

MAHLE



Climatisation du véhicule

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 climatisation modernes dans leur contexte technique. Nous expliquons également leur fonctionnement, les causes de panne, les spécificités et les possibilités de diagnostic.



➤ Le saviez-vous ? MAHLE compte parmi les principaux équipementiers internationaux de première monte pour le refroidissement moteur et la climatisation automobile.

Sommaire

Bases de la clim

Bilan et entretien clim	04
Unité de clim et de refroidissement	05
Circuit de clim	06
Composants du système de clim	07
Réparation et entretien	14
Instructions de montage et de démontage	15
Diagnostic des pannes	18

Compresseurs de clim

Vue d'ensemble et recommandations importantes	20
Séquence pour l'analyse des défauts et le remplacement	22
Dommages du compresseur de clim	26
Bruits	28
Compresseurs de clim sans embrayage magnétique	30
Types de compresseurs de clim	34
Remplissage d'huile des compresseurs de clim	36

Entretien et réparation

Rinçage du système de clim	39
Techniques de détection des fuites	44
Réparation des conduites et tuyaux	46

Astuces techniques

Fluides frigorigènes R12, R134a, R1234yf	47
Capteurs de température habitacle	48
Produits d'étanchéité	49

Gestion innovante de la clim

Gestion innovante de la clim et du confort dans l'habitacle	50
Gestion thermique des véhicules électriques et hybrides	54

Huiles de compresseur de clim

Huiles PAG et PAO	62
Comparatif des huiles de compresseur de clim	66
Du type d'huile au type de compresseur de clim	68
Liste des produits	70

Équipement d'atelier

Équipement d'atelier de MAHLE Service Solutions	72
---	----

Bilan et entretien clim

Le bilan et l'entretien climatisation suivent la même logique que la petite et la grande inspection.

▶ Pour les VP, MAHLE recommande un bilan climatisation tous les 12 mois et un entretien climatisation tous les 2 ans

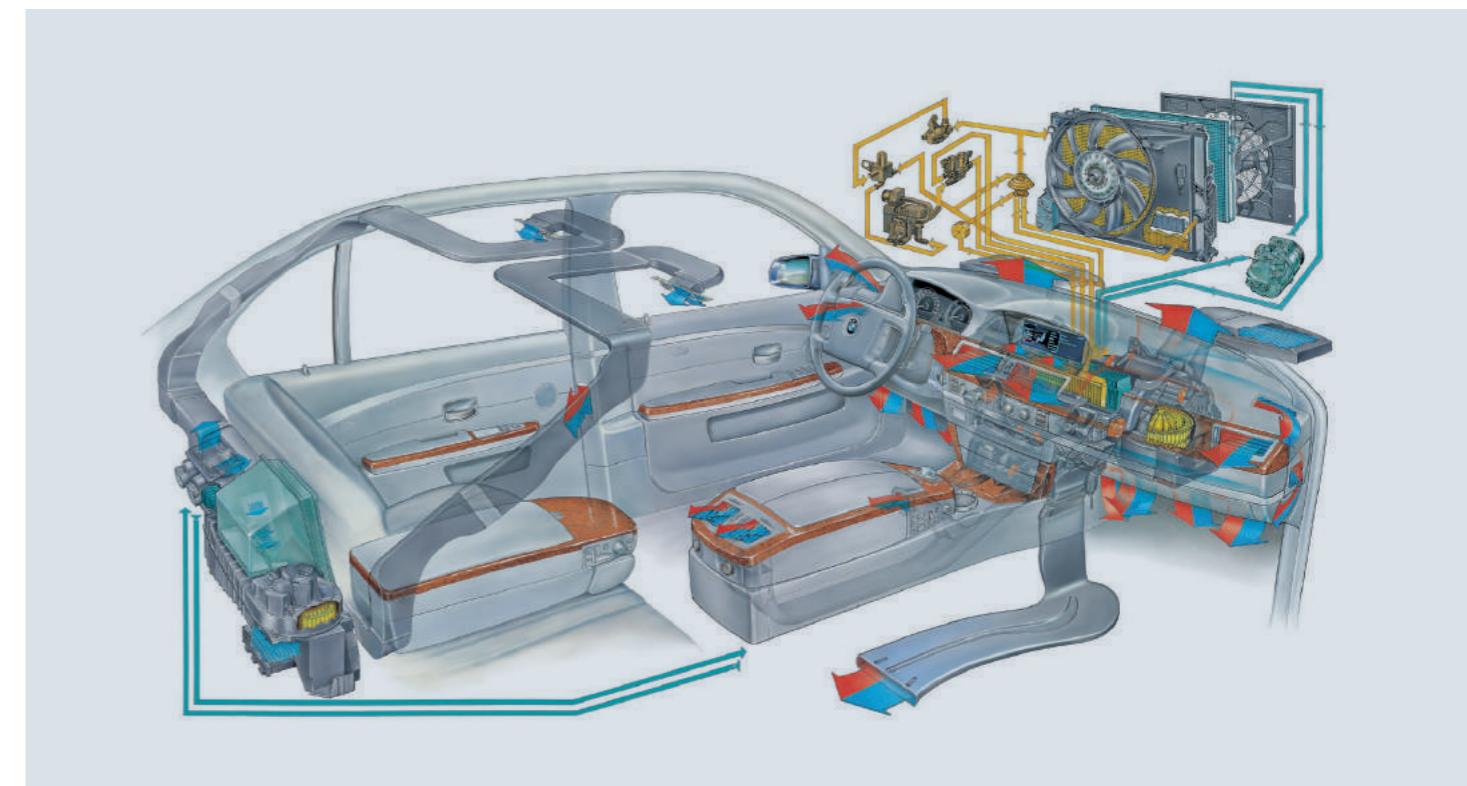
Bilan et entretien en alternance

Que faire, et quand ?

Quoi ?	Bilan climatisation
Quand ?	Pour les VP, tous les 12 mois
Pourquoi ?	Le filtre d'habitacle élimine la poussière, les pollens et les impuretés de l'air avant qu'il n'arrive, propre et refroidi, dans l'habitacle. Comme pour tous les filtres, sa capacité d'absorption est limitée. Tous les systèmes de climatisation contiennent un évaporateur et de l'eau de condensation se forme dans ses ailettes. Avec le temps, bactéries, champignons et microorganismes s'y installent. L'évaporateur doit donc être régulièrement désinfecté.
Comment s'y prendre ?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contrôle visuel de tous les composants ▪ Remplacement du filtre d'habitacle ▪ Contrôle du fonctionnement et de l'efficacité de la climatisation ▪ Désinfection éventuelle de l'évaporateur

Que faire, et quand ?

Quoi ?	Entretien climatisation
Quand ?	Pour les VP, tous les 2 ans
Pourquoi ?	Les climatisations perdent jusqu'à 10 % de fluide frigorigène par an, même si elles sont neuves. C'est un phénomène normal, qui entraîne toutefois une perte de performance frigorifique et menace d'endommager le compresseur de climatisation. La bouteille déshydratante débarrasse le fluide frigorigène de l'humidité et des impuretés.
Comment s'y prendre ?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contrôle visuel de tous les composants ▪ Contrôle du fonctionnement et de l'efficacité de la climatisation ▪ Remplacement du fluide frigorigène ▪ Remplacement de la bouteille déshydratante ▪ Désinfection éventuelle de l'évaporateur ▪ Remplacement du filtre d'habitacle



Unité de clim et de refroidissement

La climatisation et le refroidissement sont une unité

Même si la climatisation et le circuit de refroidissement moteur sont deux systèmes distincts, ils ont un impact l'un sur l'autre. En effet, lorsque la climatisation est en marche, le circuit de refroidissement moteur est soumis à une contrainte supplémentaire et la température du liquide de refroidissement augmente.

Les additifs contenus dans le liquide de refroidissement protègent non seulement contre le gel mais aussi contre la surchauffe du moteur. La composition correcte du liquide de refroidissement élève son point d'ébullition à plus de 120 °C, ce qui lui donne une énorme réserve de performance. C'est d'autant plus important en été, lorsque la climatisation et le circuit de refroidissement sont fortement sollicités par la température ambiante et les longs trajets. L'idéal est donc de vérifier également le liquide de refroidissement lors de l'entretien de la climatisation.

Circuit de clim

Fonctionnement de la climatisation avec détendeur

La commande de la climatisation dans l'habitacle nécessite tant le circuit de climatisation que le circuit de refroidissement. Un mélange d'air frais et chaud permet de créer les conditions climatiques souhaitées, peu importe les conditions extérieures. La climatisation est donc essentielle pour la sécurité et le confort de conduite.

Les différents composants du circuit de climatisation sont reliés entre eux par des conduites faites de flexibles et/ou de tuyaux en aluminium, créant un système fermé. Le fluide frigorigène et l'huile frigorigène circulent dans le système, entraînés par le compresseur de climatisation. Le circuit se compose de deux parties :

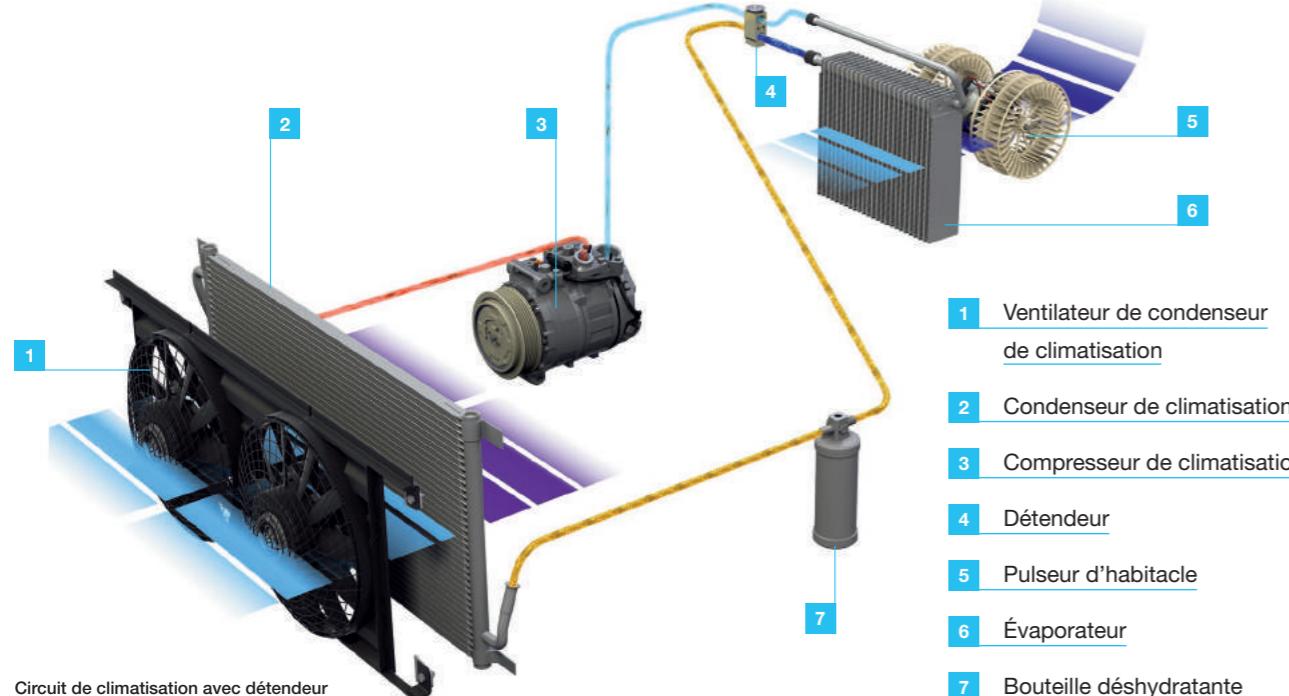
- La partie située entre le compresseur de climatisation et le détendeur est appelée côté haute pression (rouge/jaune).
- Celle comprise entre le détendeur et le compresseur de climatisation est le côté basse pression (bleu).

Le compresseur de climatisation comprime le fluide frigorigène à l'état gazeux (ce qui entraîne une forte augmentation

de sa température) et l'envie sous haute pression à travers le condenseur. Le fluide frigorigène y est refroidi ; il se condense et passe de l'état gazeux à l'état liquide.

Dans l'étape suivante, la bouteille déshydratante élimine les impuretés et l'air emprisonné du fluide frigorigène liquide, ainsi que l'humidité. Cela garantit l'efficacité du système, tout en protégeant les composants contre les dommages que pourrait causer un tel encrassement.

Le fluide passe ensuite de la bouteille déshydratante au détendeur, que l'on peut comparer à un barrage. Avant le barrage, il assure une pression constante ; une fois passé ce barrage, la pression peut se détendre grâce à une augmentation du volume. Le détendeur étant situé juste avant l'évaporateur, la détente du fluide frigorigène a lieu dans ce dernier. L'évaporation, c'est-à-dire le passage de l'état liquide à l'état gazeux, crée du froid, qui est ensuite soufflé par le système de ventilation dans l'habitacle pour garantir le bien-être des passagers. Côté basse pression, le fluide frigorigène désormais à l'état gazeux retourne vers le compresseur de climatisation et le cycle recommence.



Composants du système de clim

Composseurs de climatisation

Le compresseur de climatisation est généralement entraîné par le moteur via une courroie trapézoïdale à nervures ou crantée. Le compresseur de climatisation comprime et fait circuler le fluide frigorigène dans le système. Il existe différents modèles de compresseurs de climatisation.

Le fluide frigorigène sort de l'évaporateur à l'état gazeux pour être aspiré et comprimé à basse température par le compresseur. Il est ensuite envoyé vers le condenseur de climatisation sous forme gazeuse à haute température et sous haute pression.

La taille du système détermine les dimensions du compresseur de climatisation. Le compresseur de climatisation est rempli d'une huile de lubrification spéciale, dont une partie circule avec le fluide frigorigène dans le système de climatisation.

Les compresseurs de climatisation sont décrits en détail à partir de la page 20.



Une lubrification insuffisante, liée à des fuites entraînant des pertes de fluide frigorigène et d'huile, ainsi qu'un entretien irrégulier peuvent causer des pannes du compresseur de climatisation (joint d'arbre non étanche, joint de carter non étanche, dégâts, blocage du piston, etc.).



Condenseurs de climatisation

Le condenseur de climatisation sert à refroidir le fluide frigorigène chauffé par le compresseur de climatisation. Le fluide frigorigène chaud passe dans le condenseur et cède son énergie thermique via la conduite et les ailettes. Refroidi, il passe de l'état gazeux à l'état liquide.

Fonctionnement

Le fluide frigorigène chaud passe en haut dans le condenseur et cède son énergie thermique via la conduite et les ailettes. Refroidi, il quitte le condenseur de climatisation à l'état liquide par la vanne du bas.



Conséquences en cas de panne

Un condenseur de climatisation défectueux peut présenter les symptômes suivants :

- mauvais refroidissement,
- défaillance de la climatisation,
- fonctionnement continu du ventilateur de condenseur de climatisation.

Les causes suivantes peuvent être à l'origine de la panne :

- fuites au niveau des raccords ou liées à des dommages,
- échange thermique insuffisant dû à l'enrassement.

Recherche de la panne

Procédure d'élimination des défauts :

- Vérifier si le condenseur de climatisation est encrassé.
- Contrôler l'étanchéité.
- Tester la pression des côtés haute et basse pression.

Bouteille déshydratante

Selon le type d'installation, les éléments filtrants de la climatisation sont appelés bouteille déshydratante ou accumulateur. La bouteille déshydratante a pour fonction de supprimer les corps étrangers et l'humidité du fluide frigorigène.

Fonctionnement

Le fluide frigorigène liquide entre dans la bouteille déshydratante, traverse un agent déshydratant hygroscopique puis ressort de la bouteille sous forme liquide. La partie supérieure de la bouteille déshydratante sert également de réservoir de compensation et sa partie inférieure de réservoir de fluide frigorigène afin de compenser les variations de pression dans le système.

La bouteille déshydratante ne peut retenir qu'une certaine quantité d'humidité ; au-delà, l'agent déshydratant est saturé et ne peut plus lier l'humidité.

Conséquences en cas de panne

Une bouteille déshydratante défectueuse peut présenter les symptômes suivants :

- mauvais refroidissement,
- défaillance de la climatisation.

Les causes de la panne de la bouteille déshydratante peuvent être les suivantes :

- vieillissement,
- coussin filtrant défectueux à l'intérieur de la bouteille,
- fuites au niveau des raccords ou liées à des dommages.

Recherche de la panne

Marche à suivre pour la recherche de panne :

- Vérifier les intervalles d'entretien (pour les VP, tous les 2 ans).
- Vérifier l'étanchéité/le positionnement correct des raccords/les éventuels dommages.
- Tester la pression des côtés haute et basse pression.



En raison de l'emplacement de montage particulier du condenseur, l'enrassement ou l'impact de gravillons peut entraîner des pannes. Les pannes liées aux collisions frontales sont particulièrement fréquentes.



En général, la bouteille déshydratante sur les VP doit être remplacée tous les 2 ans ou à chaque ouverture du circuit de climatisation. Le vieillissement de la bouteille déshydratante peut entraîner des dommages importants sur le système de climatisation. Les bouteilles déshydratantes peuvent être intégrées au condenseur de climatisation, ce qui peut rendre impossible le remplacement de la bouteille seule.

➤ Vous trouverez l'outillage nécessaire de MAHLE Service Solutions à partir de la page 72.

Détendeur

Le détendeur est le point de séparation entre les zones haute et basse pression dans la boucle froide. Il est monté devant l'évaporateur. Afin d'assurer une puissance frigorifique optimale dans l'évaporateur, le flux de fluide frigorigène est régulé par le détendeur en fonction de la température. Cela garantit une évaporation complète du fluide frigorigène liquide ; seul du fluide frigorigène à l'état gazeux arrive alors dans le compresseur de climatisation. Les détendeurs peuvent différer de par leur conception.

Fonctionnement

Le fluide frigorigène liquide venant du condenseur de climatisation via la bouteille déshydratante traverse le détendeur et est injecté dans l'évaporateur. L'évaporation du fluide frigorigène libère du froid, ce qui fait baisser la température. Afin d'assurer une puissance frigorifique optimale dans l'évaporateur, le flux de fluide frigorigène est réglé par le détendeur en fonction de la température. À la sortie de l'évaporateur, le fluide frigorigène est

dirigé par le détendeur vers le compresseur de climatisation. Lorsque la température du fluide frigorigène augmente en sortant de l'évaporateur, il se dilate dans le détendeur. Cela augmente le flux de fluide frigorigène (quantité injectée) vers l'évaporateur. Lorsque la température du fluide frigorigène baisse en sortant de l'évaporateur, le volume dans le détendeur diminue et le détendeur fait baisser le flux de fluide frigorigène vers l'évaporateur.

Conséquences en cas de panne

Une défaillance du détendeur peut être constatée comme suit :

- mauvais refroidissement,
- défaillance de la climatisation.

Les pannes peuvent avoir différentes causes :

- problèmes de températures liés à la surchauffe ou au givre,
- encrassement du système,
- défaut d'étanchéité de la pièce ou des conduites de raccordement.

Recherche de la panne

En cas de dysfonctionnement, effectuer les tests suivants :

- contrôle visuel,
- contrôle acoustique,
- positionnement correct des conduites de raccordement,
- étanchéité de la pièce et des raccords,
- mesure de la température du système de conduites,
- mesure de la pression lorsque le compresseur de climatisation et le moteur sont en marche.

Évaporateur

L'évaporateur fait office d'échangeur thermique entre l'air ambiant et le fluide frigorigène de la climatisation.

Fonctionnement

Le fluide frigorigène liquide sous haute pression est injecté dans l'évaporateur via le détendeur et se détend. Le froid ainsi obtenu par évaporation est rejeté par la grande surface de l'évaporateur et dirigé par le flux de ventilation directement vers l'habitacle du véhicule.

Conséquences en cas de panne

Un évaporateur défectueux peut présenter les symptômes suivants :

- refroidissement insuffisant,
- défaillance de la climatisation,
- rendement insuffisant du pulsateur.

Les causes de la panne de l'évaporateur peuvent être les suivantes :

- conduites de l'évaporateur bouchées,
- évaporateur non étanche (raccords, dommages),
- évaporateur encrassé (débit d'air affecté).

Recherche de la panne

Marche à suivre pour la recherche de panne :

- Vérifier si l'évaporateur est encrassé.
- Vérifier si l'évaporateur est endommagé.
- Vérifier si les conduites de raccordement sont positionnées correctement.
- Tester l'étanchéité.
- Mesurer la pression lorsque le compresseur de climatisation et le moteur sont en marche.
- Mesurer la température au niveau des conduites d'arrivée et de sortie.



➤

L'humidité et l'encrassement de la climatisation peuvent fortement altérer le fonctionnement du détendeur et entraîner des dysfonctionnements. Un entretien régulier est donc essentiel !



➤

Des problèmes de température, l'encrassement, l'humidité et un entretien irrégulier peuvent endommager l'évaporateur. Pour l'éviter, la climatisation doit être régulièrement entretenue et désinfectée.

Pressostats et capteurs

Les pressostats et capteurs servent à protéger la climatisation des dommages liés à des pressions trop élevées ou trop basses. On fait la distinction entre les interrupteurs bp, les contacteurs hp et les contacteurs tripolaires. Le contacteur tripolaire contient le contacteur hp, l'interrupteur bp et un contacteur auxiliaire pour le ventilateur de condenseur.

Fonctionnement

En général, le pressostat (avertisseur de pression) est monté sur le côté haute pression de la climatisation. Si la pression est trop élevée (env. 26–33 bars), il coupe l'alimentation électrique de l'embrayage du compresseur de climatisation et la remet en marche lorsque la pression baisse (env. 5 bars). L'alimentation électrique est également interrompue si la pression est trop faible (env. 2 bars) pour éviter d'endommager le compresseur de climatisation par un manque de lubrification. Le troisième interrupteur du



contacteur tripolaire commande le ventilateur du condenseur de climatisation électrique afin de garantir une condensation optimale du fluide frigorigène dans le condenseur.

Conséquences en cas de panne

Une défaillance ou une panne du pressostat peut être constatée comme suit :

- refroidissement insuffisant,
- climatisation non fonctionnelle,
- engagement/désengagement fréquent de l'embrayage du compresseur de climatisation.

La climatisation ne fonctionne pas.

Les pannes peuvent avoir différentes causes :

- faux contact au niveau des raccordements électriques,
- encrassement du système,
- carter endommagé par les vibrations ou des accidents.

Recherche de la panne

Procédure d'identification des défauts :

- contrôle visuel,
- positionnement correct du connecteur,
- inspection de la pièce pour détecter les dommages,
- mesure de la pression lorsque le compresseur de climatisation et le moteur sont en marche,
- contrôle de la pièce démontée à l'aide d'une bouteille d'azote, d'une vanne de détente et d'un multimètre.



Les pressostats et les capteurs peuvent tomber en panne à cause de faux contacts ou de l'encrassement. Un entretien régulier du système permet d'éviter les pannes. D'autres interrupteurs de climatisation tels que des interrupteurs de mise en marche/arrêt complètent le catalogue.

Pulseur d'air

Le pulseur d'air sert à ventiler le VP. Il garantit une bonne visibilité et une température agréable dans l'habitacle, deux aspects essentiels pour la sécurité et le confort de conduite.



La défaillance du ventilateur entraîne une température inconfortable dans l'habitacle, ce qui déconcentre le conducteur et représente un risque important en matière de sécurité. De plus, une ventilation insuffisante peut entraîner la formation de buée sur le pare-brise. La visibilité limitée est également un risque majeur pour la sécurité.

Ventilateur de condenseur de climatisation

Le ventilateur de condenseur de climatisation assure une liquéfaction optimale du fluide frigorigène, peu importe la condition de fonctionnement du véhicule. Il est installé comme ventilateur supplémentaire ou combiné devant ou derrière le condenseur de climatisation ou le radiateur moteur.



Les défaillances des ventilateurs de condenseur de refroidissement peuvent être liées à des dommages électriques ou mécaniques. Le fluide frigorigène n'est alors plus suffisamment liquéfié, ce qui réduit la performance de la climatisation.

Réparation et entretien

Consignes de sécurité/utilisation du fluide frigorigène

- Toujours porter des lunettes et des gants de protection ! À des températures ambiantes et à une pression atmosphérique normales, le fluide frigorigène liquide s'évapore si rapidement que tout contact avec la peau ou les yeux peut entraîner une gelure des tissus (risque de cécité).
- En cas de contact, rincer abondamment les zones affectées avec de l'eau froide. Ne pas frotter. Consulter immédiatement un médecin !
- Lors de travaux sur le circuit de climatisation, bien ventiler le lieu de travail. L'inhalation de concentrations élevées de fluide frigorigène à l'état gazeux entraîne un risque de vertiges et d'asphyxie. Les travaux sur le circuit de climatisation ne doivent pas être effectués dans des fosses. Le fluide frigorigène à l'état gazeux étant plus lourd que l'air, il pourrait s'y accumuler en fortes concentrations.

- Interdiction de fumer ! L'incandescence de la cigarette peut décomposer le fluide frigorigène en substances toxiques.
- Ne pas verser le fluide frigorigène sur une flamme nue ou du métal chaud. Risque de formation de gaz mortels.
- Ne jamais laisser échapper le fluide frigorigène dans l'atmosphère. À l'ouverture du réservoir de fluide frigorigène ou du système de climatisation, le contenu en sort sous haute pression. Le niveau de pression dépend de la température. Plus la température est élevée, plus la pression est élevée.
- Éviter toute exposition des composants de la climatisation à la chaleur. Après des travaux de peinture, ne pas chauffer les véhicules à une température supérieure à 75 °C (four de séchage) ; si nécessaire, vidanger au préalable la climatisation.
- Lorsque les tuyaux d'entretien du véhicule sont débranchés, ne pas tenir les raccords contre soi, car des résidus de fluide frigorigène pourraient s'en échapper.
- Lors du nettoyage du véhicule, ne pas diriger le nettoyeur haute pression directement vers les composants de la climatisation.
- Ne jamais effectuer de modifications sur le paramétrage d'usine de la vis de réglage du détendeur.



Les interventions sur la climatisation ne doivent être effectuées que par des professionnels qualifiés (attestation de compétence). Respecter la réglementation européenne en vigueur (307/2008, 517/2014, 2006/40).

Instructions de montage et de démontage

Système de climatisation

Avant de démonter ou de monter une pièce de rechange, vérifiez si les raccords, les fixations et les autres caractéristiques importantes pour le montage sont identiques.

En cas de remplacement de pièces, utilisez toujours des joints toriques neufs et adaptés au fluide frigorigène.

L'huile de compresseur de climatisation a un fort effet hygroscopique. Il faut donc veiller à maintenir le système le plus fermé possible ou à remplir l'huile juste avant de refermer le circuit de climatisation.

Avant le montage, graissez les joints toriques et les garnitures d'étanchéité avec de l'huile frigorigène ou des lubrifiants spéciaux afin de faciliter l'installation.

N'utilisez pas d'autres graisses ni vaporisateurs de silicone afin d'éviter une contamination immédiate du fluide frigorigène propre.

À chaque ouverture du circuit de climatisation, la bouteille déshydratante doit être remplacée en raison de son fort effet hygroscopique. Si la bouteille déshydratante ou l'accumulateur ne sont pas remplacés régulièrement, le coussin filtrant peut se décomposer, ce qui peut entraîner la dispersion de particules de silicate dans tout le système et causer d'importants dommages.

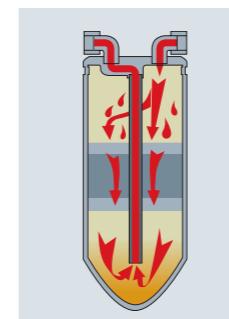
Les raccords du système ne doivent jamais rester ouverts de manière prolongée, mais doivent être immédiatement refermés à l'aide de bouchons ou d'obturateurs pour éviter la pénétration d'air chargé en humidité dans le système.

Travaillez toujours avec deux clés pour desserrer et resserrer les raccords afin de ne pas abîmer les conduites de raccordement ou les composants.

Lors de la pose des tuyaux et des câbles, assurez-vous qu'aucun dommage n'est causé par les bords du véhicule ou d'autres composants mobiles.

Lors du remplacement d'un composant du système de climatisation, veillez à ce que la quantité d'huile présente soit correcte. Remplissez ou vidangez une partie de l'huile si nécessaire.

Avant de remplir le système, vérifiez son étanchéité. Enfin, il faut effectuer un tirage à vide du système suffisant (env. 30 minutes) pour s'assurer qu'il ne contient plus aucune humidité.



Bouteille déshydratante



Manomètre de pression



Détecteur de fuites électronique



Huile PAO 68



Après le remplissage avec la quantité de fluide frigorigène indiquée par le constructeur automobile, vérifiez si le système fonctionne correctement et ne présente pas de fuite (détecteur de fuites électronique). Les pressions haute et basse doivent également être observées à l'aide de manomètres et comparées aux valeurs prescrites. Comparez la température de sortie à la buse de ventilation centrale avec les valeurs indiquées par le constructeur.

Une fois que les raccords de service ont été refermés à l'aide des capuchons de protection, indiquez la date d'entretien en collant une étiquette sur la traverse avant.

Instructions de montage des compresseurs de climatisation

Assurez-vous que tous les corps étrangers et impuretés ont été éliminés du circuit de climatisation par un rinçage du système avant le montage du nouveau compresseur de climatisation. Selon le degré d'enrassement, utilisez pour le rinçage du fluide frigorigène R134a, du R1234yf ou une solution spéciale. Les compresseurs de climatisation, bouteilles déshydratantes (accumulateurs) et détendeurs ne peuvent pas être rincés. Comme une panne du compresseur de climatisation implique généralement un encrassement du système (abrasion, copeaux), il est indispensable de rincer le système après remplacement de ces composants. Assurez-vous qu'il ne reste aucun résidu de solution de rinçage dans le système. Si nécessaire, séchez le circuit de climatisation à l'azote.

Remplacez la bouteille déshydratante ou l'accumulateur et le détendeur (orifice calibré).

Un seul et même compresseur de climatisation pouvant être utilisé pour différents véhicules ou systèmes, il est impératif de vérifier, voire corriger, la charge d'huile et la viscosité avant de monter le compresseur, conformément aux instructions du constructeur. Pour ce faire, il faut vidanger et recueillir l'intégralité de l'huile, puis remplir le compresseur de la quantité d'huile prescrite par le constructeur automobile (charge d'huile de climatisation).

La vidange et le remplissage de l'huile se font via la vis de vidange prévue à cet effet. Si le compresseur ne dispose pas d'une telle vis, l'huile est vidangée via les raccords haute et basse pression, puis il est rempli via le raccord basse pression. Pour ce faire, il faut tourner plusieurs fois l'arbre du compresseur.

Afin que l'huile se répartisse uniformément, il est important de tourner le compresseur 10 fois à la main avant de le monter. Lors du montage de la courroie de transmission, il faut s'assurer qu'elle soit correctement alignée. Certains compresseurs de clim sont conçus pour des utilisations multiples, ce qui signifie qu'ils peuvent être installés dans différents véhicules. Ils correspondent parfaitement à l'ancienne pièce, au nombre de rainures sur l'embrayage électromagnétique près.

Une fois le compresseur monté et le circuit de climatisation rempli, le moteur doit être démarré et tourner au ralenti pendant quelques minutes.

Les autres consignes (mode d'emploi, consignes du fabricant, prescriptions de rodage) doivent impérativement être respectées.



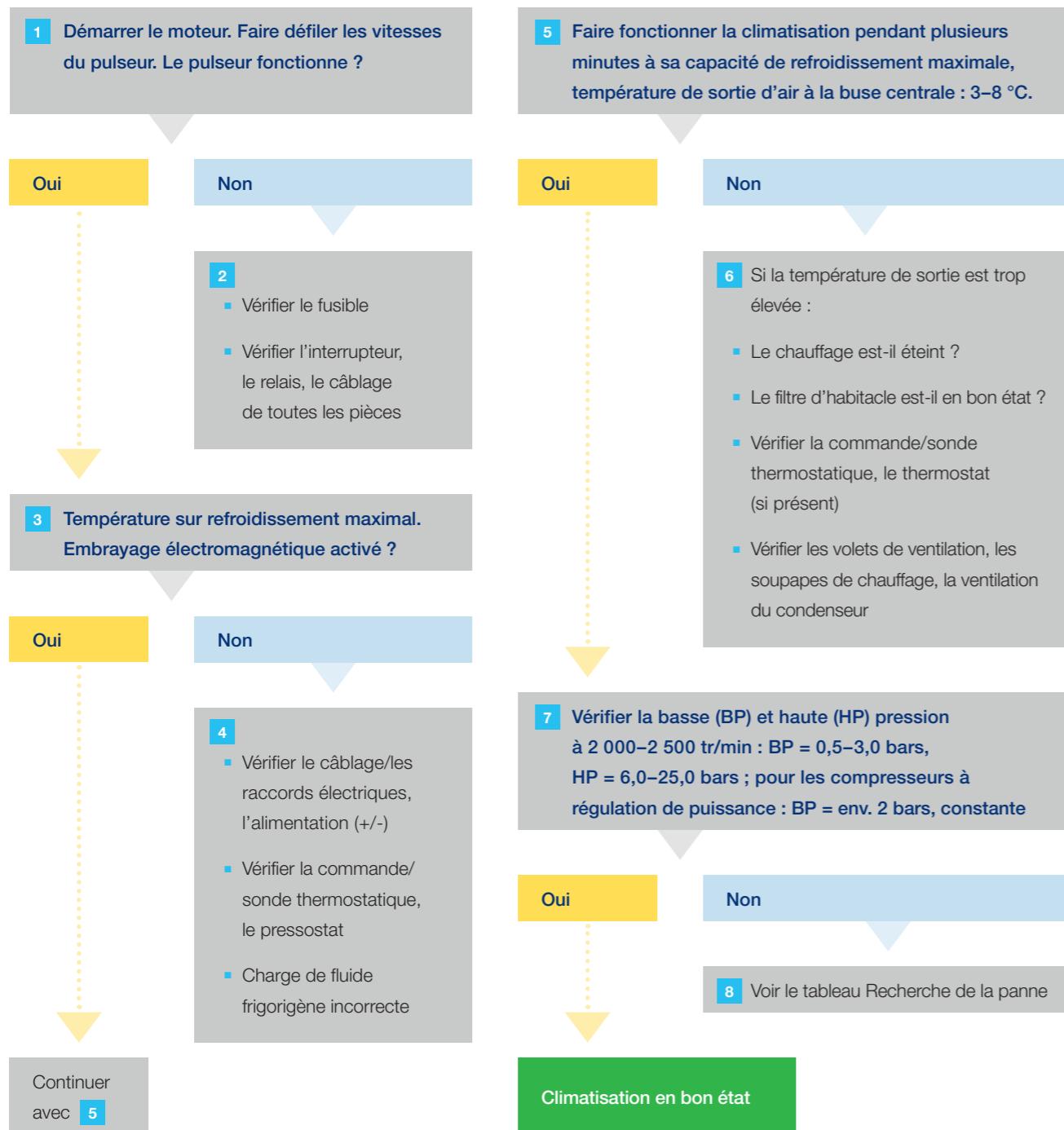
➤ Vous trouverez tous les produits illustrés et bien d'autres informations dans le catalogue MAHLE ou MAHLE Service Solutions.

➤ Du fait de leur conception, les compresseurs Denso 5SE/5SL et Hanon VS16 ne permettent pas de vidanger l'huile. Ils sont préremplis avec la charge d'huile système nécessaire. Respectez les instructions d'installation ou de produit séparées.

Diagnostic des pannes

Vérification de la puissance frigorifique

Outre les outils de diagnostic et d'appareils spéciaux, tous les ateliers doivent disposer des connaissances spécialisées correspondantes, que l'on peut par exemple obtenir dans le cadre de formations. Cela s'applique notamment aux climatisations. Les systèmes étant tous différents, ce manuel doit être considéré uniquement comme un petit guide général.



Il est très important de bien évaluer l'affichage du manomètre. Voici quelques exemples :

Climatisations avec détendeur			
Basse pression	Haute pression	Température de sortie à la buse centrale	Causes possibles
Élevée	Élevée	Plus élevée, jusqu'à température ambiante	Surchauffe moteur, condenseur encrassé, ventilateur de condenseur défectueux, mauvais sens de rotation, système trop rempli
Normale à faible, par moments	Élevée, par moments	Plus élevée, éventuellement variable	Détendeur coincé, par moments fermé
Normale	Élevée	Légèrement plus élevée	Bouteille déshydratante usée, condenseur encrassé
Élevée	Normale à élevée	Plus élevée, en fonction de l'étranglement	Durite rétrécie entre le compresseur de climatisation et le détendeur
Normale	Normale	Plus élevée	Trop d'huile frigorigène dans le système
Normale mais irrégulière	Normale mais irrégulière	Plus élevée	Humidité dans le système, détendeur défectueux
Variable	Variable	Variable	Détendeur ou compresseur défectueux
Normale à faible	Normale à faible	Plus élevée	Évaporateur encrassé, fluide frigorigène insuffisant
Élevée	Faible	Plus élevée, presqu'à température ambiante	Détendeur coincé, ouvert ; compresseur de climatisation défectueux
Faible	Faible	Plus élevée, jusqu'à température ambiante	Fluide frigorigène insuffisant
Basse et haute pressions égales	Basse et haute pressions égales	Température ambiante	Fluide frigorigène insuffisant, compresseur défectueux, défauts dans l'installation électrique

Climatisation avec étrangleur fixe/orifice calibré

Basse pression	Haute pression	Température de sortie à la buse centrale	Causes possibles
Élevée	Élevée	Plus élevée, jusqu'à température ambiante	Surchauffe moteur, condenseur encrassé, ventilateur de condenseur défectueux, mauvais sens de rotation, système trop rempli
Normale à élevée	Élevée	Plus élevée	Système trop rempli, condenseur de climatisation encrassé
Normale	Normale à élevée	Variable	Humidité dans le système, étrangleur fixe bouché par moments
Élevée	Normale	Plus élevée	Étrangleur fixe défectueux (coupe transversale)
Normale	Normale	Plus élevée	Trop d'huile frigorigène dans le système
Normale à faible	Normale à faible	Plus élevée	Fluide frigorigène insuffisant
Basse et haute pressions égales	Basse et haute pressions égales	Température ambiante	Fluide frigorigène insuffisant, compresseur défectueux, défauts dans l'installation électrique

Vue d'ensemble et recommandations importantes

Généralités

Le compresseur de climatisation est généralement entraîné par le moteur via une courroie trapézoïdale à nervures ou crantée. Il comprime le fluide frigorigène et le fait circuler dans le système. Il existe différents types de compresseurs de climatisation.

Fonctionnement

Venant de l'évaporateur, le fluide frigorigène à l'état gazeux est aspiré à basse pression et basse température par le compresseur, qui le comprime puis le dirige vers le condenseur à une pression et une température élevées, toujours sous forme gazeuse.

Conséquences en cas de panne

Un compresseur défectueux ou en panne se détecte de la manière suivante :

- défaut d'étanchéité,
- bruits,
- performance frigorifique insuffisante ou inexistante,
- code d'erreur dans le boîtier électronique de climatisation ou l'unité de commande du moteur/centrale.

Les pannes peuvent avoir différentes causes :

- paliers endommagés par un tendeur défectueux ou par l'usure,
- défaut d'étanchéité de l'arbre ou du carter du compresseur,
- dommage mécanique du carter du compresseur,
- contact (raccordements électriques),
- soupape de régulation électrique,

- huile frigorigène insuffisante,
- fluide frigorigène insuffisant,
- corps solides (par ex. copeaux),
- humidité (corrosion, etc.),
- éléments de tension ou auxiliaires défectueux.

Recherche de la panne

Test de fonctionnement et mesure de la pression du système :

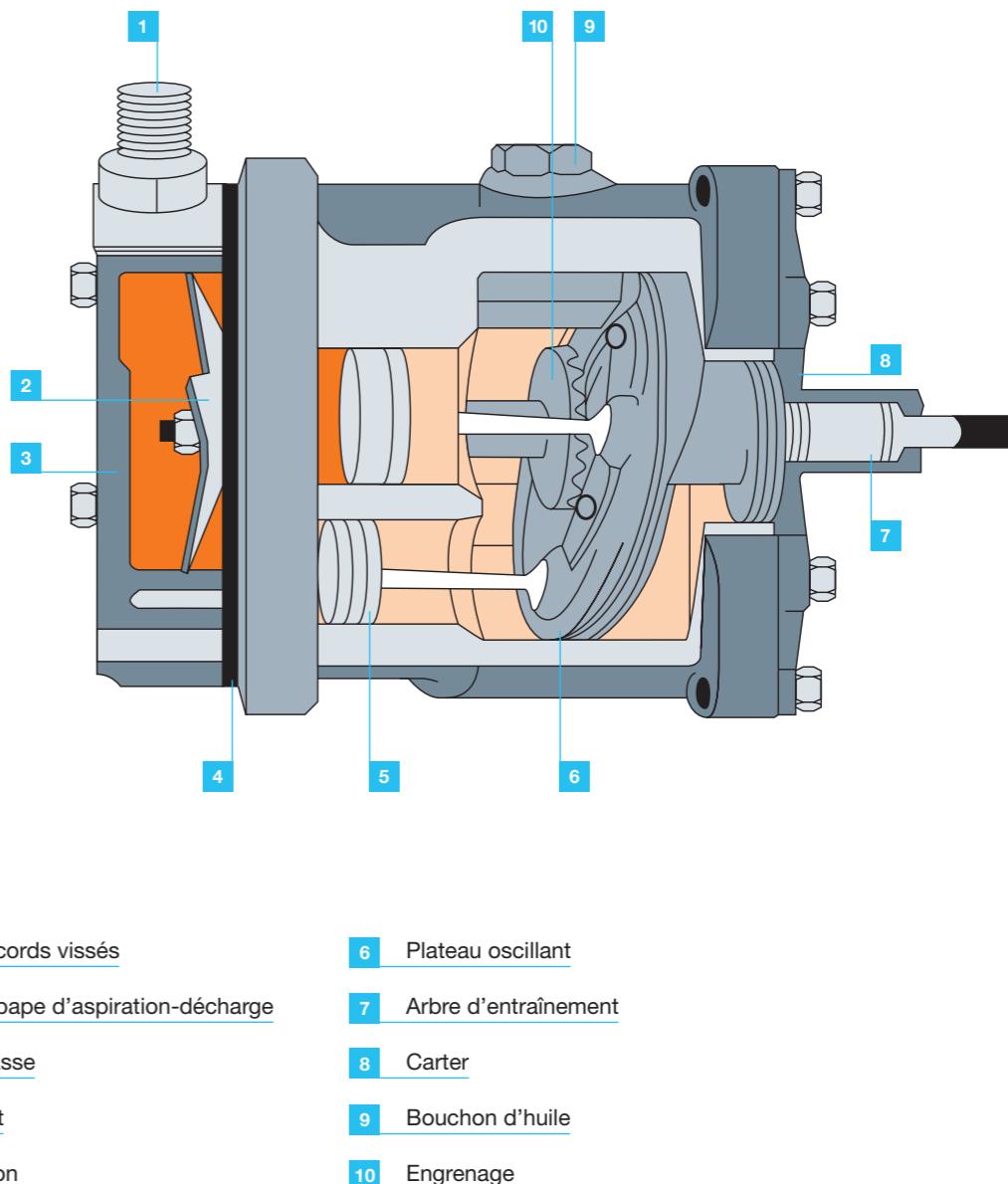
- Le compresseur de climatisation s'enclenche-t-il, la prise est-elle correctement branchée, la tension est-elle établie ?
- Vérifier la soupape de régulation électrique ou la commande.
- Vérifier que la courroie de transmission est bien en place, correctement tendue et en bon état.
- Rechercher les fuites (contrôle visuel).
- Vérifier que les conduites de fluide frigorigène sont bien raccordées.
- Comparer les pressions côtés haute et basse pression.
- Lire les codes défauts.

Programme de test entièrement automatique de la puissance frigorifique et diagnostic des pannes

Les appareils MAHLE ACX 320, ACX 350, ACX 380 ainsi qu'ACX 420, ACX 450 et ACX 480 disposent d'un programme de test entièrement automatique. Si le résultat du test est « Pas OK », l'appareil fournit sur l'écran les étapes à suivre.

Vous trouverez plus d'informations à partir de la page 72, Équipement d'atelier

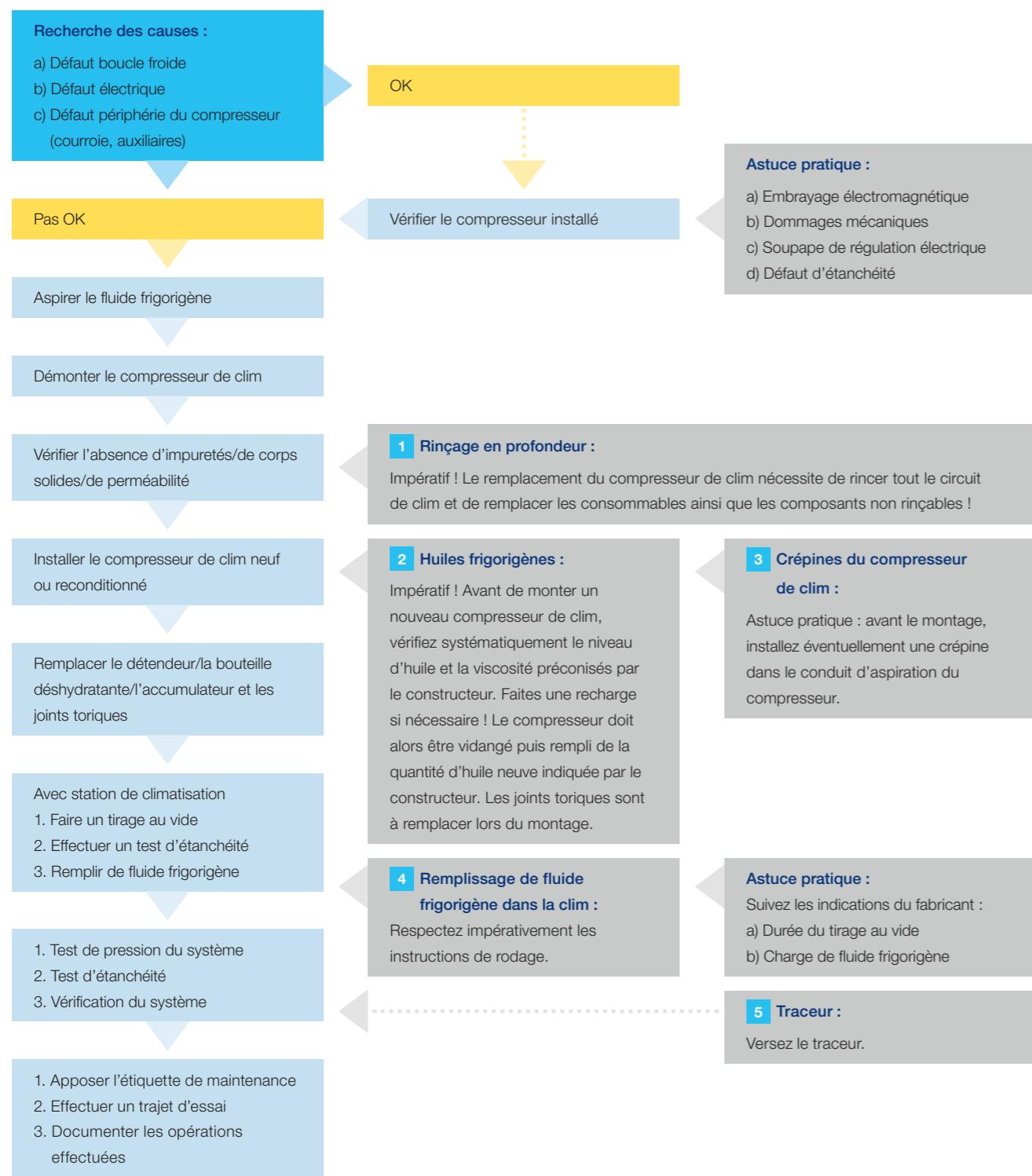
Coupe transversale du compresseur de clim



Exemple : compresseur de climatisation à piston

Séquence pour l'analyse des défauts et le remplacement

Compresseur de climatisation défectueux ?



1 Rinçage en profondeur

Les impuretés contenues dans le circuit de climatisation ne peuvent être éliminées que par un rinçage intégral du système. Selon le degré d'encrassement, les fluides frigorigènes R134a ou R1234yf ou une solution de rinçage spéciale conviennent pour le rinçage. Les compresseurs de climatisation, bouteilles déshydratantes (accumulateurs) et détendeurs ne peuvent pas être rinçés. Comme une panne du compresseur de climatisation implique généralement un encrassement du système (abrasion, copeaux), il est indispensable de rincer le système après remplacement de ces composants.

2 Huiles frigorigènes

Respectez les instructions du constructeur/le mode d'emploi et la viscosité.

2.1 Répartition de l'huile

L'huile frigorigène est présente dans chaque composant de la climatisation. En cas de réparation, l'huile est éliminée avec la pièce remplacée. Il est donc absolument nécessaire de faire une recharge. Le graphique ci-dessous illustre la répartition des quantités d'huile à l'intérieur du système.

2.2 Respecter la quantité d'huile et la spécification

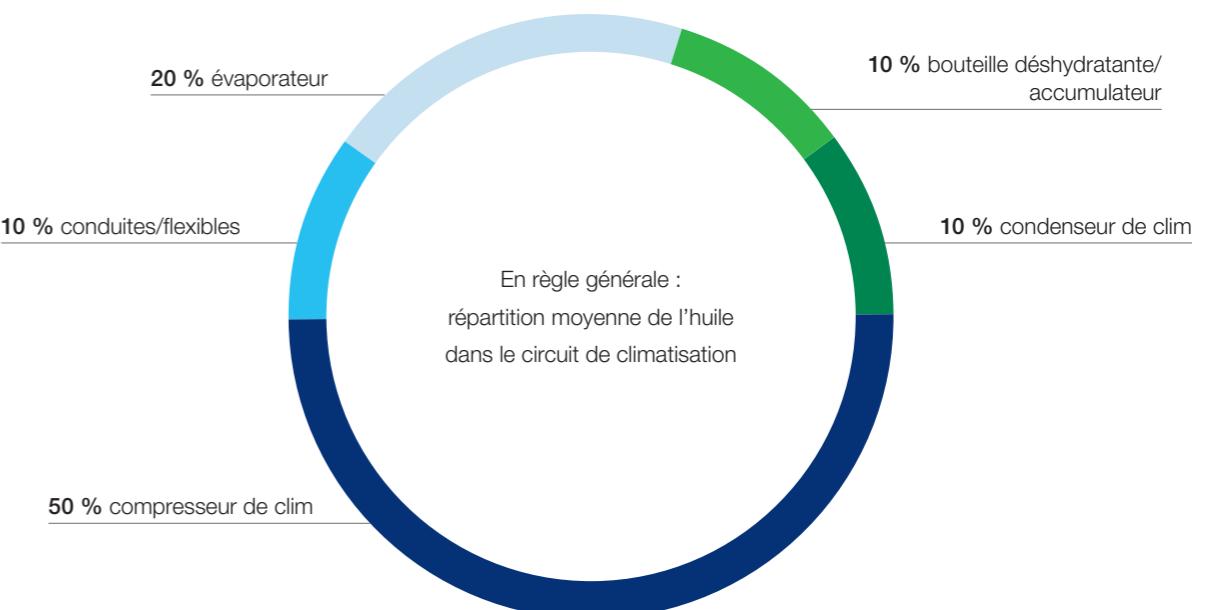
Avant de monter un nouveau compresseur de climatisation ou de faire une recharge d'huile frigorigène. Il est impératif de vérifier la quantité d'huile et la viscosité préconisées par le constructeur automobile.

2.3 Charge d'huile du compresseur de climatisation

Un seul et même compresseur de climatisation pouvant être utilisé pour différents véhicules ou systèmes, il est impératif de vérifier, voire corriger, la charge d'huile avant de monter le compresseur. Pour ce faire, il faut vidanger et recueillir l'intégralité de l'huile, puis remplir le compresseur de la quantité d'huile prescrite par le constructeur automobile (charge d'huile de climatisation). Afin que l'huile se répartisse uniformément, il est important de tourner le compresseur 10 fois à la main avant de le monter. Les consignes du constructeur automobile doivent impérativement être respectées.

3 Crépines du compresseur de climatisation

Le remplacement du compresseur s'accompagne systématiquement du rinçage du système de climatisation afin d'éliminer les impuretés et corps étrangers. Si le rinçage ne suffit pas à évacuer toutes les impuretés du circuit, l'installation de crépines dans le conduit d'aspiration permet d'éviter tout dommage.



4 Remplissage de fluide frigorigène dans la climatisation

Instructions de rodage pour le compresseur de climatisation :

- Pour éviter les coups de bâton dans le compresseur de climatiseur, la charge de fluide frigorigène doit exclusivement être effectuée à l'aide de la station de climatisation via le raccord haute pression.
- La charge de fluide frigorigène doit impérativement être conforme aux instructions du constructeur automobile en termes de quantité et caractéristiques.
- Réglez la distribution d'air sur « buses centrales » et ouvrez toutes les buses centrales.
- Réglez le sélecteur du pulseur d'air frais sur la position moyenne.
- Réglez la température sur refroidissement maximal.
- Démarrez le moteur (sans activer la climatisation) et faites-le tourner au ralenti pendant au moins 2 minutes sans interruption.
- Allumez la climatisation pendant env. 10 secondes avec le moteur au ralenti ; éteignez la climatisation pendant env. 10 secondes. Répétez cette opération au moins 5 fois.
- Effectuez un contrôle du système.

5 Traceur

Le manque de fluide frigorigène provoque également des dégâts sur le compresseur de climatisation. C'est pourquoi il est recommandé de procéder régulièrement à un entretien de la climatisation et, le cas échéant, d'injecter un produit de contraste dans le système. Il existe différentes méthodes. Documentez l'utilisation d'un traceur dans le véhicule, de manière à éviter un surremplissage, qui pourrait, dans des cas extrêmes, provoquer des dégâts sur le compresseur.

➤ Vous trouverez l'outillage nécessaire de MAHLE Service Solutions à partir de la page 72.



Attention

Remplacez systématiquement tous les joints toriques et les enduire d'huile frigorigène avant le montage. Avant de monter un nouveau compresseur de climatisation, vérifiez systématiquement le niveau d'huile et la viscosité préconisés par le constructeur. Faites une recharge si nécessaire ! Le remplacement du compresseur de climatisation nécessite de rincer tout le circuit de climatisation et de remplacer les consommables ainsi que les composants non rinçables !



Dommages du compresseur de clim

La climatisation ne fonctionne plus après la réparation d'une fuite ou après l'entretien.

Cas

Il arrive régulièrement que la climatisation ne fonctionne plus correctement immédiatement ou peu de temps après le remplacement de composants ou après un entretien normal.

Que signale le client ?

Les véhicules arrivent à l'atelier avec la remarque du client « Climatisation ne refroidit plus correctement » ou « Climatisation ne refroidit plus du tout ».

Que fait l'atelier ?

Dans ce genre de situation, on vérifie d'abord la charge du circuit de climatisation. On se rend alors souvent compte que la quantité de fluide frigorigène présente dans le système est insuffisante. Selon le type de système, la climatisation peut perdre jusqu'à 10 % du fluide frigorigène par an. Avant de remplir de nouveau le système de fluide frigorigène, il faut déterminer si le manque de fluide frigorigène était lié à une perte naturelle ou à une fuite. En cas de suspicion de fuites, il ne suffit pas remplir de fluide frigorigène. Il faut tout d'abord effectuer une recherche des fuites,

par exemple en remplissant le système de gaz de formage et en utilisant un détecteur de fuites électronique. En fonction du résultat obtenu, on remplace le composant non étanche (image 1) du circuit de climatisation ou simplement l'élément de la bouteille déshydratante. Le système est ensuite tiré au vide puis rempli de fluide frigorigène et d'huile de compresseur de climatisation conformément aux instructions du constructeur.

Lorsque la climatisation est remise en marche, il se peut que le compresseur n'ait aucune puissance. Lorsqu'on observe les données de pression affichées sur la station de climatisation, on remarque que les valeurs des côtés haute et basse pression sont quasiment identiques (image 2). On peut en déduire deux choses : soit le débit du circuit de climatisation est insuffisant, par exemple au niveau du détendeur, soit le compresseur est défectueux. Il peut aussi arriver, bien que plus rarement, que lors du premier test de la climatisation, les valeurs de basse et haute pression soient normales et que seul le niveau de fluide frigorigène soit trop bas ; les problèmes ne se manifestent qu'après le remplissage de la climatisation conformément aux instructions. Le tirage au vide et le remplissage peuvent libérer des particules de saleté ou des résidus d'abrasion métallique, qui se déposent ensuite dans la soupape de régulation (image 3) du compresseur ou dans le détendeur (image 4) et causent des défaillances, surtout si la bouteille déshydratante est trop usée ou si le système n'était pas assez rempli.

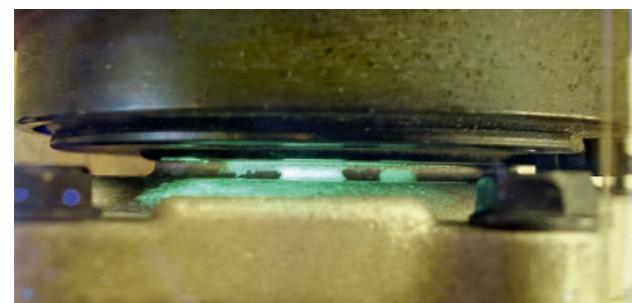


Image 1



Image 2

Que faire ?

En cas de problèmes, le compresseur doit être démonté et l'huile vidangée. Si l'on remarque à ce moment une décoloration griséâtre (en cas d'utilisation d'un traceur gris-vert ou gris-jaune) de l'huile ainsi que de fines particules métalliques (image 5), le circuit de climatisation doit être correctement rincé pour éliminer les particules étrangères ; le détendeur et la bouteille déshydratante doivent être remplacés et le circuit de climatisation doit à nouveau être tiré au vide conformément aux instructions avant d'être rempli de nouveau de fluide frigorigène et d'huile. Le système devrait ensuite fonctionner correctement à nouveau.

Le client est-il suffisamment informé ?

L'atelier ayant au préalable présenté au client un devis ne mentionnant que la recherche des fuites et le remplacement éventuel des composants non étanches, voire le seul entretien de la climatisation, il est ensuite difficile de justifier les coûts supplémentaires auprès du client. Ce dernier n'est souvent pas d'accord pour prendre en charge les coûts supplémentaires importants, par exemple pour le rinçage et le remplacement du compresseur. Il est donc essentiel d'avoir une conversation avec le client pour lui expliquer clairement la situation technique et les risques encourus.

Quelle est la cause de la panne du compresseur de la climatisation ?

Le compresseur contient les seuls composants mobiles du circuit de climatisation ; il doit donc être suffisamment alimenté en huile. L'huile du circuit de climatisation sert également à refroidir

le compresseur pour éviter toute surchauffe. Si un compresseur fonctionne pendant une longue période avec trop peu de fluide frigorigène (par exemple à cause d'une fuite), la dissipation de la chaleur et la lubrification des pièces du compresseur sont insuffisantes, parce que l'huile doit être transportée avec le fluide frigorigène à travers la climatisation. La sollicitation trop importante des composants du compresseur entraîne la formation de résidus d'abrasion métallique sur les pièces, ce qui peut causer le colmatage partiel ou total de la soupape de régulation située à l'intérieur. Une fois la soupape de régulation bloquée, le compresseur ne fonctionne plus correctement. La panne ne peut être réparée qu'en remplaçant correctement le compresseur, ce qui inclut également le rinçage du système. Une lubrification insuffisante endommage tous les compresseurs, peu importe leur type. Les compresseurs à régulation de puissance sont toutefois particulièrement sensibles à un niveau insuffisant de fluide frigorigène ou d'huile.

Note pour l'atelier et le mécanicien

Si un client amène son véhicule en raison d'une puissance frigorifique insuffisante, il est important de lui expliquer que le compresseur risque de devoir être remplacé : une charge de fluide frigorigène ainsi qu'une lubrification éventuellement insuffisantes pourraient avoir causé des dommages préalables. En cas de doute, il faut toujours démonter le compresseur et rincer le système si l'huile est encrassée avant de remplacer le compresseur. Si le client souhaite adopter une autre approche, le garagiste aura intérêt à l'indiquer sur la facture ou à le faire confirmer par écrit par le client.



Image 3



Image 4



Image 5

Bruits

Instructions relatives à la recherche de la panne en cas de bruits et au remplacement du compresseur de climatisation

Lors de la recherche de la cause de bruits et avant tout remplacement du compresseur, il faut impérativement tenir compte des instructions suivantes :

- Contrôlez si les pattes et les points de fixation sont cassés ou fissurés et vérifiez s'il manque des boulons ou des écrous. Les vibrations peuvent entraîner des bruits excessifs du compresseur. Vérifiez si les bruits changent lorsque vous exercez de la force sur les pattes ou les points de fixation, par exemple à l'aide d'un levier de montage (image 1). Si le bruit change, vous pouvez en déduire que les bruits ne sont clairement pas causés par le compresseur.
- Vérifiez les flexibles et les durites pour déterminer si les vibrations du moteur ou la pulsation du fluide frigorigène ne sont pas ressenties jusque dans l'habitacle. Pour cela, tenez-les avec la main et soyez attentif à d'éventuelles modifications de bruit (image 2).
- Vérifiez si la courroie, le tendeur, les galets tendeurs, la poulie à roue libre d'alternateur et la poulie sont positionnés correctement, s'ils ont du jeu et s'ils sont bien alignés. Des tolérances excessives liées à des pièces usées peuvent causer des bruits.
- Une pression excessivement élevée (image 3) peut être à l'origine de bruits inhabituels du compresseur. Si le raccord de service haute pression est en aval d'un colmatage dans le système, la haute pression peut effectivement être supérieure à ce que le manomètre indique. Pour diagnostiquer un tel problème, il peut être utile de mesurer les températures du condenseur de climatisation.
- Un fluide frigorigène en excès ou encrassé peut causer une surpression importante ce qui peut créer des bruits dans le compresseur. Il en va de même si la teneur en gaz non condensables (air) dans le fluide frigorigène est trop élevée.

- Le condenseur de climatisation peut être une autre source de bruits inhabituels. S'il n'y a pas suffisamment d'air traversant le condenseur de climatisation, le fluide frigorigène ne se condense pas assez et la pression augmente de façon excessive, ce qui peut entraîner des bruits inhabituels. Par conséquent, vérifiez si le ou les ventilateurs font circuler suffisamment d'air dans le condenseur de climatisation. Contrôlez également les ailettes du condenseur de climatisation et du radiateur pour voir si elles sont encrassées (image 4).
- Bien souvent, les bruits peuvent aussi être causés par un détendeur encrassé (image 5), par exemple à cause de résidus d'abrasion métallique. Le flux de fluide frigorigène s'en trouve réduit, ce qui crée une pression excessivement élevée. Des détendeurs défectueux peuvent créer par exemple différents bruits de chuintement, de cliquètement ou de ronflement très audibles jusque dans l'habitacle.



Image 1

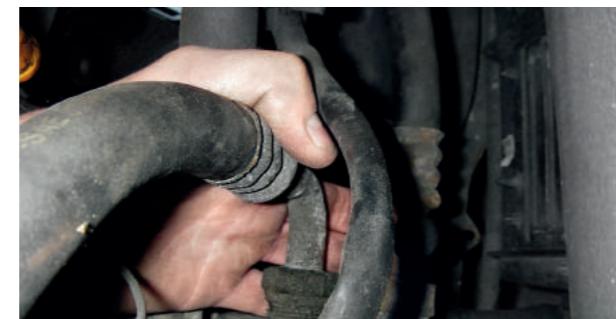


Image 2



Image 3



Image 4



Image 5

Compresseurs de clim sans embrayage magnétique

Généralités

Depuis plusieurs années, on utilise des compresseurs de climatisation sans embrayage, variables et à commande externe. Tous les fabricants renommés de compresseurs disposent de différents types de base. Les modèles les plus courants sur le marché sont : Denso, avec les types 6SEU & 7SEU et Sanden, avec les types PxE 13 & PxE 16. MAHLE propose également la gamme CVC7, très semblable à la structure du compresseur de climatisation V5. Cette génération de compresseurs est utilisée par presque tous les constructeurs automobiles. Une commande externe signifie que la cylindrée du compresseur de climatisation est définie par une soupape de régulation intégrée commandée par le boîtier électronique de climatisation en fonction de différents paramètres du système, notamment la température extérieure et la température souhaitée, la pression haute ou basse, la vitesse et la charge moteur. Le terme « sans embrayage » signifie que le compresseur ne dispose plus d'un embrayage électromagnétique. Par conséquent, le compresseur est entraîné en permanence par la poulie et il fonctionne même lorsque la climatisation est éteinte, à une puissance de seulement quelques pourcents.

Fonctionnement

L'unité poulie du compresseur se compose par exemple d'un entraîneur et de la poulie en tant que telle (cf. illustration). Le disque d'entraînement est composé d'un élément en caoutchouc et relie la poulie et l'arbre du compresseur. Il amortit les vibrations et protège également le compresseur ou les autres éléments entraînés contre la surcharge et les dommages. Par exemple, si le compresseur se bloque, les forces de transmission augmentent considérablement dans la zone de l'élément en caoutchouc, entre la poulie et le disque d'entraînement.

En fonction du constructeur ou du type de compresseur de climatisation, la connexion est interrompue par une déformation de l'élément en caoutchouc ou le déclenchement de la protection anti-surcharge. La poulie tourne alors à vide pour éviter d'endommager la courroie et d'autres éléments entraînés par celle-ci.

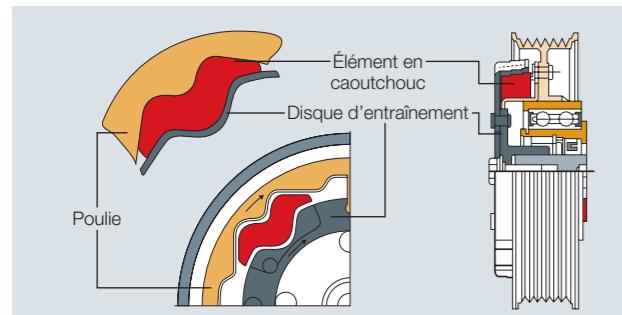


Image 1



Image 2

La soupape de régulation (image 1) est située dans le compresseur et reçoit ses signaux à modulation d'impulsions en largeur (MLI) du boîtier électronique de climatisation. Le courant conduit par le module de commande à la soupape de régulation détermine en fin de compte la puissance du compresseur et peut être lu à l'aide d'un appareil de diagnostic sous forme de bloc de valeurs mesurées. Les compresseurs sans embrayage disposent également d'une soupape de sécurité (image 2) servant à protéger le compresseur et les autres composants de la climatisation d'une surpression. La soupape se déclenche en principe entre 35 et 45 bars (en fonction du fabricant de compresseur). Elle ne reste ouverte que le temps d'éliminer la surpression. Elle se referme ensuite pour ne pas évacuer tout le fluide frigorigène dans l'atmosphère. Si le film de la soupape est endommagé, on peut en déduire qu'elle s'est déclenchée.

Diagnostic

Selon le type de compresseur, les poulies et les éléments en caoutchouc servant de protection anti-surcharge sont montés différemment. La façon de déterminer si la protection anti-surcharge a été déclenchée diffère pour chaque type :

1. Des résidus d'abrasion de caoutchouc sont visibles sur l'intérieur de la poulie (image 3). L'arbre du compresseur n'est plus entraîné. La poulie ou l'élément en caoutchouc peuvent être remplacés si le compresseur de clim peut être facilement mis en rotation.
2. La protection anti-surcharge a déclenché le disque d'entraînement (image 4). Le disque d'entraînement ou l'élément en caoutchouc peuvent être remplacés individuellement. Condition : le compresseur est facile à faire tourner.
3. Un limiteur de couple déclenché ne se voit pas forcément. Pour vérifier si le limiteur s'est déclenché, l'arbre du compresseur doit être tenu avec un outil adapté (image 5), tout en tournant la poulie vers la gauche. Si la poulie peut être tournée vers la gauche, le limiteur s'est déclenché et le compresseur doit être remplacé. Un remplacement du limiteur de couple n'est pas possible sur les compresseurs Sanden PxE 13 et PxE 16.



Image 3

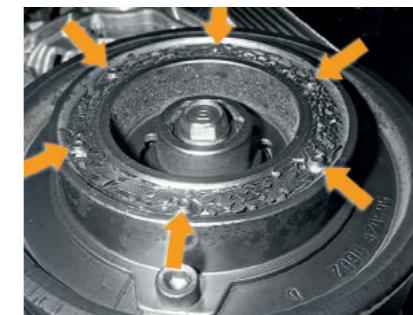


Image 4



Image 5

Dans le cas de l'Audi A3, le courant maximal conduit par le module de commande à la soupape de régulation est d'env. 0,65 A à la température la plus basse. Le compresseur atteint alors également sa puissance maximale. En fonctionnement normal, le courant moyen qui circule est de 0,3 A. Toutefois, pour les nouveaux véhicules, le problème est que de nombreux appareils de test ne permettent pas encore d'effectuer un diagnostic hors de la zone de commande du moteur. L'idéal est d'utiliser un oscilloscope. Des pointes d'essai adaptées permettent d'enregistrer le signal MLI au niveau du raccord à enficher du compresseur. L'oscilloscope doit être réglé sur 5 V/Div et 0,5 ms/Div. Les différents modes de fonctionnement du moteur en marche peuvent alors être affichées sur l'écran de l'oscilloscope. Si la température est réglée sur bas (Low), un signal rectangulaire s'affiche avec un rapport cyclique d'env. 75 % (image 7). Le rapport cyclique est obtenu à partir du rapport entre la largeur d'impulsion B et l'intervalle de signal C (dans ce cas, 75 % cycle d'enclenchement, 25 % cycle d'arrêt).

Dans le même temps, les divisions Volt ($A = 5 \text{ V}$) indiquent la hauteur de la tension de bord (env. 13,5 V). La valeur de tension s'affichant sous forme numérique (9,8 V) est une simple valeur moyenne. La largeur d'impulsion dépend de la puissance frigorifique souhaitée et de la tension de bord. Le courant jusqu'à la soupape de régulation est réglé par le module de commande sur la distance de la plage B. Le paramétrage de l'unité de commande et les influences extérieures (par ex. la température extérieure) modifient la largeur d'impulsion du signal rectangulaire ou commandent la soupape de régulation de façon à ce que

le compresseur fournit la puissance nécessaire pour atteindre la température souhaitée. La image 8 montre comment le compresseur est réglé à la baisse avec le réglage de température sur haut (High). L'image 9 a été prise en fonctionnement économique (compresseur éteint) et n'affiche aucun signal. Cette méthode permet de déterminer dans quelle mesure le module de commande entraîne une modification du signal. Si les signaux sont modifiés de façon notable mais que la température de l'air insufflé ne change pas ou que la température ambiante ne baisse pas, cela indique vraisemblablement un défaut du compresseur.

Il existe en outre des appareils de diagnostic sur le marché permettant de créer un signal MLI avec différents temps d'impulsion. On peut ainsi déterminer si une commande du compresseur entraîne la modification de la pression du fluide frigorifique et donc de savoir dans quelle mesure le compresseur fonctionne encore normalement.

Un test de fonctionnement à l'aide du signal MLI peut également être réalisé à l'aide d'un générateur de fonction (image 10). Toutefois, il est alors impératif de connecter au côté du module de commande de la climatisation une charge correspondant à celle d'une soupape de régulation électronique. Sinon, le module de commande détecte une erreur dans le système et l'enregistre dans les codes défauts, ce qui peut entraîner des dysfonctionnements, voire une panne du système. Dans ce cas, les codes défauts doivent être lus et supprimés à l'aide d'un appareil de diagnostic.

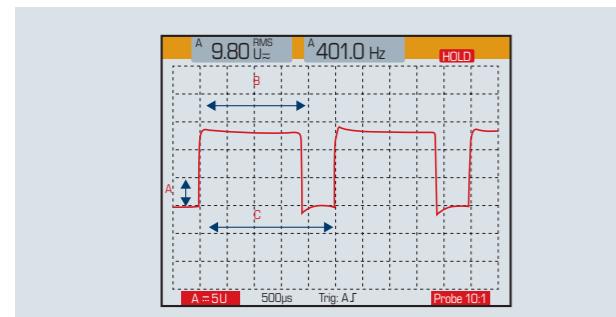


Image 7

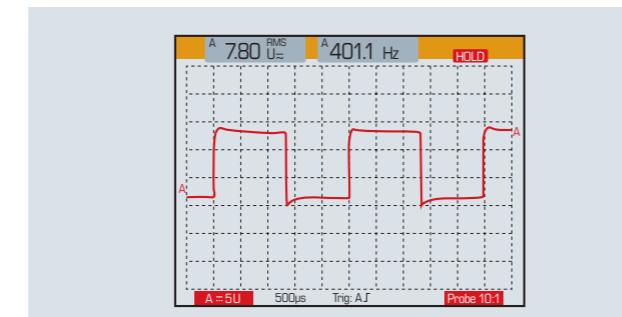


Image 8

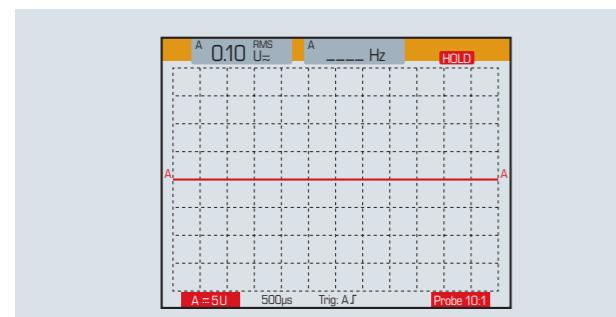


Image 9



Image 10

En présence de bruits ou d'autres problèmes de climatisation, les compresseurs de climatisation sont souvent les premiers suspects. Toutefois, dans de très nombreux cas, il s'avère que le compresseur fonctionne normalement ou que le défaut n'est pas causé directement par ce dernier. Il faut donc toujours élargir la recherche des défauts à tous les composants du système. Les bruits peuvent certes être causés par le compresseur, mais pas seulement ; ils peuvent aussi être liés à sa fixation, à l'entraînement, au détendeur ou aux durites. Une charge de fluide frigorifique incorrecte peut également entraîner différents bruits.

En outre, l'huile fournit des indices importants sur d'éventuels dommages :

- Si l'huile à l'intérieur du compresseur a une couleur rougeâtre, cela peut indiquer une humidité trop importante.
- Une huile noircie indique que le compresseur est défectueux.
- Si l'huile est grise argentée, elle contient sans doute des copeaux métalliques. La décoloration grisâtre indique une abrasion métallique.

Les charges d'huile nécessaires étant de plus en plus faibles (parfois seulement 80 ml), il est crucial de surveiller et de respecter strictement la charge d'huile (par ex. lors de l'entretien climatisation et le remplacement de composants).

La réparation des compresseurs sans embrayage n'est possible que dans certains cas. Elle doit toujours être effectuée à l'aide d'outils adaptés et nécessite des informations précises.

Bien sûr, l'évaluation des pressions du système lors du diagnostic est tout spécialement importante. Les valeurs de consigne du constructeur automobile doivent être prises comme base de référence, tout comme pour la température de l'air insufflé.

Souvent, les bruits attribués aux compresseurs de climatisation ne sont pas produits par ces derniers. Il faut donc toujours élargir la recherche des défauts à tous les composants du système, y compris l'entraînement et les fixations.

Les repères pour l'évaluation des pressions du système peuvent être déduits du tableau suivant :

Évaluation des pressions du système

Haute pression	Basse pression	Symptôme	Cause possible	Solution
Normale	Normale		<ul style="list-style-type: none"> ■ L'air soufflé ne refroidit pas ■ Air ou humidité dans le système de climatisation 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aspirer et rincer la climatisation, puis la remplir d'huile et de fluide frigorifique ■ Aspirer la climatisation, remplacer la bouteille déshydratante et remplir de nouveau
Élevée	Élevée		<ul style="list-style-type: none"> ■ Conduite de basse pression plus froide que l'évaporateur ■ La haute pression diminue lorsque le condenseur de climatisation est refroidi par eau ■ Les pressions haute et basse s'équilibrent dès que le compresseur s'éteint et donnent des impulsions dès qu'il se met en route 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Détendeur trop ouvert ■ Trop de fluide frigorifique dans le système ■ Condenseur de climatisation encrassé/bloqué ■ Problèmes de ventilateur ■ Problème de compresseur (soupape d'échappement/étanchéité)
Faible	Faible		<ul style="list-style-type: none"> ■ L'air soufflé ne refroidit pas ■ La conduite d'aspiration est plus froide que l'évaporateur 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fluides frigorifiques insuffisants dans le système ■ Blocage côté aspiration
Élevée	Faible		<ul style="list-style-type: none"> ■ Formation de glace au niveau de la conduite de liquide ■ Formation de glace au niveau de la bouteille déshydratante 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durite/bouteille déshydratante bloquée

Types de compresseurs de clim



Tous les compresseurs fonctionnent de la même manière : le fluide frigorigène à l'état gazeux est aspiré et comprimé. Il existe toutefois différents modèles, dont le type peut être déduit facilement par leur aspect extérieur.



Les compresseurs de climatisation à piston sont très courants et ont souvent une forme allongée. Le nombre de pistons varie en fonction du modèle.



Les compresseurs de climatisation Scroll sont relativement compacts et faciles à reconnaître à leur forme bombée.



Les compresseurs de climatisation à palettes sont très compacts.



Les compresseurs de climatisation électriques sont facilement reconnaissables à l'absence de poulie.

Régulation de la puissance du compresseur

Il existe de nombreuses manières de réguler le compresseur ou la pression du fluide frigorigène. La régulation se fait traditionnellement en activant et en désactivant l'embrayage électromagnétique et à l'aide d'une soupape de régulation mécanique interne. Les conceptions modernes n'ont plus d'embrayage magnétique mais sont entraînées en permanence. Dans ce cas, c'est une soupape de régulation électrique (image 1) commandée en externe par modulation d'impulsions en largeur qui est chargée de la régulation. Il existe également des modèles de compresseurs disposant d'un embrayage électromagnétique et d'une soupape de régulation électrique. Quant aux compresseurs à entraînement électrique, ils sont régulés uniquement par leur vitesse.

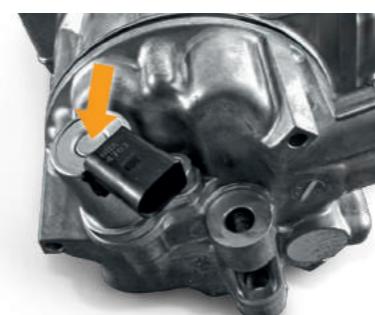


Image 1



Image 2



Image 3

Soupape de sécurité

La majorité des compresseurs ont une soupape de sécurité anti-surcharge, qui évacue le fluide frigorigène si la pression atteint environ 35 bars, protégeant ainsi le système de dommages supplémentaires. Les limiteurs de pression peuvent disposer d'une feuille ou d'un vernis de scellement (image 2). Si le vernis ou la feuille sont endommagés, cela indique que du fluide frigorigène a été évacué suite à un défaut du système de climatisation. Il existe également des modèles de soupapes de sécurité non scellées (image 3). En présence de résidus d'huile ou de traceur, on peut en déduire que du fluide frigorigène a été évacué par la soupape. Suite à un défaut du système, il faut donc également examiner la soupape.

Remplissage d'huile des compresseurs de clim

Le remplacement du compresseur de climatisation donne toujours lieu à des questions :

- a) *Les nouveaux compresseurs sont-ils remplis d'huile ?*
- b) *Quelle quantité d'huile contiennent les nouveaux compresseurs ?*
- c) *Comment puis-je vérifier le niveau d'huile dans les compresseurs ?*
- d) *Comment remplir le nouveau compresseur d'huile ?*

Les compresseurs de climatisation MAHLE sont remplis d'une quantité de base d'huile. Peu importe l'état de livraison, la charge d'huile de chaque compresseur doit toujours être vérifiée avant le montage dans le véhicule. Si nécessaire corriger la charge conformément aux instructions du constructeur et à la documentation jointe au produit. En effet, de nombreux compresseurs peuvent être utilisés dans un grand nombre de véhicules et de modèles de véhicules. La charge d'huile doit donc être ajustée.

La quantité d'huile du nouveau compresseur doit être vidangée via l'ouverture de la vis de vidange ou de remplissage (image 1) enlevée au préalable. Pour ce faire, il faut tourner plusieurs fois l'arbre du compresseur. Le compresseur est ensuite rempli de la charge complète d'huile prescrite par le constructeur automobile. Il est également important de choisir la viscosité appropriée. Pour assurer une répartition uniforme de l'huile, il faut tourner plusieurs fois l'arbre du compresseur. Enfin, le raccord de vidange/la recharge du compresseur de climatisation doit être refermé(e). Les consignes indiquées dans la documentation fournie avec le compresseur doivent impérativement être respectées.



Particularités

Les compresseurs suivants présentent une particularité :

- Denso 5SL12C/5SEL12C/5SE12C
- Denso 5SA09C/5SE09/5SER09C
- Hanon VS16

De par leur conception, ces compresseurs ne permettent pas de vidanger l'huile. Ils n'ont pas de vis de vidange d'huile/de remplissage et les raccords de haute/basse pression ne permettent pas non plus de vidanger l'huile.

Ces compresseurs sont déjà remplis de la quantité d'huile totale. Il est donc impératif de rincer le système de climatisation avant de monter le nouveau compresseur pour s'assurer qu'il ne reste plus aucune huile dans le système.

Les compresseurs électriques sont également remplis de la charge d'huile correcte pour le système. Ici aussi, il est impératif de rincer le système avant l'installation.



Remarque

Pour les compresseurs sans vis de vidange/de remplissage, l'huile doit être vidangée via le raccord de haute et basse pression (image 2) du compresseur et remplie via le raccord de basse pression (image 3). Ici aussi, l'arbre du compresseur doit être tourné. S'il n'est pas possible de verser toute la quantité d'huile dans le compresseur, la différence peut être ajoutée dans le circuit de climatisation via la station de charge et d'entretien de climatisation.



Image 1



Image 2



Image 3



Rinçage du système de clim

Le rinçage est essentiel !

Le rinçage du système de climatisation est l'une des opérations les plus importantes dans le cadre d'une réparation ou d'un compresseur endommagé, car il permet d'évacuer les impuretés et autres substances nocives du circuit de climatisation. Le rinçage est une opération nécessaire pour effectuer correctement les réparations et éviter des interventions répétées et coûteuses. De plus, il ne compromet pas la garantie fournie et la satisfaction client est assurée. Toutefois, les compresseurs de climatisation, détendeurs et bouteilles déshydratantes ne peuvent pas être rincés et doivent être ponctés au moyen d'adaptateurs lors du rinçage. Une fois le rinçage terminé, les soupapes et les filtres doivent être remplacés.

Pourquoi effectuer un rinçage ?

- Si le compresseur est endommagé, il faut débarrasser le système des impuretés liées à l'abrasion métallique.
- Les résidus acides dus à la pénétration d'humidité doivent être éliminés.
- Les colmatages liés aux particules d'élastomères doivent être rincés.
- Le fluide frigorigène ou l'huile frigorigène contaminés doivent être entièrement éliminés.

Instructions générales de rinçage

- Lisez attentivement les notices d'utilisation, les modes d'emploi, les consignes du constructeur automobile, les fiches techniques de sécurité, etc.
- Avant et pendant le rinçage, respectez les consignes de sécurité, notamment les infos techniques « Utilisation du fluide frigorigène » et « Instructions de montage et de démontage ».
- Les compresseurs de climatisation, les bouteilles déshydratantes/accumulateurs et les vannes d'expansion et soupapes d'étranglement ne peuvent pas être rincés et doivent être ponctés au moyen d'adaptateurs lors du rinçage.
- Assurez-vous que toutes les impuretés et composants endommagés ont été éliminés du circuit de climatisation.
- Vérifiez qu'il ne reste aucun résidu de solution de rinçage dans le système en séchant suffisamment les pièces à l'azote (pas d'air comprimé).
- Remplissez le compresseur avec la quantité/spécification correcte d'huile (l'huile PAO 68 de MAHLE est particulièrement adaptée). Tenez compte des quantités pour les pièces rincées.
- Tournez manuellement le compresseur 10 fois avant sa mise en service.
- Remplacez la bouteille déshydratante ou l'accumulateur et le détendeur.
- Installez éventuellement une crêpine dans la conduite d'aspiration du compresseur.
- Après le tirage au vide conformément aux instructions, remplissez le circuit de climatisation avec la quantité de fluide frigorigène préconisée.
- Démarrez le moteur. Attendez que le ralenti se stabilise.
- Allumez et éteignez plusieurs fois la climatisation à intervalles de 10 secondes.
- Effectuez un test de pression du système, de fonctionnement et d'étanchéité.

Rinçage du système de climatisation et des composants

Le rinçage de la climatisation permet d'évacuer les impuretés et autres substances nocives du circuit de climatisation. Les informations suivantes visent à aider l'utilisateur à aborder le rinçage de la climatisation en apportant des réponses à des questions importantes, par exemple :

- Pourquoi rincer les climatisations ?
- Que comprend-t-on par le terme « rinçage » dans le contexte de la climatisation ?
- Quelles impuretés peuvent être éliminées par le rinçage et quelles conséquences ont ces types d'impuretés ?
- Quelles sont les méthodes de rinçage et comment sont-elles appliquées ?



Bouteille déshydratante usée

Pourquoi rincer un climatiseur automobile ?

Des particules de saleté provenant de composants défectueux (bouteille déshydratante usée, comme sur l'image, dommages du compresseur, etc.) et emportées par le fluide frigorigène peuvent se retrouver dans tout le système de climatisation. Si, par exemple, on ne remplace que le compresseur endommagé, des particules de saleté peuvent s'accumuler rapidement dans le nouveau compresseur et détruire les nouveaux composants ainsi que le détendeur ou les composants Multiflow. Il faudra donc procéder à une réparation coûteuse. Pour éviter cette situation, il est impératif de toujours rincer le système lorsque le compresseur a été endommagé et risque d'entraîner un encrassement du circuit de climatisation par des copeaux métalliques, des résidus d'abrasion de caoutchouc, etc. De nombreux constructeurs automobiles et fabricants de compresseurs exigent désormais le rinçage.

Que comprend-t-on par le terme « rinçage » dans le contexte de la climatisation ?

Le rinçage désigne l'élimination des impuretés ou des substances nocives du circuit de climatisation. Le rinçage est une opération nécessaire pour effectuer correctement les réparations et éviter des interventions répétées et coûteuses. Il évite aussi de compromettre la garantie du fournisseur et assure la satisfaction du client.

Quelles impuretés peuvent être éliminées par le rinçage ? Quelles conséquences ont ces types d'impuretés ?

- Abrasion en cas de dégâts du compresseur de climatisation : Les particules colmatent les détendeurs, les orifices calibrés ou les composants Multiflow (condenseur de climatisation, évaporateur).
- Humidité : Les détendeurs et les orifices calibrés peuvent givrer. Les réactions chimiques des fluides et huiles frigorigènes avec l'humidité peuvent entraîner la formation d'acides, qui rendent les flexibles et les joints toriques poreux. Les composants du circuit de climatisation sont alors endommagés par la corrosion.
- Élastomères (caoutchouc) : Les particules d'élastomères colmatent les détendeurs, les orifices calibrés ou les composants Multiflow.
- Huile frigorigène et/ou fluide frigorigène contaminés : Un fluide frigorigène contaminé ou le mélange de différents fluides frigorigènes peut également provoquer la formation d'acides. Ceux-ci peuvent rendre les flexibles et les joints toriques poreux, ce qui peut entraîner l'endommagement par corrosion d'autres composants du circuit.

1. Produits chimiques (liquide de rinçage)

Les durites de raccordement ou les composants du système doivent être rincés individuellement, à l'aide d'un adaptateur universel sur un pistolet de rinçage en utilisant un produit chimique (liquide de rinçage). Après le rinçage, les résidus du fluide de rinçage doivent être éliminés du circuit de climatisation à l'aide d'azote et le circuit doit être séché. L'utilisation combinée de liquide de rinçage et d'azote permet d'atteindre un bon résultat. De plus, l'utilisation du liquide de rinçage (combiné à de l'air comprimé) permet également d'éliminer les particules tenaces et les dépôts durcis. Le soufflage final à l'azote permet de sécher le circuit de climatisation ainsi que les composants. Il convient de veiller à ce que la pression maximale ne dépasse pas 12 bars.

Inconvénients

Coûts du produit chimique de rinçage et de son élimination correcte et coûts supplémentaires pour le montage et le démontage des durites et composants. De plus, cette méthode de rinçage n'est pas agréée par les constructeurs automobiles.



Abrasion en cas de dégâts du compresseur de climatisation

Huile contaminée

Avantages et inconvénients des deux méthodes de rinçage

2. Fluide frigorigène

Grâce à leur fonction de rinçage intégrée, les stations de charge et d'entretien de climatisation permettent un rinçage rapide et économique des climatisations utilisant les fluides frigorigènes R134a et R1234yf. Un appareil de rinçage externe ainsi qu'un kit de rinçage sont toutefois nécessaires. Les deux peuvent être commandés séparément. Une fois la fonction activée sur l'appareil, la climatisation du véhicule est rincée sous haute pression avec du fluide frigorigène liquide, puis séchée par aspiration. Ce cycle doit être répété trois fois pour obtenir un nettoyage optimal.

Inconvénients

Pendant l'utilisation, la station d'entretien de climatisation n'est pas disponible pour d'autres véhicules. L'élément filtrant de l'appareil de rinçage doit être régulièrement remplacé.

Remarque

Les composants tubes/ailettes et serpentins sont généralement faciles à nettoyer. Par contre, les composants Multiflow (flux parallèle) sont rarement rinçables. S'il est peu probable que le nettoyage de ces composants apporte le résultat attendu, il est préférable de les remplacer. Si le circuit de climatisation a été rincé, il faut toujours veiller à le remplir avec une quantité suffisante d'huile propre.

Les indications suivantes (% de la quantité totale d'huile) servent de point de référence :

- condenseur de climatisation : 10 %,
- bouteille déshydratante/accumulateur : 10 %,
- évaporateur : 20 %,
- flexibles/conduites : 10 %,
- le non-respect des points mentionnés ci-dessus peut annuler la garantie.

Liquide de rinçage

Méthode de rinçage

Les composants du circuit sont rincés à contre-courant du fluide frigorigène à l'aide d'un dispositif de rinçage et d'une solution chimique. Les résidus du produit de rinçage doivent être éliminés à l'azote et le circuit séché à l'azote.

Avantage :

- élimine les particules libres et tenaces ainsi que l'huile.

Inconvénients :

- coûts du produit de rinçage,
- coûts d'élimination du produit de rinçage,
- pas d'agrément des constructeurs automobiles.

Fluide frigorigène

Méthode de rinçage

Les composants du circuit sont rincés à contre-courant du fluide frigorigène à l'aide de la station de charge et d'entretien de climatisation et d'un dispositif de rinçage doté d'un filtre et d'adaptateurs (disponibles séparément).

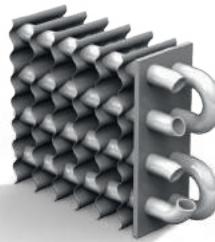
Avantages :

- le fluide frigorigène servant de liquide de rinçage, pas de coûts pour un produit séparé,
- pas de coûts d'élimination du produit de rinçage,
- élimine les particules libres et l'huile,
- méthode agréée par différents constructeurs automobiles.

Inconvénients :

- l'élément filtrant de l'appareil de rinçage doit être régulièrement remplacé,
- pendant l'utilisation, la station et d'entretien de climatisation n'est pas disponible pour d'autres véhicules.

➤ Vous trouverez l'outillage nécessaire de MAHLE Service Solutions à partir de la page 72.



Tubes/ailettes



Serpentins



Multiflow

Techniques de détection des fuites

L'une des causes les plus fréquentes des dysfonctionnements de la climatisation est une fuite dans le circuit de climatisation, qui conduit imperceptiblement à une baisse de la charge et ainsi à une performance réduite, voire une défaillance totale. Dans le cas précis du fluide frigorigène R134a, on sait que cet agent se diffuse par les conduites en caoutchouc et les raccords. Le spécialiste en climatisation ne pouvant immédiatement déterminer s'il s'agit d'une fuite ou d'une perte normale de fluide frigorigène, une détection des fuites approfondie s'impose.

À vérifier :

- tous les raccords et durites,
- compresseur de climatisation,
- condenseur de climatisation et évaporateur,
- bouteille déshydratante,
- pressostat,
- raccords de service,
- détendeur.

3 méthodes de recherche des fuites sont recommandées :

- 1 traceur et lampe UV,
- 2 détection des fuites électronique,
- 3 détection des fuites avec gaz de formage.

1 Détection des fuites avec traceur

Traceur

On recourt à différentes méthodes pour ajouter le traceur au fluide frigorigène (par ex. traceur Spotgun, cartouches de colorant, etc.).

Spotgun/Pro-Shot

Le presse-cartouches Spotgun ou le système Pro-Shot permet d'injecter la quantité exacte de traceur nécessaire. Autre avantage : le traceur peut être ajouté même quand le système est rempli.

Lampes de recherche des fuites

Le traceur s'échappant du circuit est détecté grâce à une lampe UV.

2 Détection des fuites avec testeur électronique/avec de l'azote/par formation de mousse

Détection électronique des fuites avec détecteur de fuites

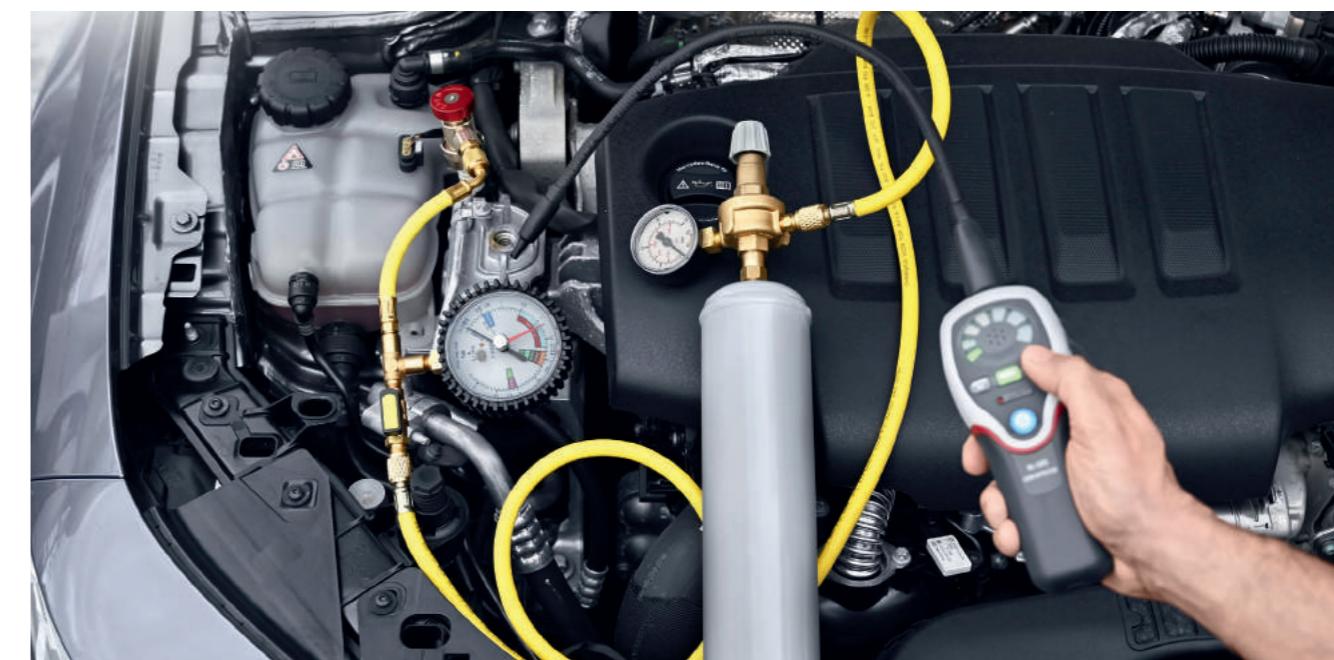
Il indique les fuites par un signal sonore. L'appareil reconnaît les gaz halogénés et détecte même les plus petites fuites aux endroits difficiles d'accès (par ex. fuite au niveau de l'évaporateur).

Détection des fuites avec un kit azote

En plus du séchage du système, cet outil sert également à déceler les fuites. Pour cette utilisation, un adaptateur de remplissage pour le raccord de service et un adaptateur de tuyau sont requis. La climatisation purgée est remplie d'azote (12 bars max.). On observe ensuite sur une longue période (par ex. 5–10 minutes) si la pression reste constante. Un sifflement permet de détecter la fuite. Il est aussi judicieux de rendre la fuite visible à l'aide d'un traceur. Le traceur est vaporisé de l'extérieur et de la mousse se forme à l'endroit de la fuite. Cette méthode permet toutefois uniquement de détecter les fuites importantes aux endroits facilement accessibles.

3 Détection des fuites avec un détecteur à gaz de formage

La détection des fuites s'effectue en injectant un gaz de formage dans le système de climatisation vide. On utilise généralement un mélange de 95 % d'azote et 5 % d'hydrogène. Un détecteur de fuites électronique spécial permet de tester l'étanchéité des composants. L'hydrogène étant plus léger que l'air, le capteur doit être déplacé lentement au-dessus de la fuite présumée (raccords de conduites/composants). Une fois la détection des fuites terminée, le gaz de formage peut être évacué dans l'air ambiant. Cette méthode de recherche de fuite est conforme à l'article 6, §3 de la directive européenne 2006/40/CE.



➤ Vous trouverez l'outillage nécessaire de MAHLE Service Solutions à partir de la page 72.

Réparation des conduites et tuyaux

Technologie LOKRING de raccordement de tubes

LOKRING est une méthode de maintenance corrective rapide et extrêmement rentable. Au lieu de devoir commander des systèmes complets pour remplacer des conduites défectueuses et attendre leur livraison, le problème peut être réparé sur le champ, souvent sans nécessiter de dépose. Le principe LOKRING a fait ses preuves dans les domaines de la clim et de la réfrigération.

Il se distingue par neuf avantages en termes d'utilisation :

- montage simple et rapide,
- joints métal/métal hermétiques indissolubles,
- raccordement sûr de tuyaux en différentes matières,
- pas de préparation particulière des tuyaux,
- outils de montage pratiques,
- tolérances dimensionnelles importantes admises,
- pas d'effet d'entaille dans la zone de montage,
- sans soudure, brasage ni filetage,
- technologie de raccordement écologique et sans danger.

LOKRING est si étanche qu'on ne remarque aucune baisse de pression ni réduction du débit. Les surfaces à l'extrémité des tubes sont traitées avec le produit d'étanchéité LOKPREP pour encore plus de sécurité. Le système est durablement étanche au niveau des raccords LOKRING. Les raccords sont prévus pour une pression nominale maximale de 50 bars et une pression d'essai de 200 bars. Ils peuvent être utilisés dans une plage de température de -50 °C à +150 °C.



Métal avec métal : **raccord LOKRING**

Fluides frigorigènes R12, R134a, R1234yf

Il existe encore des véhicules équipés de climatisations conçues à l'origine pour le fluide frigorigène R12. L'année 2001 a officiellement marqué la fin du R12 pour les climatiseurs automobiles. À partir de cette date, les systèmes R12 ont dû être convertis lors de travaux d'entretien ou de réparation. On utilise depuis le R134a comme fluide frigorigène de substitution, en plus de certaines solutions drop-in (mélanges de fluides frigorigènes).

La question de la conversion du R12 vers le R134a est toujours d'actualité dans le monde des voitures de collection ainsi que dans certains pays hors UE.

Dans le cadre de la conversion, l'étanchéité du système doit être testée. Les fuites doivent être éliminées dès le début. Le bon fonctionnement et le bon état de tous les composants doivent être vérifiés. La bouteille déshydratante doit être remplacée, tout comme les joints d'étanchéité. De plus, l'huile minérale du système R12 doit être remplacée par de l'huile PAG ou PAO ; il est recommandé de rincer le système de climatisation.

Le R134 a un PRG (potentiel de réchauffement global) élevé de 1 430. La directive 2006/40/CE stipule qu'à l'avenir seuls les fluides frigorigènes avec un PRG inférieur à 150 seront autorisés.

La climatisation des véhicules de classe M1 (véhicules pour le transport des personnes jusqu'à 8 sièges) et de classe N1 (véhicules utilitaires avec un poids admissible inférieur à 3,5 t) homologués au sein de l'UE à partir du 1er janvier 2011 ne peuvent plus être remplis avec du R134a. Depuis le 1er janvier 2017, les véhicules contenant du R134a ne peuvent plus recevoir de première homologation. L'utilisation du R134a reste toutefois autorisée pour les travaux de maintenance et d'entretien des systèmes R134a déjà existantes. Jusqu'à présent, c'est surtout le R1234yf avec un PRG de 4 qui est utilisé. Il est aussi possible d'utiliser d'autres fluides frigorigènes, dans la mesure où leur valeur PRG est inférieure à 150.

Cela a bien sûr une incidence sur les ateliers et leur personnel de service. L'achat de nouveaux appareils de maintenance semble inévitable. Il faut également respecter des mesures spéciales relatives au stockage et à la manipulation des nouveaux fluides frigorigènes.

Outils d'assemblage pour conduites de fluide frigorigène

L'outil à leviers permet de raccorder rapidement et de façon sûre les tuyaux et les raccords ; c'est le système de sertissage idéal pour une utilisation stationnaire et mobile. La pompe hydraulique manuelle fournie augmente la pression de sertissage : quelques gestes suffisent pour une pression de sertissage extrêmement forte grâce à une course de déplacement importante. On peut ainsi souvent réparer les tuyaux sans avoir à les déposer. Tout comme LOKRING, le système à leviers (Crimp) réduit les temps d'attente, de réparation et d'entretien, ainsi que les coûts des pièces de rechange.



Flexible avec flexible : **raccord Crimp**

➤ Vous trouverez l'outillage nécessaire de MAHLE Service Solutions à partir de la page 72.

Capteurs de température habitacle

Régulation de la température insuffisante due aux capteurs encrassés

Le capteur de température de l'habitacle est situé dans le flux d'air d'une soufflerie miniature (la plupart du temps dans l'unité de commande). Il transmet au module de commande la température de l'air de l'habitacle sous forme de valeur de résistance. La valeur mesurée est comparée à la valeur de consigne.

Le capteur peut être fortement encrassé par la nicotine, la poussière, etc. (cf. image). Un débit d'air aspiré trop faible pour

atteindre le capteur peut entraîner des mesures et un fonctionnement erronés. La bonne régulation de la climatisation et du chauffage n'est alors plus garantie. Ce phénomène est évident lorsqu'il faut sans arrêt régler la température : d'abord il fait trop froid, puis trop chaud. Le capteur peut être nettoyé à l'aide de produits de nettoyage spéciaux (par ex. de l'acétone). L'accumulation de poussière peut être éliminée avec de l'air comprimé à pression minimale. Dans la majorité des cas, le nettoyage du capteur suffit pour rétablir une régulation correcte de la température.



Produits d'étanchéité

Les produits d'étanchéité pour climatisation sont fabriqués à partir de composants chimiques injectés dans le système de climatisation pour étanchéifier les petites fuites sur les composants et les joints toriques.

Au niveau de la fuite, il s'échappe non seulement du fluide frigorigène, mais aussi du produit d'étanchéité, qui, lorsqu'il est exposé à l'oxygène et à l'humidité, durcit et colmate la fuite.

L'utilisation de produits d'étanchéité est problématique pour plusieurs raisons. Conformément à la réglementation et aux directives européennes, un système de climatisation non étanche ne doit pas être remis en service ni rempli de fluide frigorigène sans avoir préalablement éliminé la fuite. Toute infraction peut entraîner des amendes importantes.

Lors de l'utilisation de produits d'étanchéité, le fluide frigorigène continue à s'échapper du système de climatisation non étanche jusqu'à ce que le produit d'étanchéité agisse (s'il arrive vraiment à arrêter toute la fuite). Cela enfreint la législation européenne ainsi que la réglementation nationale ; en outre, du fluide frigorigène s'échappe inutilement dans l'environnement. La seule utilisation autorisée des produits d'étanchéité serait une utilisation préventive : en tant qu'additif dans un système encore intact.

Si des pièces sont déjà abîmées ou fragilisées (par ex. corrosion), ce n'est qu'une question de temps jusqu'à ce qu'une autre fuite se déclare ailleurs.

L'aspiration de fluide frigorigène lors de la maintenance de véhicules ayant été au préalable remplis de produit d'étanchéité entraîne le risque que le produit d'étanchéité réagisse à l'intérieur de la station de charge et d'entretien de climatisation et cause un colmatage et des dégâts. Pour beaucoup de constructeurs automobiles et de fabricants d'appareils et de composants, l'utilisation de produits d'étanchéité compromet la garantie fournisseur.

En définitive, l'utilisation de produits d'étanchéité dans une climatisation non étanche n'est pas une méthode de réparation légale et viable.

Gestion innovante de la clim et du confort dans l'habitacle

Quelle est la tendance et l'évolution en matière de climatisations et de confort dans l'habitacle ?

Les climatisations multizones sont de plus en plus la norme. Les véhicules haut de gamme proposent déjà des climatisations avec une gestion de l'humidité, qui évite que l'air ne devienne trop sec.

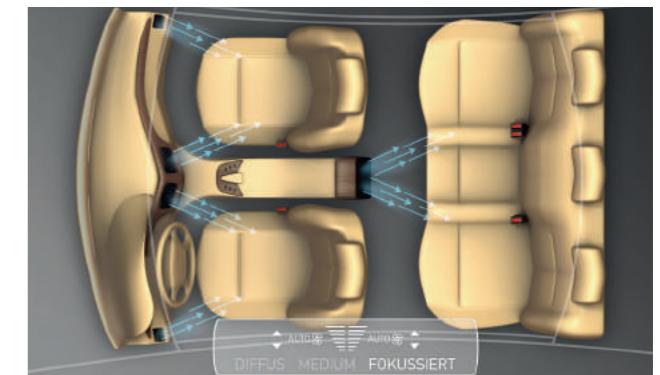
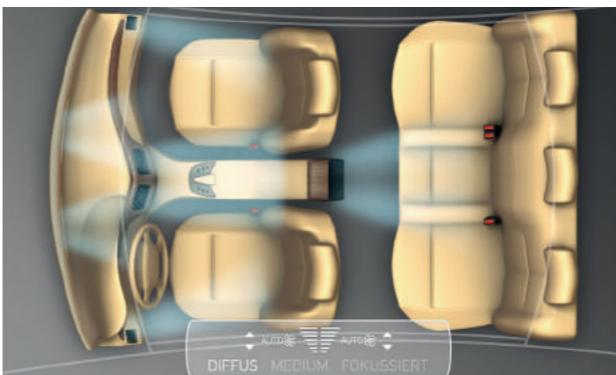
La gestion du climat intérieur fera à l'avenir partie du système de climatisation et de ventilation. Cela signifie que l'utilisation de capteurs de qualité de l'air permettra d'obtenir le meilleur climat intérieur possible grâce aux systèmes de traitement de l'air.

Les compresseurs de climatisation à régulation électronique s'imposeront pour tous les véhicules, peu importe leur catégorie. Ils permettent d'ajuster la puissance de façon individuelle, ce qui diminue également la consommation de carburant. À l'avenir, la perte de fluide frigorigène pourra être minimisée grâce à l'utilisation de composants, de durites et de joints encore améliorés.

Le climat idéal pour chacun, peu importe sa place

Un climat idéal signifie :

- un climat intérieur individuel confortable, peu importe le siège dans le véhicule,
- une ventilation agréable sans courants d'air,
- une bonne qualité de l'air,
- un confort acoustique avec le moins de bruit possible,
- une commande intuitive claire.



Pour y parvenir, MAHLE et BHTC ont développé des systèmes tels que PHYSIO-CONTROL® :

PHYSIO-CONTROL® pousse la climatisation multizone encore plus loin. Le système est capable d'enregistrer et de réguler sélectivement les valeurs apportant le confort dans l'habitacle (rayonnement solaire, humidité de l'air, volume d'air et température de l'air) à différents points définis. Cette solution n'est possible que grâce à des sous-systèmes parfaitement coordonnés.

Les moyens techniques sont particulièrement sophistiqués. Ainsi, à l'aide de dispositifs et de logiciels, un capteur solaire intelligent mesure l'angle exact de l'habitacle et l'intensité du rayonnement solaire par rapport au véhicule. Sur la base des contours du véhicule, un modèle de calcul détermine l'intensité du rayonnement sur les zones du corps exposées au soleil.

Un climat intérieur optimal signifie également une visibilité toujours bonne. Pour éviter la formation de buée sur les vitres, l'humidité est mesurée en continu dans la zone du pare-brise. En cas de besoin, la commande de la climatisation assèche l'air. La gestion de l'humidité est une autre fonction d'arrière-plan. L'humidité de l'air dans l'habitacle est maintenue à une valeur constante grâce à la commande du compresseur et du volet d'air frais.

Les buses de ventilation confort sont également utilisées comme sous-système : elles sont conçues pour que les différentes buses de sortie pivotent de façon définie et que la sortie d'air puisse être modifiée de directe à diffuse en continu. Les buses permettent de régler le volume et le type d'air qui souffle sur les différentes zones du corps des passagers pour garantir leur confort. Il peut s'agir par ex. d'une pulsion d'air concentrée (spot) pour rafraîchir en été ou d'un flux diffus et sans courant d'air.

Pour déterminer la répartition d'air souhaité, on recourt au logiciel Air Volume Control, qui définit le volume d'air sortant des différentes buses ainsi que débit de l'air. Ce logiciel permet de simuler et de développer tout le système de climatisation et de guidage de l'air. Air Volume Control détecte notamment l'augmentation ou la diminution unilatérale de l'air, par ex. à cause d'une fermeture mécanique des buses à air. Les algorithmes de régulation enregistrés dans le logiciel évitent un changement des conditions de l'autre côté du véhicule. Le volume et la répartition d'air peuvent ainsi être ajustés individuellement sans influencer de façon inutile les autres zones et passagers du véhicule.

La sélection de différents styles climatiques est une innovation supplémentaire. Les passagers peuvent choisir entre pulsion d'air concentré, modéré ou diffus en fonction du type de confort. Les personnes aimant la fraîcheur franche peuvent opter pour une ventilation directe d'air froid, tandis que les plus sensibles préféreront une ventilation sans courants d'air.





Qualité de l'air

Dans les systèmes de climatisation modernes, la qualité de l'air de l'habitacle est désormais traitée sur plusieurs niveaux. On parle alors d'un « escalier du confort ». Il commence par la filtration de l'air frais et recyclé grâce à des capteurs d'oxydes d'azote. Un capteur NO_x ou qualité de l'air détermine la teneur en polluants de l'air frais aspiré, entraînant la commande automatique d'air frais/recyclé. Le traitement de l'air par filtre au charbon actif est de plus en plus prisé.

La surface d'évaporation doit être conçue de façon à éviter la formation d'odeurs liées aux microorganismes. MAHLE a développé un revêtement spécial à cet effet : BehrOxal®. Cette technologie de revêtement écologique crée une surface en aluminium résistante à la corrosion et hydrophile, sans produits chimiques toxiques et agressifs. L'eau de condensation est très bien évacuée et la surface d'évaporation sèche rapidement.

Les mesures mentionnées ci-dessus permettent de neutraliser les impuretés et les mauvaises odeurs. Pour encore plus de confort, on peut utiliser un ioniseur d'oxygène pour éliminer les bactéries et les germes dans l'air et obtenir une impression de fraîcheur. On peut aussi rajouter un système de parfumage de l'air intérieur.

Ergonomie

Il a été démontré que le réglage de la climatisation distrait encore trop longtemps le conducteur de la circulation et que la climatisation n'est parfois pas utilisée correctement.

L'augmentation des fonctionnalités complique en partie le maniement de la climatisation et se manifeste par :

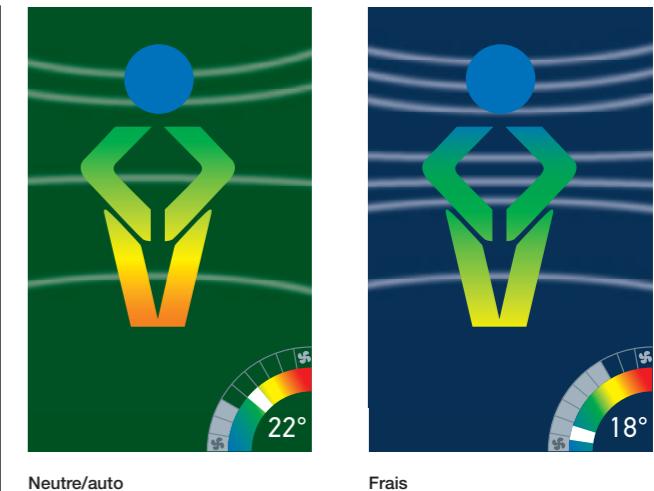
- un manque d'agencement clair et logique des commandes et affichages,
- une utilisation compliquée, demandant parfois trop d'attention,
- un marquage peu clair des éléments de commande,
- des confirmations d'état pas claires ou manquantes.

Les recherches démontrent que les critères suivants doivent être pris en compte pour la commande de climatisation :

- taille adéquate de l'affichage, des commandes et des symboles,
- utilisation de graphiques ou textes graphiques plutôt que de purs textes,
- agencement des commandes selon les mêmes fonctions,
- fonctions principales non regroupées avec d'autres fonctions et/ou cachées dans des sous-fonctions,
- proximité de l'unité de commande et de l'affichage.

Les unités de commande développées selon ces critères libèrent le conducteur d'actions qui n'ont rien à voir avec la conduite du véhicule. Les symboles utilisés sont connus ou leur signification peut être comprise de façon intuitive. Les éléments de commande principaux peuvent aussi être actionnés par un seul clic, c'est-à-dire sans avoir à suivre l'action des yeux. La guidage du menu est simple et il est possible d'effectuer une présélection de confort. Les concepts de commande développés par ex. par BHTC facilitent le réglage individuel de la climatisation automatique grâce à différents styles de climat intérieur. Le design graphique de l'affichage vise une identification rapide et claire des réglages. Pour ce faire, on recourt à des technologies d'affichage haute résolution pour permettre un affichage adapté à la situation.

Ces dernières années ont vu de nombreuses innovations dans le domaine de la gestion de la climatisation et du confort dans l'habitacle, une tendance qui se poursuivra à l'avenir. Le défi pour les ateliers est de suivre l'évolution technique. C'est la seule façon de pouvoir assurer l'entretien, le contrôle et la réparation de tels systèmes complexes à l'avenir.



Neutre/auto

Frais

Gestion thermique des véhicules électriques et hybrides

Les technologies électriques et hybrides entraînent des modifications importantes de la gestion thermique et des circuits de liquide de refroidissement et de climatisation. Découvrez ici les domaines et les pièces de la gestion thermique concernés, la façon dont leur fonctionnement est affecté et les implications pour votre travail au quotidien.

Climatisation de l'habitacle

Pour les concepts de propulsion courants impliquant un moteur à combustion, la climatisation de l'habitacle dépend directement du fonctionnement du moteur, le compresseur étant entraîné mécaniquement. Sur les véhicules dits micro hybrides, qui utilisent le système stop & start, le compresseur est entraîné par courroie. Lorsque le véhicule est à l'arrêt moteur coupé, la température à la sortie de l'évaporateur de la climatisation augmente au bout de 2 secondes. L'augmentation lente de la température de l'air insufflé ainsi que l'humidité croissante qui en découlent sont ressenties comme gênantes par les occupants du véhicule.

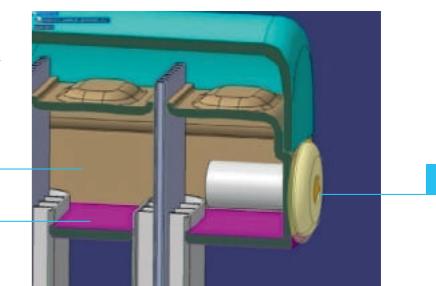
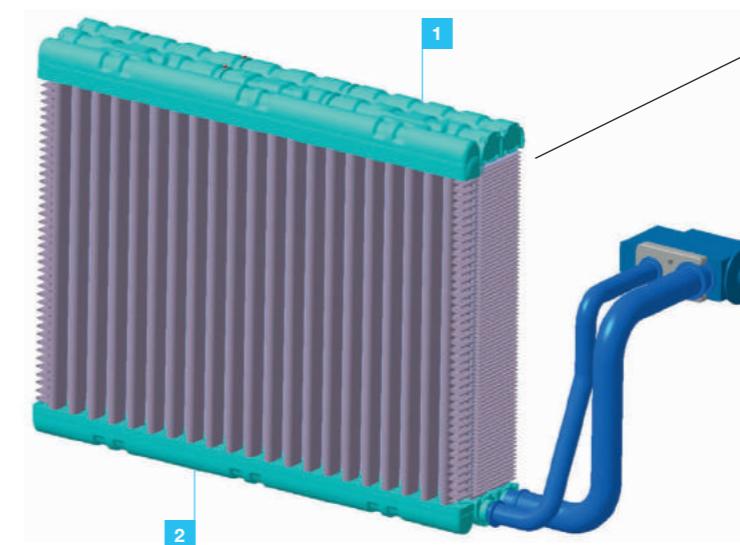
Pour faire face à ce problème, il est possible de recourir à des accumulateurs de froid appelés évaporateurs accumulateurs.

L'évaporateur accumulateur se compose de deux blocs : un bloc évaporateur et un bloc accumulateur. Au démarrage ou lorsque le moteur est en marche, le fluide frigorigène circule dans les deux blocs. Pendant ce temps, un fluide latent présent dans l'évaporateur est refroidi jusqu'à geler et se transforme en accumulateur de froid.



Évaporateur accumulateur

Représentation schématique – évaporateur accumulateur



- 1 Bloc évaporateur de 40 mm de profondeur
- 2 Bloc accumulateur de 15 mm de profondeur
- 3 Fluide frigorigène
- 4 Fluide latent
- 5 Rivet aveugle

Lorsque le véhicule est à l'arrêt, le moteur est coupé ; par conséquent, le compresseur n'est pas entraîné. L'air chaud passant devant l'évaporateur refroidit, provoquant un échange thermique. Cet échange dure jusqu'à ce que le fluide latent ait entièrement fondu. Au redémarrage, le processus recommence, si bien qu'au bout d'une minute, l'évaporateur accumulateur est à nouveau en mesure de refroidir l'air.

Sur les véhicules sans évaporateur accumulateur, lorsqu'il fait très chaud, il est nécessaire de redémarrer le moteur même après un court arrêt. C'est la seule manière de conserver la fraîcheur de l'habitacle.

La climatisation inclut également le chauffage de l'habitacle en cas de besoin. Sur les véhicules « full » hybrides, le moteur thermique est coupé lors du passage à l'électrique. La chaleur résiduelle présente dans le circuit d'eau ne suffit à chauffer l'habitacle qu'un court instant. Des réchauffeurs électriques CTP sont alors activés pour prendre en charge la fonction de chauffage. Leur mode de fonctionnement est similaire à celui d'un sèche-cheveux : l'air aspiré de l'habitacle par le ventilateur se réchauffe au contact des éléments chauffants puis retourne dans l'habitacle.



Impératif !

N'intervenez pas sur des composants HT sous tension. Respectez toujours les signaux de danger sur les pièces et éléments.

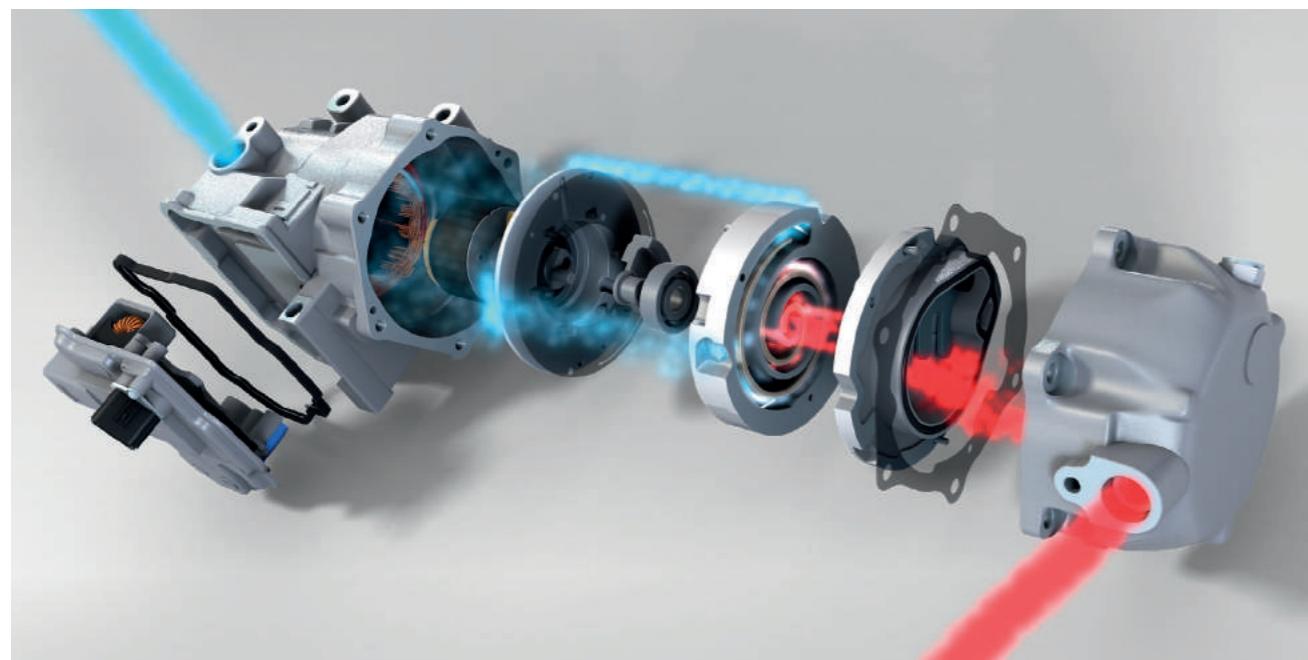


Exemple : Signaux de danger sur modules et pièces

Comresseur de clim haute tension

Fonctionnement

Dans les véhicules « full » hybrides, l’entraînement du compresseur électrique haute tension est indépendant du fonctionnement du moteur thermique. Ce nouveau concept permet l’utilisation de nouvelles fonctions de climatisation, qui apportent plus de confort.



On peut rafraîchir l’habitacle chaud à la température souhaitée avant de prendre la route, la climatisation pouvant être pilotée à distance.

Ce refroidissement à l’arrêt n’est possible qu’en fonction de la capacité disponible de la batterie. Le compresseur démarre avec le moins de puissance possible en fonction des besoins de climatisation.

Avec les compresseurs haute tension actuels, la régulation de la puissance est effectuée en ajustant le régime par paliers de 50 tr/min, ce qui permet de se passer d’une régulation interne.

À l’inverse du principe des plateaux cycliques, dont l’utilisation est privilégiée dans les compresseurs à entraînement par courroie, c’est le principe Scroll qui est utilisé pour la compression du fluide frigorigène sur les compresseurs haute tension. Les avantages sont un gain de poids d’environ 20 % et une réduction équivalente de la cylindrée à puissance égale.

Pour générer l’important couple nécessaire à l’entraînement du compresseur électrique, une tension continue de plus de 200 volts est appliquée, ce qui est très élevé pour un véhicule. L’onduleur intégré dans le moteur électrique convertit cette tension continue en une tension alternative triphasée requise par le moteur électrique sans balais. La dissipation de chaleur nécessaire de l’onduleur et du bobinage moteur est possible grâce au reflux du fluide frigorigène vers le côté aspiration.

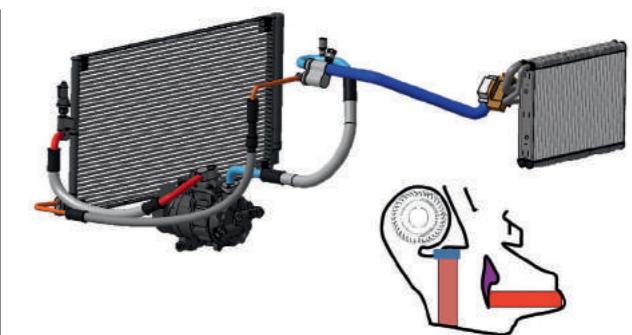
Gestion de la température de la batterie

Comparatif

La batterie est essentielle au fonctionnement d’un véhicule électrique ou hybride. Elle doit fournir de manière rapide et fiable les importantes quantités d’énergie nécessaires à sa propulsion. Il s’agit généralement de batteries haute tension lithium-ion ou nickel-hydrure métallique, plus petites et plus légères.

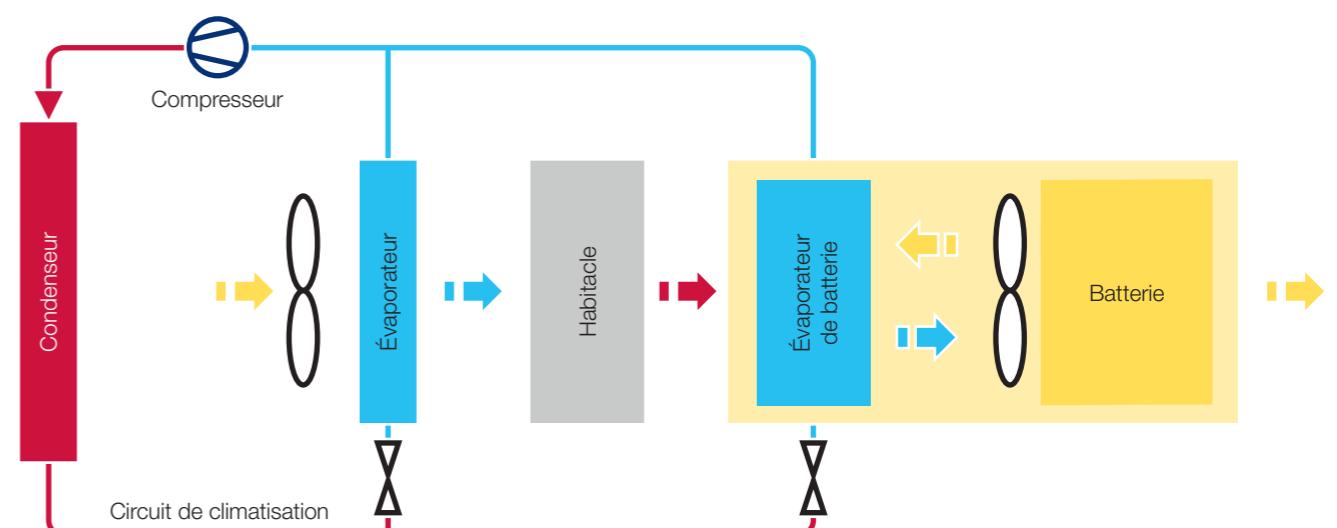
Les batteries doivent impérativement être exploitées dans une plage de température précise. À +40 °C, leur durée de vie diminue, alors qu’en dessous de 0 °C, elles perdent en énergie et en puissance. Par ailleurs, l’écart de température entre les différentes cellules ne doit pas dépasser une certaine valeur.

De courts pics de charge associés à des flux élevés comme le freinage régénératif et le boost entraînent un échauffement conséquent des cellules. De plus, les grosses chaleurs d’été contribuent à faire rapidement grimper la température



jusqu’au seuil critique de 40 °C. Cette surchauffe accélère le vieillissement et donc la défaillance prémature de la batterie. Les constructeurs automobiles utilisent des batteries d’une durée de vie égale à la durée de vie moyenne d’un véhicule, soit 8 à 10 ans. Seule une gestion thermique adéquate peut donc protéger la batterie contre un vieillissement précoce. Trois solutions de gestion thermique sont appliquées à ce jour :

Solution 1



L’air est aspiré hors de l’habitacle climatisé et utilisé pour le refroidissement de la batterie. Cet air frais, d’une température

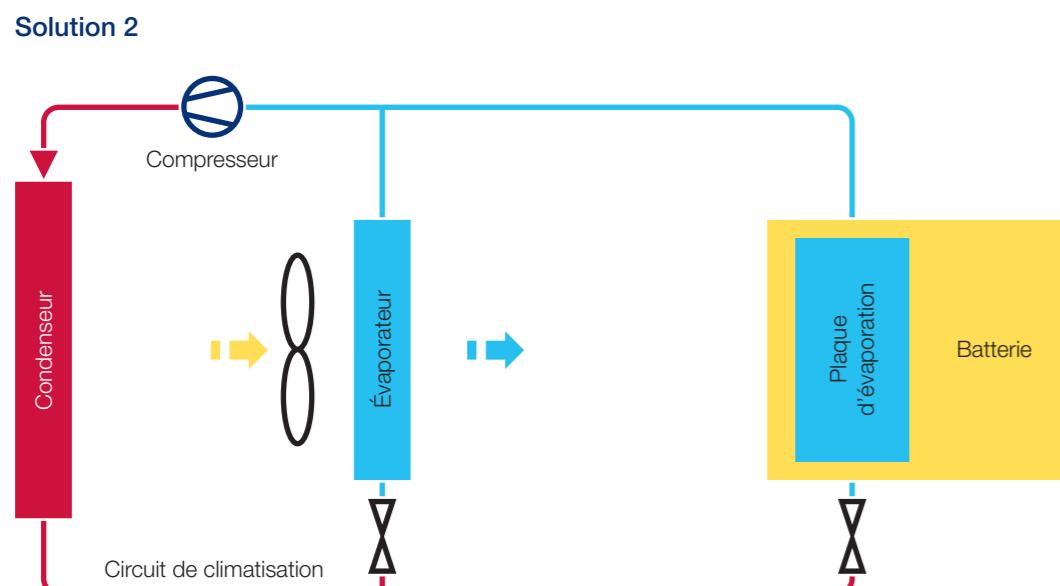
inférieure à 40 °C, circule autour des surfaces accessibles du pack de batterie.

Inconvénients de cette solution :

- refroidissement peu efficace,
- l'air aspiré de l'habitacle ne permet pas une baisse uniforme de la température,
- guidage complexe de l'air,
- génération de bruits gênants dans l'habitacle par le pulsateur d'air,

- les conduites d'air créent une liaison directe entre l'habitacle et la batterie, ce qui pose un problème de sécurité (dégazage de la batterie, par ex.),
- le risque de pénétration d'impuretés dans la batterie n'est pas non plus à négliger, l'air de l'habitacle contenant également de la poussière, qui se dépose entre les cellules et forme un dépôt conducteur avec l'humidité condensée de l'air. Ce dépôt favorise les courants de fuite dans la batterie.

Pour couper court à ce risque, l'air aspiré est filtré. Une variante consiste à refroidir l'air via un petit climatiseur séparé, comme dans les climatisations arrière des véhicules haut de gamme.



Une plaque d'évaporation spéciale, intégrée dans la cellule de batterie, est raccordée à la climatisation du véhicule. Ce procédé appelé splitting est réalisé côté haute pression et basse pression via des conduites et un détendeur. De cette manière, l'évaporateur d'habitacle et la plaque d'évaporation de la batterie, qui fonctionne comme un simple évaporateur classique, sont raccordés à un seul et même circuit.

Les rôles différents des deux évaporateurs engendrent des contraintes différentes concernant le débit de fluide frigorigène. Tandis que l'habitacle doit être refroidi de manière satisfaisante pour le confort des passagers, la batterie haute tension doit être refroidie plus ou moins fortement selon les conditions de circulation et la température ambiante.

Tous ces besoins entraînent une régulation complexe de la quantité de fluide frigorigène évaporé. La forme particulière

de la plaque d'évaporation, qui a permis son intégration dans la batterie, fournit une surface de contact importante pour l'échange thermique, ce qui prévient tout dépassement du seuil critique de température de 40 °C.

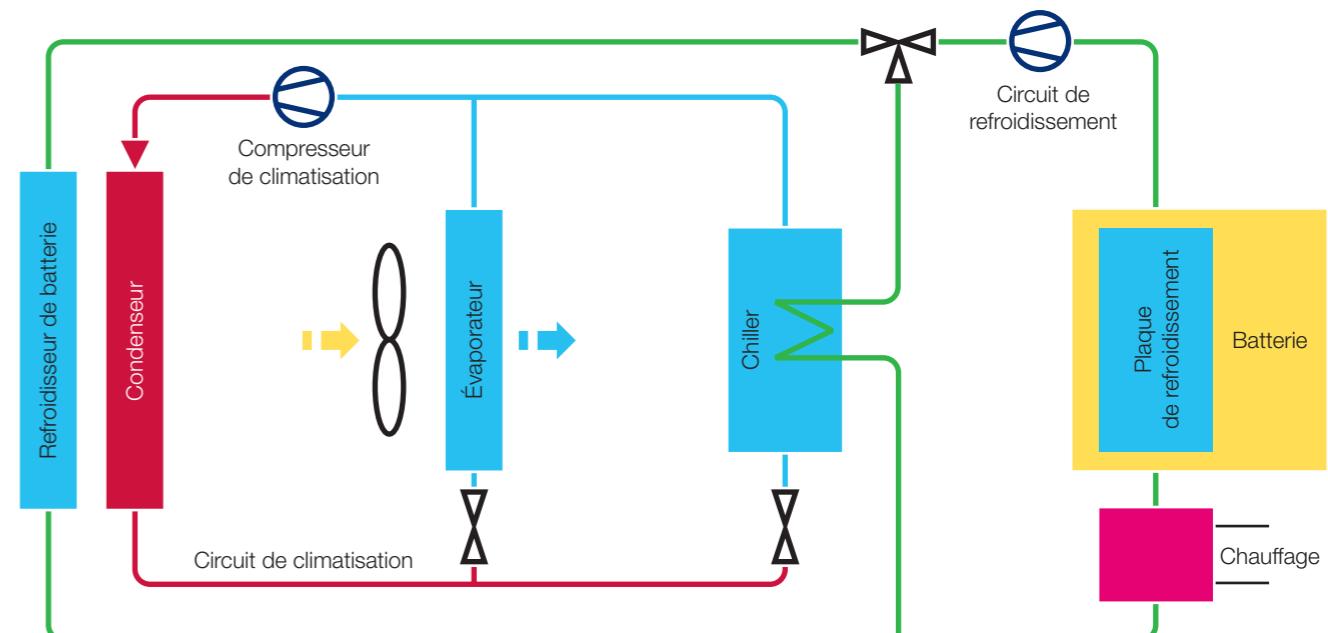
Lorsque la température extérieure est très basse, il faudrait une hausse d'au moins 15 °C pour atteindre la température idéale de la batterie. La plaque d'évaporation n'est toutefois daucun secours dans ce cas. Une batterie froide est moins performante qu'une batterie bien tempérée ; à des températures largement négatives, elle ne peut presque plus être chargée. C'est acceptable sur les véhicules « mild » hybrides où, dans le pire des cas, la fonction hybride n'est que partiellement disponible, mais où il est toujours possible de rouler avec le moteur thermique. Sur un véhicule 100 % électrique, par contre, il faut prévoir un chauffage de batterie pour pouvoir démarrer et rouler en hiver.

➤

Remarque

Les plaques d'évaporation, qui sont directement intégrées dans la batterie, ne se remplacent pas individuellement. Si elles sont détériorées, il faut remplacer la batterie complète.

Solution 3



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 °C et 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 réfrigérateur de batterie se trouvant à l'avant du véhicule ou par le radiateur basse température grâce au vent relatif.

Si ce refroidissement est insuffisant en raison de fortes températures extérieures, le liquide de refroidissement traverse un chiller, 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.

Formation continue pour la réparation des véhicules électriques hybrides

Il est indispensable de suivre une formation continue permanente pour pouvoir entretenir et réparer les systèmes complexes dans les véhicules électriques et hybrides, notamment pour la gestion thermique. En Allemagne, par exemple, les salariés intervenant sur de tels systèmes haute tension ont besoin d'une formation supplémentaire de deux jours à titre de « spécialistes des travaux sur les véhicules haute tension (HT) à sécurité intrinsèque ».

Les connaissances ainsi acquises permettent d'évaluer le danger des interventions nécessaires sur le système et de réaliser la mise hors tension pour toute la durée des travaux. Il est interdit d'effectuer des interventions sur les systèmes haute tension ou leurs composants si l'on ne dispose pas d'une formation adéquate. La réparation ou le remplacement de composants sous haute tension (batterie) nécessite une habilitation spéciale.

Entretien des véhicules hybrides

Même les interventions générales de révision et de réparation (pot d'échappement, pneus, amortisseurs, vidange, changement de pneus, etc.) représentent une situation particulière.

Elles doivent uniquement être effectuées par des personnes préalablement informées des dangers de ces installations haute tension et instruites en conséquence par un « spécialiste des travaux sur les véhicules HT à sécurité intrinsèque ».

De plus, il est impératif d'utiliser des outils qui répondent aux spécifications des constructeurs automobiles !

Les ateliers de réparation automobile sont tenus de former tous les salariés chargés du fonctionnement, de l'entretien et de la réparation des véhicules électriques et hybrides. Tenez compte des spécificités locales.

Lors du bilan et de l'entretien climatisation, il faut veiller à ce que les compresseurs électriques ne soient pas lubrifiés avec les huiles PAG courantes, qui ne possèdent pas les caractéristiques isolantes nécessaires. On choisit en général une huile POE présentant ces propriétés. L'huile PAO 68 AA1 Clear Version de MAHLE (sans traceur) peut aussi être utilisée.

Il est donc recommandé d'avoir recours à des stations de charge et d'entretien de climatisation avec fonction de rinçage interne et un réservoir séparé d'huile propre pour le bilan et l'entretien climatisation sur les véhicules électriques et hybrides. Cela permet d'éviter de mélanger différents types d'huiles propres.



Outilage pour les interventions sur le système haute tension



Formations de gestion thermique proposées par MAHLE :

Que vous soyez apprenti, mécanicien, maître mécanicien ou ingénieur, vous trouverez facilement une formation adaptée à vos besoins dans l'offre MAHLE Aftermarket.

En plus des formations théoriques, MAHLE Aftermarket propose des formations pratiques et spécifiques sur la prévention des dommages pour les véhicules particuliers, les poids lourds, les machines agricoles et les engins de chantier.

Avec MAHLE Aftermarket, tout est simple : vous sélectionnez le thème souhaité, le lieu et la date de la formation et nous organisons tout le reste. Contactez simplement votre partenaire de la distribution MAHLE Aftermarket ou adressez-vous par courriel à :

ma.training@mahle.com

Les experts techniques de MAHLE Aftermarket se feront un plaisir d'organiser pour vous des événements passionnants !

Climatisation T-AC dans le véhicule : structure, fonctionnement et causes fréquentes de pannes

- Formation générale C-SK pour les climatisations automobiles

Huiles PAG et PAO



Il existe beaucoup d'huiles.
Laquelle recommander ?

Que ce soit pour la vidange de l'huile du compresseur de climatisation ou le remplissage durant l'entretien climatisation : comme le sang dans le corps humain, l'huile joue un rôle vital pour la climatisation.

Pour garantir un fonctionnement sûr et durable du système, il est donc décisif d'utiliser une huile de compresseur de qualité. L'utilisation d'une huile de qualité inférieure ou inappropriée entraîne une usure aggravée et peut causer une défaillance prématuée du compresseur de climatisation et la perte de la garantie.

Un mauvais choix peut entraîner des dommages. Les consignes spécifiques au véhicule ou au constructeur doivent impérativement être respectées.



Huile PAG

Pour une bonne clim

Caractéristiques produit

- Les huiles PAG sont des huiles 100 % synthétiques et hygroscopiques à base de polyalkylène-glycol.
- Utilisées par un grand nombre de constructeurs automobiles et de compresseurs dans les systèmes de climatisation avec le fluide frigorigène R134a, avec différentes viscosités.
- Nouvelles huiles PAG spéciales 46 YF et 100 YF aussi bien adaptées pour le fluide frigorigène R1234yf que pour le R134a.

Avantages et effets

- Les huiles PAG sont parfaitement miscibles avec le R134a (huiles PAG 46 YF et 100 YF avec en plus le R1234yf) et sont adaptées à la lubrification de la plupart des systèmes de climatisation de VP et VU.
- Avant d'utiliser une huile PAG, il est important de choisir l'indice de viscosité correct (PAG 46, PAG 100, PAG 150). Il convient ici de respecter les consignes du constructeur.

Informations complémentaires

L'inconvénient des huiles PAG est leur caractère hygroscopique : elles absorbent l'humidité de l'air ambiant et la retiennent.

Un taux d'humidité trop élevé dans le système de climatisation entraîne la formation d'acides et de corrosion. Cela peut endommager les composants et provoquer des fuites.

Pour cette raison, les flacons d'huile ouverts doivent être immédiatement refermés et l'huile résiduelle ne peut être stockée que de manière temporaire. Cela s'applique en particulier également aux réservoirs d'huile neuve de la station de charge et d'entretien de climatisation.



Nouveauté dans la gamme de produits

Huile PAG SP-A2 de Sanden pour les compresseurs électriques spéciaux Sanden ;
référence ACPL 9 000P/8FX 351 213-141.

Huile PAO 68 et PAO 68 Plus UV

Caractéristiques produit

- Non hygroscopique : contrairement aux autres huiles, aucune absorption de l'humidité ambiante
- Possibilité d'utilisation en remplacement de différentes huiles PAG (voir la liste des utilisations !) : stockage d'une seule huile au lieu de trois jusqu'ici
- Plus de 20 ans d'expérience pratique
- Augmente la performance de la climatisation
- Aucun effet négatif sur les composants de la climatisation (valable aussi pour les stations de charge et d'entretien de climatisation/le test « sealed tube » du fabricant conformément à la norme ASHRAE 97)
- Disponible en version classique (huile PAO 68) et en version avec traceur (huile PAO 68 Plus UV)

Avantages et effets

Huile PAO 68

- L'huile PAO n'étant pas hygroscopique, elle est facile à manier dans les ateliers. La quantité d'huile nécessaire peut également être versée à partir de grands récipients (par ex. de 5 litres).
- La faible miscibilité du fluide frigorigène dans l'huile signifie que l'huile PAO n'est pas diluée et qu'elle conserve sa pleine viscosité dans le compresseur de climatisation.
- Un film d'huile sur les composants améliore l'étanchéité et diminue les frottements entre les pièces en mouvement dans le compresseur de climatisation.
- Diminution de la température de service et de l'usure.
- Par conséquent, sécurité de fonctionnement accrue, réduction des bruits, temps d'exécution plus courts et diminution de la consommation d'énergie du compresseur de climatisation.



Huile PAO 68 Plus UV

- Propriétés positives identiques à celle de l'huile PAO 68
- Ajout d'un traceur fluorescent extrêmement efficace pour la détection des fuites par UV
- Faible concentration volumique (%) du traceur avec les avantages suivants : conservation des propriétés positives de l'huile et absence d'effets négatifs sur les composants du système ou les appareils de maintenance

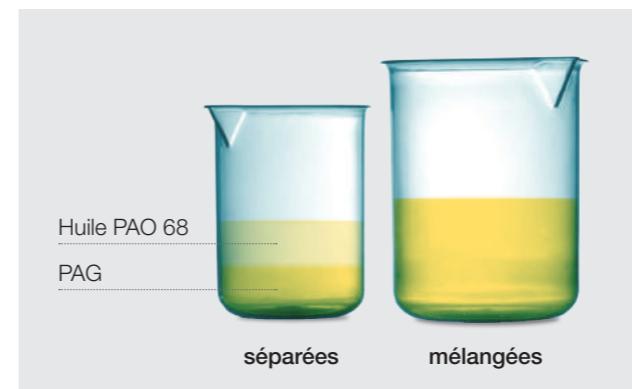
Informations complémentaires

L'huile PAO 68 est-elle compatible avec d'autres huiles ?

- L'huile PAO 68 n'attaque pas les matériaux à base d'élastomères fluorés, tels que les tuyaux ou les joints.
- L'huile PAO 68 présente l'avantage d'être miscible à de nombreux autres lubrifiants et fluides frigorigènes. On peut donc l'utiliser aussi bien pour une recharge complémentaire du circuit que pour un remplissage complet du système. En raison de sa structure moléculaire et de sa densité, l'huile PAO 68 se mélange certes aux autres huiles jusqu'à un certain degré mais elle se sépare à nouveau de celles-ci « au repos » et ne forme donc pas un mélange durable.
- La viscosité nécessaire des huiles reste ainsi préservée et on n'assiste donc pas à une modification de la viscosité générale (voir l'image sur la page suivante).

Comment l'huile PAO 68 PLUS UV a-t-elle été testée ?

- L'huile PAO 68 Plus UV a été testée par le fabricant et par des instituts indépendants. La stabilité chimique a ainsi été testée à l'aide du test « sealed tube » conformément à la norme ASHRAE 97. Ce test évalue les interactions entre le fluide frigorigène, l'huile frigorigène, les différents matériaux des joints toriques et les métaux utilisés dans une climatisation.
- Tous les tests étaient positifs, si bien que l'on peut exclure tout effet négatif sur les composants du climatiseur automobile ou de la station de charge et d'entretien de climatisation. Par conséquent, l'huile PAO 68 Plus UV peut être utilisée aussi bien pour le remplissage direct d'un composant, comme le compresseur de climatisation, que pour l'ajout d'huile dans le circuit de climatisation via la station de charge et d'entretien de climatisation.



Peut-on utiliser l'huile PAO 68 en cas de problèmes d'humidité ?

- Contrairement à d'autres huiles, l'huile PAO 68 n'est pas hygroscopique. Elle n'absorbe donc pas l'humidité de l'air ambiant. Ainsi, en utilisant simplement l'huile PAO 68, il est possible de lutter contre les problèmes d'humidité, tels que le givrage des composants ou la formation d'acides. Les possibilités d'utilisation et la stabilité au stockage de l'huile PAO 68 sont nettement plus élevées que celles des huiles classiques.

Particularités et caractéristiques

- Pas de risques d'accumulation d'huile dans l'évaporateur entraînant une diminution de la performance frigorifique
- L'étanchéité est améliorée grâce à un film d'huile dans les composants
- Diminution du frottement entre les composants
- Réduction de la consommation d'énergie du compresseur de climatisation
- Combinaison unique d'une huile synthétique hautement raffinée et d'additifs spéciaux augmentant les performances
- Plage d'utilisation très large (-68 °C à +315 °C)
- Faible concentration volumétrique du traceur très actif dans l'huile PAO 68 Plus UV, donc conservation et protection des composants du circuit et des stations d'entretien

➤ La version claire de l'huile PAO 68 AA1 (sans traceur) convient aussi à l'utilisation avec le R1234yf et dans les compresseurs de climatisation électriques pour les véhicules hybrides et électriques.

Comparatif des huiles de compresseur de clim

Type d'huile	Utilisation	Remarque
Huiles PAG pour fluide frigorigène R134a	Plusieurs huiles PAG aux caractéristiques d'écoulement différentes (viscosités) peuvent être utilisées avec le fluide frigorigène R134a. Les huiles PAG étant hygroscopiques, les flacons ouverts ne se conservent pas longtemps.	Les huiles PAG standards ne conviennent ni pour le fluide frigorigène R1234yf, ni pour les compresseurs de climatisation électriques.
Huile PAG YF pour fluides frigorigènes R1234a et R134a	Plusieurs huiles PAG aux caractéristiques d'écoulement différentes (viscosités) peuvent également être utilisées avec le fluide frigorigène R1234yf. La spécificité de ces huiles PAG de MAHLE est leur compatibilité avec les deux fluides frigorigènes R1234yf et R134a. Les huiles PAG étant hygroscopiques, les flacons ouverts ne se conservent pas longtemps.	L'huile PAG YF convient tant pour le fluide frigorigène R1234yf que le R134a.
Huile PAG SP-A2 pour fluides frigorigènes R1234a et R134a	Peut être utilisée dans les compresseurs de climatisation électriques, par ex. des fabricants Sanden et Hanon.	
Huile PAO 68 pour fluide frigorigène R134a, dans certains cas pour R1234yf et d'autres fluides frigorigènes	Une alternative à toutes les huiles PAG proposées pour le R134a (son avantage étant de ne pas être hygroscopique, elle n'absorbe pas l'humidité de l'air ambiant, contrairement aux autres huiles). Les 2 huiles PAO (AA1 et AA3) proposées par MAHLE sont compatibles avec un grand nombre de fluides frigorigènes (voir liste des produits).	L'huile PAO 68 AA1 Clear Version (sans traceur) peut aussi être utilisée avec le nouveau fluide frigorigène R1234yf, ainsi que dans les compresseurs électriques pour les véhicules hybrides et électriques.



Du type d'huile au type de compresseur de clim

Référence MAHLE/ ancienne référence Behr Hella Service	Produit	Classe de viscosité	Contenu	Utilisable pour fluide frigorigène	Utilisable pour	Utilisable pour les compresseurs de climatisation de type
Huile PAG						
ACPL 1 000P 8FX 351 213-031	Huile PAG	ISO 46	240 ml	R134a	Climatisations de véhicules à moteur essence ou diesel classique (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Tous les types de compresseurs sauf les compresseurs électriques
ACPL 2 000P 8FX 351 213-041	Huile PAG	ISO 150	240 ml	R134a	Climatisations de véhicules à moteur essence ou diesel classique (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Tous les types de compresseurs sauf les compresseurs électriques
ACPL 3 000P 8FX 351 213-051	Huile PAG	ISO 100	240 ml	R134a	Climatisations de véhicules à moteur essence ou diesel classique (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Tous les types de compresseurs sauf les compresseurs électriques
Huile PAG YF						
ACPL 7 000P 8FX 351 213-121	Huile PAG YF	ISO 46	240 ml	R1234yf, R134a	Climatisations de véhicules à moteur essence ou diesel classique (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Tous les types de compresseurs sauf les compresseurs électriques
ACPL 8 000P 8FX 351 213-131	Huile PAG YF	ISO 100	240 ml	R1234yf, R134a	Climatisations de véhicules à moteur essence ou diesel classique (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Tous les types de compresseurs sauf les compresseurs électriques
Huile PAG SP-A2						
ACPL 9 000P 8FX 351 213-141	Huile PAG SP-A2	ISO 46	250 ml	R1234yf, R134a	Climatisations pour véhicules hybrides et électriques	Compresseurs électriques, par ex. compresseurs Sanden et Hanon

Référence MAHLE/ ancienne référence Behr Hella Service	Produit	Classe de viscosité	Contenu	Utilisable pour fluide frigorigène	Utilisable pour	Utilisable pour les compresseurs de climatisation de type
PAO 68 AA1 – Clear Version (sans traceur)						
ACPL 10 000P 8FX 351 214-021	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	1,0 l	R1234yf, R134a, R413a, R22, R12, R507a, R500, R502, R513a	Climatisations de véhicules à moteur essence ou diesel classique (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Tous les types de compresseurs (y compris les compresseurs électriques) sauf les compresseurs à palettes
ACPL 11 000P 8FX 351 214-031	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	500 ml		Climatisations pour véhicules hybrides et électriques	
ACPL 14 000P 8FX 351 214-101	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	5,0 l		Climatisations pour véhicules frigorifiques	
PAO 68 AA1 – Plus UV						
ACPL 15 000P 8FX 351 214-201	PAO AA1 Plus UV	ISO 68	500 ml	R134a, R413a, R22, R12, R507a, R500, R502	Climatisations de véhicules à moteur essence ou diesel classique (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Tous les types de compresseurs sauf les compresseurs à palettes
ACPL 16 000P 8FX 351 214-211	PAO AA1 Plus UV	ISO 68	1,0 l			
ACPL 17 000P 8FX 351 214-221	PAO AA1 Plus UV	ISO 68	5,0 l		Climatisations pour véhicules frigorifiques	
PAO 68 AA3 – Clear Version (sans traceur)						
ACPL 13 000P 8FX 351 214-081	PAO AA3 Clear Version	ISO 100	1,0 l	R1234y, R134a, R413a, R513a	Climatisations de véhicules à moteur essence ou diesel classique (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Spécialement pour les compresseurs à palettes
PAO 68 AA3 – Plus UV						
ACPL 18 000P 8FX 351 214-281	PAO AA3 Plus UV	ISO 100	1,0 l	R134a, R413a	Climatisations de véhicules à moteur essence ou diesel classique (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Spécialement pour les compresseurs à palettes

Liste des produits

Produit	Utilisation	Type de compresseur de climatisation	Fluide frigorigène	Classe de viscosité	Contenu	Référence MAHLE/ancienne référence Behr Hella Service
Huile PAG	Climatisations pour véhicules*	Tous les types**	R134a	PAG I (ISO 46)	240 ml	ACPL 1 000P 8FX 351 213-031
	Climatisations pour véhicules*	Tous les types**	R134a	PAG II (ISO 100)	240 ml	ACPL 3 000P 8FX 351 213-051
	Climatisations pour véhicules*	Tous les types**	R134a	PAG III (ISO 150)	240 ml	ACPL 2 000P 8FX 351 213-041
Huile PAG YF	Climatisations pour véhicules*	Tous les types**	R1234yf, R134a	PAG I (ISO 46)	240 ml	ACPL 7 000P 8FX 351 213-121
	Climatisations pour véhicules*	Tous les types**	R1234yf, R134a	PAG II (ISO 100)	240 ml	ACPL 8 000P 8FX 351 213-131
Huile PAG SP-A2	Climatisations pour véhicules hybrides et électriques	Compresseurs électriques	R1234yf, R134a	PAG (ISO 46)	250 ml	ACPL 9 000P 8FX 351 213-141
Huile PAO 68	Climatisations pour véhicules	Tous les types (sauf compresseurs à palettes)	R1234yf, R134a, R413a, R22, R513a			
	Climatisations pour véhicules hybrides et électriques	Compresseurs électriques	R1234yf, R134a R513a	AA1 (ISO 68)	500 ml	ACPL 11 000P 8FX 351 214-031
	Véhicules frigorifiques (transport de produits frais)	Compresseurs à pistons**	R1234yf, R134a, R507a, R500, R513a	AA1 (ISO 68)	1,0 l	ACPL 10 000P 8FX 351 214-021
	Véhicules frigorifiques (transport de produits surgelés)	Compresseurs à pistons**	R507a, R502, R513a, R22	AA1 (ISO 68)	5,0 l	ACPL 14 000P 8FX 351 214-101
	Climatisations pour véhicules*	Compresseurs à palettes**	R134a, R413a, R513a	AA3 (ISO 100)	1,0 l	ACPL 13 000P 8FX 351 214-081
Huile PAO 68 Plus UV	Climatisations pour véhicules*	Tous les types** (sauf compresseurs à palettes)	R134a, R413a, R22	AA1 (ISO 68)	500 ml	ACPL 15 000P 8FX 351 214-201
	Véhicules frigorifiques (transport de produits frais)	Compresseurs à pistons**	R134a, R507a, R500	AA1 (ISO 68)	1,0 l	ACPL 16 000P 8FX 351 214-211
	Véhicules frigorifiques (transport de produits surgelés)	Compresseurs à pistons**	R507a, R502, R22	AA1 (ISO 68)	5,0 l	ACPL 17 000P 8FX 351 214-221
	Climatisations pour véhicules*	Compresseurs à palettes**	R134a, R413a	AA3 (ISO 100)	1,0 l	ACPL 18 000P 8FX 351 214-281

* VP, VU, engins agricoles et de chantier

** sauf compresseurs de climatisation électriques



Équipement d'atelier de MAHLE Service Solutions

Lorsqu'il s'agit de la climatisation des véhicules, vous avez deux partenaires forts à vos côtés : MAHLE Aftermarket et désormais également MAHLE Service Solutions.



➤ Vous trouverez aux pages suivantes un extrait des équipements et accessoires pour les travaux sur la climatisation.

ArcticPRO® ACX HFC R134a

ACX 310

Description

Station de charge et d'entretien de climatisation ACX 310

Référence

1010350478XX



ACX 320

Description

Station de charge et d'entretien de climatisation nouvelle génération pour les systèmes R134a, convertibles pour les systèmes R1234yf ou R513a, connexion Wi-Fi, système d'ouverture de l'appareil Onetouch, connexion réseau ASA

Référence

1010350379XX



ArcticPRO® ACX HFC R134a

ACX 350	
Description	Référence
Station de charge et d'entretien de climatisation nouvelle génération pour les systèmes R134a, convertibles pour les systèmes R1234yf ou R513a, connexion Wi-Fi, système d'ouverture de l'appareil Onetouch, connexion réseau ASA, raccord diagnostic (en option)	1010350381XX



ACX 380	
Description	Référence
Station de charge et d'entretien de climatisation nouvelle génération pour les systèmes R134a, convertibles pour les systèmes R1234yf ou R513a, connexion Wi-Fi, système d'ouverture de l'appareil Onetouch, connexion réseau ASA, raccordement au diagnostic (en option), appli de commande à distance	1010350383XX



ArcticPRO® ACX HFO R1234yf

ACX 410	
Description	Référence
Station de charge et d'entretien de climatisation ACX 410	1010350479XX



ArcticPRO® ACX HFO R1234y

ACX 420	
Description	Référence
Station de charge et d'entretien de climatisation nouvelle génération pour les systèmes R1234yf, connexion Wi-Fi, système d'ouverture de l'appareil Onetouch, connexion réseau ASA	1010350380XX



ACX 450	
Description	Référence
Station de charge et d'entretien de climatisation nouvelle génération pour les systèmes R1234yf, connexion Wi-Fi, système d'ouverture de l'appareil Onetouch, connexion réseau ASA, raccord diagnostic (en option)	1010350382XX



ACX 480	
Description	Référence
Station de charge et d'entretien de climatisation nouvelle génération pour les systèmes R1234yf, connexion Wi-Fi, système d'ouverture de l'appareil Onetouch, connexion réseau ASA, raccord diagnostic (en option), appli de commande à distance	1010350384XX



Accessoires ArcticPRO® ACX

Analyse du fluide frigorigène pour les stations de charge et d'entretien de climatisation à partir de l'année de construction 2018

Description	Référence
Analyse du fluide frigorigène R134a/R1234yf	1010350393XX



Analyse du fluide frigorigène pour les stations de charge et d'entretien de climatisation, année de construction 2017

Description	Référence
Analyse du fluide frigorigène R134a/R1234yf	1010350394XX



ROU – Appareil d'aspiration du fluide frigorigène R134a/R1234yf

Description	Référence
Système breveté pour l'élimination en toute sécurité du fluide frigorigène contaminé ; ne fonctionne qu'avec une station de charge et d'entretien de climatisation MAHLE	1010350326XX



Kit de conversion de R134a vers R1234yf pour les stations de charge et d'entretien de climatisation à partir de l'année de construction 2018

Description	Référence
Kit de conversion de R134a vers R1234yf	1010350397XX

Kit de conversion de R134a vers R513a pour les stations de charge et d'entretien de climatisation à partir de l'année de construction 2018

Description	Référence
Kit de conversion de R134a vers R513a	1010350398XX



Housse d'appareil pour les stations de charge et d'entretien de climatisation à partir de l'année de construction 2018

Description	Référence
Housse ACX	1010350400XX



Mise à niveau de l'imprimante pour les stations de charge et d'entretien de climatisation à partir de l'année de construction 2018

Description	Référence
Kit d'imprimante pour produits ACX	1010350396XX



Mise à niveau de l'imprimante pour les stations de charge et d'entretien de climatisation, année de construction 2017

Description	Référence
Kit d'imprimante pour produits ACX	1010350299XX

Rallonge de flexible

Description	Référence
Kit de rallonge de flexible de remplissage – 3 m avec adaptateur	1010350303XX

Kit de service ACX

Description	Référence
Kit de service pour l'entretien et le calibrage des stations de charge et d'entretien de climatisation (avec mallette)	1010350298XX

Stylet écran tactile pour les stations de charge et d'entretien de climatisation

Description	Référence
Stylet pour écran tactile sur les stations de charge et d'entretien de climatisation, etc.	1010350403XX

Accessoires ArcticPRO® ACX

Traceur – 250 ml

Description	Référence
Contenu : 250 ml, 1 unité	1010350041XX



Traceur hybride – 250 ml

Description	Référence
Contenu : 250 ml, 1 unité	1010350281XX



Traceur R134a avec doseur – 7,5 ml + tuyau

Description	Référence
Quantité minimale par commande : 6 unités Colorant fluorescent pour hybride + tuyau	1010350285XX



Traceur HFO R1234yf – 250 ml

Description	Référence
Quantité minimale par commande : 1 unité Colorant fluorescent pour HFO R1234yf	1010350282XX



Accessoires ArcticPRO® ACX

Traceur R1234yf avec doseur – 7,5 ml + tuyau

Description	Référence
Quantité minimale par commande : 6 unités Colorant fluorescent pour système R1234yf + tuyau	1010350286XX



Nettoyant pour traceur – 250 ml

Description	Référence
Quantité minimale par commande : 1 unité Dégraissant universel	1010350287XX



Kit d'inserts de soupape

Description	Référence
Kit d'inserts de soupape	1010350280XX



Spray désinfectant pour climatisation – 400 ml

Description	Référence
Quantité minimale par commande : 4 unités Spray de désinfection pour les climatiseurs automobiles	1010350046XX



Accessoires ArcticPRO® ACX

Spray désinfectant pour habitacle – 200 ml

Description	Référence
Quantité minimale par commande : 6 unités	1010350047XX
Spray de désinfection pour l'habitacle	



Nettoyant pour condenseur – 400 ml

Description	Référence
Quantité minimale par commande : 4 unités	1010350048XX
Nettoyant dégraissant spécial pour le condenseur	



Kit expert

Description	Référence
2 × PAG ISO 46, 2 × PAG ISO 100, 1 × PAG ISO 150 1 × traceur, 2 × nettoyants habitacle, 1 × POE ISO 80 hybride, 1 × PAG ISO 46 HFO 1234yf, 6 × traceurs hybrides en unités de dosage 7,5 ml, 6 × traceurs HFO 1234yf en unités de dosage 7,5 ml, 1 × soupape, 1 × nettoyant pour traceur	1010350289XX



Kit de détection des fuites à l'azote

Description	Référence
Convertible vers R1234yf Équipement de base pour l'utilisation du kit de détection des fuites	1010350130XX



Accessoires ArcticPRO® ACX

Kit UV

Description	Référence
Kit UV	1010350033XX



Kit de détection des fuites à l'azote/hydrogène

Description	Référence
Utilisable uniquement avec le kit azote (31144AI)	1010350288XX



Kit de détection des fuites à l'azote/hydrogène

Description	Référence
Utilisable seul	1010350309XX



Cartouche de remplissage d'azote/hydrogène

Description	Référence
6 bouteilles	1010350296XX



Accessoires ArcticPRO® ACX

Kit de conversion pour kit de détection des fuites à l'azote/hydrogène

Description	Référence
Kit de conversion de R134a vers R1234y	1010350262XX



Kit de rinçage R134a/R1234yf série M

Description	Référence
Pour fluide frigorigène R134a	1010350053XX



Kit hybride

Description	Référence
Pour R134a et R1234yf, adaptateur fourni	1010350401XX



Kit hybride ACX (PAG > POE)

Description	Référence
Kit hybride pour R134a/R1234yf	1010350302XX



Accessoires ArcticPRO® ACX

Huile pour pompe à vide – 500 ml

Description	Référence
Disponible uniquement en lot de 2	1010350037XX



Kit de rinçage de filtre, année de construction 2018

Description	Référence
Kit de rinçage de filtre	1010350402XX



Bouteille déshydratante pour ACX jusqu'à l'année de construction 2017

Description	Référence
Bouteille déshydratante pour ACX	1010350420XX



MAHLE Aftermarket GmbH

Pragstraße 26–46

70376 Stuttgart, Allemagne

Téléphone : +49 711 501-0

www.mahle-aftermarket.com

www.mpulse.mahle.com