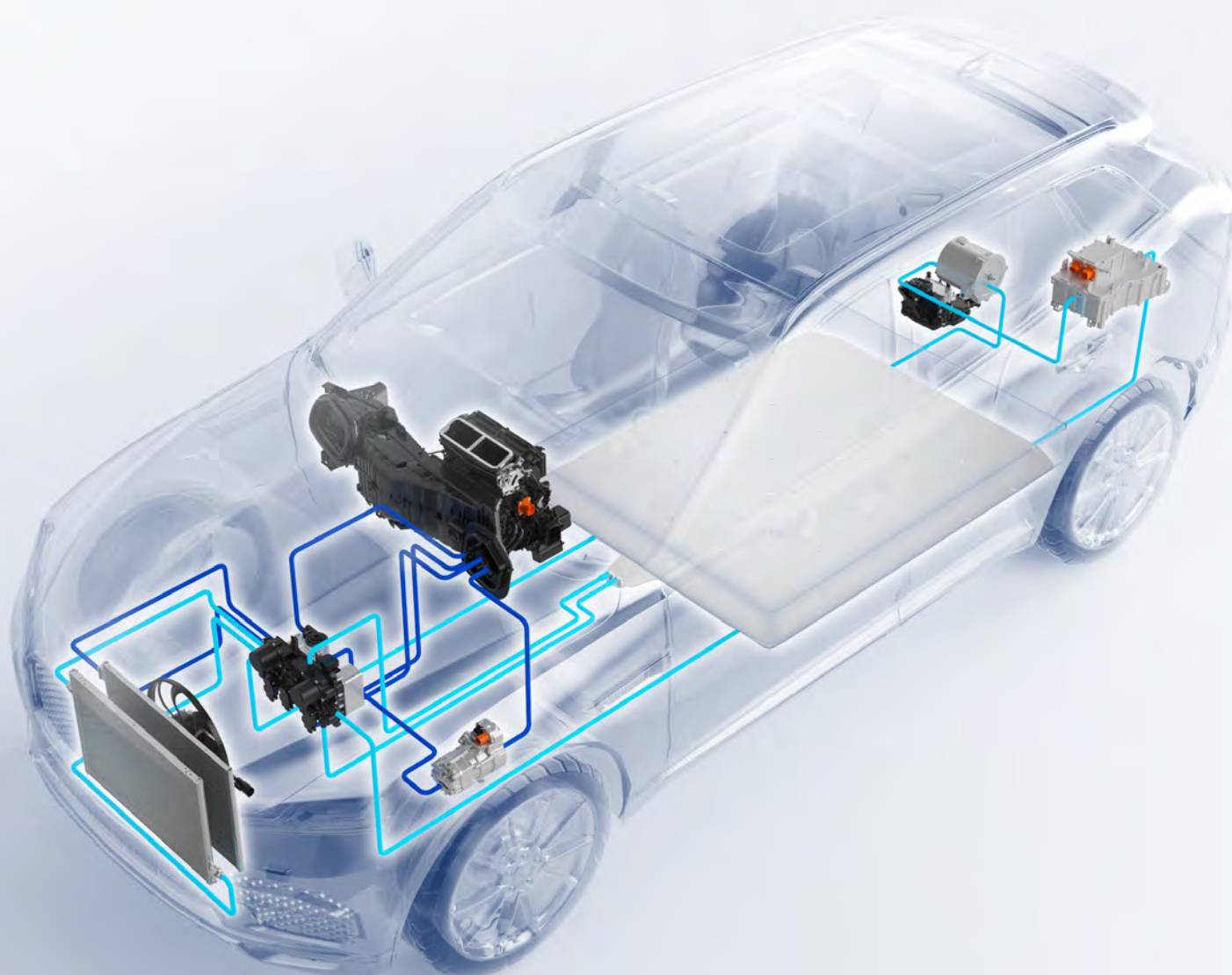


Gestion thermique des véhicules électriques et hybrides

BEHR®



Sommaire

Sommaire	02	Pompe à chaleur	26
Introduction	05	Mode : refroidir l'habitacle	28
Nouveaux défis, nouvelles opportunités – et plus de chiffre d'affaires !	05	Mode : refroidir l'habitacle et la batterie	29
Les différentes technologies hybrides existantes	07	Mode : chauffer l'habitacle	30
Comparaison	07	Mode : préchauffer la batterie	31
		Mode : refroidir la batterie	32
Les systèmes haute tension dans les véhicules électriques	10	Pile à combustible et hydrogène	34
Fonctionnement	10	Huiles pour compresseurs de climatisation électriques	36
Description des composants	12	Huile PAO 68	36
Conseils pratiques	16	Avantages et effets	36
Les règles de base pour les interventions sur les véhicules électriques et hybrides	16	Conseils pour les ateliers	38
Climatisation de l'habitacle	17	Entretien des véhicules électriques et hybrides	38
Principe	17	Dépannage, remorquage et enlèvement des véhicules électriques et hybrides	38
Compresseur de clim haute tension	18	Formation continue pour la réparation des véhicules électriques et hybrides	41
Fonctionnement	18	Bon à savoir	41
Gestion de la température de la batterie	19	Offre de formations	41
Comparaison	19	Équipement d'atelier de MAHLE Service Solutions	42
Solution 1	20	Stations de charge et d'entretien de climatisation ArcticPRO®	43
Solution 2	21	Accessoires pour le rinçage avec les stations de charge et d'entretien de climatisation ArcticPRO®	44
Solution 3	22	Diagnostic et entretien de la batterie de propulsion	46
Condenseur de climatisation indirect	23	E-SCAN	47
Module de gestion thermique	24	E-CHARGE 20	47
		E-HEALTH Charge	47
		E-CARE Fluid	47
Plaque de refroidissement bionique	25		



Consigne de sécurité importante

Les informations techniques et conseils pratiques ci-dessous ont pour vocation d'aider les mécaniciens automobiles dans l'exercice de leur activité. Les informations publiées ici sont exclusivement destinées à des professionnels spécialisés.





Introduction

Nouveaux défis, nouvelles opportunités – et plus de chiffre d'affaires !

La marche triomphale des voitures électriques progresse inexorablement. Le nombre de voitures électriques immatriculées continue d'augmenter sensiblement. Et les hybrides plug-in ne sont souvent pas encore pris en compte dans ces chiffres ! Vous pouvez donc vous attendre à ce que l'un de ces véhicules ou ses propriétaires fassent tôt ou tard leur apparition dans votre atelier !

Les garagistes n'ont donc plus le choix : impossible d'ignorer la situation, il faut se préparer le mieux possible aux nouveaux défis. Car même si les travaux d'entretien classiques tels que la vidange d'huile moteur ou le remplacement des silencieux arrières sont moins fréquents, de nouvelles opportunités se présentent dans d'autres domaines !

Par exemple, l'entretien régulier de la climatisation devient encore plus important car, dans les véhicules électriques, cette dernière est presque essentielle pour le fonctionnement du véhicule. En effet, la climatisation aide à maintenir la batterie de propulsion dans une plage de température optimale, ce qui a un effet positif sur son autonomie et sa longévité. Si la climatisation ne

fonctionne pas correctement, voire tombe en panne, les répercussions vont bien plus loin qu'avec les moteurs à combustion et impactent bien plus que le confort et la sécurité de la conduite.

Le diagnostic de la batterie de propulsion devient également de plus en plus important, en particulier pour les voitures d'occasion ou les retours de leasing. Dans ce domaine également, nous avons élargi notre offre en conséquence. Sans oublier les composants à l'avant du véhicule tels que les radiateurs basse température et les condenseurs de climatisation, qui doivent toujours être remplacés en cas d'accident.

Continuez à faire confiance à MAHLE à l'avenir ! En effet, grâce à notre vaste expertise en première monte en tant que l'un des principaux équipementiers au monde, à notre large gamme de produits innovants, à nos services complets et à nos solutions d'équipement d'atelier, nous sommes un partenaire de gestion thermique fiable, à même de garantir un travail fluide et de qualité, aujourd'hui comme demain.



Les garages indépendants accueillent de plus en plus de véhicules électriques. Permettre à nos clients de diagnostiquer leurs batteries est une première étape importante dans leur transition vers la mobilité électrique. Nous nous efforçons chaque jour d'ouvrir aux ateliers de nouveaux champs d'activité autour du diagnostic, de l'étalonnage, de la gestion thermique et de la gestion des liquides.



Les différentes technologies hybrides existantes

Comparaison

Le terme « hybride » signifie en gros croisement ou mélange. Dans le génie automobile, il désigne un véhicule combinant un moteur thermique à technique de propulsion classique et les éléments d'un véhicule électrique.

La technologie hybride est de plus en plus sophistiquée. Elle se décline désormais en trois catégories : micro hybride, hybride légère, ou « mild » hybride, et hybride classique, ou « full » hybride. Malgré des différences techniques, toutes les technologies ont en commun que la batterie se recharge par récupération d'énergie au freinage (freinage régénératif).

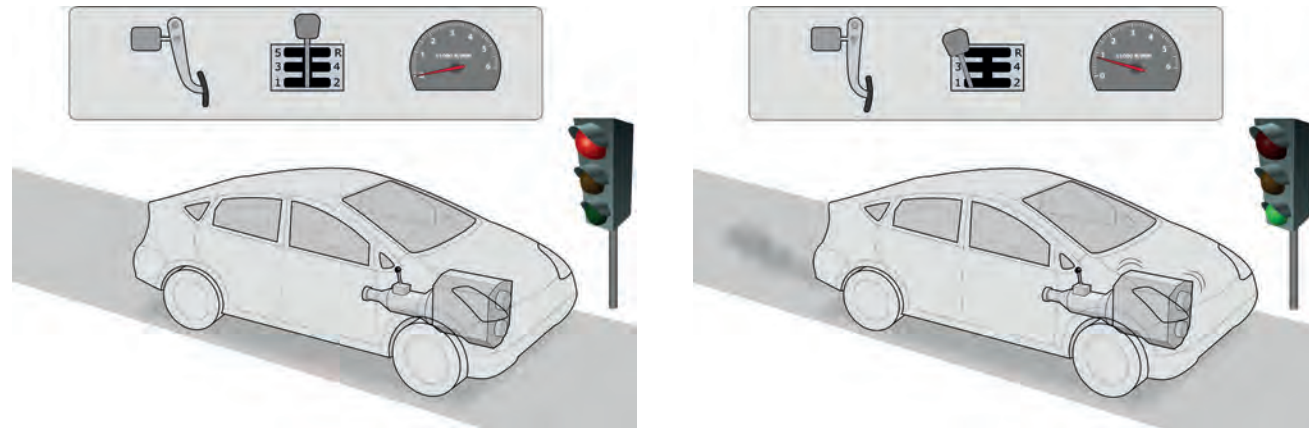
- **Les véhicules micro hybrides** sont équipés d'un moteur thermique classique à système stop & start et d'un freinage régénératif.
 - **Les véhicules hybrides légers** sont équipés, en plus du moteur thermique, d'un petit moteur électrique et d'une batterie plus puissante. Le moteur électrique sert exclusivement à apporter un surcroît de puissance au moteur thermique pour aider au démarrage et aux reprises, faisant ainsi office de « booster ».
- **Les véhicules « full » hybrides** disposent d'un moteur électrique suffisamment puissant pour les booster, et peuvent rouler en tout électrique, car ils sont équipés d'un groupe motopropulseur entièrement électrifié. Celui-ci nécessite toutefois une batterie bien plus puissante qu'un hybride léger.
 - **Les véhicules hybrides rechargeables** peuvent se recharger la nuit, par exemple. L'effet secondaire positif de ce type de véhicules est que l'habitacle peut atteindre la température souhaitée avant même de prendre la route. Le véhicule est ainsi prêt à être utilisé directement le lendemain matin. L'hybride rechargeable est une version de l'hybride classique.

Fonctionnement	Micro hybride	Hybride léger	« Full » hybride
Puissance du moteur électrique/de l'alternateur	2 à 3 kW (récupération d'énergie au freinage par l'alternateur)	10 à 15 kW	> 15 kW
Plage de tension	12 V	42 à 150 V	> 100 V
Économie de carburant par rapport à un véhicule à propulsion classique	< 10 %	< 20 %	> 20 %
Fonctions contribuant à l'économie de carburant	■ Stop & start ■ Freinage régénératif	■ Stop & start ■ Fonction Boost ■ Freinage régénératif	■ Stop & start ■ Fonction Boost ■ Freinage régénératif ■ Propulsion électrique

Comme décrit ci-dessus, chacune des technologies dispose de plusieurs fonctions contribuant à économiser du carburant. Voici un bref descriptif de ces quatre fonctions.

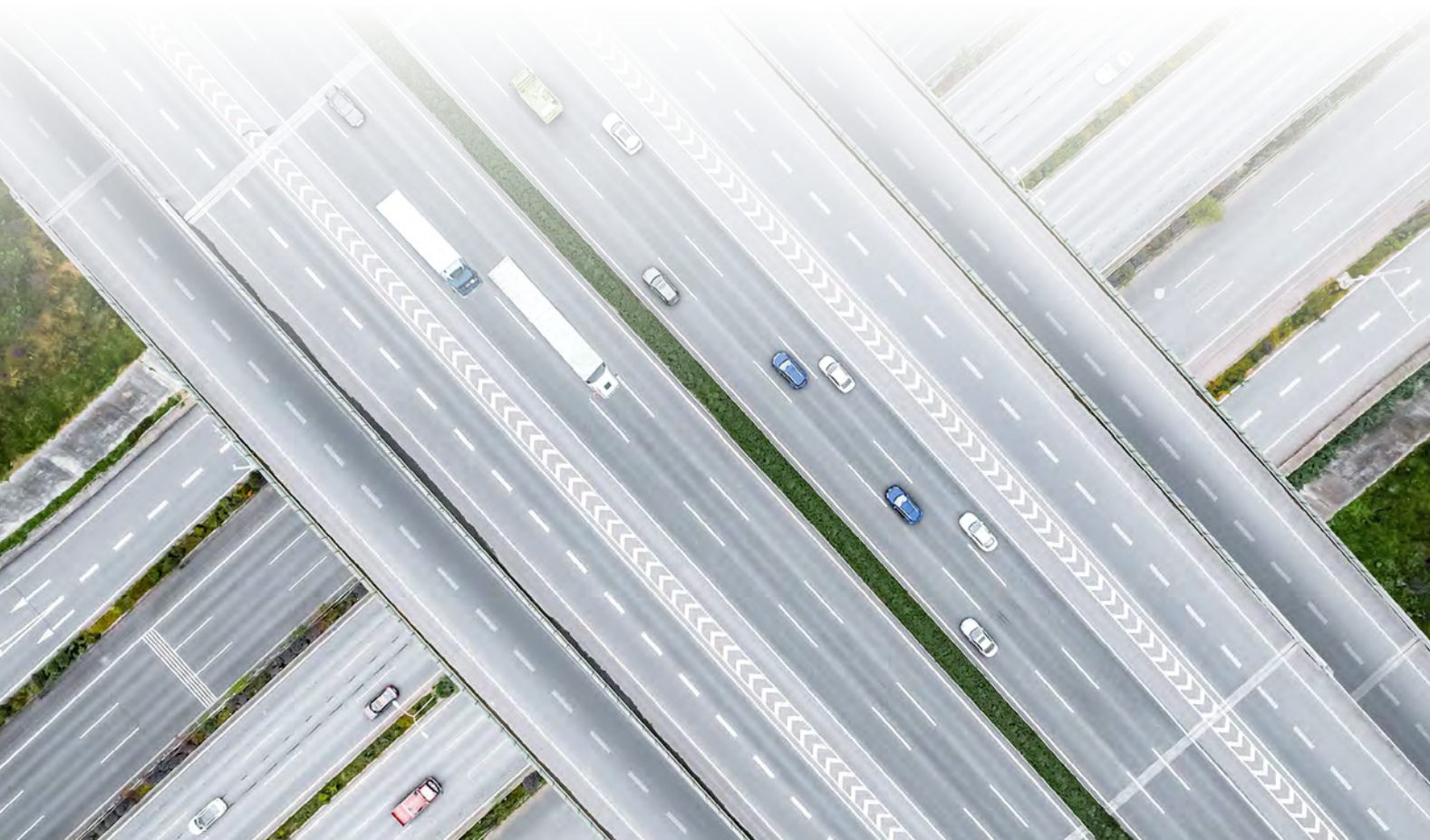
Stop & start

Lorsque le véhicule est à l'arrêt, à un feu ou dans un embouteillage par exemple, le moteur thermique s'arrête. Lorsque l'embrayage est actionné et la première vitesse enclenchée, le moteur redémarre automatiquement, prêt à reprendre instantanément la route.



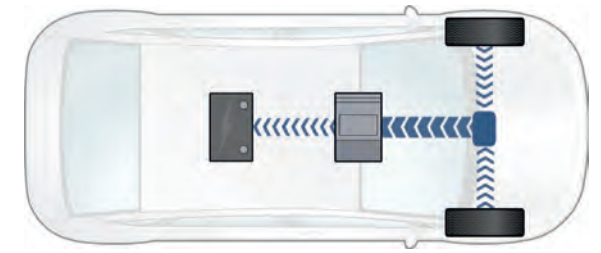
Arrêt du véhicule : coupure automatique du moteur

Embrayage enfoncé, vitesse enclenchée : redémarrage automatique du moteur



Freinage régénératif

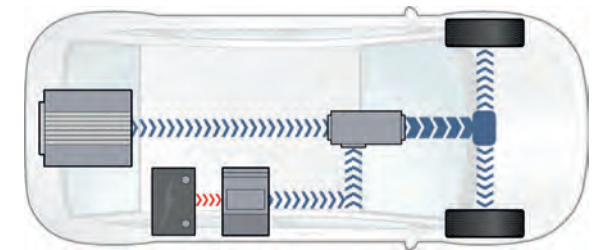
Le freinage régénératif est la technique permettant de récupérer l'énergie du freinage du moteur. Cette énergie serait normalement dissipée en pure perte en énergie thermique lors du freinage. Grâce au freinage régénératif, en revanche, l'alternateur du véhicule joue le rôle de frein moteur et vient appuyer les freins de roues. L'énergie produite par l'alternateur lors des ralentissements est stockée dans la batterie. Ce processus augmente le couple du moteur de manière ciblée et ralentit le véhicule.



Décélération du véhicule : recharge de la batterie avec gain de puissance

Fonction Boost

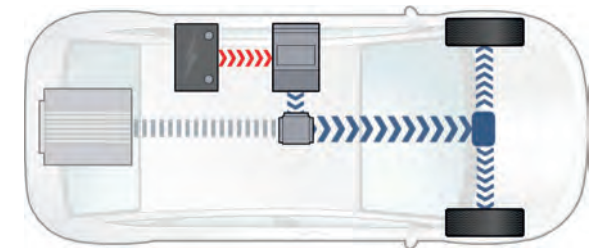
La fonction boost additionne le couple du moteur électrique à celui du moteur thermique durant la phase d'accélération, ce qui permet au véhicule hybride d'accélérer plus vite qu'un véhicule similaire à propulsion classique. Cette fonction boost sert d'aide au démarrage et de multiplicateur de puissance lors des dépassements. Cette puissance est générée par un entraînement électrique auxiliaire, qui ne s'enclenche que pour ces deux usages.



Fonction Boost : le moteur thermique et le moteur électrique entraînent le véhicule

Propulsion électrique

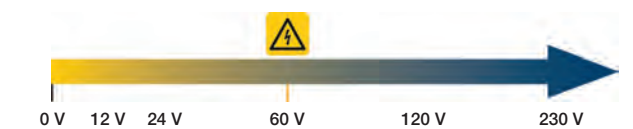
Lorsque moins de puissance est nécessaire, en ville par exemple, le véhicule est entraîné uniquement par le moteur électrique. Le moteur thermique est coupé. Les avantages de ce mode de propulsion sont : pas de consommation de carburant et pas d'émissions de polluants. Ces technologies embarquées changent la donne et vont bouleverser votre travail quotidien.



Propulsion électrique : seul le moteur électrique propulse le véhicule

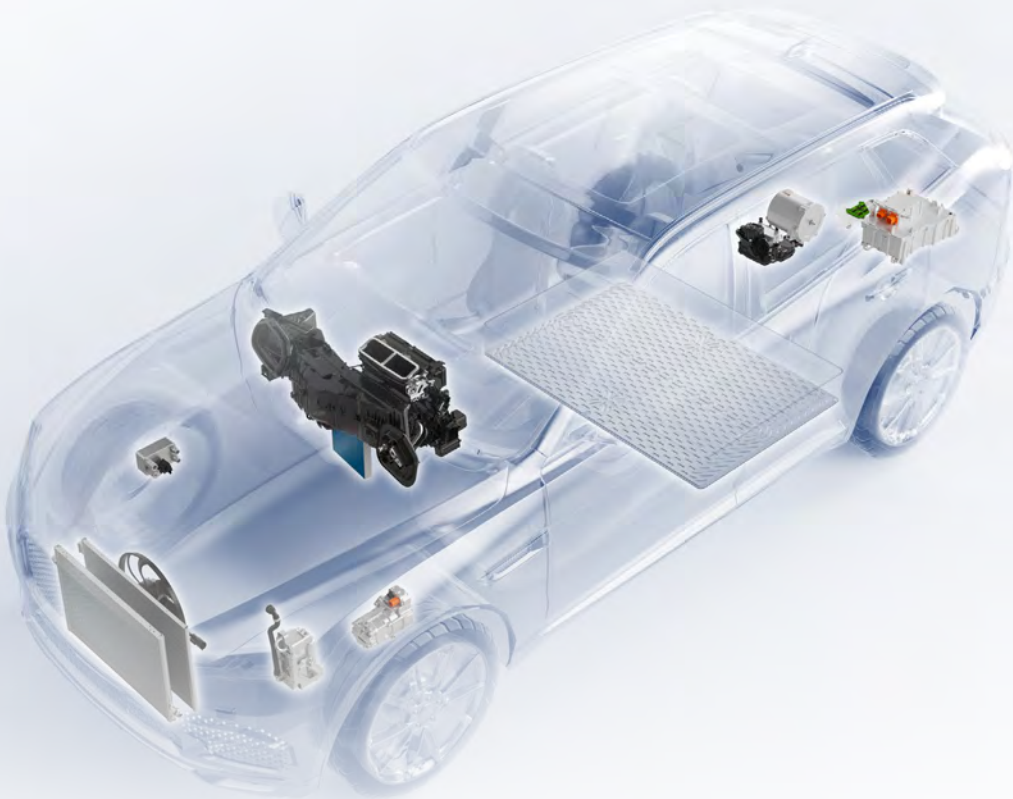
Tension électrique dans le réseau de bord

Les exigences et puissances que les moteurs électriques d'un véhicule électrique ou hybride doivent respecter et déployer ne sont pas envisageables avec des plages de tension comprises entre 12 et 24 volts. Il faut des plages de tension bien plus élevées. Dans les véhicules équipés de systèmes haute tension, l'entraînement et les blocs auxiliaires sont alimentés en courant alternatif de 30 V à 1 000 V ou en courant continu de 60 V à 1 500 V. C'est le cas pour la majorité des véhicules électriques et hybrides.



Plages de tension

« Full » hybride



Les systèmes haute tension dans les véhicules électriques

Fonctionnement

Par définition, un véhicule électrique est un véhicule entraîné par un moteur électrique. Il tire l'énergie nécessaire à sa propulsion d'une batterie de propulsion (accumulateur), donc ni d'une pile à combustible ni d'un prolongateur d'autonomie (range extender). Comme la voiture électrique n'émet pas de gaz d'échappement durant son fonctionnement, elle est classée véhicule zéro émission.

Sur un véhicule électrique, les roues sont entraînées par des moteurs électriques. L'énergie électrique est stockée dans des accumulateurs, c'est-à-dire dans une ou plusieurs batteries de propulsion et/ou d'alimentation. Les moteurs électriques à commande électronique peuvent délivrer leur couple maximal déjà à l'arrêt. Contrairement aux moteurs thermiques, ils n'ont généralement pas de boîte de vitesses et sont capables d'accélération fulgurantes dès 0 km/h. Les moteurs électriques sont plus silencieux que les moteurs essence ou diesel, presque sans vibrations et n'émettent pas de gaz d'échappement nocifs. Leur rendement, très élevé, est supérieur à 90 %.

Le gain en poids grâce à l'absence des différents composants du moteur thermique (moteur, boîte de vitesses, réservoir) est compensé par le poids relativement élevé des batteries. De ce fait, les véhicules électriques sont souvent plus lourds que les véhicules essence ou diesel comparables. La capacité de la ou des batteries a une grande influence sur le poids et le prix du véhicule.

Climatisation et refroidissement à bord des véhicules électriques

Pour qu'un véhicule électrique puisse fonctionner avec un rendement particulièrement élevé, le moteur électrique, l'électronique de puissance et la batterie doivent être maintenus à une température optimale. Par conséquent, une gestion thermique ingénieuse s'impose :

Système à base de fluide frigorigène (refroidissement direct des batteries)

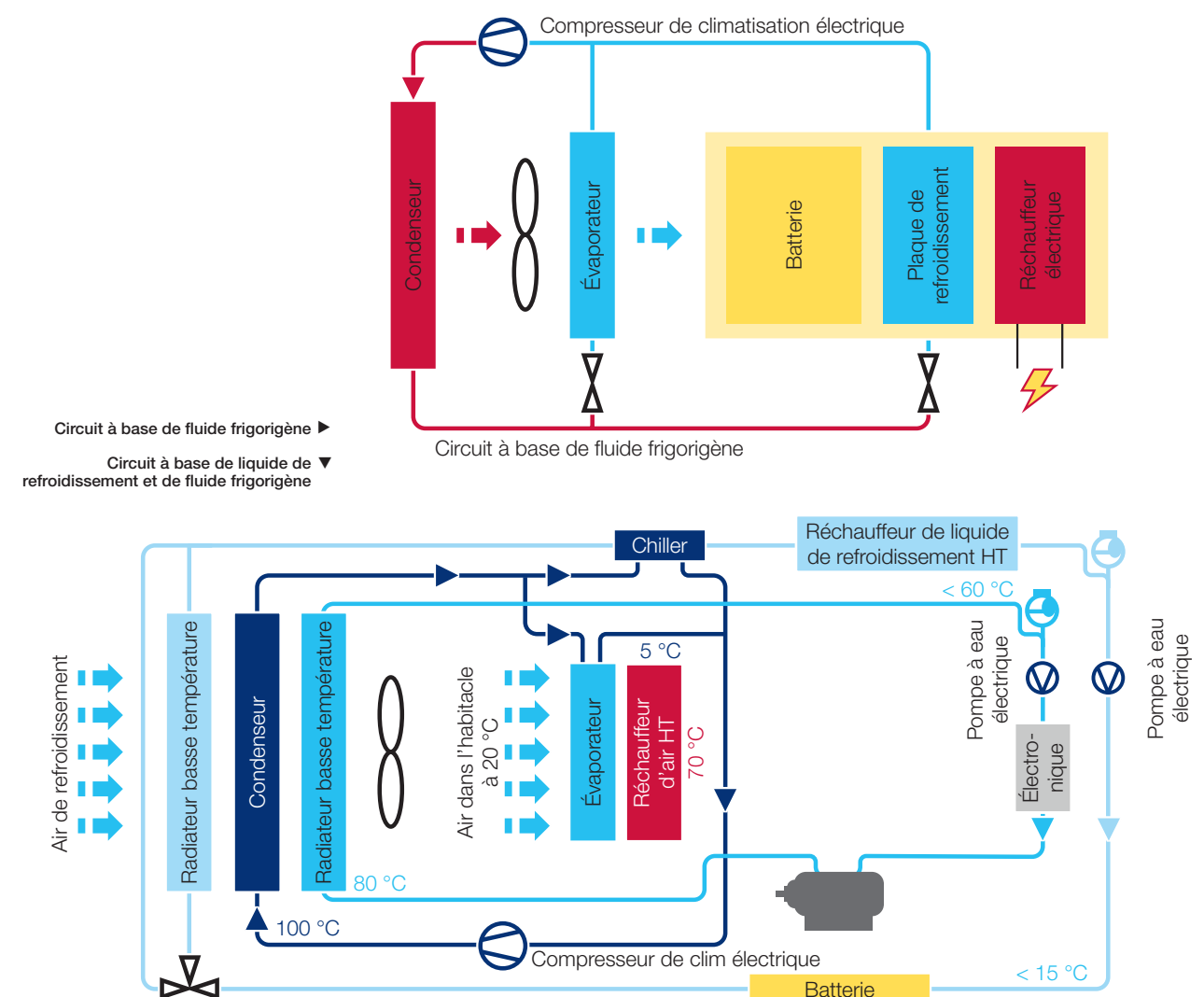
Le circuit du système à base de fluide frigorigène est constitué des éléments principaux suivants : condenseur de climatisation, évaporateur et batterie d'accumulateurs (cellules de batterie, plaque de refroidissement et réchauffeur électrique). Il est alimenté par le circuit de fluide frigorigène de la climatisation et commandé séparément par des vannes et des capteurs de température. Le fonctionnement des différents composants est décrit dans les paragraphes suivants.

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

Plus les batteries sont puissantes, plus l'utilisation d'un circuit plus complexe à base de liquide de refroidissement et de fluide frigorigène est judicieuse. Le système de refroidissement se compose de plusieurs circuits, qui comportent chacun un radia-

teur basse température, une pompe à liquide de refroidissement, un thermostat et une vanne d'arrêt. Un échangeur de chaleur spécial (chiller) est également intégré au circuit de climatisation. Un réchauffeur de liquide de refroidissement haute tension veille à la régulation de la température de la batterie par temps froid.

La température du liquide de refroidissement du moteur électrique et de l'électronique de puissance est maintenue à moins de 60 °C dans un circuit séparé (circuit intérieur sur le schéma ci-dessous) à l'aide d'un radiateur basse température. Pour garantir sa pleine puissance et lui assurer une durée de vie la plus longue possible, la température du liquide de refroidissement de la batterie doit toujours être maintenue entre 15 °C et 30 °C. Lorsqu'il fait très froid, le liquide de refroidissement est chauffé par un réchauffeur haute tension. Lorsqu'il fait très chaud, il est refroidi par un radiateur basse température. Si cela ne suffit pas, un chiller relié au circuit de refroidissement et au circuit de climatisation se charge de le refroidir davantage. Dans ce cas, le fluide frigorigène de la climatisation traverse le chiller et refroidit le liquide de refroidissement qui, lui aussi, circule dans le chiller. La régulation s'effectue à l'aide de thermostats, capteurs, pompes et vannes.



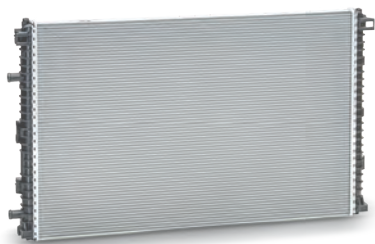
Description des composants



Chiller



Compresseur de climatisation électrique



Radiateur basse température



Électronique de puissance



Réchauffeur de liquide de refroidissement haute tension

Chiller

Le chiller est un échangeur de chaleur spécial, couplé au circuit de refroidissement et au circuit de climatisation. Il permet de faire encore baisser la température du liquide de refroidissement par le fluide frigorigène de la climatisation et d'obtenir, au besoin, un refroidissement indirect supplémentaire de la batterie par le biais de la climatisation. Pour ce faire, le liquide de refroidissement d'un circuit secondaire traverse les plaques de refroidissement de la batterie. Après avoir capté la chaleur, le liquide de refroidissement est refroidi jusqu'à la température de sortie dans un chiller. La baisse de température dans le chiller s'effectue par l'évaporation d'un autre fluide frigorigène, qui circule dans un circuit primaire.

Compresseur de climatisation électrique

Le compresseur est à entraînement électrique haute tension, ce qui permet de climatiser le véhicule, même moteur éteint, tout en abaissant la température du liquide de refroidissement à l'aide de la climatisation.

Radiateur basse température

Le radiateur basse température sert à maintenir la température de l'électronique de puissance et du liquide de refroidissement du moteur électrique en-dessous de 60 °C dans un circuit séparé.

Thermostat

Les thermostats, qu'ils soient électriques ou mécaniques, maintiennent la température du liquide de refroidissement à un niveau constant.

Vanne d'arrêt du liquide de refroidissement/fluide frigorigène

Les vannes d'arrêt du liquide de refroidissement/fluide frigorigène sont à commande électrique et ouvrent/ferment des parties du circuit de refroidissement/climatisation ou raccordent plusieurs circuits entre eux, selon les besoins.

Électronique de puissance

Son rôle dans le véhicule est de commander les moteurs électriques, de communiquer avec le système de commande du véhicule et de diagnostiquer la motorisation. L'électronique de puissance se compose généralement d'un module de commande électronique, d'un onduleur et d'un convertisseur continu-continu. Pour pouvoir la maintenir dans une certaine plage de température, l'électronique de puissance est couplée au circuit de chauffage/refroidissement.

Réchauffeur de liquide de refroidissement haute tension

Ce réchauffeur sert à réchauffer le liquide de refroidissement lorsqu'il fait très froid. Il est intégré dans le circuit de refroidissement.

Plaque de refroidissement de batterie

Sur chaque côté des plaques de refroidissement se trouve un module de batterie. Les modules de batterie et les plaques de refroidissement forment un pack de batterie compact. Pour le refroidissement direct de la batterie, les plaques de refroidissement sont traversées par le fluide frigorigène de la climatisation. Dans le cas du refroidissement indirect de la batterie, c'est le liquide de refroidissement qui traverse les plaques. Si la batterie n'est pas suffisamment refroidie par le refroidissement indirect, il est possible de faire baisser davantage la température via un chiller. Le chiller est un échangeur de chaleur spécial qui intervient lors du refroidissement indirect de la batterie et est raccordé au circuit de refroidissement et au circuit de climatisation.

Pack de batterie haute tension

La batterie haute tension (batterie HT) est, avec le moteur électrique, l'un des éléments essentiels du véhicule électrique. Elle est constituée de plusieurs packs de batterie reliés en série, eux-mêmes composés de cellules. Les batteries HT sont généralement basées sur la technologie lithium-ion. Elles possèdent une haute densité d'énergie. Lorsque les températures sont négatives, la réaction chimique est moins active et la performance des batteries HT diminue considérablement. À des températures supérieures à 30 °C, leur vieillissement s'accélère et, au-dessus de 40 °C, elles risquent d'être endommagées. Pour préserver sa durée de vie et ses performances le plus longtemps possible, la batterie doit fonctionner dans une certaine plage de température.

Réchauffeur électrique/haute tension

Sur les véhicules électriques, le liquide de refroidissement ne bénéficie pas de la chaleur du moteur. Il est donc nécessaire de chauffer l'habitacle à l'aide d'un réchauffeur électrique logé dans le système de ventilation.

Condenseur

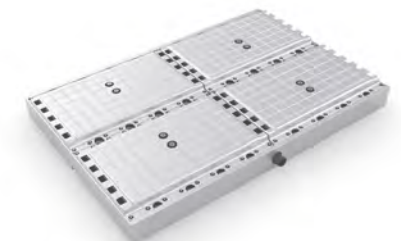
Le condenseur sert à refroidir le fluide frigorigène chauffé par compression. Le fluide frigorigène chaud passe dans le condenseur et cède son énergie thermique via la canalisation et les lamelles. Refroidi, il passe de l'état gazeux à l'état liquide.

Pompe à eau électrique

Les pompes à eau ou à liquide de refroidissement électriques, dotées d'une régulation électronique intégrée, s'enclenchent en continu en fonction du refroidissement souhaité. Elles peuvent servir de pompes principales, pompes de dérivation ou pompes de circulation, et travaillent indépendamment du moteur, selon les besoins.



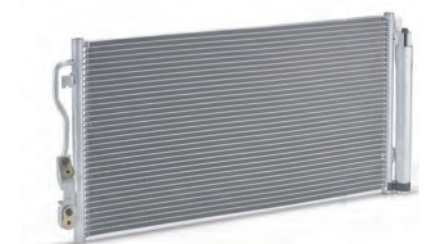
Plaque de refroidissement de batterie



Batterie haute tension



Réchauffeur électrique/haute tension



Condenseur



Pompe à eau électrique



Climatisation

En raison de leur rendement élevé, les moteurs électriques ne rejettent que très peu de chaleur dans l'air lorsqu'ils sont en marche et pas de chaleur du tout à l'arrêt. Pour pouvoir chauffer la voiture ou dégivrer les vitres par temps froid, des chauffages additionnels sont donc nécessaires. Ces derniers sont très énergivores. Ils consomment l'énergie stockée dans les accumulateurs, ce qui impacte fortement l'autonomie, particulièrement en hiver. Les réchauffeurs électriques intégrés dans le système de ventilation sont une forme de chauffage simple et efficace, mais également très gourmande en énergie.

C'est pourquoi on fait désormais également appel aux pompes à chaleur, qui consomment peu d'énergie et peuvent également faire office de climatiseur en été. Les sièges chauffants et les vitres chauffantes restituent directement la chaleur aux endroits à chauffer, réduisant ainsi également les besoins en chauffage de l'habitacle. Les voitures électriques passent souvent leurs temps d'arrêt dans les stations de recharge. On peut y conditionner l'habitacle avant le départ, sans puiser dans les réserves de la batterie. Une fois en route, on aura besoin de beaucoup moins d'énergie pour le chauffage ou la climatisation. Par ailleurs, il est désormais possible de piloter le chauffage à distance via une application smartphone.

Gestion de la batterie

Il existe différents systèmes de gestion de la batterie, qui contrôlent l'état de charge, surveillent la température, font une estimation de l'autonomie et établissent un diagnostic. La durabilité dépend essentiellement des conditions d'utilisation et du respect des limites de fonctionnement. Les systèmes de contrôle des batteries d'accumulateurs, gestion de la température incluse, protègent la batterie contre les dangereuses surcharges ou décharges profondes et les seuils de température critiques. La surveillance de chacune des cellules de la batterie permet de réagir avant que d'autres cellules ne soient endommagées ou définitivement détériorées. Par ailleurs, les informations sur l'état des différents éléments de la batterie sont enregistrées à des fins d'entretien, et en cas d'anomalies, les messages correspondants sont transmis au conducteur.

Actuellement, la capacité de la batterie de la majorité des voitures électriques suffit pour les petites et moyennes distances. Une étude publiée en 2016 par le Massachusetts Institute of Technology a ainsi conclu que l'autonomie des voitures électriques en circulation aujourd'hui était suffisante pour 87 % des trajets. Les autonomies sont toutefois très fluctuantes. La vitesse du véhicule électrique, la température extérieure et surtout l'utilisation du chauffage et de la climatisation réduisent considérablement le rayon d'action. Les temps de charge de plus en plus courts et l'évolution constante de l'infrastructure de charge permettent cependant de pallier de plus en plus ces inconvénients.

Conseils pratiques

Les règles de base pour les interventions sur les véhicules électriques et hybrides

*Les véhicules électriques et hybrides sont obligatoirement équipés de composants haute tension, signalés par des autocollants d'avertissement. Quant aux câbles haute tension, ils sont toujours de couleur orange, peu importe le constructeur. **Suivez les directives du constructeur et nos conseils pour les ateliers !***

➤ Les trois premières règles de sécurité à respecter lors d'interventions sur les véhicules équipés de systèmes haute tension sont donc :

1. Mettre hors tension
2. Empêcher toute remise sous tension
3. Vérifier l'absence de tension

À quoi les ateliers et leurs employés doivent-ils prêter attention ?

Démarrer et déplacer le véhicule :

Pour être habilitée à conduire un véhicule équipé de systèmes haute tension, ne fût-ce que pour entrer ou sortir de l'atelier, la personne concernée doit y avoir été formée.

Entretien :

Les opérations d'entretien (changer les roues, travaux d'inspection) sur les véhicules haute tension doivent uniquement être effectués 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 ».

Remplacement de composants haute tension :

Les personnes qui remplacent des composants haute tension, comme le compresseur de climatisation, doivent être qualifiées en conséquence (spécialiste des travaux sur les véhicules HT à sécurité intrinsèque).

Remplacement de la batterie :

La réparation ou le remplacement de composants haute tension (batterie) nécessite une habilitation spéciale.

Dépannage/remorquage/enlèvement :

Toute personne chargée du dépannage, du remorquage ou de l'enlèvement de véhicules équipés de systèmes haute tension doit avoir reçu une formation sur la structure et le fonctionnement des véhicules et de leurs systèmes haute tension. En outre, elle doit évidemment suivre les consignes du constructeur du véhicule. En cas de détérioration des composants haute tension (batterie), il convient de faire appel aux pompiers.

Climatisation de l'habitacle

Principe

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, de sorte que, lorsque le véhicule est à l'arrêt moteur coupé, la température à la sortie de l'évaporateur de la climatisation augmente déjà 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.

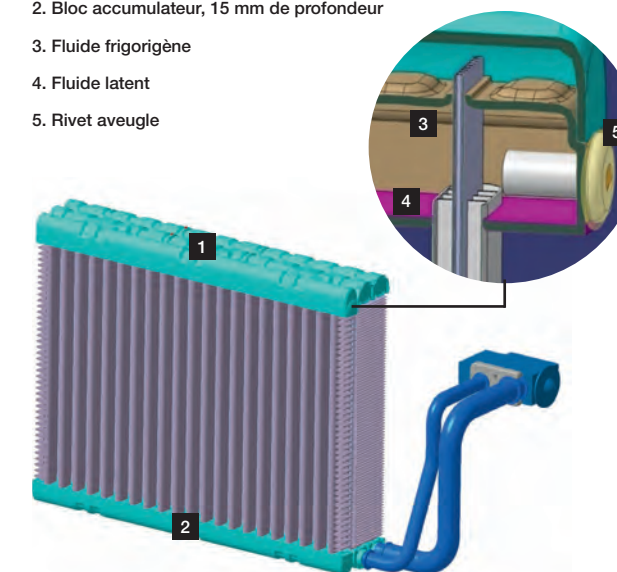
Pour faire face à ce problème, il est désormais possible de recourir à une nouvelle génération d'accumulateurs de froid appelés évaporateurs accumulateurs. L'évaporateur accumulateur se compose de deux blocs : un bloc évaporateur et un bloc accumulateur. Au démarrage ou lorsque le moteur est en marche, 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.

Lorsque le véhicule est à l'arrêt, le moteur est coupé et, par conséquent, le compresseur de climatisation 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 que l'évaporateur accumulateur est à nouveau en mesure de refroidir l'air au bout d'une minute.

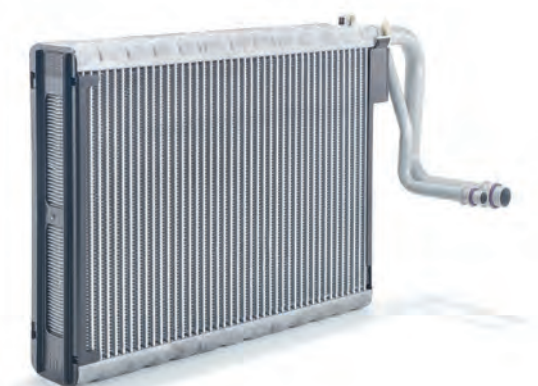
Sur les véhicules sans évaporateur accumulateur, lorsqu'il fait très chaud, il est nécessaire de redémarrer le moteur même après un court arrêt. C'est la seule manière de conserver la fraîcheur de l'habitacle. La climatisation inclut également le chauffage de l'habitacle en cas de besoin.

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 d'air haute tension sont alors activés pour prendre le relais. 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.

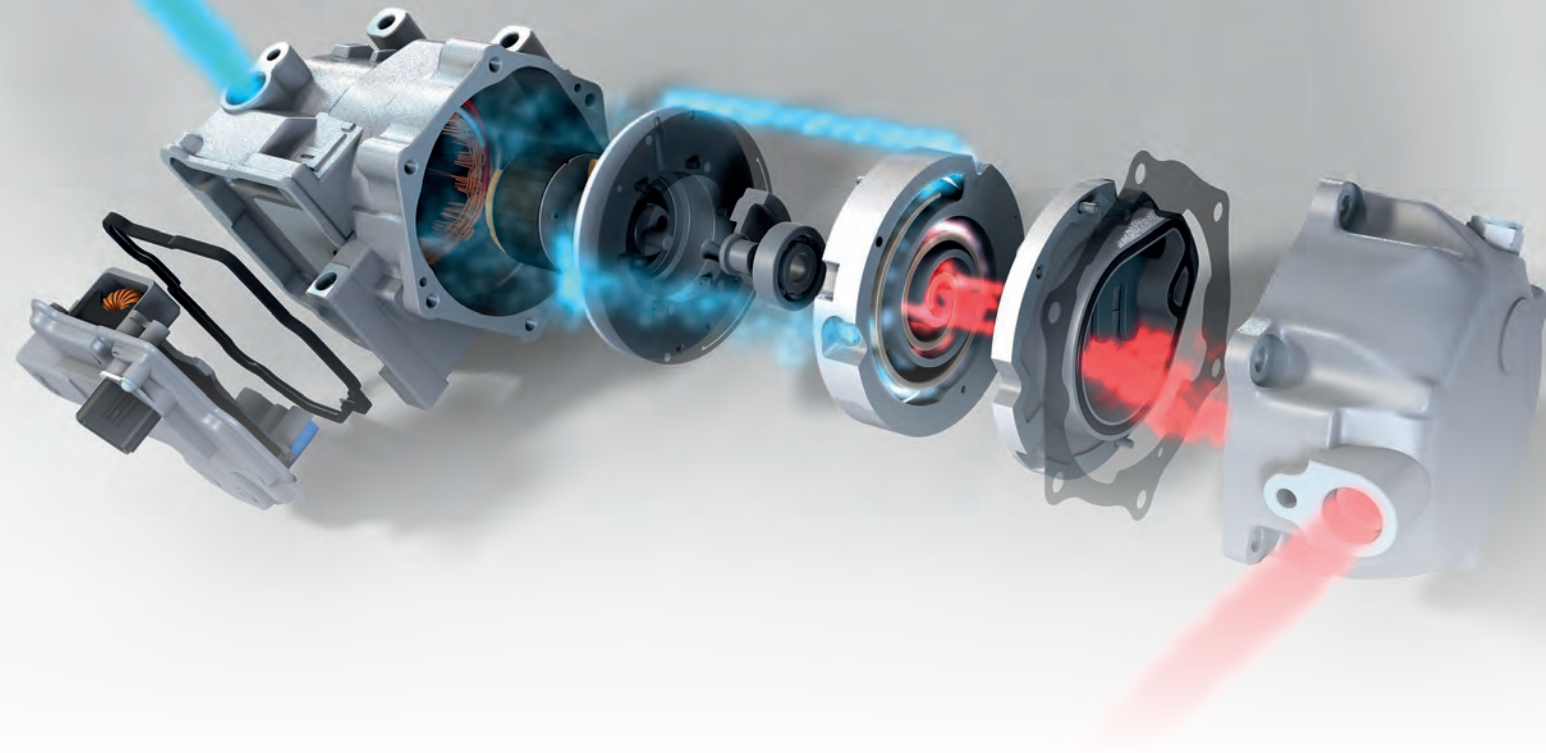
1. Bloc évaporateur, 40 mm de profondeur
2. Bloc accumulateur, 15 mm de profondeur
3. Fluide frigorigène
4. Fluide latent
5. Rivet aveugle



Représentation schématique – évaporateur accumulateur



Évaporateur accumulateur



Compresseur de clim haute tension

Fonctionnement

Dans les véhicules électriques et « full » hybrides, on utilise des compresseurs électriques haute tension, capables de fonctionner indépendamment 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 : une économie en 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.

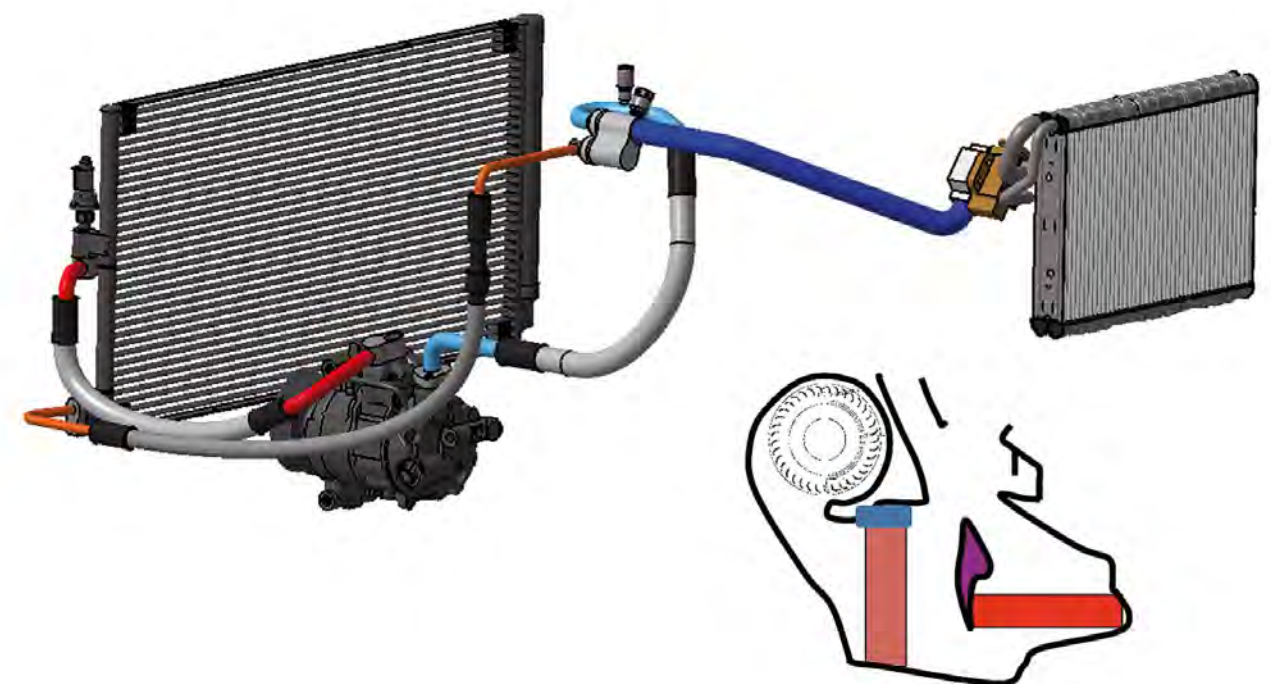
Gestion de la température de la batterie

Comparaison

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 partir d'une température de service de +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 pour atteindre le seuil critique de 40 °C. Cette surchauffe accélère le vieillissement et donc la défaillance prématurée 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. À ce jour, trois solutions de gestion thermique sont utilisées :



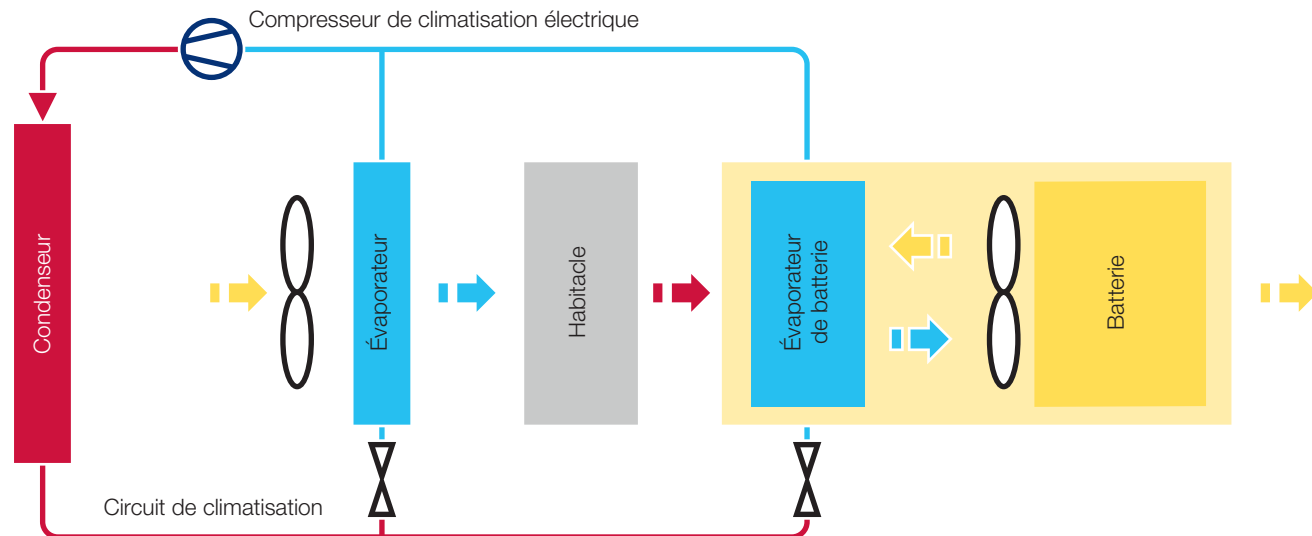
Solution 1

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 :

- La faible efficacité du refroidissement.
- L'air aspiré de l'habitacle ne permet pas une baisse uniforme de la température.
- Le guidage complexe de l'air.
- Les bruits gênants générés par le pulseur d'air dans l'habitacle.

- 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.



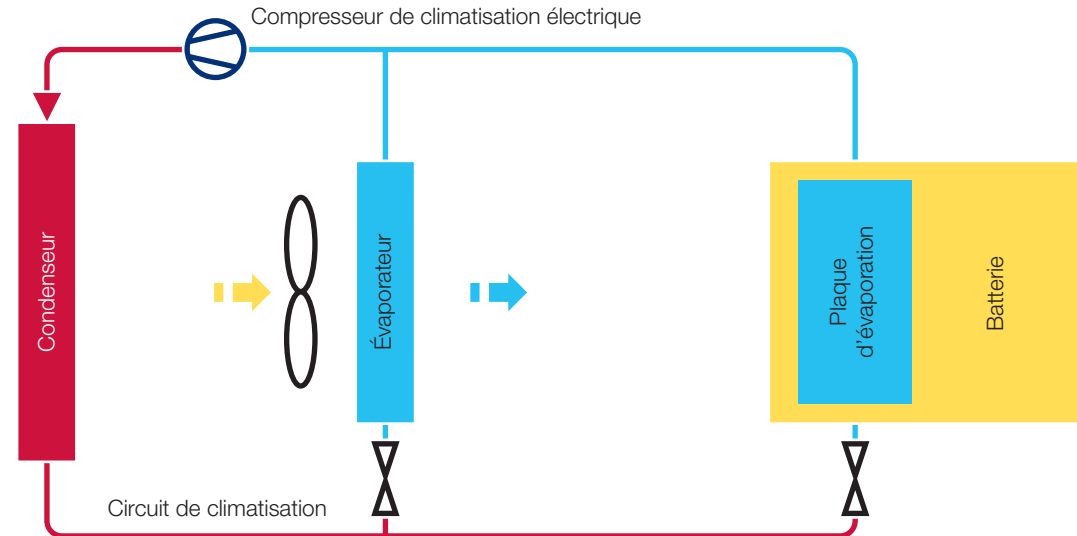
Solution 2

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

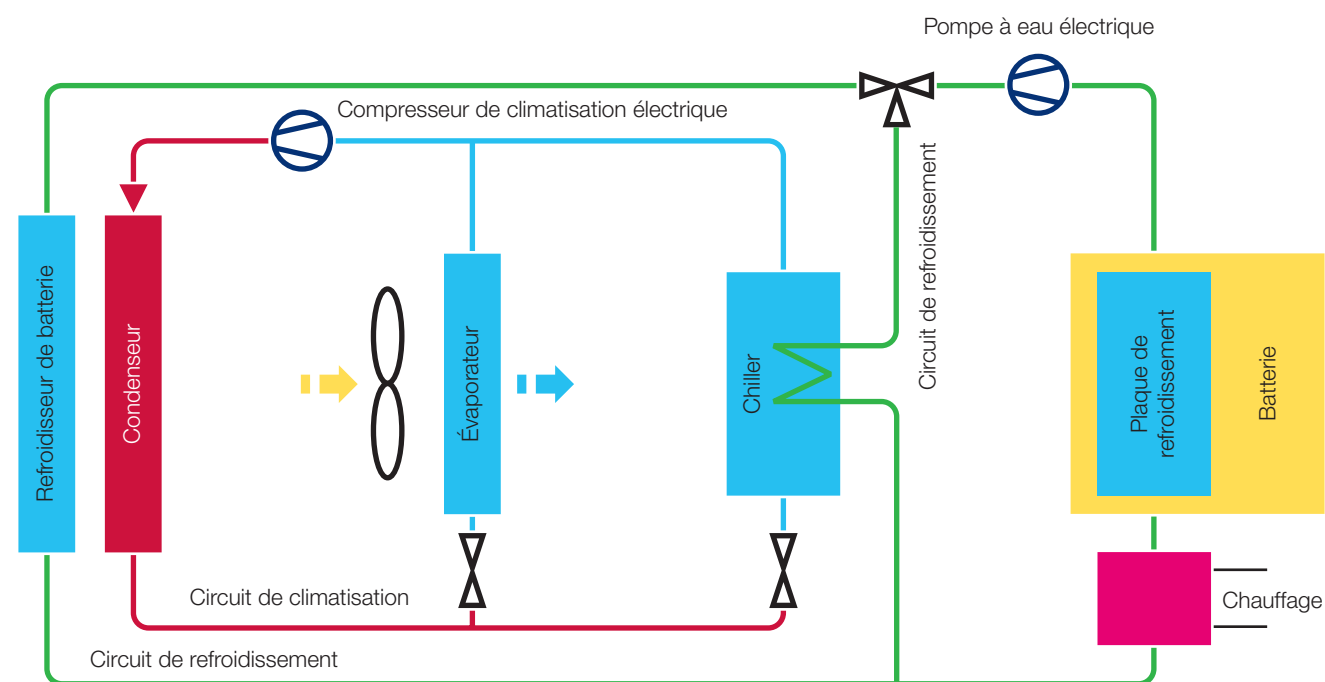
Solution 3

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, qui veille à ce que la température de fonctionnement soit constamment maintenue dans la plage idéale située 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 refroidisseur 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.



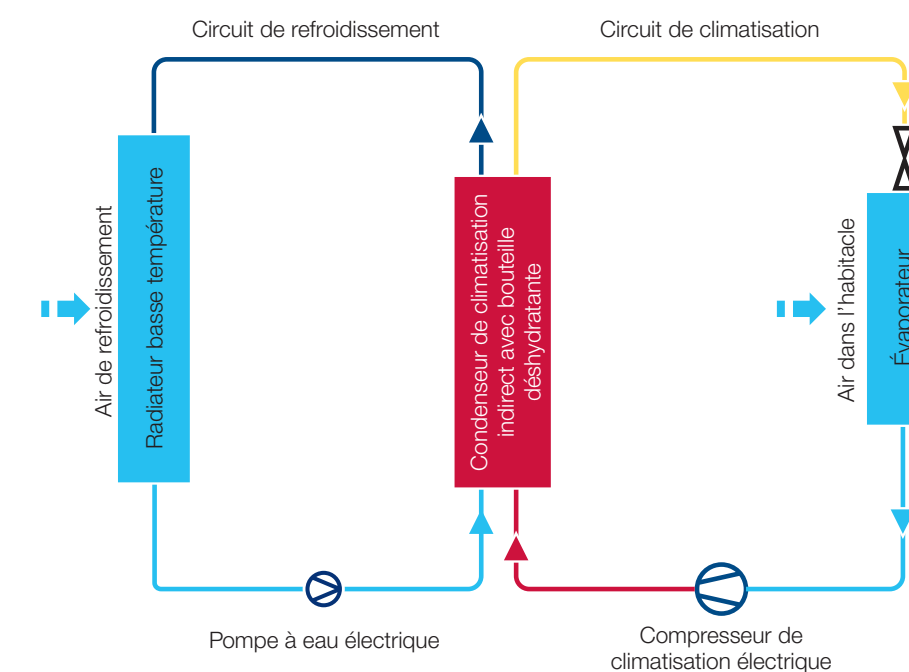
Condenseur de climatisation indirect

Les condenseurs de climatisation indirects refroidissent et liquéfient le fluide frigorigène chauffé après compression par le compresseur de climatisation. Déjà utilisés dans de nombreux véhicules modernes équipés d'un moteur à combustion interne, ils constituent également la meilleure option technique pour les véhicules hybrides et électriques. Ils sont plus petits, plus efficaces et plus puissants que les condenseurs de climatisation à refroidissement direct, car le transfert de chaleur au fluide frigorigère est nettement meilleur que le transfert de chaleur au vent relatif créé par le déplacement. La conception indirecte permet une grande flexibilité en termes de positionnement dans le véhicule et rend inutile la présence d'un condenseur de climatisation classique à l'avant du véhicule. En effet, un condenseur de climatisation indirect n'utilise pas le vent relatif créé par le déplacement ; il est plutôt traversé par le fluide frigorigère et par le liquide de refroidissement du radiateur basse température. La température plus basse du liquide de refroidissement refroidit le fluide frigorigère chaud sortant du compresseur de climatisation à l'état gazeux et entraîne sa condensation. Comme le condenseur de climatisation indirect n'a pas besoin d'être installé à l'avant du véhicule, il est mieux

protégé contre les dommages mécaniques (impact de gravillons, accident). Les radiateurs de refroidissement principaux et le radiateur basse température reçoivent plus d'air, ce qui augmente l'efficacité de l'ensemble du système.

En fonction de la conception du véhicule et de l'emplacement du condenseur de climatisation indirect, déjà plus compact, il est possible de raccorder ce dernier au système avec des tuyaux et des durites plus courts. On peut ainsi limiter la quantité de fluide frigorigère dans le circuit par rapport à un condenseur de climatisation direct.

Le condenseur de climatisation indirect dispose de deux entrées et de deux sorties pour le fluide frigorigère et le liquide de refroidissement ainsi que, pour certaines versions, d'une bouteille déshydratante intégrée. Cela le rend très compact et réduit également le nombre de durites. Dans les différentes versions (sans/avec bouteille déshydratante), le condenseur de climatisation peut être utilisé dans les véhicules équipés d'une climatisation, ou d'une pompe à chaleur et d'une climatisation.



Module de gestion thermique

Le module de gestion thermique illustré ci-dessous rassemble des composants montés jusqu'à présent individuellement dans un seul composant : le compresseur de climatisation électrique, le chiller, le condenseur de climatisation indirect, la bouteille déshydratante, les vannes pour fluide frigorigène, les pompes à liquide de refroidissement électriques et d'autres éléments.

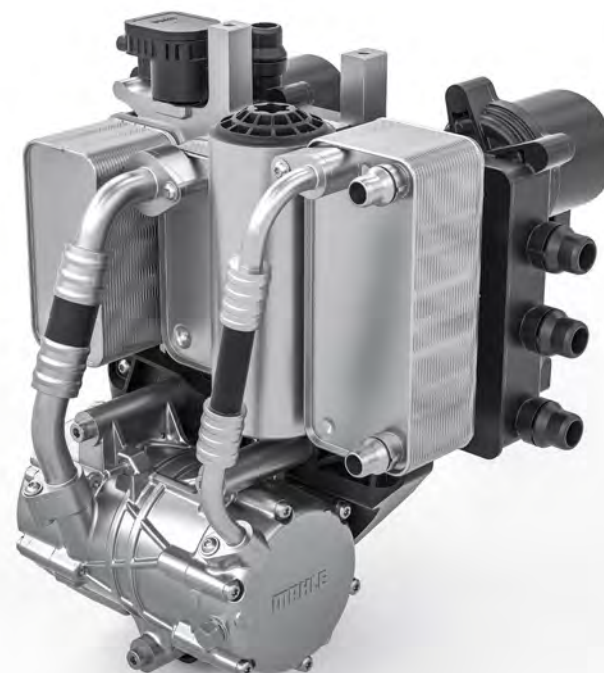
Grâce à l'interaction de ses composants, le module de gestion thermique remplit des tâches importantes dans les véhicules électriques et hybrides. Par exemple, il maintient une température optimale de la batterie, permet le fonctionnement efficace du groupe motopropulseur et régule la température à l'intérieur du véhicule en fonction des conditions ambiantes.

Le module relie également les circuits de refroidissement et de climatisation. Cela permet de réchauffer suffisamment la batterie, le groupe motopropulseur et l'habitacle du véhicule en hiver et de les refroidir de manière optimale en été.

Avantages de la solution modulaire

L'approche modulaire réduit l'espace et le temps nécessaires au montage, ce qui simplifie l'installation et fait baisser les coûts. En plus de limiter la complexité du système, sa fiabilité et le contrôle thermique s'en trouvent améliorés. Les modules affichent aussi une bien meilleure efficacité et peuvent augmenter considérablement l'autonomie d'une voiture électrique (jusqu'à 20 %) ainsi que la vitesse de charge. Ce concept contribue donc à la rentabilité des véhicules électriques et hybrides.

Vidéo : module de gestion thermique MAHLE ▼



Plaque de refroidissement bionique

La plaque de refroidissement bionique de MAHLE est une véritable avancée technologique dans le domaine du refroidissement des batteries. Inspirés par la nature, les ingénieurs de MAHLE ont mis au point une structure de canal de refroidissement innovante, semblable aux coraux. Cette innovation bionique améliore considérablement les performances thermodynamiques et les propriétés structurales de la plaque de refroidissement.

La nouvelle structure de la plaque de refroidissement bionique permet d'augmenter la capacité de refroidissement de 10 % et de réduire la perte de charge de 20 %, ce qui se traduit par une répartition uniforme de la température à l'intérieur de la batterie. Autre avantage : la réduction de l'épaisseur de la plaque de refroidissement, ce qui augmente encore son efficacité tout en diminuant la consommation de matériau jusqu'à 15 %. Cela entraîne également une réduction des émissions de CO₂ de 15 %. Grâce à la capacité de refroidissement optimisée, la batterie se recharge plus rapidement, sa durée de vie est prolongée et ses performances améliorées, même dans des conditions extrêmes telles que la charge rapide.

Grâce au contrôle intelligent du débit du circuit de refroidissement, notamment en cas de faibles différences de température, la transmission calorifique est plus efficace. Cela contribue à réduire considérablement les températures de pointe de la batterie et à assurer son bon fonctionnement.

Pompe à chaleur

L'habitacle des voitures électriques a besoin d'être chauffé en hiver. Si la chaleur nécessaire de plusieurs kilowatts est produite par des réchauffeurs électriques, l'autonomie de la batterie de propulsion s'en trouvera sensiblement réduite. Pour éviter cela, il existe une solution efficace et peu gourmande en énergie pour chauffer l'habitacle : la pompe à chaleur.

Une pompe à chaleur extrait la chaleur de l'air extérieur et la transporte vers l'habitacle. Suivant la température extérieure, la pompe à chaleur n'a besoin que d'environ un tiers de la puissance électrique de la batterie de propulsion pour atteindre le même degré de chauffage de l'habitacle.

Comment fonctionne une pompe à chaleur ?

Toute climatisation est en fait une pompe à chaleur. Pour refroidir l'habitacle, la chaleur est acheminée vers l'extérieur via le condenseur de climatisation. Pour refroidir également la batterie, la chaleur est transportée de la batterie vers le condenseur de climatisation à l'avant du véhicule (extérieur).

La pompe à chaleur utilise le même compresseur de climatisation. Un condenseur de climatisation supplémentaire dans l'habitacle du véhicule apporte la chaleur dans l'habitacle via un volet d'air. Dans le même temps, une électrovanne commute le circuit de refroidissement de manière à ce que le condenseur de climatisation à l'avant du véhicule serve désormais d'évaporateur.

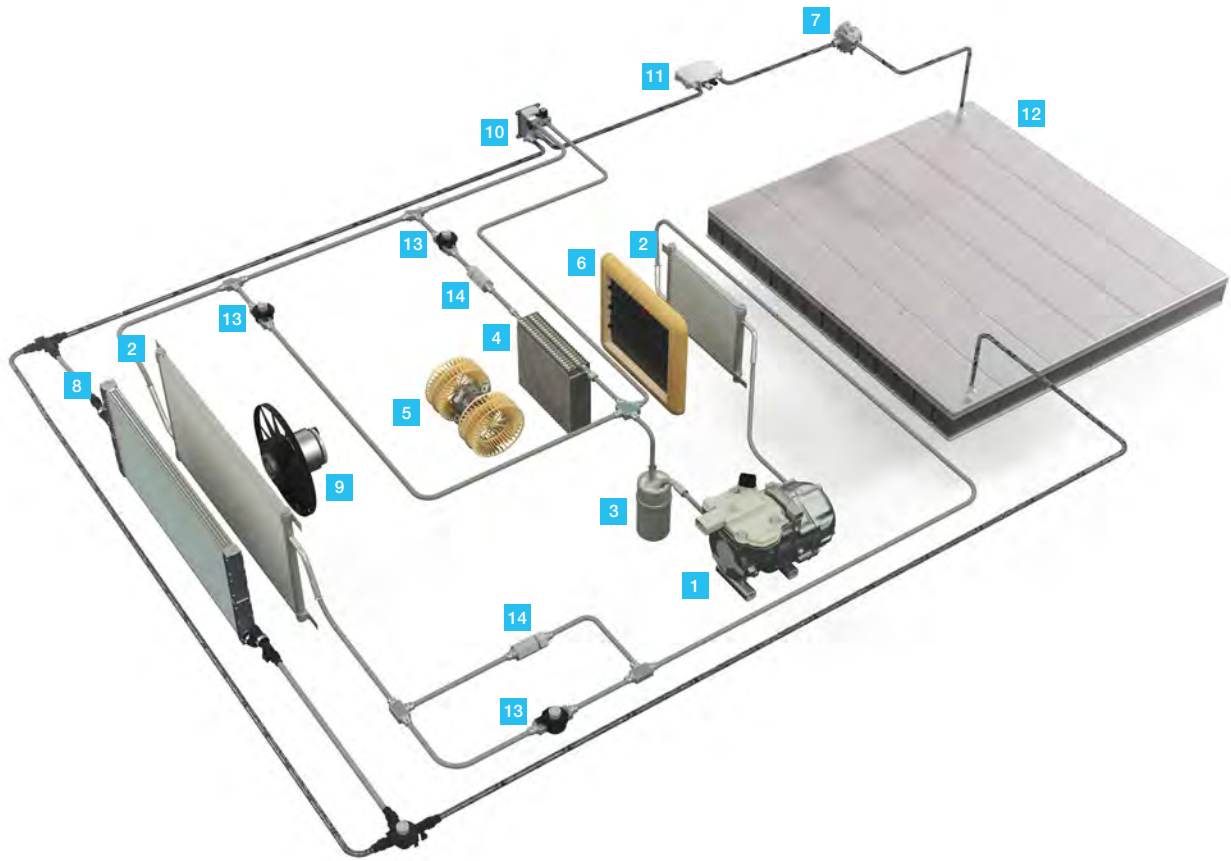
La pompe à chaleur en fonctionnement

Dans les véhicules électriques, la pompe à chaleur allie la climatisation de l'habitacle et la gestion thermique de la batterie. Sa pièce maîtresse est le chiller, qui fait office d'échangeur de chaleur, connecté à la fois au circuit de refroidissement de la batterie et au circuit de climatisation.

L'utilisation d'électrovannes permet de créer trois circuits principaux : la climatisation, le refroidissement de la batterie et le chauffage. Le système peut donc fonctionner dans différents modes qui peuvent être combinés en fonction de la situation.



Vous trouverez une version animée de ce schéma dans notre **TechTool**.



1 Compresseur haute tension

2 Condenseur A/C

3 Accumulateur

4 Évaporateur

5 Pulseur d'habitacle

6 Volet d'air (ailettes)

7 Pompe à liquide de refroidissement

8 Radiateur basse température

9 Ventilateur de radiateur électrique

10 Chiller

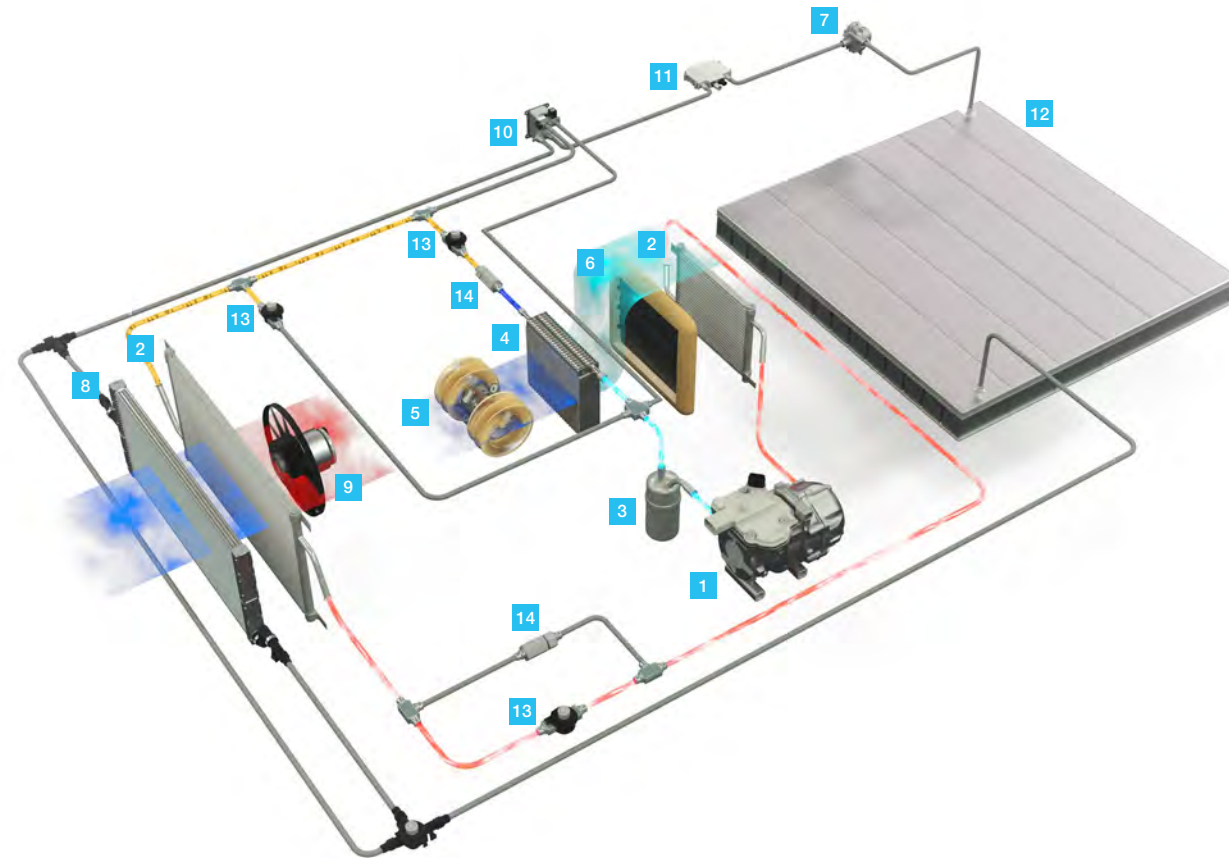
11 Réchauffeur de liquide de refroidissement haute tension

12 Batterie

13 Vanne d'arrêt du fluide frigorigène

14 Vanne d'étranglement

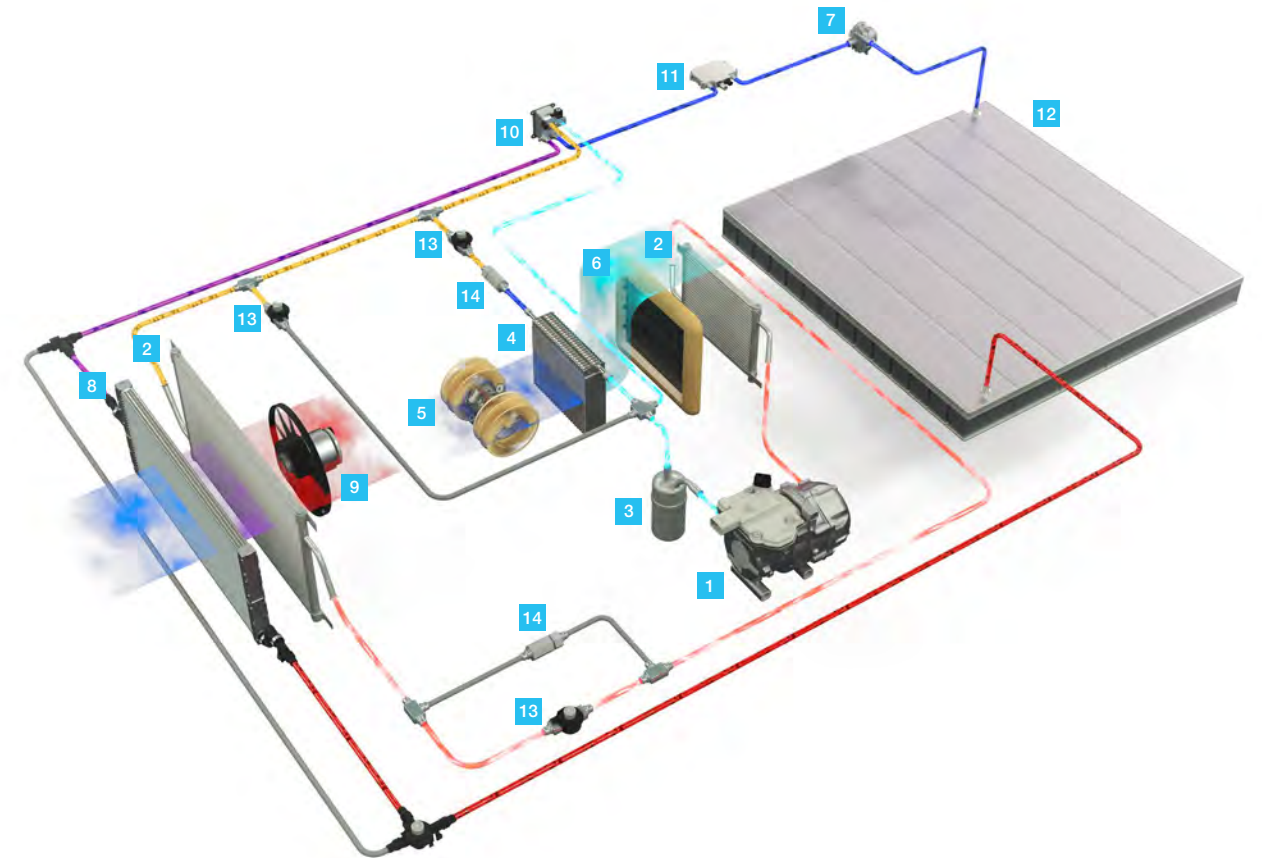
Mode : refroidir l'habitacle



S'il faut refroidir l'habitacle, le circuit « Climatisation » est activé. Le fluide frigorigène chaud, comprimé et à l'état gazeux, est d'abord dirigé par le compresseur vers le condenseur dans l'habitacle. Cependant, il n'y a pas de condensation puisque le volet vers l'habitacle reste fermé. Le fluide frigorigène reste donc à l'état gazeux, sa température ne change pas. Ce n'est qu'une fois arrivé dans le condenseur à l'avant du véhicule qu'il est refroidi par le vent. De là, le fluide frigorigène liquide arrive à l'évaporateur dans l'habitacle à une pression encore élevée.

L'évaporateur est précédé d'une vanne d'étranglement constant (orifice calibré) qui génère une baisse de pression rapide et donc un refroidissement du fluide frigorigène en réduisant la section transversale de la conduite. Le pulseur d'habitacle veille à ce que le froid généré par l'évaporateur soit diffusé dans l'habitacle. Le fluide frigorigène gazeux sortant de l'évaporateur à basse pression retourne au compresseur via une bouteille déshydratante (accumulateur).

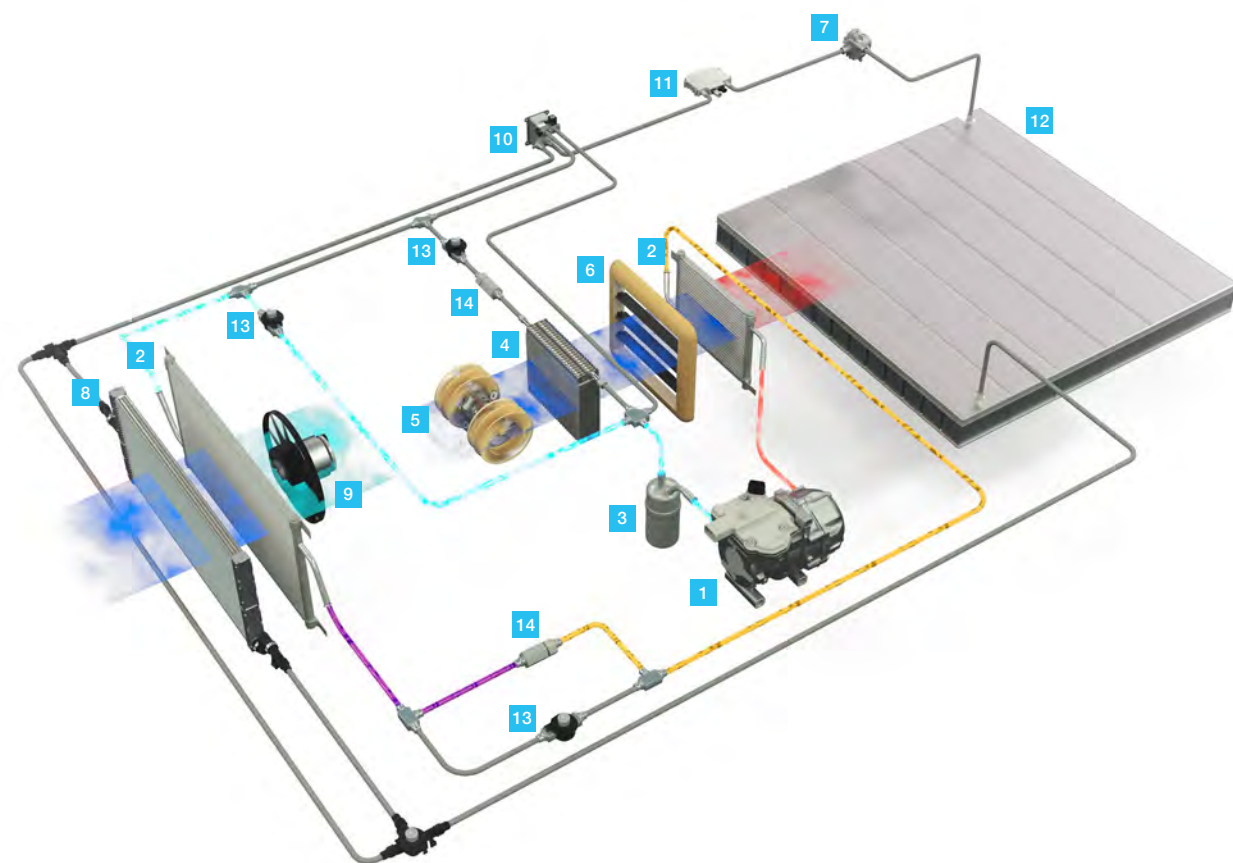
Mode : refroidir l'habitacle et la batterie



En mode « Refroidissement de la batterie », le circuit de climatisation est étendu afin de l'utiliser pour refroidir la batterie. Le refroidisseur basse température à l'avant du véhicule est alors en première ligne. Cependant, il ne pompe pas le liquide de refroidissement vers la batterie, mais vers le chiller. En ouvrant une électrovanne, ce dernier est aussi alimenté en fluide frigorigène provenant du condenseur avant. Une partie du fluide frigorigène s'écoule donc vers le chiller ; l'autre partie, comme décrit plus haut, passe par l'orifice calibré pour arriver à l'évaporateur

d'habitacle. En tant qu'échangeur de chaleur spécial, le chiller utilise le fluide frigorigène pour abaisser encore la température du liquide de refroidissement de la batterie. Le liquide de refroidissement retourne ensuite à la batterie à l'aide de la pompe à liquide de refroidissement en passant par le réchauffeur haute tension (inactif). Dans le même temps, le fluide frigorigène désormais gazeux passe devant l'évaporateur d'habitacle directement vers l'accumulateur et retourne ainsi au compresseur.

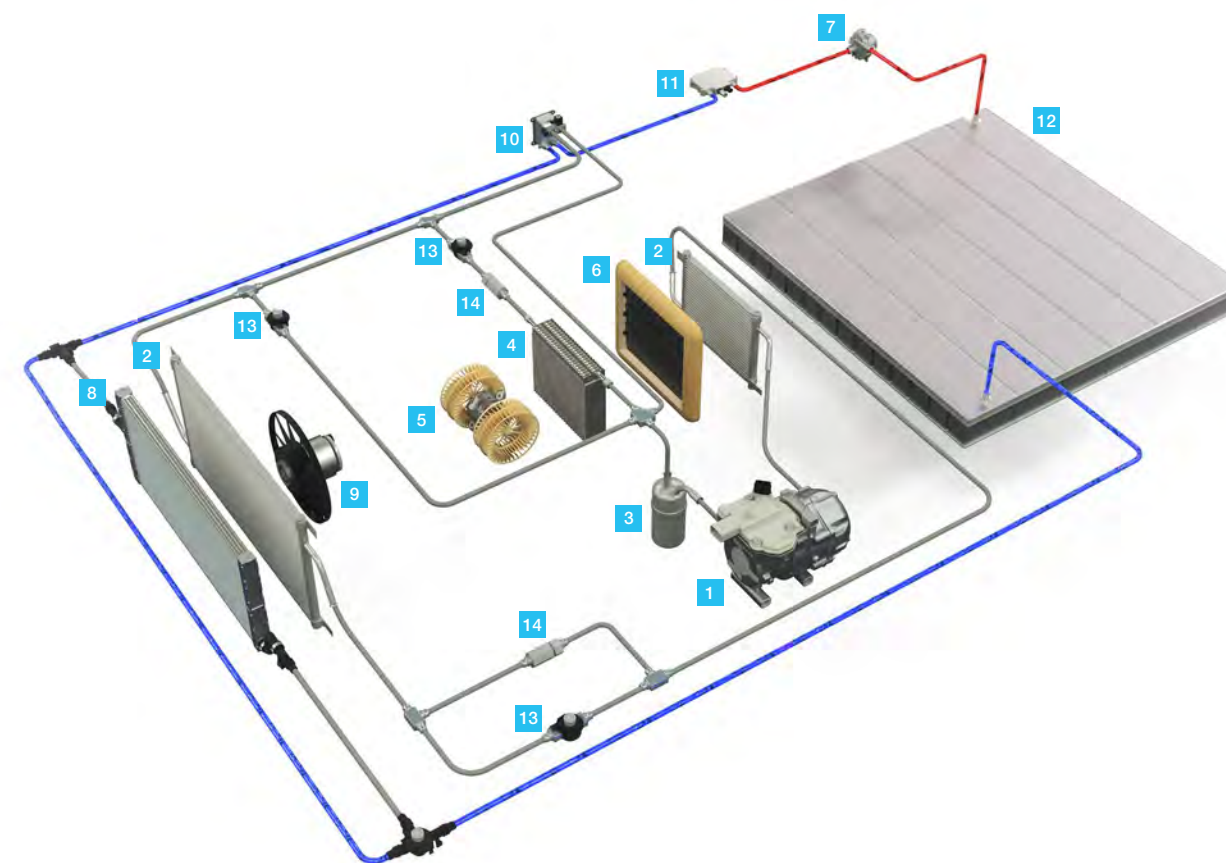
Mode : chauffer l'habitacle



Le compresseur de climatisation haute tension joue également un rôle majeur dans le chauffage de l'habitacle. Cependant, la compression du fluide frigorigène gazeux n'est pas seulement un moyen d'atteindre un objectif. Le système exploite l'augmentation de température du fluide frigorigène qui en résulte et la dirige directement vers le condenseur dans l'habitacle. Les ailettes du volet d'air sont ouvertes, de sorte que le flux d'air généré par le pulseur peut atteindre le condenseur et transporter la chaleur libérée

dans l'habitacle. Parallèlement, le fluide frigorigène est refroidi et quitte le condenseur à l'état liquide. Refroidi encore davantage par une vanne d'étranglement (orifice calibré), il est acheminé dans le condenseur situé à l'avant du véhicule, qui sert d'évaporateur dans ce mode : le fluide frigorigène se refroidit fortement grâce au vent et au ventilateur de radiateur électrique et redevient gazeux. Il est ensuite aspiré de nouveau par le compresseur via la bouteille déshydratante et le processus recommence.

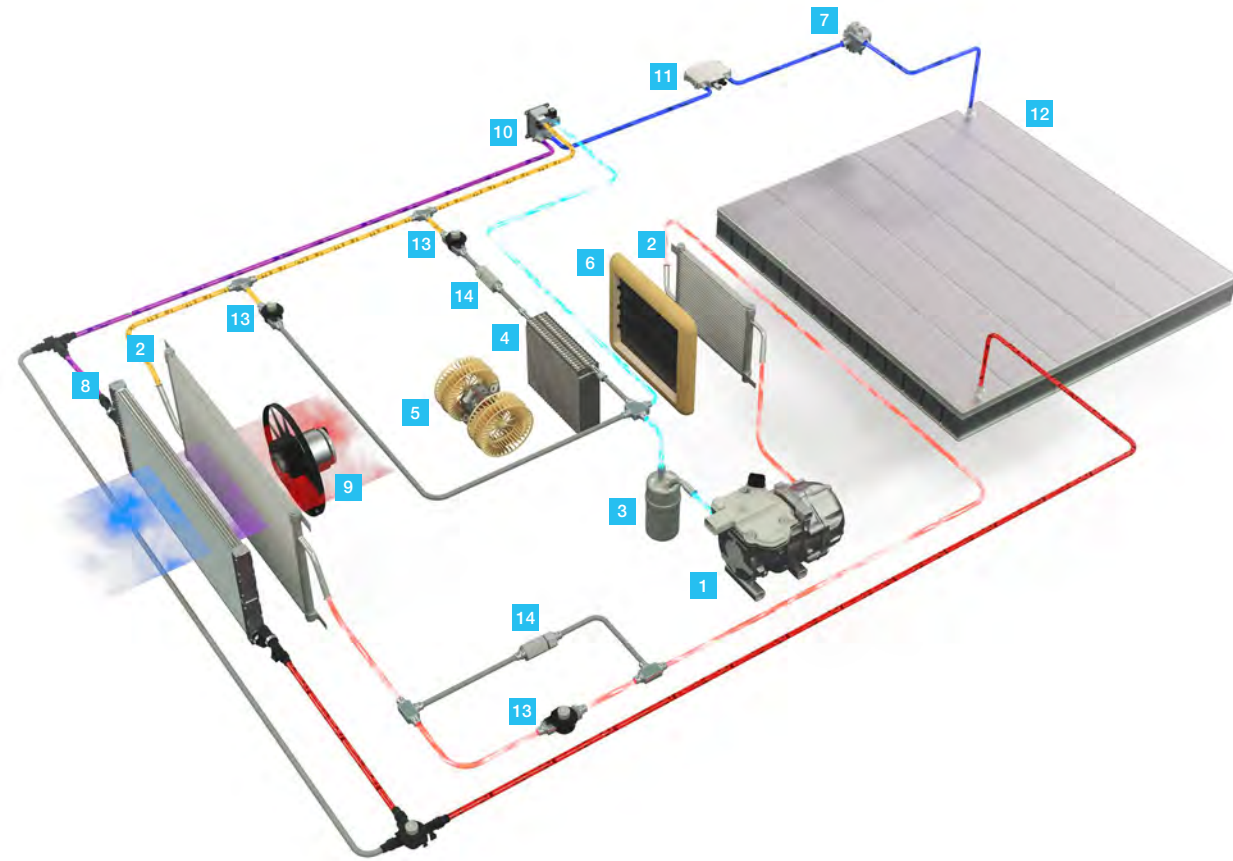
Mode : préchauffer la batterie



Avant le départ ou avant une recharge, en hiver, il faut s'assurer que la batterie ait atteint sa température de service d'environ 15 à 30 °C pour préserver sa durée de vie et ses performances. Pour ce faire, on utilise un réchauffeur électrique haute tension, intégré

dans le circuit de refroidissement. Lorsqu'il entre en action, le liquide de refroidissement passe devant le radiateur. Les électrovannes correspondantes arrêtent le circuit, de sorte qu'aucun fluide frigorigène ne circule à travers le chiller.

Mode : refroidir la batterie



En raison de la puissance de charge élevée, les cellules de la batterie chauffent considérablement. Il faut les refroidir. Il n'en va pas forcément de même pour l'habitacle. Le système de la pompe à chaleur permet donc de refroidir la batterie sans activer la climatisation de l'habitacle. Le ventilateur de radiateur électrique à l'avant remplace le vent créé par le déplacement en faisant circuler l'air à travers le radiateur basse température et le condenseur de la climatisation. De cette manière, la température du liquide

de refroidissement de la batterie baisse déjà un peu. Parallèlement, le compresseur de climatisation pompe le fluide frigorigène gazeux et comprimé à travers le condenseur intérieur. Cependant, le pulseur d'habitacle reste inactif, le volet d'air est fermé. Liquéfié dans le condenseur à l'avant, le fluide frigorigène dans le chiller baisse encore la température du liquide de refroidissement de la batterie. De là, le fluide frigorigène gazeux à basse pression retourne au compresseur via la bouteille déshydratante.



Pile à combustible et hydrogène

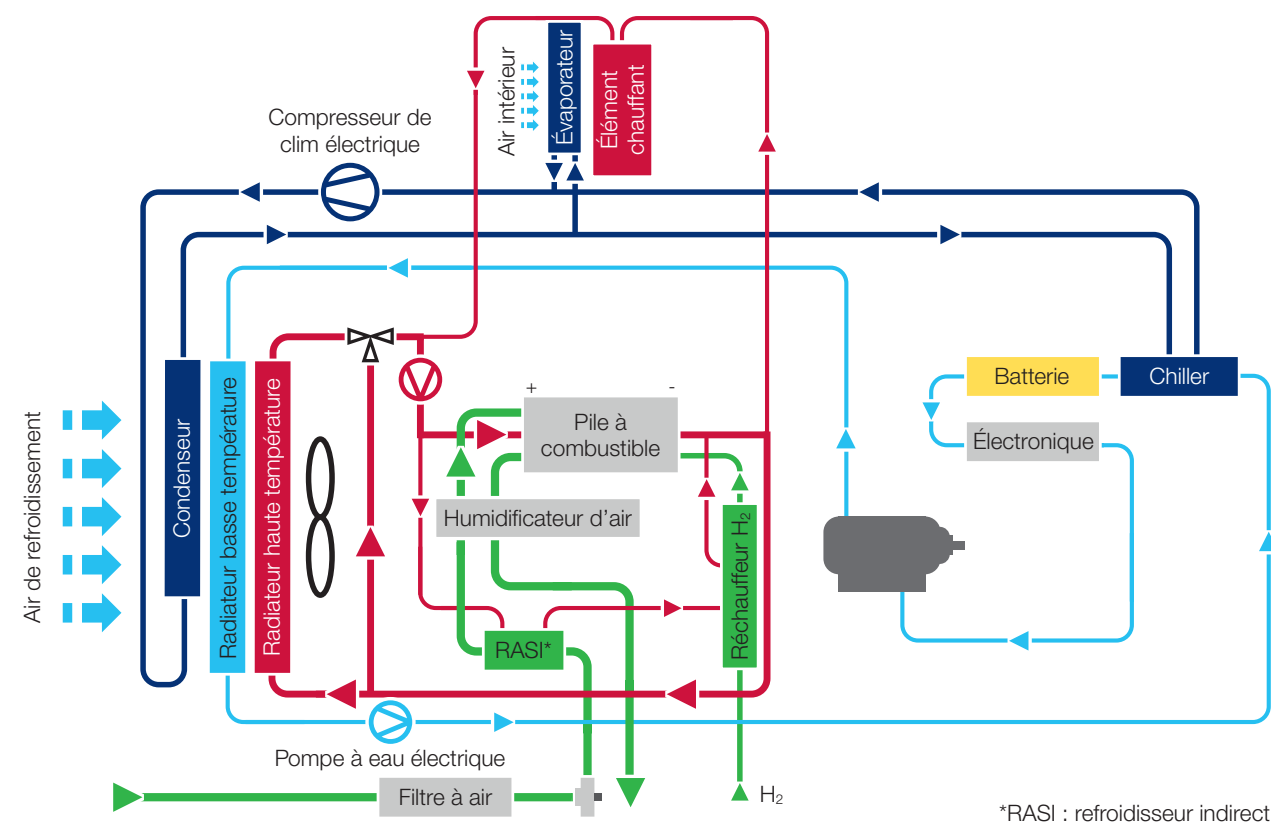
Les véhicules électriques à pile à combustible utilisent l'hydrogène comme source d'énergie. L'hydrogène est stocké sous haute pression dans le réservoir sous pression du véhicule. Il est acheminé jusqu'à la pile à combustible en même temps que l'air d'admission comprimé. La pile à combustible produit du courant électrique pour le moteur de propulsion et les blocs auxiliaires.

Comme la pile à combustible fonctionne relativement lentement, une batterie plus petite est également installée dans le véhicule. Pour l'accélération et le freinage régénératif, la batterie joue un rôle de tampon.

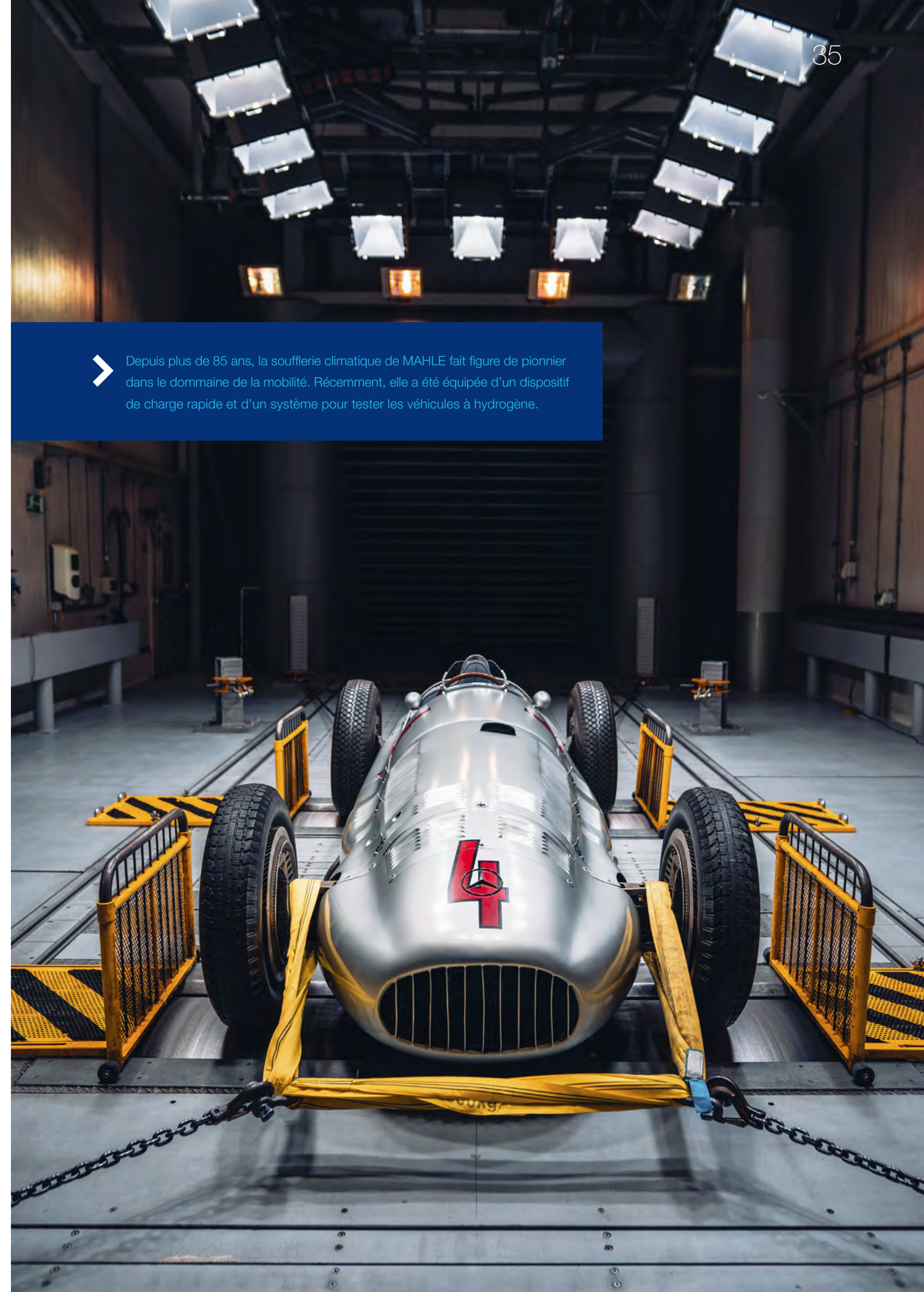
L'électronique de puissance, le moteur et la pile à combustible dépendent fortement de la régulation optimale de la température. La pile à combustible a également besoin d'un air particulièrement propre, notamment exempt de gaz nocifs tels que l'ammoniac. Les membranes de la pile à combustible doivent aussi être humidifiées pour fonctionner de manière fiable pendant une longue période.

Les avantages d'un véhicule électrique à pile à combustible sont une grande autonomie et un plein rapide.

Composants et sous-ensembles des véhicules électriques à pile à combustible



*RASI : refroidisseur indirect



➤ Depuis plus de 85 ans, la soufflerie climatique de MAHLE fait figure de pionnier dans le domaine de la mobilité. Récemment, elle a été équipée d'un dispositif de charge rapide et d'un système pour tester les véhicules à hydrogène.

Huiles pour compresseurs de climatisation électriques

Une panne du compresseur de climatisation électrique peut coûter cher. L'huile est l'un des composants essentiels à la longévité du compresseur. L'utilisation d'une huile de qualité inférieure ou inappropriée entraîne une usure accrue et peut causer une défaillance prématurée du compresseur de climatisation et la perte de la garantie.

C'est pourquoi nous recommandons l'huile PAO 68 de MAHLE. Cette huile multigrade non hygroscopique lubrifie de manière fiable les compresseurs de climatisation et constitue une solution économique pour les ateliers. La Clear Version (sans traceur) convient aussi bien aux fluides frigorigènes R134a et R1234yf qu'aux compresseurs de climatisation mécaniques et électriques. L'huile PAO 68 est également disponible en option avec traceur UV.

Huile PAO 68

- Non hygroscopique : contrairement aux autres huiles, la PAO 68 n'absorbe pas l'humidité ambiante.
- Possibilité d'utilisation en remplacement de différentes huiles PAG et POE (voir la liste des utilisations !), donc besoin de moins d'huiles différentes en stock.
- Plus de 20 ans d'expérience pratique.
- Augmentation de 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).
- Notre huile PAO 68 AA1 Clear Version (sans traceur) peut être utilisée avec le fluide frigorigène R134a et avec le nouveau R1234yf, ainsi que dans les compresseurs électriques pour les véhicules hybrides et électriques.

Avantages et effets

- 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.
- La température de service et l'usure sont diminuées.
- La sécurité de fonctionnement est augmentée, le bruit, la durée de fonctionnement et la consommation d'énergie du compresseur de climatisation réduits.

Référence MAHLE/ MAHLE Service Solutions	Produit	Classe de viscosité	Contenu	Utilisable pour fluide frigorigène	Utilisable pour	Utilisable pour types de com- presseurs A/C
PAO 68 AA1 – Clear Version (sans traceur)						
ACPL 10 000P 1010350483XX	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	1,0 l	R1234yf, R134a, R413a,	Climatisations de véhi- cules à moteur essence ou diesel classique (VP, utilitaires, engins agri- coles et de chantier) ; véhicules hybrides et électriques ; véhicules frigorifiques	Tous types de compresseurs (y compris élec- triques), sauf compresseurs à palettes
ACPL 11 000P 1010350484XX	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	500 ml	R22, R12, R507a, R500,		
ACPL 14 000P 1010350486XX	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	5,0 l	R502, R513a		
PAO 68 AA3 – Clear Version (sans traceur)						
ACPL 13 000P 1010350485XX	PAO AA3 Clear Version	ISO 100	1,0 l	R1234yf, R134a, R413a	Climatisations de véhi- cules à moteur essence ou diesel classique ; véhicules électriques et hybrides (VP, utilitaires, engins agricoles et de chantier)	Spécialement pour compresseurs à palettes



Vous trouverez [ici](#) des informations complémentaires sur notre huile PAO 68 ainsi que sur d'autres huiles pour compresseurs de climatisation.





Conseils pour les ateliers

Entretien des véhicules électriques et hybrides

Sur les véhicules électriques et hybrides, les interventions générales de révision et de réparation (pot d'échappement, pneus, amortisseurs, vidange, changement de pneus, etc.) présentent des risques spécifiques. 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 ».

Les ateliers de réparation automobile sont tenus de former tous leurs employés chargés du fonctionnement, de l'entretien et de la réparation des véhicules électriques et hybrides. Il est aussi impératif d'utiliser des outils qui répondent aux spécifications des constructeurs automobiles ! Dans cette optique, assurez-vous de tenir compte des spécificités locales.



Outillage pour les interventions sur le système haute tension

Dépannage, remorquage et enlèvement des véhicules électriques et hybrides

Les conductrices et conducteurs de véhicules équipés de systèmes haute tension (HT) ne sont pas exposés à des risques électriques directs, même en cas de panne, les constructeurs automobiles ayant pris diverses mesures pour sécuriser ce système. Le dépannage des véhicules équipés d'un système HT n'est pas dangereux tant qu'aucune intervention sur l'installation HT n'est nécessaire pour réparer les dysfonctionnements.

Le dépannage ou le remorquage de véhicules accidentés, bloqués dans la neige ou immergés ne sont toutefois pas sans danger. Bien que la sécurité intrinsèque des véhicules protégeant contre les risques d'électrisation ou d'arc électrique soit très élevée, il n'existe pas de sécurité à 100 % pour chaque sinistre. En cas de doute, il convient de se reporter aux informations données par le constructeur du véhicule.

Qui est autorisé à assurer le dépannage ?

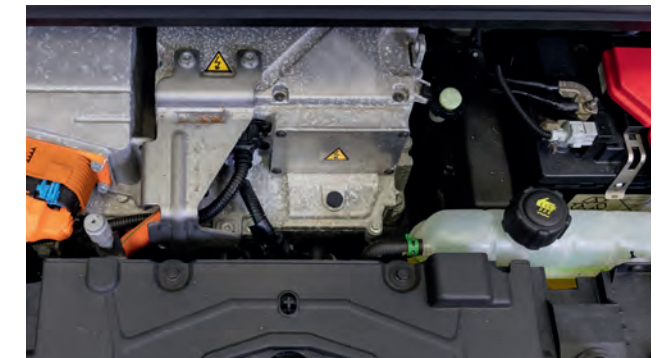
Le dépannage des véhicules électriques et hybrides doit être confié au personnel qualifié. C'est pourquoi les dépanneurs reçoivent une formation sur la structure et le fonctionnement des véhicules équipés de systèmes haute tension. Suivez la réglementation locale sur les travaux non électroniques (en Allemagne, il s'agit de l'Information 200-005 de la DGUV « Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen » [anciennement BGI 8686]. Tenez compte des spécificités locales.).

À quoi puis-je reconnaître un véhicule équipé d'un système haute tension ?

- À l'inscription sur le tableau de bord ou sur le véhicule.
- Aux câbles haute tension de couleur orange (voir illustration) ; en règle générale, ne touchez pas les composants haute tension ni les câbles orange.
- Au marquage des composants HT (voir illustration).

Premiers gestes lors d'un dépannage ?

- Retirez la clé de contact (attention : les transpondeurs s'enclenchent à l'approche) puis retirez le sectionneur de la batterie haute tension.
- Vérifiez visuellement si les composants HT sont endommagés.
- N'intervenez pas sur les composants HT : seules les personnes qualifiées sont autorisées à intervenir sur les véhicules équipés de systèmes haute tension. Il en va de même si les composants HT ont été endommagés lors du dépannage.
- Une tension résiduelle peut encore être présente, selon le constructeur même pendant quelques minutes après la coupure du système HT.



Composants haute tension du compartiment moteur



Sectionneur

Démarrage avec des câbles : quelles précautions prendre ?

Suivez impérativement les instructions du constructeur. Seuls quelques rares véhicules permettent un démarrage avec des câbles via le réseau de bord 12/24 V en courant continu. La présence de dangereuses tensions résiduelles n'ayant pas été déchargées par la résistance de décharge continue n'est pas à exclure. Avant d'ouvrir, suivez les instructions du mode d'emploi et/ou les informations techniques du constructeur.

Enlèvement et remorquage : quelles précautions prendre ?

- En principe, les véhicules non endommagés peuvent être transportés sur une dépanneuse (à plateau).
- Pour le remorquage avec une barre ou une corde, suivez les consignes du constructeur.
- Pour enlever sans danger des véhicules accidentés, prenez les mesures décrites au chapitre « **Les règles de base pour les interventions sur les véhicules électriques et hybrides** ».
- Si le véhicule est remorqué/enlevé à l'aide d'un treuil, veillez à ce qu'aucun composant HT ne se trouve à proximité des points d'attache et ne soit endommagé. Ces précautions sont également valables lors du levage à l'aide d'un cric ou d'une grue de chargement.

Que dois-je faire en cas d'accident ?

- En cas d'accident, le système HT est généralement neutralisé par le déclenchement de l'airbag. C'est le cas sur presque tous les véhicules particuliers, mais pas forcément sur les véhicules utilitaires.
- Pour intervenir sans danger sur des véhicules accidentés, prenez les mesures décrites au chapitre « **Les règles de base pour les interventions sur les véhicules électriques et hybrides** ».

- Certains constructeurs recommandent voire exigent de débrancher la borne négative de la batterie 12/24 V du réseau de bord (pour plus de précisions, voir les fiches de secours respectives).
- Les batteries HT et les condensateurs HT (accumulateurs d'énergie dans les véhicules utilitaires) endommagés ou arrachés lors d'un accident représentent un danger particulier. Contactez les pompiers en précisant qu'il s'agit d'un véhicule électrique. Lors de la manipulation de batteries HT endommagées, portez un équipement de protection individuel approprié (protection faciale, gants isolants).
- Le liquide contenu dans les batteries étant très corrosif ou irritant, selon le type de batterie, évitez tout contact. Après un accident, il n'est pas impossible que les batteries HT prennent feu ultérieurement suite à des réactions internes. Les véhicules accidentés ne doivent pas être stockés dans des locaux fermés.

Formation continue pour la réparation des véhicules électriques et hybrides

Bon à savoir

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 employés 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 haute tension (batterie) nécessite une habilitation spéciale.

Offre de formations

Apprenti, mécanicien d'atelier expérimenté ou ingénieur : vous trouverez forcément une formation adaptée à vos besoins dans l'offre MAHLE Lifecycle and Mobility.

En plus des formations théoriques, MAHLE Lifecycle and Mobility 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 Lifecycle and Mobility, 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 Lifecycle and Mobility ou adressez-vous par courriel à : **ma.training@mahle.com**.

Nos experts techniques se feront un plaisir d'organiser pour vous des événements intéressants et passionnants !



Pour plus d'informations et pour les dates de formation actuelles, rendez-vous sur notre **site Internet**.



Équipement d'atelier de MAHLE Service Solutions

MAHLE Service Solutions est le partenaire qu'il vous faut pour l'entretien professionnel de plus en plus essentiel des systèmes de climatisation. En effet, dans les véhicules électriques et hybrides, la climatisation assure également la bonne régulation de la température de la batterie de propulsion ! Pour la bonne santé de la batterie, découvrez nos appareils de diagnostic TechPRO® avec E-SCAN et le nouveau BatteryPRO E-HEALTH, qui permet un diagnostic rapide de la batterie de propulsion. Avec en plus le nouvel appareil de maintenance E-CARE pour l'entretien des circuits de refroidissement des batteries de véhicules, vous êtes prêt pour l'avenir !



Stations de charge et d'entretien de climatisation ArcticPRO®



Référence : 1010350383XX

ArcticPRO® ACX 380 est la meilleure de nos stations de charge et d'entretien pour le fluide R134a. Il n'y a pas mieux ! Elle présente toutes les qualités de la gamme, auxquelles s'ajoute l'extrême confort du circuit d'huile POE intégré, très utile pour ceux qui réalisent souvent l'entretien des véhicules électriques ou hybrides en plus de celui des véhicules à moteur traditionnel. La station ACX 380 pour systèmes à R134a se convertit aisément en station pour R1234yf ou, au besoin, pour R513a. Notre module de diagnostic climatisation intégré en option permet également de réaliser un diagnostic professionnel des composants de la climatisation directement sur la station de charge et d'entretien.

Grâce à leur fonction de rinçage intégrée, toutes les stations de charge et d'entretien de climatisation MAHLE ArcticPRO® 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, le climatiseur est rincé avec du fluide frigorigène liquide puis séché sous haute pression, après quoi le fluide est de nouveau aspiré. Ce cycle doit être répété trois fois pour obtenir un nettoyage optimal.



Référence : 1010350384XX

ArcticPRO® ACX 480 est le fleuron des stations de charge et d'entretien pour le fluide R1234yf. Elle permet de réaliser un entretien entièrement automatisé des climatisations et d'assurer un résultat parfait tout en vaquant à d'autres activités. Entretien climatisation sûr, efficace et économique garanti ! La station ACX 480 intègre également des applications spéciales, qui permettent une gestion totalement innovante et pratique, y compris l'appareil de diagnostic TechPRO®, qui élargit encore plus le champ d'action.

Accessoires pour le rinçage avec les stations de charge et d'entretien de climatisation ArcticPRO®

Avec ses stations de charge et d'entretien de climatisation, MAHLE élargit encore davantage sa gamme de produits connectés pour l'atelier. Via une application smartphone, les mécaniciens peuvent visualiser et suivre les opérations en cours ou programmer automatiquement un entretien. L'interface ASA de la station et l'intégration dans le réseau de l'atelier permettent un échange rapide des données. Le grand écran tactile de série sur toutes les stations affiche en permanence toutes les informations, les opérations programmées et celles en cours. Un démarrage rapide est possible

à tout moment. On peut continuer à intervenir sur le véhicule pendant que des mises à jour automatiques du logiciel sont effectuées en arrière-plan par Wi-Fi. Un raccordement direct de la station de charge et d'entretien permet de détecter rapidement les éventuels défauts d'étanchéité dans la climatisation à l'aide d'azote ou de gaz de formage. Pour gagner du temps, la maintenance des stations peut s'effectuer à distance : les ateliers reçoivent via Wi-Fi une assistance et un diagnostic rapides directement sur la station.

Appareil de rinçage ACX universel pour fluides frigorigènes R134a et R1234yf

- Cuve de rinçage avec support pour une utilisation flexible, peu importe la station de charge et d'entretien et l'endroit.
- Position ergonomique du regard pour contrôler le processus de rinçage et la pureté du fluide frigorigène.
- Utilisation flexible : kit d'adaptateurs et de raccords HP pour différentes stations de charge et d'entretien de climatisation.
- Kit d'adaptateurs de rinçage (3/8" et 1/4") pour le raccordement à tous les adaptateurs de rinçage du commerce et à chaque composant du climatiseur.
- Jeu d'adaptateurs de couplage pour R134a et R1234yf, pour le raccordement du manchon BP à l'appareil de rinçage.
- En option : housse de protection.



Référence : 1010350276XX



Par ici pour découvrir la vaste gamme de stations de charge et d'entretien de climatisation et leurs accessoires.



Station de récupération ArcticPRO® ROU (Recovery Only Unit)

- Vidanger simple et sûre du fluide frigorigène inconnu et contaminé du climatiseur.
- Écologique : élimination professionnelle et sûre pour protéger l'homme et la nature.
- Économique : station de récupération opérationnelle dès qu'elle est associée à la station de charge et d'entretien de climatisation, pas besoin d'un autre consommable.
- Performante : circuit interne breveté pour un service rapide avec un taux de récupération de 95 % en à peine 30 minutes.



Référence : 1010350326XX

Appareil d'analyse du fluide frigorigène IDX 500

Appareil d'analyse interne pour les stations de charge et d'entretien de climatisation MAHLE ACX pour les fluides frigorigènes R134a et R1234yf.

- Plus rapide que le modèle précédent.
- Permet d'identifier le type de fluide frigorigène (R134a ou R1234yf) présent dans le circuit.
- Protection maximale de la station de charge et d'entretien de climatisation.
- Analyse sûre via le raccord BP.
- Intégration immédiate à la station par système Plug and Play.
- Utilisation simple et automatique, et résultat de mesure immédiat.
- Commande automatique via un processus logiciel intégré.



Référence : 1010350393XX

Kit de rinçage pour les fluides frigorigènes R134a et R1234yf

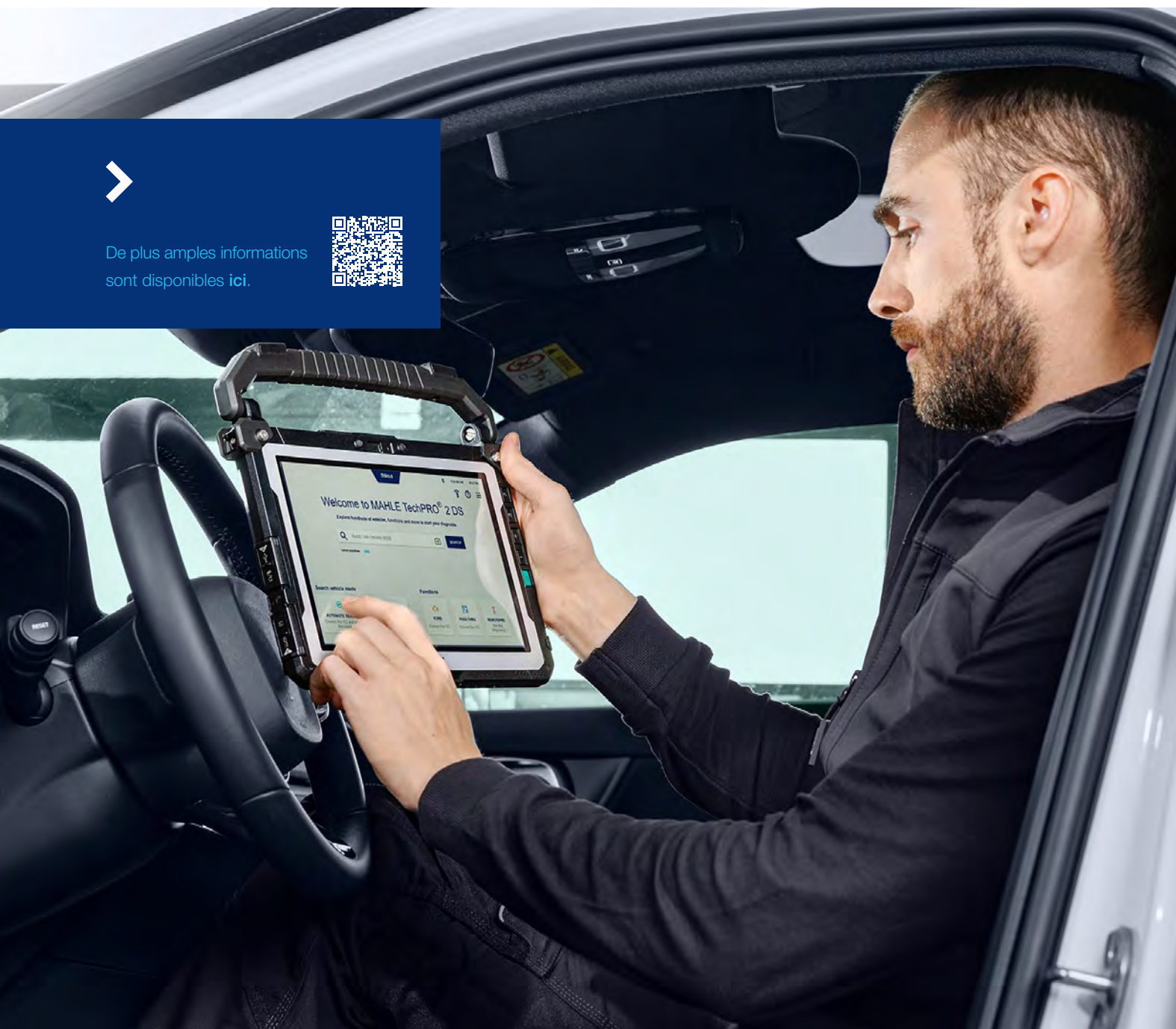
Le kit de rinçage comprend des filtres et accessoires spéciaux nécessaires pour le processus de rinçage. Il est compatible avec toutes nos stations d'entretien.



Référence : 1010350053XX

Diagnostic et entretien de la batterie de propulsion

Avec le nombre croissant de véhicules électriques et hybrides, le diagnostic, l'entretien et la charge des batteries font désormais partie du quotidien des garages. Avec les solutions de diagnostic et d'entretien BatteryPRO, MAHLE Lifecycle and Mobility est l'un des premiers fournisseurs au monde à permettre aux garages indépendants d'effectuer des diagnostics de batterie sur les véhicules électriques, peu importe le fabricant. Les ateliers peuvent ainsi offrir des services supplémentaires et exploiter d'autres marchés.



De plus amples informations
sont disponibles [ici](#).



E-SCAN

Logiciel pour le diagnostic des batteries haute tension

Le logiciel E-SCAN performant est disponible sur tous les appareils de diagnostic TechPRO® et Connex et permet une première analyse des batteries haute tension des véhicules électriques et hybrides. En un clic, il fournit toutes les informations sur l'état du système de gestion de la batterie dans un rapport standardisé. Ce dernier donne, par exemple, les données décisives pour déterminer la valeur résiduelle des véhicules en leasing ou d'occasion.



E-CHARGE 20

Solution flexible pour la charge rapide

E-CHARGE 20 est une solution de recharge en courant continu mobile et autonome, conçue pour recharger rapidement et facilement les véhicules électriques. Grâce à ses roulettes, il se montre ultra-flexible dans l'atelier. Pour utiliser l'appareil, branchez-le sur une prise triphasée 32 A et placez-le à côté de la prise de charge électrique du véhicule. Et c'est parti !



E-HEALTH Charge

Diagnostic de la batterie via la prise de charge

Allié à TechPRO® et à un algorithme intelligent, la station de recharge E-CHARGE 20 devient un précieux outil de diagnostic : E-HEALTH Charge. Pendant la charge de la batterie, le système génère en peu de temps un rapport détaillé sur l'état de santé de la batterie haute tension en fonction de sa capacité résiduelle disponible. Indépendante du véhicule et du fabricant, la mesure est complétée par des données via le port OBD, classée par rapport aux batteries du même type déjà enregistrées et comparée à la capacité d'origine du modèle de véhicule. Et ce, sans avoir à déplacer le véhicule.

E-CARE Fluid

Entretien des circuits de refroidissement des batteries de véhicules

Les batteries haute tension des véhicules électriques et hybrides doivent garantir une performance maximale. Pour réduire leur sensibilité aux variations de température, elles sont équipées d'un circuit de refroidissement nécessitant un entretien approprié. Spécialiste de la gestion des liquides et de la maintenance, MAHLE Lifecycle and Mobility a développé un produit spécifique pour le marché de la mobilité électrique : E-CARE Fluid. Grâce à lui, les ateliers vidangent, rincent et remplissent facilement le liquide de refroidissement, sans oublier la détection des fuites. L'appareil peut être utilisé pour l'entretien du circuit de refroidissement de n'importe quel véhicule, quel que soit son entraînement.





MAHLE Insider

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

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