électrique, puissance 1–2 kW,
- source de chaleur : élément céramique CTP autorégulateur, avec une température maximale de la surface en céramique de 150 °C lorsque l'air e circule pas dans le réseau de chauffage,
- excellente transmission calorifique grâce à la technologie à ailettes ondulées avec perte de charge faible dans l'air insufflé,
- commande à vitesses ou linéaire via relais ou commande électronique,
- spontanéité et rendement élevés,
- installation en système modulaire pour une adaptation optimale à l'espace disponible dans le véhicule,
- sécurité de fonctionnement maximale, aucun risque pour les pièces adjacentes grâce à la limitation inhérente de température (caractéristique CTP),
- grâce à sa faible perte de charge, augmentation minime de la puissance de soufflage nécessaire.

Diagnostic, entretien et réparation

Liquide de refroidissement usagé/neuf

Liquide de refroidissement, antigel et protection contre la corrosion

Liquide de refroidissement est le terme générique pour le liquide qui se trouve dans le système de refroidissement. Le liquide de refroidissement lubrifie et protège contre le gel, la rouille et la surchauffe. Son rôle est d'absorber la chaleur du moteur et de la dissiper via le radiateur.

Le liquide de refroidissement est un mélange d'eau et d'antigel (glycol/éthanol) avec divers additifs (substances amères, silicate, antioxydants, antimoussants) et coloré. Le goût amer est censé empêcher que le liquide de refroidissement ne soit ingéré par inadvertance. Les silicates forment une couche de protection sur les surfaces métalliques et empêchent entre autres les dépôts calcaires. Les agents antioxydants préviennent la corrosion des composants. Les antimoussants empêchent le liquide de refroidissement de mousser. Le glycol conserve la souplesse des flexibles et des joints et élève le point d'ébullition du liquide de refroidissement.

Le rapport de mélange eau/antigel doit se situer entre 60:40 et 50:50. Cela correspond généralement à une protection antigel de –25 °C à –40 °C. Le rapport de mélange doit être au minimum de 70:30 et au maximum de 40:60. Une augmentation du volume d'antigel (p. ex. 30:70) ne permettra pas d'abaisser davantage le point de gel. Au contraire, un antigel utilisé sans dilution gèle déjà à environ –13 °C et ne dissipe pas suffisamment la chaleur du moteur à des températures supérieures à 0 °C, ce qui peut entraîner la surchauffe du moteur. Le glycol présentant un point d'ébullition très élevé, un rapport de mélange correct permet d'augmenter le point d'ébullition du liquide de refroidissement jusqu'à 135 °C. C'est pourquoi, même dans les pays chauds, il faut veiller à une teneur suffisante en antigel. Il faut toujours suivre les recommandations du fabricant ; la composition type pourrait être 40/60 % ou 50/50 % en utilisant de l'eau inhibée (qualité eau potable).

Le liquide de refroidissement et ses additifs sont sujets à une certaine usure, c'est-à-dire qu'une partie des additifs s'altèrent au fil du temps. Si par exemple des additifs de protection contre la corrosion sont épuisés, le liquide de refroidissement se colore en brun. C'est pour cette raison que certains constructeurs automobiles prescrivent un intervalle de remplacement du liquide de refroidissement. Cependant, les circuits de refroidissement des véhicules récents utilisent de plus en plus de liquides de refroidissement Long Life (par ex. VW G12++/G13). Dans des conditions normales (absence d'impuretés), une vidange du liquide de refroidissement n'est plus nécessaire (VW), ou seulement après 15 ans ou 250 000 km (derniers modèles Mercedes). D'une manière générale, le liquide de refroidissement devrait être remplacé en cas d'impuretés (huile, corrosion) et sur les véhicules qui ne sont pas équipés de liquide de refroidissement Long Life. Il est donc crucial de respecter les consignes du constructeur automobile en ce qui concerne les spécifications, les intervalles de remplacement, le rapport de mélange et la miscibilité avec de l'antigel.

Le liquide de refroidissement ne doit pas s'infiltrer dans les nappes souterraines ni être évacué via le séparateur d'huile. Il doit être récupéré et évacué séparément.

Entretien du radiateur

Le radiateur peut être nettoyé avec un jet de vapeur à faible pression (de l'intérieur vers l'extérieur), comme pour les condenseurs. De l'air comprimé à faible pression peut également être utilisé pour nettoyer l'extérieur.

Rinçage du circuit de refroidissement

En présence d'impuretés dans le liquide de refroidissement, celui-ci doit être vidangé et le circuit de refroidissement doit être rincé.

Les impuretés peuvent par exemple être :

- de l'huile (joint de culasse défectueux),
- de la rouille (corrosion interne du moteur),
- de l'aluminium (corrosion interne du radiateur),
- des substances étrangères (additifs/produits d'étanchéité),
- des particules étrangères (pompe à liquide de refroidissement défectueuse).

En fonction du degré d'encrassement, le circuit de refroidissement doit être nettoyé à l'eau chaude ou à l'aide d'un liquide de rinçage spécial. Les procédures de rinçage varient selon le constructeur automobile et les symptômes. Par exemple, en cas de coloration brunâtre du liquide de refroidissement et de problème de puissance de chauffage, Audi préconise le rinçage avec un liquide de rinçage spécial. En cas de rinçage en plusieurs étapes, le thermostat doit être démonté et la puissance de chauffage doit être mesurée avant et après le rinçage. Pour les modèles Corsa B, Vectra B et Omega B jusqu'à l'année modèle 1997, Opel signale qu'une température trop élevée du moteur peut être causée par un radiateur obstrué. Dans ce cas, il faut rincer à l'eau chaude (> 50 °C) et remplacer toutes les pièces transportant le liquide de refroidissement (échangeur de chaleur, culasse, etc.) en plus du radiateur. Le degré d'encrassement et les consignes du constructeur automobile indiquent donc la marche à suivre ainsi que le produit de rinçage à utiliser. Dans tous les cas, il faut noter que, en raison de leur conception (par ex. tube plat), les circuits de refroidissement modernes ne permettent plus de rincer chacune des pièces et qu'ils doivent donc être remplacés.

Cela s'applique notamment aux pièces suivantes :

- thermostat,
- radiateur,
- soupapes électriques,
- couvercle de fermeture,
- échangeur de chaleur.

Si le niveau du liquide de refroidissement dans le vase d'expansion n'est plus visible en raison d'une encrassement (huile, rouille), le réservoir doit également être remplacé. Le thermostat et le couvercle de fermeture doivent toujours être remplacés. Lors de l'utilisation de produits de nettoyage spéciaux pour circuits de refroidissement, il faut veiller à ce qu'ils n'attaquent pas les produits d'étanchéité et qu'ils ne soient pas déversés dans les nappes phréatiques, ni évacués via le séparateur d'huile. Le produit de nettoyage doit être récupéré avec le liquide de refroidissement et éliminé séparément. Après le rinçage, le système doit être rempli de liquide de refroidissement conformément aux consignes du constructeur automobile (respecter les spécifications et le rapport de mélange), purgé et vérifié pour le bon fonctionnement et l'étanchéité.

Purge du système lors du remplissage

La présence d'air emprisonné dans le circuit de refroidissement est devenu un problème très répandu. Ces « bulles d'air » sont causées par le positionnement du radiateur ou du vase d'expansion au même niveau que le moteur du véhicule, voire plus bas. La purge complète de l'air peut ainsi présenter un véritable défi après une réparation ou lors du remplacement du liquide de refroidissement. L'air resté dans le circuit de refroidissement limite considérablement la circulation du liquide de refroidissement et peut entraîner une surchauffe du moteur ainsi que d'importants dégâts. Un outil spécial pour le remplissage et la purge peut être très utile dans ce cas.

Il permet :

- d'éliminer les bulles d'air,
- de rechercher les fuites,
- d'effectuer un remplissage rapide du circuit de refroidissement.

Airlift se branche sur le radiateur ou le vase d'expansion à l'aide de l'adaptateur fourni. Un flexible à air comprimé lui est ensuite raccordé, utilisé d'ordinaire pour l'outillage pneumatique. Le circuit de refroidissement est évacué à l'aide d'une soupape spéciale afin de créer une dépression importante. Le tuyau d'aspiration fourni est ensuite branché et le nouveau mélange eau/antigel est envoyé via un récipient de liquide de refroidissement propre (seau, bidon). Le manomètre qui mesure la dépression sur Airlift permet également de contrôler en même temps l'étanchéité du circuit complet.

Inspection du circuit de refroidissement à l'aide du test de pression et de baisse de pression

Pour recherche les fuites sur le circuit de refroidissement, il est recommandé d'utiliser un contrôleur de pression. Le circuit de refroidissement est mis sous pression à l'aide d'une pompe manuelle. L'observation du manomètre permet de déterminer une fuite dans le circuit de refroidissement en cas de baisse de pression. Un adaptateur universel ou spécifique au véhicule permet d'adapter la pompe à presque tous les véhicules utilitaires, véhicules particuliers, engins agricoles et de chantier courants, grâce à un raccord rapide. Pour les fuites difficiles à détecter, le circuit de refroidissement peut au préalable être rempli d'un additif de contraste.

Dommages typiques

Les photos présentent des dommages typiques dont les causes peuvent être multiples.

Formation de corrosion à cause de l'utilisation d'un liquide de refroidissement non adapté ou trop vieux

Radiateur de refroidissement

Toutes les défaillances entraînent une réduction de la puissance du radiateur. Il est rare de réparer les radiateurs de refroidissement modernes car il est particulièrement difficile de souder l'aluminium et il y a toujours un risque de colmatage des petits canaux. L'utilisation d'un produit d'étanchéité est interdite car il entraînerait des colmatages et réduirait la puissance.

Formation de calcaire suite à l'utilisation d'eau pure (sans liquide de refroidissement)

Échangeur de chaleur habitacle

Les dépôts calcaires et l'utilisation de produits d'étanchéité peuvent colmater l'échangeur de chaleur d'habitacle tout comme le radiateur. Le rinçage avec certains produits de nettoyage permet de les éliminer en partie. Il convient ici de respecter les consignes du constructeur.

Échangeur de chaleur entartré

Contrôle et diagnostic du circuit de refroidissement

En cas de dysfonctionnements dans le circuit de refroidissement, comme une puissance de chauffage insuffisante, l'incapacité du moteur à atteindre sa température de service ou une surchauffe, il est possible de déterminer facilement la cause du défaut. Il faut tout d'abord vérifier si le circuit de refroidissement contient suffisamment de liquide de refroidissement et d'antigel, s'il est encrassé ou s'il fuit. Il faut également s'assurer que la courroie trapézoïdale ou la courroie striée ont une tension suffisante.

La recherche de la panne peut ensuite se dérouler comme suit, en fonction du symptôme, par observation des composants ou mesure des températures.

Si le moteur surchauffe :

- **La température affichée est-elle réaliste ?**
  (au besoin, vérifier le capteur de température du liquide de refroidissement et l'afficheur)
- **Le radiateur de refroidissement ou les pièces en amont (condenseur de climatisation) sont-ils exempts d'impuretés afin de garantir un débit d'air libre ?**
  (au besoin, nettoyer les pièces)
- **Le ventilateur de radiateur ou le ventilateur additionnel fonctionnent-ils ?**
  (vérifier le point de commutation, le fusible, le thermocontact, la commande des ventilateurs, vérifier s'il y a des dommages mécaniques)
- **Le thermostat s'ouvre-t-il ?**
  (mesurer la température en amont et en aval du thermostat ; au besoin, démonter le thermostat et le contrôler dans un bain d'eau)
- **Le radiateur de refroidissement est-il bouché ?**
  (vérifier la température à l'arrivée et à la sortie du radiateur, vérifier le débit)
- **La pompe à liquide de refroidissement fonctionne-t-elle ?**
  (vérifier si la roue de la pompe n'est pas desserrée de l'arbre d'entraînement)
- **La soupape de surpression ou de dépression ou le vase d'expansion fonctionnent-ils ?**
  (au besoin, utiliser une pompe de test, vérifier le joint du couvercle de fermeture pour voir s'il n'est pas endommagé et s'il est bien présent)

Si le moteur ne chauffe pas :

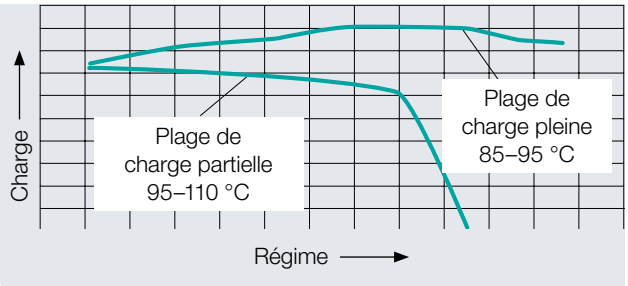
- **La température affichée est-elle réaliste ?**
  (au besoin, vérifier le capteur de température de l'eau de refroidissement et l'afficheur)
- **Le thermostat est-il ouvert en permanence ?**
  (mesurer la température en amont et en aval du thermostat au besoin, démonter le thermostat et le contrôler dans un bain d'eau)
- **Le ventilateur de radiateur ou le ventilateur additionnel fonctionnent-ils en permanence ?**
  (vérifier le point de commutation, le thermocontact et la commande des ventilateurs)

Si le chauffage n'est pas assez chaud :

- **Le moteur atteint-il sa température de service, le liquide de refroidissement chauffe-t-il ?**
  (au besoin, suivre d'abord les étapes de la section « Si le moteur ne chauffe pas »)
- **La soupape de chauffage s'ouvre-t-elle ?**
  (vérifier la commande électrique ou le câble de commande souple et la soupape)
- **Le refroidisseur du chauffage (échangeur de chaleur d'habitacle) est-il bouché ?**
  (vérifier la température à l'entrée et à la sortie de l'échangeur de chaleur, vérifier le débit)
- **La commande du clapet fonctionne-t-elle ?**
  (vérifier les positions du clapet et les butées, la fonction de circulation de l'air frais, les buses de sortie d'air)
- **Le pulseur d'air d'habitacle fonctionne-t-il ?**
  (bruits, vitesses du ventilateur)
- **Le filtre d'habitacle est-il encrassé, l'air circule-t-il ?**
  (vérifier le filtre d'habitacle et les gaines de ventilation pour voir s'il y a de l'air parasite)

Refroidissement à régulation électronique*

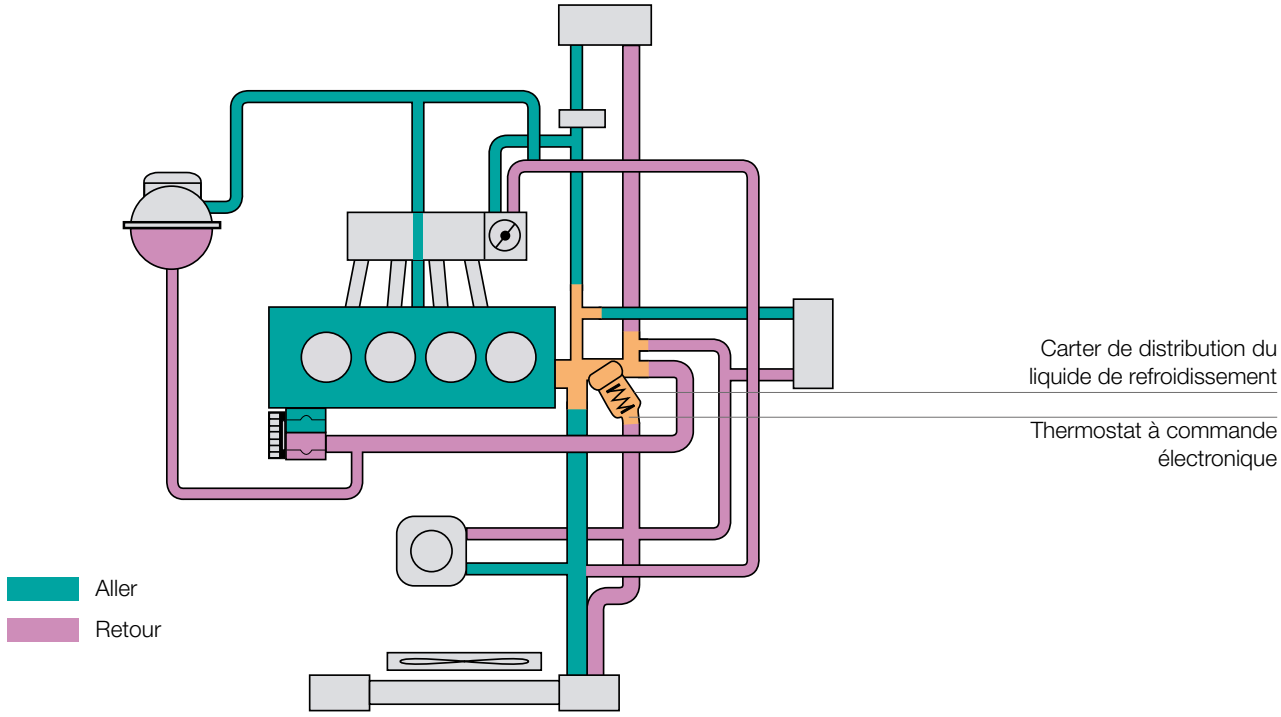
(Exemple : VW 1,6 l moteur AFP)



Le niveau de température du liquide de refroidissement

La performance du moteur dépend de son bon refroidissement. Avec le refroidissement régulé par thermostat, les températures du liquide de refroidissement varient entre 95–110 °C dans la plage de charge partielle et entre 85–95 °C dans la plage de charge pleine. Des températures plus élevées dans la plage de charge partielle entraînent un niveau de puissance plus favorable, ce qui a un effet positif sur la consommation et les polluants dans les gaz d'échappement. Les températures inférieures en plage de charge pleine augmentent la puissance. L'air aspiré est moins réchauffé, ce qui permet d'augmenter la puissance.

Vue d'ensemble du système de refroidissement à régulation électronique



* De VW Audi / Programme d'autoapprentissage 222 / Système de refroidissement à régulation électronique

La conception d'un refroidissement à régulation électronique avait pour objectif de réguler la température de service du moteur en fonction du régime à partir d'une valeur de consigne. Une température de service optimale est réglée grâce au thermostat à chauffage électrique et aux vitesses du ventilateur du radiateur en fonction des cartographies enregistrées dans l'unité de contrôle moteur. Le refroidissement peut ainsi être adapté à la puissance et au régime complets du moteur.

Les avantages de l'adaptation de la température du liquide de refroidissement à la condition de fonctionnement momentanée du moteur sont les suivants :

- baisse de la consommation en plage de charge partielle,
- réduction des émissions de CO et de HC.

Différences par rapport au circuit de refroidissement classique :

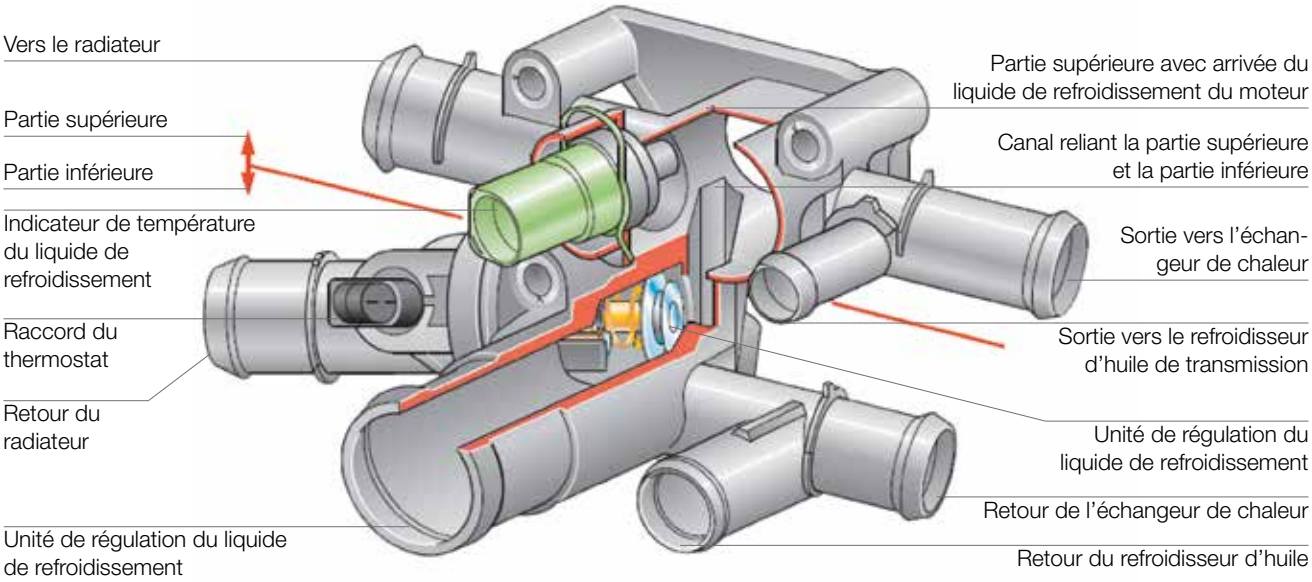
- intégration dans le circuit de refroidissement et modifications minimes de la structure,
- module unique regroupant le carter de distribution du liquide de refroidissement et le thermostat,
- plus de thermostat pour le liquide de refroidissement dans le bloc moteur,
- l'ordinateur de bord contient également les cartographies du système de refroidissement à régulation électronique.

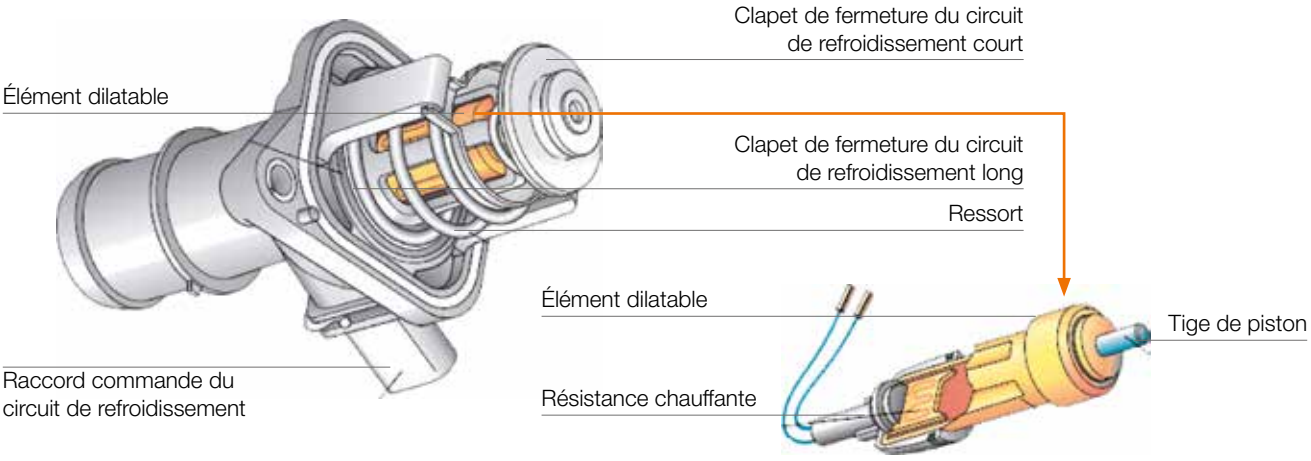
Carter de distribution du liquide de refroidissement

Le carter de distribution du liquide de refroidissement est installé directement sur la culasse, à la place du manchon de branchement. Il est composé de deux parties. Les différentes pièces sont alimentées en liquide de refroidissement par la partie supérieure, à l'exception de l'arrivée de la pompe à liquide de refroidissement.

Le retour de liquide de refroidissement des différentes pièces est raccordé dans la partie inférieure du carter de distribution. Un canal vertical relie la partie supérieure et la partie inférieure.

Un petit clapet ouvre/referme le canal vertical du thermostat. Le carter de distribution du liquide de refroidissement est en quelque sorte un poste de distribution du liquide de refroidissement vers le grand ou le petit circuit de refroidissement.





Unité de régulation du liquide de refroidissement

Pièces du système :

- thermostat à cavalier extensible (avec élément en cire),
- chauffage par résistance dans l'élément en cire,
- ressorts pour fermer mécaniquement les canaux de liquide de refroidissement, 1 grand clapet et 1 petit.

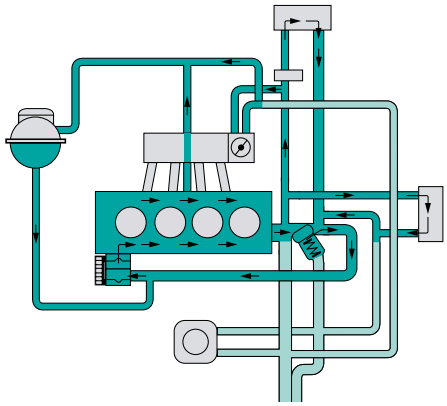
Fonctionnement

Le liquide de refroidissement circule en permanence autour du thermostat à cavalier extensible dans le carter de distribution. À froid, l'élément en cire continue de réguler comme avant, mais il se dilate à une autre température. La température du liquide de refroidissement fait fondre la cire, qui se dilate.

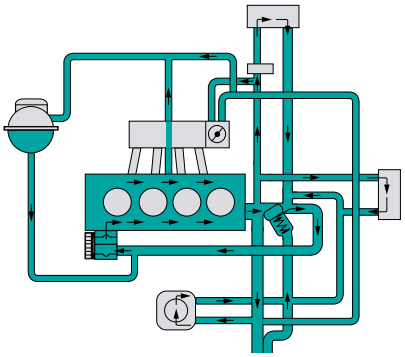
La cire dilatée pousse la tige du piston ; normalement (sans alimentation), cela correspond au nouveau profil de température du liquide de refroidissement de 110 °C à la sortie du moteur. Une résistance chauffante est intégrée à l'élément en cire. Une fois alimentée, la résistance réchauffe l'élément en cire, si bien que le piston monte ou se déplace désormais non seulement en fonction de la température du liquide de refroidissement mais aussi selon les données prédéfinies dans la cartographie de l'ordinateur de bord.

Circuits de refroidissement long et court

Comme pour les circuits précédents, deux circuits sont commandés dans ce cas. Le circuit court, lors du démarrage à froid et à charge partielle, sert à réchauffer rapidement le moteur. Le refroidissement moteur cartographique n'est pas encore activé à ce stade. Le thermostat du carter de distribution du liquide de refroidissement bloque le retour du liquide de refroidissement et autorise le passage court vers la pompe à liquide de refroidissement. Le radiateur n'est pas intégré au circuit de refroidissement long.



Le circuit de refroidissement long peut être ouvert par le thermostat de liquide de refroidissement lorsque la température de 110 °C est atteinte ou par la cartographie en fonction de la charge. Le radiateur est alors intégré au circuit de refroidissement long. Les ventilateurs électriques sont mis en marche selon les besoins pour soutenir le refroidissement par le vent relatif créé par le déplacement ou au ralenti.



Commande électronique : aperçu

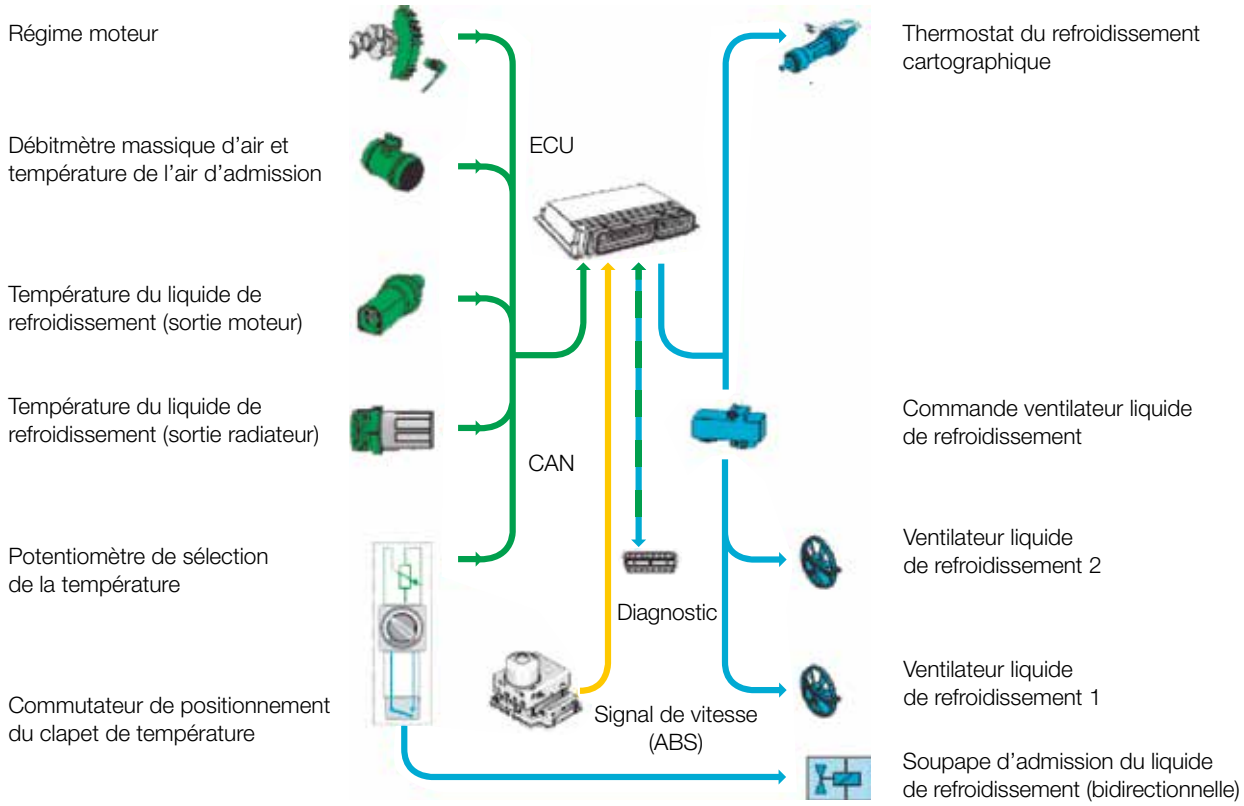
L'unité de contrôle moteur a été reconfigurée pour inclure les bornes pour capteurs et actionneurs du circuit de refroidissement à régulation électronique :

- alimentation du thermostat (sortie),
- température de retour du radiateur (entrée),
- commande du ventilateur du radiateur (sortie double),
- potentiomètre sur le régulateur du chauffage (entrée).

Les fonctions pour la température cartographique sont recalculées chaque seconde. Une fois les calculs terminés, le circuit est régulé :

- activation (alimentation) de la résistance chauffante dans le thermostat pour un refroidissement piloté par cartographie et ouverture du circuit de refroidissement long (régulation de la température du liquide de refroidissement),
- commande du ventilateur de radiateur pour abaisser rapidement la température du liquide de refroidissement.

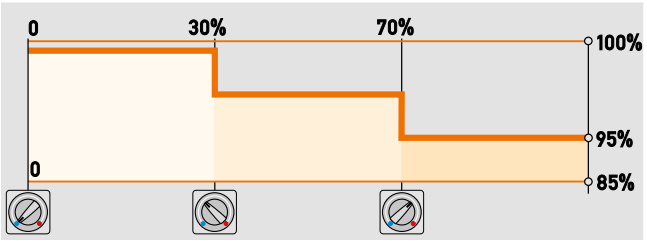
Les capteurs de l'unité de commande du moteur sont utilisés pour toutes les autres informations nécessaires.



Régulation de la température du liquide de refroidissement en fonction du chauffage souhaité

La température du liquide de refroidissement peut varier entre 110–85 °C selon qu'il s'agit d'un trajet à charge partielle ou à charge pleine. Avec le chauffage allumé, une différence de température de 25 °C serait notable et désagréable dans l'habitacle.

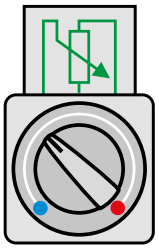
Le conducteur devrait constamment ajuster le chauffage. Grâce au potentiomètre, l'électronique du système de refroidissement reconnaît la température souhaitée par le conducteur et régule la température du liquide de refroidissement en fonction, par ex. à partir du positionnement du bouton de réglage à 70 % = température de liquide de refroidissement de 95 °C. Un micro-interrupteur sur le bouton de réglage de la température s'ouvre dès que l'on quitte la position « chauffage arrêté ». Une soupape pneumatique à deux voies ouvre alors la vanne d'arrêt pour l'échangeur de chaleur du chauffage grâce à une dépression.



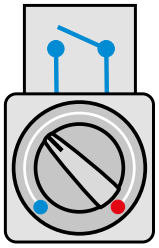
Charge partielle

Charge partielle

Charge pleine



Potentiomètre



Micro-interrupteur

Cartographie – valeurs de consigne

La commande du thermostat pour le refroidissement cartographique (circuit de refroidissement court ou long) est régulée par des cartographies. Les valeurs de consigne de température y sont enregistrées. La charge moteur est décisive. La charge (masse d'air) et le régime déterminent la température du liquide de refroidissement.

Les valeurs de consigne de température sont enregistrées dans une deuxième cartographie, en fonction du régime et de la température de l'air d'admission. Cela permet de déterminer la température du liquide de refroidissement. La comparaison des cartographies 1 et 2 définit la valeur la plus basse comme valeur de consigne et le thermostat est réglé en conséquence. Le thermostat n'est activé qu'une fois qu'un seuil de température est dépassé et si la température du liquide de refroidissement se situe juste en dessous de la valeur de consigne.

Capteur de température du liquide de refroidissement

Les capteurs de température fonctionnent comme des capteurs CTN. Les valeurs de consigne de température du liquide de refroidissement sont enregistrées dans l'unité de contrôle moteur sous forme de cartographies. Les valeurs réelles de température du liquide de refroidissement sont mesurées dans le circuit de refroidissement à deux endroits différents et transmises à l'unité de commande sous forme de signaux de tension.

Valeur réelle liquide de refroidissement 1 – directement à la sortie moteur dans le distributeur du liquide de refroidissement.

Valeur réelle liquide de refroidissement 2 – côté radiateur, avant la sortie du liquide de refroidissement du radiateur.

Interprétation du signal : La comparaison entre les températures de consigne enregistrées dans les cartographies et la température réelle 1 donne le rapport cyclique pour l'alimentation de la résistance chauffante dans le thermostat. La comparaison entre les valeurs réelles du liquide de refroidissement 1 et 2 est la base de la commande du ventilateur électrique pour le liquide de refroidissement.

Fonction de remplacement : En cas de panne du capteur de température du liquide de refroidissement (sortie moteur), la régulation de la température du liquide de refroidissement continue avec une valeur de remplacement définie de 95 °C et la vitesse de ventilateur 1 est activée en permanence.

En cas de panne du capteur de température du liquide de refroidissement (sortie radiateur), la régulation demeure active et la vitesse de ventilateur 1 reste activée en permanence. Si un certain seuil de température est dépassé, la vitesse de ventilateur 2 est activée. En cas de panne des deux capteurs, une tension maximale est placée sur la résistance chauffante et la vitesse de ventilateur 2 est activée en permanence.

Capteur de température du liquide de refroidissement

Thermostat piloté par cartographie

Une résistance chauffante est intégrée dans l'élément en cire du thermostat à cavalier extensible. Elle réchauffe la cire qui se dilate, créant ainsi la course « x » de la tige du piston en fonction de la cartographie. La course « x » définit le déplacement mécanique du thermostat. Le chauffage est commandé par l'ordinateur de bord selon la cartographie via un signal MLI (modulation de largeur d'impulsion). Le préchauffage est différent en fonction de la largeur d'impulsion et du temps.

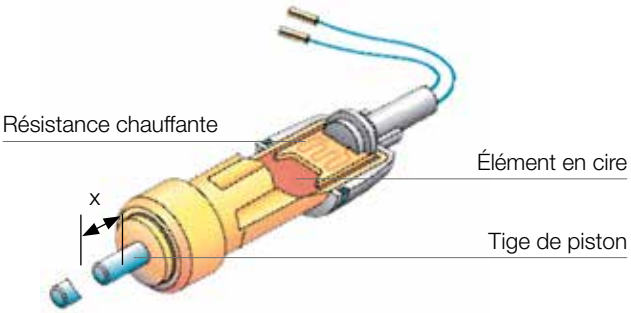
Principe :

- MLI basse (sans tension) = température du liquide de refroidissement élevée,
- MLI élevée (avec tension) = température du liquide de refroidissement faible.

Absence de tension de service :

- la régulation a lieu uniquement avec le cavalier extensible,
- la vitesse de ventilateur 1 est activée en permanence.

Le chauffage du thermostat ne sert pas à préchauffer le liquide de refroidissement ; il chauffe de façon ciblée ou régule le thermostat pour l'ouverture du circuit de refroidissement long. À l'arrêt ou au démarrage, il n'est pas sous tension.



Cavalier extensible à base de cire

En résumé

Les circuits de refroidissement sont devenus bien plus complexes, comme beaucoup de systèmes que l'on retrouve aujourd'hui dans le domaine automobile. Les connaissances de base ne suffisent plus pour comprendre et diagnostiquer les systèmes modernes de gestion thermique actuels. Il faut des compétences de systémier, des documents techniques et être capable de penser de façon logique.

Fini le refroidissement moteur, place à la gestion thermique !

Composants de la gestion thermique

Informations techniques

Radiateur de refroidissement

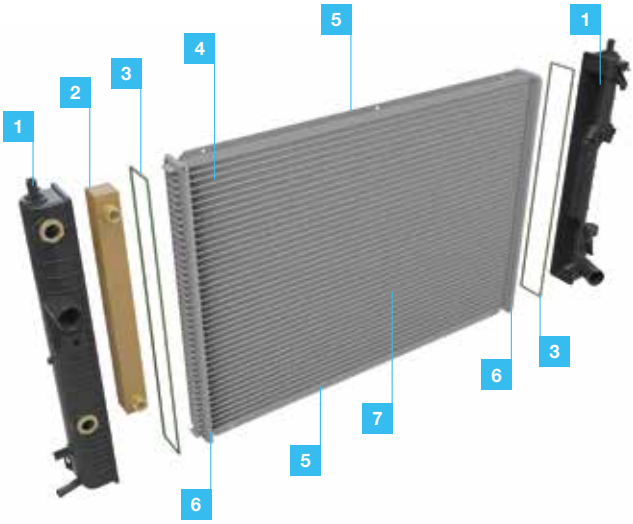
Généralités

Les radiateurs de refroidissement sont installés dans le flux d'air à l'avant du véhicule et diffèrent par leur conception. Ils ont pour mission de dissiper vers l'air extérieur la chaleur générée par la combustion dans le moteur, et absorbée par le liquide de refroidissement. Plusieurs radiateurs peuvent se trouver dans ou sur le radiateur de refroidissement, par ex. pour les transmissions automatiques.

Radiateur de refroidissement

Structure/fonctionnement

Le radiateur de refroidissement est l'élément le plus important d'un module de refroidissement. Il se compose d'un bloc de radiateur et d'un réservoir d'eau, et de tous les raccords et éléments de fixation nécessaires. Le bloc de radiateur est lui-même constitué du faisceau de radiateur avec un système de tuyaux-ailettes, du plateau à tubes et des joues latérales. Les radiateurs de refroidissement classiques ont un réservoir de liquide de refroidissement en polyamide renforcé de fibres de verre, auquel on rajoute un joint avant de l'installer sur le plateau à tubes et de le sertir. Aujourd'hui, la tendance est aux radiateurs tout aluminium, caractérisés par un poids et une profondeur réduits. De plus, ils sont entièrement recyclables. Le liquide de refroidissement est refroidi par les ailettes (faisceau). L'air extérieur entrant par le faisceau du radiateur absorbe une partie de la chaleur du liquide de refroidissement. Il existe deux types de radiateurs : les radiateurs à écoulement vertical et ceux à flux transversal. Pour les radiateurs à écoulement vertical, l'eau entre dans le radiateur par le haut et en ressort par le bas. Pour les radiateurs à flux transversal, l'eau entre par un côté du radiateur et ressort par l'autre. Si l'arrivée et la sortie du radiateur à flux transversal se trouvent du même côté, le réservoir d'eau est divisé. La partie supérieure du radiateur est alors traversée par le liquide de refroidissement dans un sens, et la partie inférieure dans le sens opposé. De par leur conception, les radiateurs à flux transversal sont plus bas et sont surtout utilisés dans les VP.



1 Réservoir d'eau

2 Refroidisseur d'huile

3 Joints

4 Ailettes de refroidissement (faisceau)

5 Joues latérales

6 Fond

7 Tube de refroidissement

Conséquences en cas de panne

Une défaillance du radiateur peut être constatée comme suit :

- refroidissement insuffisant,
- hausse de la température du moteur,
- fonctionnement continu du ventilateur de radiateur,
- rendement insuffisant de la climatisation.

Les causes peuvent être les suivantes :

- perte de liquide de refroidissement due à un radiateur endommagé (impact de gravillons, accident),
- perte de liquide de refroidissement due à la corrosion ou à des raccords non étanches,
- échange thermique insuffisant suite à un encrassement extérieur ou intérieur (saleté, insectes, dépôts calcaires),
- eau de refroidissement contaminée ou trop vieille.

Dépôts calcaires dans le radiateur

Recherche de la panne

Procédure d'identification des défauts :

- Vérifier si le radiateur de refroidissement présente un encrassement extérieur et le nettoyer avec de l'air comprimé à faible pression ou un jet d'eau si nécessaire ; veiller à ne pas approcher des ailettes de refroidissement.
- Vérifier si le radiateur présente des dommages extérieurs et des fuites (raccords flexibles, sertissages, ailettes, boîtier plastique).
- Vérifier si le liquide de refroidissement est décoloré/contaminé (par ex. à cause d'huile ou d'un joint de culasse défectueux) et contrôler sa teneur en antigel.
- Vérifier le débit du liquide de refroidissement (colmatage dû à la présence de corps étrangers, de produit d'étanchéité ou de dépôts calcaires).
- Mesurer la température d'entrée et de sortie du liquide de refroidissement à l'aide d'un thermomètre infrarouge.

Dépôts de rouille dans le radiateur

Couvercle de fermeture du radiateur

Généralités

On n'y pense presque jamais, et pourtant il est essentiel : le couvercle de fermeture du radiateur. En plus de refermer l'ouverture de remplissage du radiateur ou du vase d'expansion pour qu'elle soit étanche au gaz, il est crucial d'éviter toute surpression trop importante et toute dépression dans le circuit de refroidissement. À cette fin, le bouchon de remplissage est équipé d'une soupape de dépression et d'un limiteur de pression. Le limiteur de pression sert à augmenter la pression d'environ 0,3–1,4 bars. La température d'ébullition du liquide de refroidissement s'élève à 104–110 °C en fonction de la pression, ce qui améliore la puissance du circuit de refroidissement. Durant le refroidissement, les systèmes hermétiquement fermés pourraient créer une dépression. La soupape de dépression est là pour éviter cette situation.

Couvercle de fermeture métallique

Couvercle de fermeture plastique

Structure/fonctionnement

Une température de liquide de refroidissement élevée entraîne une montée de la pression dans le système de refroidissement car le liquide de refroidissement se dilate. Le liquide de refroidissement est comprimé dans le réservoir et la pression y augmente. Le limiteur de pression du couvercle de fermeture s'ouvre et laisse s'évacuer l'air. Lorsque la température du liquide de refroidissement revient à la normale, une dépression se crée dans le circuit de refroidissement. Le liquide de refroidissement est aspiré du réservoir. Cela crée une dépression dans le réservoir, qui entraîne l'ouverture de la soupape de compensation de dépression dans le couvercle de fermeture. L'air pénètre dans le réservoir jusqu'à ce que la pression soit compensée.

Vase d'expansion

Marche à suivre pour l'ouverture du couvercle de radiateur :

- Laisser refroidir le circuit de refroidissement à une température inférieure à 90 °C.
- Lorsque le moteur est chaud, le circuit de refroidissement est sous pression.
- Risque de brûlure en cas d'ouverture soudaine du circuit de refroidissement !
- Tourner le couvercle de fermeture du liquide de refroidissement jusqu'au premier cran ou, pour les modèles vissés, dévisser d'un demi-tour et laisser évacuer la surpression.
- Porter des gants, des lunettes et des vêtements de protection !

Couvercle de fermeture avec adaptateur de test

Manomètre pour contrôler la pression

Test de fonctionnement :

- Il est possible de tester, à l'aide d'un appareil adapté, le fonctionnement correct du couvercle de fermeture du radiateur (selon les indications du constructeur).
  1. Déterminer la pression d'ouverture par l'augmentation de la pression.
  2. La soupape de dépression doit être placée sur le joint en caoutchouc, elle doit pouvoir se soulever légèrement et reprendre sa place lorsqu'on la relâche.
- MAHLE recommande de remplacer le couvercle de fermeture à chaque remplacement de radiateur.

Couvercle de fermeture métallique avec soupape de dépression

Rinçage du circuit de refroidissement

En présence d'impuretés dans le système de refroidissement, le liquide de refroidissement doit être vidangé et le circuit de refroidissement doit être rincé.

Les impuretés peuvent par exemple être :

- de l'huile (joint de culasse défectueux),
- de la rouille (corrosion interne du moteur),
- de l'aluminium (corrosion interne du radiateur),
- des substances étrangères (additifs/produits d'étanchéité),
- des particules étrangères (pompe à liquide de refroidissement défectueuse).

L'analyse de radiateurs défaillants a montré que la cause d'encrassement la plus fréquente est la boue de rouille. La présence de boue s'explique par une absence ou une insuffisance de nettoyage pendant une réparation du circuit de refroidissement, l'ajout d'un mauvais antigel ou la réutilisation du liquide de refroidissement évacué. Elle peut se déposer et colmater les canaux étroits ; elle accélère la corrosion lorsque des surfaces métalliques nues en sont recouvertes (réaction anodique avec corrosion par piqûre) et agit comme une matière abrasive dans le circuit de refroidissement, en particulier aux endroits où la direction du flux est déviée.

Nettoyage

En fonction du degré d'encrassement, le circuit de refroidissement doit être nettoyé à l'eau chaude ou à l'aide d'un liquide de rinçage spécial. Les procédures de rinçage varient selon le constructeur automobile et les symptômes. Par exemple, en cas de coloration brunâtre du liquide de refroidissement et de problème de puissance de chauffage, Audi préconise, notamment pour la A6, le rinçage avec un liquide de rinçage spécial. En cas de rinçage en plusieurs étapes, le thermostat doit être démonté et la puissance de chauffage doit être mesurée avant et après le rinçage.

Volkswagen préconise un produit de nettoyage déshuilant, à appliquer comme suit :

- amener le moteur à la température de service,
- vidanger le liquide de refroidissement,
- pour les moteurs à 4 cylindres, ajouter 3 litres de nettoyant et compléter avec de l'eau,
- pour les moteurs à 8 cylindres, ajouter 4 litres de nettoyant et compléter avec de l'eau,
- faire tourner le moteur pendant 20 minutes avec le thermostat ouvert,
- vidanger le produit de nettoyage,
- répéter l'opération jusqu'à ce que le liquide de nettoyage sorte entièrement clair,
- répéter l'opération 2 fois avec de l'eau claire,
- remplir avec de l'antigel.

Pour différents modèles, Opel signale qu'une température trop élevée du moteur peut être causée par un radiateur obstrué. Dans ce cas, il faut rincer à l'eau chaude (> 50 °C) et remplacer le radiateur ainsi que toutes les pièces transportant le liquide de refroidissement (échangeur de chaleur, culasse, etc.). La majorité des produits de nettoyage sont composés d'acide formique, oxalique ou chlorhydrique, qui ne doivent absolument pas rester dans le circuit de refroidissement. Rincer soigneusement !

Dépôts de type émulsion dans l'échangeur de chaleur avec turbulences à hélice

Après le nettoyage, il peut arriver que des fuites auparavant invisibles apparaissent. On en attribue souvent la cause à l'agressivité du produit de nettoyage. Cependant, la cause réelle était un défaut qui existait depuis un certain temps et dont l'étanchéité n'était assurée que par des dépôts de saleté. MAHLE recommande d'effectuer un nettoyage avant chaque installation d'un nouveau composant dans le circuit de refroidissement.

Le degré d'encrassement et les spécifications du constructeur automobile déterminent la procédure et le produit de lavage à utiliser en fonction du modèle.

Il faut noter qu'en raison de leur conception (par ex. tube plat), les circuits de refroidissement modernes ne permettent plus de rincer chacune des pièces et qu'ils doivent donc être remplacés.

Cela s'applique notamment aux pièces suivantes :

- thermostat,
- radiateur de refroidissement,
- soupapes électriques,
- couvercle de fermeture,
- échangeur de chaleur habitacle.

Si le niveau du liquide de refroidissement dans le vase d'expansion n'est plus visible en raison d'une encrassement (huile, rouille), le réservoir doit également être remplacé.

Dans tous les cas, le thermostat et le couvercle de fermeture doivent être remplacés.

Lors de l'utilisation de produits de nettoyage pour circuits de refroidissement, il faut veiller à ce qu'ils n'attaquent pas les produits d'étanchéité et qu'ils ne soient pas déversés dans les nappes phréatiques, ni évacués via le séparateur d'huile. Le produit de nettoyage doit être récupéré avec le liquide de refroidissement et éliminé séparément. Après le rinçage, le système doit être rempli de liquide de refroidissement conformément aux consignes du constructeur automobile (respecter les spécifications et le rapport de mélange), purgé et vérifié pour le bon fonctionnement et l'étanchéité.

Antigel = antirouille !

Composants du circuit de refroidissement encrassés

Pompes à liquide de refroidissement

Généralités

Les pompes à liquide de refroidissement sont généralement entraînées mécaniquement à l'aide d'une courroie crantée ou striée et acheminent le liquide de refroidissement via le circuit de refroidissement du moteur. Les pompes peuvent être bridées directement sur le moteur ou se trouver à distance. Les formes varient beaucoup. Les pompes à liquide de refroidissement doivent résister à d'énormes variations de températures (de –40 °C à environ +120 °C). Les régimes changeants (500–8 000 tr/min) et les pressions jusqu'à 3 bars exigent une grande stabilité des paliers et des joints.

Afin d'économiser du carburant, on utilisera à l'avenir de plus en plus les pompes à liquide de refroidissement électriques et à commande électronique.

Pompe à liquide de refroidissement

Structure/fonctionnement

Les pompes à liquide de refroidissement mécaniques sont composées des 5 modules suivants :

1. Boîtier,
2. Pignon d'entraînement,
3. Palier à roulement,
4. Joint à anneau coulissant,
5. Turbine.

Le pignon d'entraînement et la turbine sont placés sur un arbre commun. Un joint à anneau coulissant assure l'étanchéité de l'arbre de la pompe vers l'extérieur. Le mouvement rotatif de la turbine achemine le liquide de refroidissement à travers le système de refroidissement. Les turbines sont principalement en plastique ou en métal. La charge du palier est plus faible sur les turbines en plastique. En outre, elles ne sont pas aussi sensibles à la cavitation.

Cependant, les turbines en plastique deviennent parfois fragiles avec le temps. Le joint d'étanchéité lisse est constamment lubrifié et refroidi par le liquide de refroidissement. De par sa conception, de petites quantités de liquide de refroidissement peuvent pénétrer dans l'espace libre derrière le joint d'étanchéité et s'échapper au niveau de l'alésage de décharge. Des traces de liquide de refroidissement peuvent éventuellement être visibles mais elles ne sont pas automatiquement une indication que la pompe est défectueuse.

Conséquences en cas de panne

Une défaillance de la pompe à liquide de refroidissement peut être constatée comme suit :

- bruits,
- perte de liquide de refroidissement,
- refroidissement insuffisant/surchauffe du moteur.

Les causes peuvent être les suivantes :

- dommages mécaniques :
  turbine desserrée/cassée
  palier ou joint défectueux
  pignon d'entraînement endommagé,
- rétrécissement de la section par corrosion ou produit d'étanchéité,
- cavitation :
  détérioration de la turbine par la formation
  et la décomposition de bulles de vapeur dans le liquide de refroidissement
  défaut électrique (court-circuit/circuit ouvert).

Recherche de la panne

Perte de liquide de refroidissement au niveau de la pompe liée par ex. à :

- une application excessive de produit d'étanchéité : des résidus du mastic d'étanchéité peuvent pénétrer dans le circuit de refroidissement et endommager le joint à anneau coulissant.

Corrosion dans tout le circuit de refroidissement :

- joint de culasse défectueux ; les gaz d'échappement entrent dans le circuit de refroidissement ;
  changement négatif du pH.

Éléments de la pompe, tels que la turbine, le carter, le joint à anneau coulissant et l'arbre très endommagés par les piqûres de corrosion :

- liquide de refroidissement trop vieux/usagé avec forte teneur en chlorure (composé salin) combiné à des températures élevées.

Perte excessive de liquide de refroidissement par l'alésage de décharge :

- provoquée par la corrosion dans le circuit de refroidissement.

Instructions de démontage et montage

Lors du remplacement de la pompe à liquide de refroidissement, les spécifications sur la notice du produit et les instructions de montage spéciales du constructeur doivent impérativement être respectées. Si le circuit de refroidissement est contaminé, il doit être rincé. Le circuit de refroidissement doit uniquement être rempli avec un liquide de refroidissement conforme aux spécifications du constructeur. Le système doit être rempli ou purgé suivant les indications du constructeur. Un mauvais montage peut entraîner la surchauffe du moteur, endommager l'entraînement de courroie et/ou provoquer des dommages moteur.

Vous trouverez plus d'informations concernant l'utilisation, les spécifications et les intervalles de remplacement des liquides de refroidissement dans la fiche technique « Liquide de refroidissement » correspondante.

Vase d'expansion

Généralités

Le vase d'expansion du circuit de refroidissement est généralement en plastique et sert à absorber le liquide de refroidissement qui se dilate. En principe, il est placé au le point le plus haut du circuit de refroidissement. Il est transparent pour pouvoir contrôler le niveau de liquide de refroidissement, et dispose d'un marquage « MIN. » et « MAX. ». En outre, on peut également installer un capteur électronique de niveau. Une compensation de pression se produit dans le circuit de refroidissement grâce à la soupape du couvercle de fermeture du vase d'expansion.

Vase d'expansion

Structure/fonctionnement

Une augmentation de la température du liquide de refroidissement entraîne une montée de la pression dans le système de refroidissement à mesure que le liquide de refroidissement se dilate. La pression monte alors dans le vase d'expansion, avec pour conséquence l'ouverture du limiteur de pression du couvercle de fermeture pour évacuer l'air.

Lorsque la température du liquide de refroidissement revient à la normale, une dépression se crée dans le circuit de refroidissement. Le liquide de refroidissement est à nouveau aspiré du réservoir. Cela entraîne également une dépression dans le réservoir, puis l'ouverture de la soupape de compensation de dépression dans le couvercle de fermeture. L'air pénètre dans le réservoir jusqu'à ce que la pression soit compensée.

Fonctionnement du vase d'expansion

Conséquences en cas de panne

Une défaillance du vase d'expansion ou du couvercle de fermeture peut être constatée comme suit :

- traces de liquide de refroidissement (fuite) sur différents composants du système ou sur le vase d'expansion lui-même,
- température excessive du liquide de refroidissement ou du moteur,
- fissure/fente sur le vase d'expansion ou un autre composant du système.

Les causes peuvent être les suivantes :

- surpression dans le système de refroidissement due à une soupape défectueuse dans le couvercle de fermeture,
- usure éventuelle.

Recherche de la panne

Procédure d'identification des défauts :

- vérifier le niveau de liquide de refroidissement et la teneur en antigel,
- vérifier la décoloration/contamination (huile, produit d'étanchéité, dépôts calcaire) du liquide de refroidissement,
- contrôler si le thermostat, le radiateur, l'échangeur de chaleur, les tuyaux et les raccords flexibles sont étanches et fonctionnent correctement,
- mettre éventuellement le circuit de refroidissement sous pression (essai de pression),
- vérifier la présence d'air emprisonné dans le circuit de refroidissement ; purger éventuellement le système de refroidissement conformément aux instructions du constructeur automobile.

Si toutes les étapes mentionnées ci-dessus ont été effectuées sans qu'aucune anomalie n'ait été détectée, le couvercle de fermeture du vase d'expansion doit être remplacé. Il est en effet très difficile d'effectuer un test du couvercle de fermeture.

Échangeur de chaleur habitacle

Généralités

L'échangeur de chaleur est installé dans le boitier de chauffage de l'habitacle et est traversé par le liquide de refroidissement. L'air pour l'habitacle traverse l'échangeur de chaleur, qui le réchauffe.

Échangeur de chaleur

Structure/fonctionnement

Tout comme le radiateur de refroidissement, l'échangeur de chaleur d'habitacle est constitué d'un système tuyaux-ailettes assemblé mécaniquement. On tend aujourd'hui à privilégier, ici aussi, les constructions tout aluminium. L'échangeur de chaleur d'habitacle est traversé par le liquide de refroidissement. Le débit est généralement régulé par des soupapes à commande mécanique ou électrique. L'air de l'habitacle est chauffé par les ailettes (faisceau) de l'échangeur de chaleur. Le flux d'air créé par le pulseur d'air d'habitacle ou le vent relatif dû au déplacement passe par l'échangeur de chaleur d'habitacle, lui-même traversé par l'eau de refroidissement chaude. L'air se réchauffe alors avant d'arriver dans l'habitacle.

Conséquences en cas de panne

Une défaillance ou un défaut de performance de l'échangeur de chaleur d'habitacle peut être constaté comme suit :

- chauffage insuffisant,
- perte d'eau de refroidissement,
- formation d'odeur (sucrée),
- vitres embuées,
- débit d'air insuffisant.

Les causes peuvent être les suivantes :

- échange thermique insuffisant suite à un encrassement extérieur ou intérieur (corrosion, additifs du liquide de refroidissement, saleté, dépôts calcaires),
- perte de liquide de refroidissement liée à la corrosion,
- perte de liquide de refroidissement liée à des raccords non étanches,
- encrassement du filtre d'habitacle,
- encrassement/blocages dans le système de ventilation (feuilles mortes),
- commande incorrecte du clapet.

Recherche de la panne

Procédure d'identification des défauts :

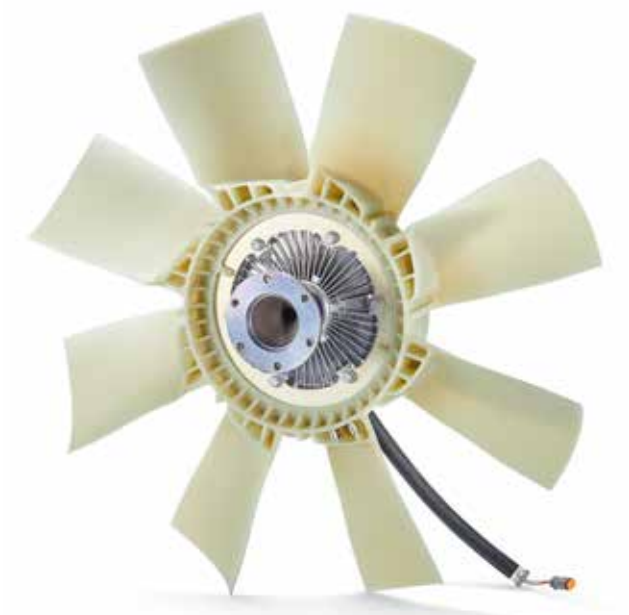
- vérifier la formation d'odeurs ou de buée sur les vitres,
- contrôler le filtre d'habitacle,
- contrôler la présence de fuites dans l'échangeur de chaleur d'habitacle (raccords de flexibles, sertissages, faisceau),
- vérifier la décoloration/contamination du liquide de refroidissement,
- vérifier le débit du liquide de refroidissement (colmatage dû à la présence de corps étrangers, dépôts calcaires, corrosion),
- mesurer les températures d'arrivée et de sortie du liquide de refroidissement,
- vérifier la présence de blocages/corps étrangers dans le système de ventilation,
- contrôler la commande du clapet (air recyclé/air frais).

Échangeur de chaleur tout aluminium

Ventilateur Visco®

Généralités

En plus de radiateurs performants, la dissipation de la chaleur dans les moteurs de VU et de VP puissants nécessite également des ventilateurs et des entraînements de ventilateur qui fournissent l'air de refroidissement de manière particulièrement efficace. Les ventilateurs Visco® se composent d'une hélice et d'un Visco®-coupleur. Ils sont utilisés dans les moteurs longitudinaux, avant le radiateur (dans le sens du flux) et entraînés par une courroie ou directement par le moteur.



Visco®-coupleur avec ventilateur

Structure/fonctionnement

L'hélice du ventilateur est majoritairement fabriquée en plastique et est vissée sur le Visco®-coupleur. Le nombre et l'agencement des pales dépendent de la structure du ventilateur. Le boîtier du Visco®-coupleur est en aluminium et dispose de nombreuses ailettes de refroidissement. Le ventilateur Visco® peut être régulé par un coupleur bimétallique autorégulateur entièrement dépendant de la température. La variable de contrôle est la température ambiante du radiateur de refroidissement. Il existe une autre variante le Visco®-coupleur à commande électrique. Il est régulé électroniquement et actionné de façon électromagnétique. Les valeurs d'entrée de différents capteurs peuvent être utilisées pour la régulation. Vous trouverez plus d'informations dans la fiche technique relative au Visco®-coupleur.

Conséquences en cas de panne

Une défaillance du ventilateur Visco® peut être constatée comme suit :

- bruits importants,
- augmentation de la température du moteur ou du liquide de refroidissement.

Les causes peuvent être les suivantes :

- hélice du ventilateur endommagée,
- perte d'huile/fuite,
- encrassement de la surface de refroidissement ou du bimétal,
- paliers endommagés.

Recherche de la panne

Procédure d'identification des défauts :

- contrôler le niveau du liquide de refroidissement,
- vérifier si l'hélice du ventilateur est endommagée,
- vérifier si l'huile fuit,
- contrôler le jeu et le bruit des paliers,
- contrôler la fixation de l'hélice du ventilateur et du Visco®-coupleur,
- vérifier que les déflecteurs et la prise d'air sont bien ajustés et présents.

Visco®-coupleur

Visco®-coupleur

Généralités

Le Visco®-coupleur fait partie du ventilateur Visco®. Il a pour mission de créer l'adhérence entre l'entraînement et l'hélice du ventilateur en fonction de la température et d'influencer la vitesse du ventilateur. Un ventilateur plastique est fixé sur le coupleur pour créer le flux d'air en fonction des besoins. Les ventilateurs Visco® sont principalement utilisés dans les VP à grosse cylindrée et les VU longitudinaux.

Structure/fonctionnement

Le Visco®-coupleur est généralement entraîné directement par le moteur via un arbre (figure 1). Quand l'air de refroidissement n'est pas nécessaire, le Visco®-coupleur s'arrête et tourne à vitesse réduite. Lorsque le besoin augmente, l'huile de silicone s'écoule du compartiment de réserve vers le compartiment de travail. Le couple moteur, dont la vitesse peut être réglée en continu selon les conditions de fonctionnement, y est transmis au ventilateur par friction visqueuse, évitant ainsi l'usure.

Figure 1

Le point d'activation se situe à env. 80 °C. Avec un Visco®-coupleur conventionnel, l'air du refroidisseur arrive sur un bimétal (figure 2) dont la déformation thermique entraîne l'ouverture et la fermeture d'une soupape à l'aide d'une goupille et d'un levier de soupape. Les couples transmissibles et les vitesses du ventilateur se règlent en fonction de la position de la soupape, et donc de la quantité d'huile dans le compartiment de travail. La charge d'huile est de 30–50 ml (VP).

Figure 2

Une différence entre la vitesse d'entraînement et du ventilateur (glissement) existe même lorsque le compartiment de travail est entièrement rempli. La chaleur ainsi obtenue est dissipée par les ailettes vers l'air ambiant. Les Visco®-coupleurs à commande électronique sont régulés directement par des capteurs. Un régulateur traite les valeurs et un courant de commande synchronisé les transporte jusqu'aux électroaimants intégrés. À l'aide d'un induit, le champ magnétique dirigé de façon définie régule la soupape pour commander le flux d'huile interne. Un capteur supplémentaire pour la vitesse de rotation du ventilateur ferme la chaîne de régulation.

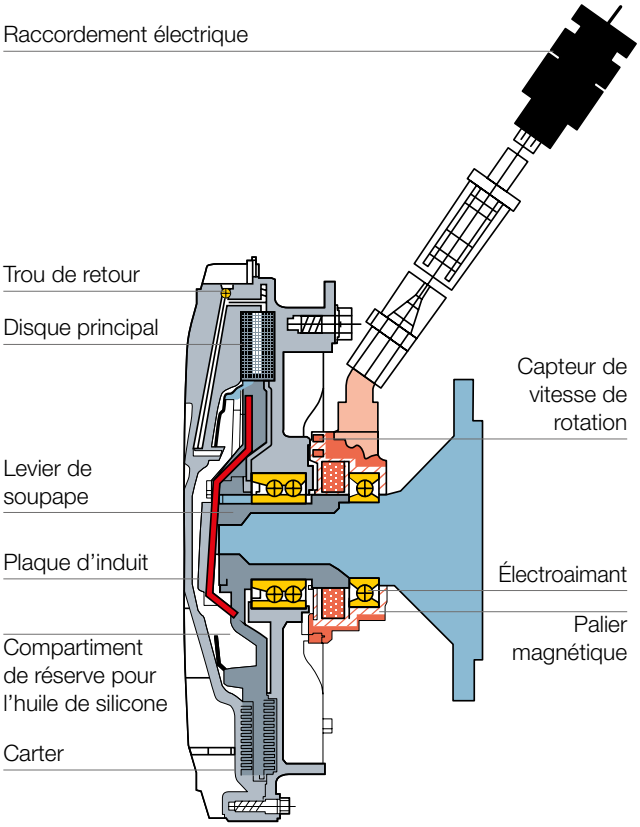
Conséquences en cas de panne

Une défaillance du Visco®-coupleur peut être constatée comme suit :

- augmentation de la température du moteur ou du liquide de refroidissement,
- bruits importants,
- l'hélice du ventilateur tourne à plein régime, peu importe les conditions de fonctionnement.

Les causes peuvent être les suivantes :

- adhérence insuffisante liée à une fuite d'huile,
- perte d'huile due à une fuite,
- encrassement de la surface de refroidissement ou du bimétal,
- dommages internes (par ex. soupape de régulation),
- paliers endommagés,
- hélice du ventilateur endommagée,
- adhérence totale en permanence suite à un coupleur défectueux.



Visco®-coupleur à régulation électronique

Recherche de la panne

Procédure d'identification des défauts :

- vérifier le niveau de liquide de refroidissement et la teneur en antigel,
- vérifier si le ventilateur Visco® présente un encrassement et des dommages extérieurs,
- contrôler le jeu et le bruit des paliers,
- vérifier si l'huile fuit,
- contrôler le Visco®-coupleur en le dévissant à la main avec le moteur arrêté ; lorsque le moteur est froid, l'hélice du ventilateur devrait être facile à dévisser et difficile à desserrer quand le moteur est chaud,
- si possible, contrôler le glissement du coupleur en comparant les vitesses du ventilateur et de l'arbre d'entraînement ; la différence (pour un ventilateur à entraînement direct) ne doit pas dépasser 5 % quand l'adhérence est maximale ; pour ce faire, utiliser un compte-tours optique avec bandes réfléchissantes,
- vérifier le raccordement électrique (Visco®-coupleur à commande électronique),
- contrôler la prise d'air/le déflecteur,
- veiller à ce que le radiateur ait un débit d'air suffisant.

Compte-tours optique

Refroidisseur d'huile

Généralités

Le refroidissement d'huiles fortement sollicitées sur le plan thermique (moteur, transmission, direction assistée) par un refroidisseur d'huile, c'est-à-dire la garantie d'une température presque constante, offre des avantages considérables. Les vidanges d'huile s'espacent et la durée de vie de diverses pièces augmente. En fonction des exigences, les refroidisseurs d'huile sont montés dans/sur le radiateur moteur ou directement sur le bloc moteur. On distingue généralement entre les refroidisseurs d'huile à air et à liquide de refroidissement.

Structure/fonctionnement

Aujourd'hui, un refroidissement conventionnel ne suffit plus pour les véhicules fortement sollicités. Le refroidissement de l'huile moteur, par ex., est très inégal car il dépend de la température extérieure et du vent relatif créé par le déplacement. Les refroidisseurs d'huile à air situés dans le flux d'air à l'avant du véhicule contribuent à un refroidissement suffisant de la température de l'huile. Les refroidisseurs d'huile à liquide de refroidissement sont raccordés au circuit de refroidissement moteur et offrent une régulation optimale de la température. Le liquide de refroidissement traverse alors le refroidisseur d'huile. Lorsque le moteur est chaud, le liquide de refroidissement absorbe la chaleur de l'huile et la refroidit. Lorsque le moteur est froid, le liquide de refroidissement se réchauffe plus rapidement que l'huile et la réchauffe donc à son tour.

L'huile atteint ainsi plus rapidement sa température de service. Il est particulièrement important pour les transmissions automatiques et les directions assistées que la température de service soit rapidement atteinte et reste constante. Autrement, la direction risque de devenir soit trop dure, soit trop souple. Aujourd'hui, les refroidisseurs tubulaires sont de plus en plus remplacés par des refroidisseurs à plaques empilées tout aluminium compacts, qui offrent une surface de refroidissement plus importante pour un encombrement moindre et peuvent être installés à différents endroits du compartiment moteur.

Refroidisseur d'huile pour direction assistée

Refroidisseur d'huile pour ralentisseur

Refroidisseur d'huile moteur

Conséquences en cas de panne

Une défaillance du refroidisseur d'huile à air peut être constatée comme suit :

- refroidissement insuffisant,
- augmentation de la température de l'huile,
- perte d'huile,
- contamination du liquide de refroidissement.

Les causes peuvent être les suivantes :

- perte d'huile due à des dommages (accident),
- échange thermique insuffisant suite à un encrassement extérieur ou intérieur (insectes, saleté, boue d'huile, corrosion),
- entrée d'huile dans le circuit de refroidissement (fuite interne),
- perte d'huile liée à des raccords non étanches.

Recherche de la panne

Procédure d'identification des défauts :

- contrôler le niveau d'huile et de liquide de refroidissement,
- vérifier si le refroidisseur d'huile présente un encrassement extérieur ou des dommages (microfissures),
- vérifier si le liquide de refroidissement n'est pas contaminé/décoloré, contrôler la teneur en antigel,
- vérifier les fuites externes (raccordements),
- contrôler le débit (colmatage dû à la présence de corps étrangers, corrosion, boue d'huile, etc.).

Refroidisseur d'huile pour ralentisseur hydrodynamique

Généralités

Les ralentisseurs hydrodynamiques (avec du liquide) sont utilisés dans les véhicules utilitaires pour seconder le système de freinage en tant que frein hydrodynamique pratiquement sans usure. L'énergie cinétique transformée en chaleur créée par la temporisation de la vitesse d'écoulement de l'huile doit être renvoyée par un échangeur de chaleur vers le système de refroidissement. Le ralentisseur peut être activé par le conducteur ou automatiquement. La puissance de freinage est supérieure à 100 kW.

Structure/fonctionnement

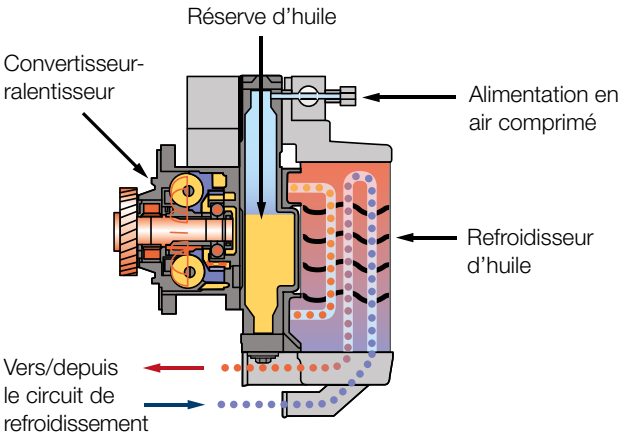
Outre le frein de service du véhicule utilitaire, qui est en général un frein à friction sujet à l'usure, les constructeurs automobiles utilisent de plus en plus des dispositifs de temporisation supplémentaires et sans usure. Le ralentisseur hydrodynamique est un de ces dispositifs. Leur emplacement et leur montage varie. On fait la différence entre ralentisseur externe et interne. Les ralentisseurs externes peuvent être positionnés librement dans la zone du groupe motopropulseur, tandis que les ralentisseurs internes sont intégrés partiellement ou intégralement à la transmission. Les ralentisseurs sont disponibles soit en modèle « inline » (intégré au groupe motopropulseur) soit « offline » (raccordé par bride à la transmission).

Les différents modèles ont plusieurs objectifs communs :

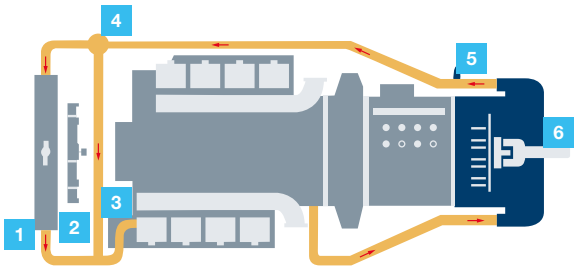
- réduire la vitesse du véhicule,
- maintenir une vitesse constante en descente,
- minimiser l'usure des freins de service,
- protéger les freins de service de la surcharge.

Les ralentisseurs hydrodynamiques (cf. figure 2 à la page suivante) fonctionnent principalement avec de l'huile (dans certains cas, également avec de l'eau) et ont un réservoir d'huile interne ou externe qui est alimenté à l'aide d'air comprimé par un boîtier de conversion lors du freinage. Le boîtier se compose de deux roues à aubes opposées, d'un rotor relié au groupe motopropulseur du véhicule et d'un stator fixe. Le rotor accélère l'écoulement de l'huile qui arrive. Grâce à la forme des aubes du rotor et à la force centrifuge, l'huile est dirigée vers le stator, qui freine ainsi le rotor et donc l'arbre d'entraînement. L'énergie thermique ainsi créée dans le ralentisseur réchauffe l'huile, qui est ensuite refroidie par un refroidisseur d'huile (cf. figure 4 à la page suivante).

Le refroidisseur d'huile tout aluminium ou en acier est raccordé par bride au ralentisseur et transmet la chaleur absorbée au circuit de refroidissement du véhicule. Pour que la température limite prédéfinie ne soit pas dépassée, un capteur de température est installé à proximité du refroidisseur d'huile afin de surveiller la température du liquide de refroidissement. Le capteur veille à réduire, voire arrêter, l'effet du ralentisseur si la température limite est dépassée.



Ralentisseur avec refroidisseur d'huile intégré



1 Radiateur
2 Ventilateur de radiateur
3 Pompe à liquide de refroidissement
4 Thermostat liquide de refroidissement
5 Capteur de température liquide de refroidissement
6 Ralentisseur avec refroidisseur d'huile

Circuit de refroidissement avec ralentisseur

Conséquences en cas de panne

Une défaillance ou un défaut du ralentisseur peuvent être constatés comme suit :

- perte de liquide de refroidissement,
- perte d'huile,
- mélange d'huile et d'eau,
- défaillance totale du système de freinage.

Les causes peuvent être les suivantes :

- surchauffe du système de refroidissement en raison d'un manque de liquide de refroidissement, d'un liquide de refroidissement incorrect ou d'un mélange de liquides de refroidissement incorrect,
- surchauffe du liquide de refroidissement due à une mauvaise manipulation (décélération complète du véhicule à bas régime, mauvais choix de la vitesse) et à la cavitation qui en résulte (formation de bulle d'air dans le liquide de refroidissement suite à des contraintes thermiques élevées) ; cf. figure 3,
- endommagement des joints/raccords de flexibles,
- rétrécissement de la section par encrassement dans l'échangeur de chaleur ou le système de refroidissement,
- contraintes thermiques élevées ou brutales (température/pression),
- fuites internes dans l'échangeur de chaleur,
- défaillance du capteur de température (figure 1).

Recherche de la panne

Marche à suivre pour la recherche de panne :

- vérifier si le liquide de refroidissement correspond aux préconisations du constructeur automobile (type de liquide de refroidissement, rapport de mélange),
- contrôler le niveau du liquide de refroidissement,
- contrôler l'étanchéité et l'encrassement du système de refroidissement (huile, calcaire, rouille, produit d'étanchéité),
- contrôler l'arrivée et la sortie du liquide de refroidissement pour voir s'il n'y a pas de rétrécissement de section,
- vérifier si l'échangeur de chaleur est bien fixé et présente des fissures,
- contrôler les composants électriques (capteur),
- contrôler le bon fonctionnement des autres composants du système de refroidissement (ventilateur, thermostat, pompe à eau, couvercle de fermeture).

Lors du remplacement du refroidisseur d'huile, le système de refroidissement doit être rincé et l'huile du ralentisseur ainsi que le liquide de refroidissement doivent être remplacés. Le nettoyant pour système de refroidissement peut être utilisé pour le rinçage. Il est impératif de toujours respecter les consignes du constructeur automobile spécifiques au véhicule.

Figure 1

Figure 2

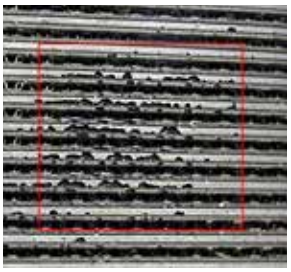


Figure 3

Figure 4

Refroidisseur d'air de suralimentation

Généralités

Augmentation de la puissance pour l'ensemble de la plage moteur, réduction de la consommation de carburant, meilleur rendement moteur, diminution des émissions, réduction des contraintes thermiques du moteur... Il existe un grand nombre de raisons de refroidir l'air de combustion des moteurs suralimentés à l'aide de refroidisseurs d'air de suralimentation. On distingue principalement entre deux types de refroidissement : le refroidissement direct de l'air de suralimentation, pour lequel le refroidisseur est installé à l'avant du véhicule et est refroidi par l'air ambiant (vent), et le refroidissement indirect de l'air de suralimentation, pour lequel le liquide de refroidissement traverse un refroidisseur et dissipe la chaleur.

Refroidisseur d'air de suralimentation

Structure/fonctionnement

La structure du refroidisseur d'air de suralimentation correspond à celle du radiateur de refroidissement. Dans le cas du refroidisseur d'air de suralimentation, il s'agit de refroidir, non pas un liquide de refroidissement, mais l'air chaud comprimé arrivant du turbocompresseur (jusqu'à 150 °C). En principe, l'air de suralimentation peut être refroidi par l'air extérieur ou par le liquide de refroidissement du moteur. Dans le cas du refroidissement direct, l'air de suralimentation entre dans le refroidisseur qui est traversé par le vent du déplacement avant d'arriver, refroidi, dans le collecteur d'admission du moteur. La position d'installation du refroidisseur d'air de suralimentation à liquide de refroidissement peut être choisie presque librement et son encombrement réduit est avantageux. Dans le cas du refroidisseur indirect de l'air de suralimentation, le refroidisseur à liquide de refroidissement et le collecteur d'admission peuvent ainsi former une unité par exemple. Sans circuit de refroidissement supplémentaire, la température de l'air de suralimentation ne peut toutefois diminuer que jusqu'à celle du liquide de refroidissement. Un circuit de refroidissement d'air de suralimentation séparé, indépendant du circuit moteur, permet d'augmenter encore plus le degré d'efficacité du moteur en améliorant la densité de l'air.

Ce circuit comprend un radiateur de refroidissement à basse température et un refroidisseur d'air de suralimentation/liquide de refroidissement. La chaleur dissipée de l'air de suralimentation est tout d'abord transférée vers le liquide de refroidissement avant d'être évacuée vers l'air ambiant par le radiateur de refroidissement à basse température. Le radiateur basse température est installé à l'avant du véhicule. Le radiateur basse température étant beaucoup moins volumineux qu'un refroidisseur d'air de suralimentation classique, cela libère de l'espace à l'avant du véhicule. On supprime ainsi également les conduits d'air de suralimentation volumineux.

Représentation schématique

Refroidissement direct de l'air de suralimentation

Refroidissement indirect/collecteur d'admission avec refroidisseur intégré

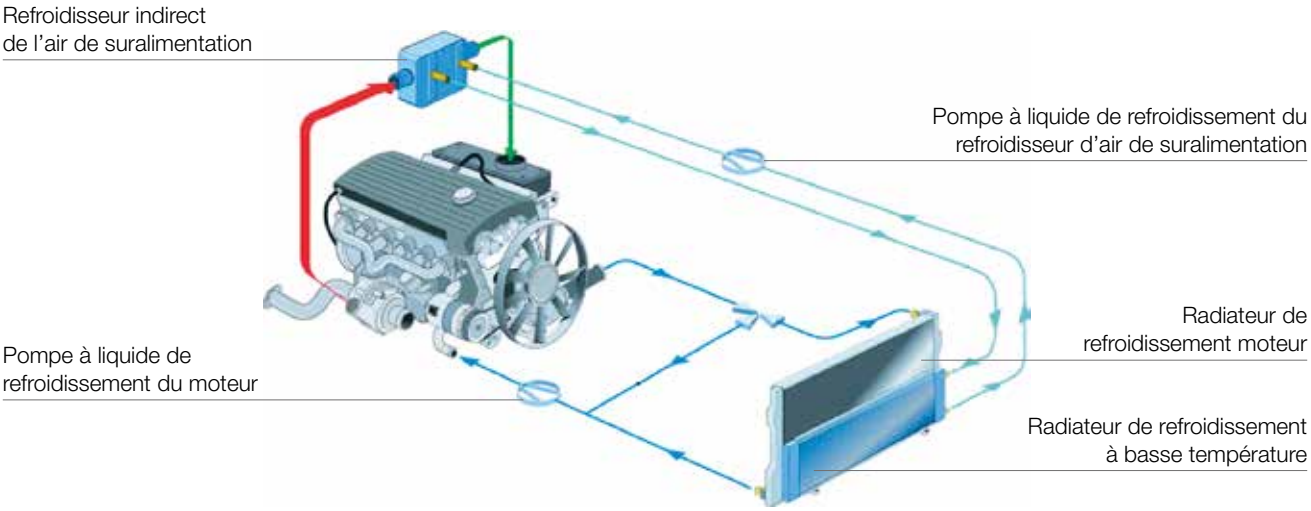
Conséquences en cas de panne

Une défaillance du refroidisseur d'air de suralimentation peut être constatée comme suit :

- puissance insuffisante,
- perte de liquide de refroidissement (sur le refroidisseur à liquide de refroidissement),
- hausse des rejets de polluants,
- augmentation de la consommation de carburant.

Les causes peuvent être les suivantes :

- tuyaux et raccordements de refroidissement endommagés ou colmatés,
- perte de liquide de refroidissement ou air parasite à cause de fuites,
- dommage externes (impact de gravillons, accident),
- débit d'air restreint (encrassement),
- échange thermique insuffisant suite à un encrassement intérieur (corrosion, produit d'étanchéité, dépôts calcaires),
- défaillance de la pompe à liquide de refroidissement (sur le radiateur de refroidissement à basse température).



Recherche de la panne

Procédure d'identification des défauts :

- contrôler le niveau du liquide de refroidissement,
- vérifier si le liquide de refroidissement n'est pas contaminé/décoloré, contrôler la teneur en antigel,
- rechercher la présence de dommages extérieurs et d'encrassement,
- vérifier l'étanchéité des composants système et raccordements (raccords flexibles),
- contrôler la pompe à liquide de refroidissement,
- contrôler le ventilateur et le ventilateur additionnel,
- vérifier le débit (colmatage dû à la présence de corps étrangers, corrosion).

Refroidisseur pour la recirculation des gaz d'échappement (RGE)

Généralités

Le refroidissement de la recirculation des gaz d'échappement (RGE) permet de respecter les valeurs limites Euro 6 strictes en matière d'émissions d'oxydes d'azote (NO_x). Une partie du flux principal des gaz d'échappement entre le tuyau d'échappement coudé et le turbocompresseur est prélevée, refroidie dans un échangeur de chaleur spécial (refroidisseur RGE) puis renvoyée vers l'air d'admission. Cela permet de faire baisser la température de combustion dans le moteur et de réduire la formation d'oxydes d'azote.

Refroidisseur RGE démonté

Structure/fonctionnement

Le refroidisseur RGE monté à proximité du moteur est fabriqué en acier inoxydable ou en aluminium. Il dispose de plusieurs raccordements par lesquels les gaz d'échappement chauds et le liquide de refroidissement pénètrent dans le refroidisseur. Une fois que les gaz d'échappement ont été refroidis dans le refroidisseur, ils en sortent et sont guidés en quantité dosée vers le système d'aspiration, puis amenés dans la chambre de combustion. Les émissions d'oxydes d'azote sont ainsi réduites avant le catalyseur. Des actionneurs pneumatiques et/ou électriques sont montés sur le refroidisseur RGE et chargés de commander le taux de recirculation des gaz d'échappement.

Causes de pannes et conséquences

Le refroidisseur RGE n'est certes pas une pièce d'usure classique, mais des défauts liés par ex. à des variations extrêmes de température ou à des additifs manquants ou agressifs dans le liquide de refroidissement peuvent entraîner des fuites internes ou externes. Une panne des actionneurs est donc possible. La perte progressive de liquide de refroidissement peut être un indice que le refroidisseur RGE fuit ; elle s'accompagne souvent d'une augmentation de la température du moteur.

Au départ, la perte reste inaperçue car la contre-pression des gaz d'échappement est supérieure à la pression du liquide de refroidissement quand le moteur est en marche. Lorsque le moteur est arrêté, la pression diminue et le liquide de refroidissement s'échappe vers le collecteur d'admission ou d'échappement du moteur. Un positionnement du refroidisseur au-dessus des soupapes d'admission et d'échappement peut entraîner une accumulation de liquide de refroidissement dans la chambre de combustion.

Au redémarrage, un coup de bélier peut entraîner des dommages mécaniques aux composants du moteur.

Si le refroidisseur RGE est fissuré, la pression des gaz d'échappement peut s'échapper de façon incontrôlée, n'en laissant plus assez pour le turbocompresseur. Il en résulterait une pression de suralimentation ou un rendement moteur insuffisants. Les actionneurs montés sur le refroidisseur RGE peuvent tomber en panne par ex. suite à des fuites, des membranes fissurées (pneumatique), des défaillances électriques (commande, contact) ou des défauts mécaniques (entraînement/actionnement grippé ou cassé).

Une autre cause de panne peut être la formation de calamine à l'intérieur du refroidisseur RGE. Plusieurs des défauts mentionnés ci-dessus sont détectés par le module de commande et entraînent l'allumage des voyants de contrôle.

Recherche de la panne

L'emplacement du refroidisseur RGE rend souvent difficile la recherche de la panne. Il existe toutefois de nombreuses façons de contrôler les éléments et de déterminer la cause des défauts :

1. Lire les codes défauts.

- La lecture des codes défauts fournit des informations sur la zone où le défaut se situe.

2. Observer les blocs de valeurs mesurées.

- La comparaison entre les valeurs de consigne et réelles permet de tirer des conclusions sur le fonctionnement et l'emplacement des composants.

3. Effectuer un test optique et acoustique.

- Un test optique et acoustique permet de localiser les fuites (liquide de refroidissement, gaz d'échappement, pression/dépression) et l'encrassement.

4. Effectuer un contrôle mécanique.

- Le bon fonctionnement et le bon positionnement des actionneurs mécaniques (servo-moteur) doivent être vérifiés.

5. Contrôler la pression/dépression.

- Une pompe à pression/à vide permet de contrôler les composants pneumatiques (actionneur à dépression/soupapes/ transducteur de pression) et les tuyaux.

6. Utiliser un multimètre.

- Le multimètre permet de contrôler la tension d'alimentation des composants électriques.

7. Effectuer un test avec l'oscilloscope.

- L'utilisation d'un oscilloscope est particulièrement recommandée pour tester la commande des composants (signal MLI).

Avant de commencer le diagnostic, il est important d'obtenir une vue d'ensemble du système et des composants installés à l'aide des documents spécifiques au véhicule (schéma électrique, valeurs de contrôle). Une recherche systématique de la panne est alors possible.

Actionnement mécanique du refroidisseur RGE

Refroidisseur RGE avec servo-moteur et actionneur à dépression

Réchauffeur CTP

Généralités

En raison du rendement élevé des moteurs modernes à injection directe (par ex. TDI), la chaleur dissipée lors des journées froides est insuffisante pour réchauffer rapidement l'habitacle. Les réchauffeurs CTP installés avant l'échangeur de chaleur dans le sens du flux permettent de réchauffer rapidement l'habitacle. Ils sont composés de plusieurs résistances à commande électrique et dépendantes de la température. L'énergie est alimentée sans temporisation depuis le réseau de bord électrique et directement envoyée par le flux d'air de la soufflerie vers l'habitacle sous forme de chaleur.

Réchauffeur CTP

Structure/fonctionnement

Les éléments CTP font partie des résistances céramiques non linéaires. CTP signifie Coefficient Thermique Positif, ce qui veut dire que la résistance électrique augmente avec la température de l'élément. Cela n'est toutefois pas strictement exact, car elle commence par baisser avec l'augmentation de la température. La courbe caractéristique de résistance a sur cette plage une caractéristique de température négative. Ce n'est que lorsqu'on atteint une résistance minimale que la caractéristique de température négative devient positive. Cela signifie que la résistance augmente tout d'abord lentement avec la température, puis rapidement à partir d'environ 80 °C et jusqu'à ce que l'élément CTP n'absorbe pratiquement plus de courant supplémentaire. Lorsque ce point est atteint, la température de surface est d'environ 150 °C quand il ne passe pas d'air dans le réchauffeur PTC, et celle du cadre métallique d'environ 110 °C. Le réchauffeur CTP est constitué de plusieurs éléments chauffants, d'un cadre de fixation, d'un cadre isolant et du relais ou de l'électronique de puissance.

Les éléments chauffants sont composés de céramique CTP, de tôles de contact, de raccordements et d'ailettes ondulées en aluminium. Les ailettes ondulées élargissent la surface des tôles de contact dégageant de la chaleur. Pour augmenter la transmission thermique côté air, les ailettes ondulées sont dotées de fentes, les ouïes. La transmission thermique améliorée permet de diminuer considérablement l'augmentation du courant d'appel par rapport au réchauffeur avec des ailettes ondulées sans ouïes. Cela a pour avantage de pouvoir activer plus souvent des éléments CTP individuels. Le réchauffeur peut donc fonctionner avec une puissance globalement plus élevée. Le savoir-faire de la production des ouïes vient de la fabrication des radiateurs. Le réchauffeur est installé dans le flux d'air de l'unité de chauffage/climatisation, directement derrière l'échangeur de chaleur conventionnel, ce qui réduit l'encombrement au strict minimum. En cas de températures extérieures basses et si le moteur est froid, le réchauffeur CTP est d'abord traversé uniquement par un air froid ou légèrement réchauffé par l'échangeur de chaleur. La température et la résistance des éléments chauffants sont faibles, la puissance de chauffage, quant à elle, est élevée. La réponse du chauffage conventionnel augmente la température de l'air et la résistance, ce qui fait baisser la puissance de chauffage. La température de surface d'un réchauffeur CTP traversé par un air à 25 °C permet d'atteindre un débit d'env. 480 kg d'air par heure. Le réseau de chauffage accepte une température moyenne de 50 °C avec un air à cette température. Il est possible de choisir entre différentes résistances nominales des éléments CTP, ce qui modifie la consommation de courant et la puissance en conséquence. Une résistance nominale faible autorise une puissance de chauffage élevée lorsque le moteur tourne. La puissance des chauffages CTP se situe entre 1 kW et 2 kW. À 2 kW, la limite de puissance du réseau 12 V (150 A pour 13 V) est atteinte. Un réseau de bord de 42 V permettrait d'atteindre des puissances encore supérieures. La faible inertie et la chaleur créée électriquement étant dirigée directement vers le flux d'air sans aucun détour permettent au chauffage CTP de répondre pratiquement immédiatement. Cette grande spontanéité est la caractéristique propre des réchauffeurs CTP. Étant donné que le moteur atteint plus rapidement sa température de service grâce à la sollicitation supplémentaire de l'alternateur, le chauffage conventionnel répond également plus rapidement. Cette puissance de chauffage supplémentaire représente environ deux tiers de la puissance du chauffage CTP. Cette puissance de chauffage peut être pour ainsi dire attribuée au réchauffeur CTP. La courbe de résistance caractéristique des éléments CTP empêche que le réchauffeur CTP ne surchauffe. La température de surface du cadre métallique est toujours inférieure à 110 °C.

De plus, lorsque la température de l'air insufflé de l'échangeur de chaleur est plus élevée, la puissance du réchauffeur CTP diminue. L'électronique de puissance permet de réguler le réchauffeur CTP soit sur plusieurs paliers soit en continu pour qu'elle puisse s'adapter à la puissance de chauffage nécessaire ou à la puissance électrique disponible. Le réchauffeur CTP peut être commandé de façon externe à l'aide d'un relais ou via une régulation intégrée avec l'électronique de puissance. Avec la commande via relais, le constructeur automobile fixe le nombre de vitesses possibles et la manière de les activer. La régulation intégrée dans le réchauffeur fait la différence entre fonctionnalité minimale et élevée. La fonctionnalité minimale permet d'activer les vitesses une par une.

L'électronique de puissance protège le réchauffeur contre la surtension, les courts-circuits et l'inversion de polarité. Cette régulation ne prévoit aucune fonction de diagnostic. La régulation à vitesses permet jusqu'à huit vitesses. La commande dépend de la consommation et de la demande de chauffage d'appoint, c'est-à-dire du confort thermique souhaité. Avec la régulation à fonctionnalité élevée, la commande de l'électronique de puissance se fait par ex. en continu grâce au bus de données LIN ou CAN du véhicule. Le courant mis à disposition par le réseau de bord dans toutes les situations peut ainsi être toujours utilisé de façon optimale pour le chauffage. En plus de la protection contre la surtension, les courts-circuits et l'inversion de polarité, l'électronique de puissance à fonctionnalité élevée contient une protection contre les surintensités par vitesse, une protection du circuit imprimé contre la surchauffe et une surveillance de la tension. La régulation à fonctionnalité élevée peut être diagnostiquée.

Conséquences en cas de panne

Une défaillance du réchauffeur CTP peut être constatée comme suit :

- puissance réduite du chauffage lorsque le moteur est froid,
- enregistrement d'un code défaut dans la mémoire.

Les causes peuvent être les suivantes :

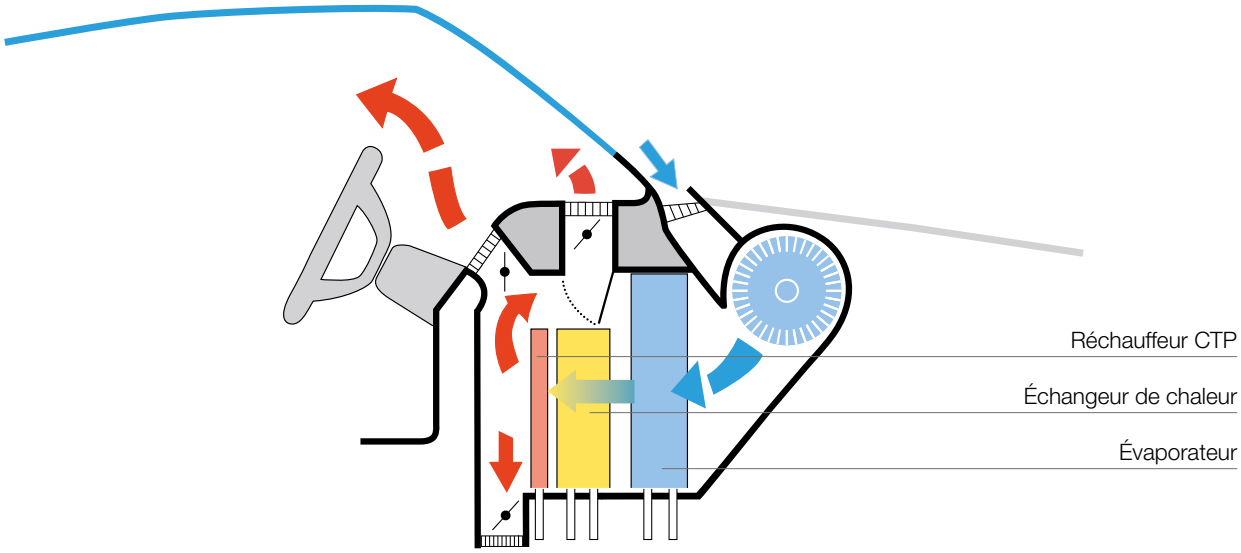
- commande électrique ou raccordements électriques du réchauffeur CTP défaillants,
- réchauffeur CTP défaillant (électronique de bord, résistances).

Recherche de la panne

Procédure d'identification des défauts :

- vérifier le fusible,
- lire les codes défauts,
- lire les blocs de valeurs mesurées,
- contrôler la commande électrique (relais),
- vérifier les raccordements électriques.

Sur de nombreux véhicules, le module de commande du réseau de bord régule le réchauffeur CTP via la gestion de charge et le coupe en cas de surcharge du réseau de bord. L'état de la gestion de charge peut souvent être consulté via les blocs de valeurs mesurées. En cas de problème avec la puissance de chauffage, la lecture du code défaut et des blocs de valeurs mesurées permet de déterminer si l'arrêt du réchauffeur est lié à une surcharge du réseau de bord. La cause d'une surcharge peut également être un réchauffeur défectueux.



Agencement échangeur de chaleur/réchauffeur dans l'habitacle

MAHLE Aftermarket GmbH
Pragstraße 26–46
70376 Stuttgart, Allemagne
Téléphone : +49 711 501-0

www.mahle-aftermarket.com
www.mpulse.mahle.com

MAHLE/2020-06/FR