

MAHLE



Gestion thermique
des véhicules électriques
et hybrides

BEHR[®]

Sommaire

Introduction

Quelle importance revêtent les technologies électriques et hybrides pour l'atelier ? 04

Les différentes technologies hybrides existantes

Comparatif 05

Les systèmes haute tension dans les véhicules électriques

Fonctionnement 07
Description des composants 10

L'ABC des interventions sur les véhicules électriques et hybrides

Conseils pratiques 14

La climatisation de l'habitacle

Connaissances de base 15

Le compresseur de climatisation haute tension

Fonctionnement 16

La gestion de la température de la batterie

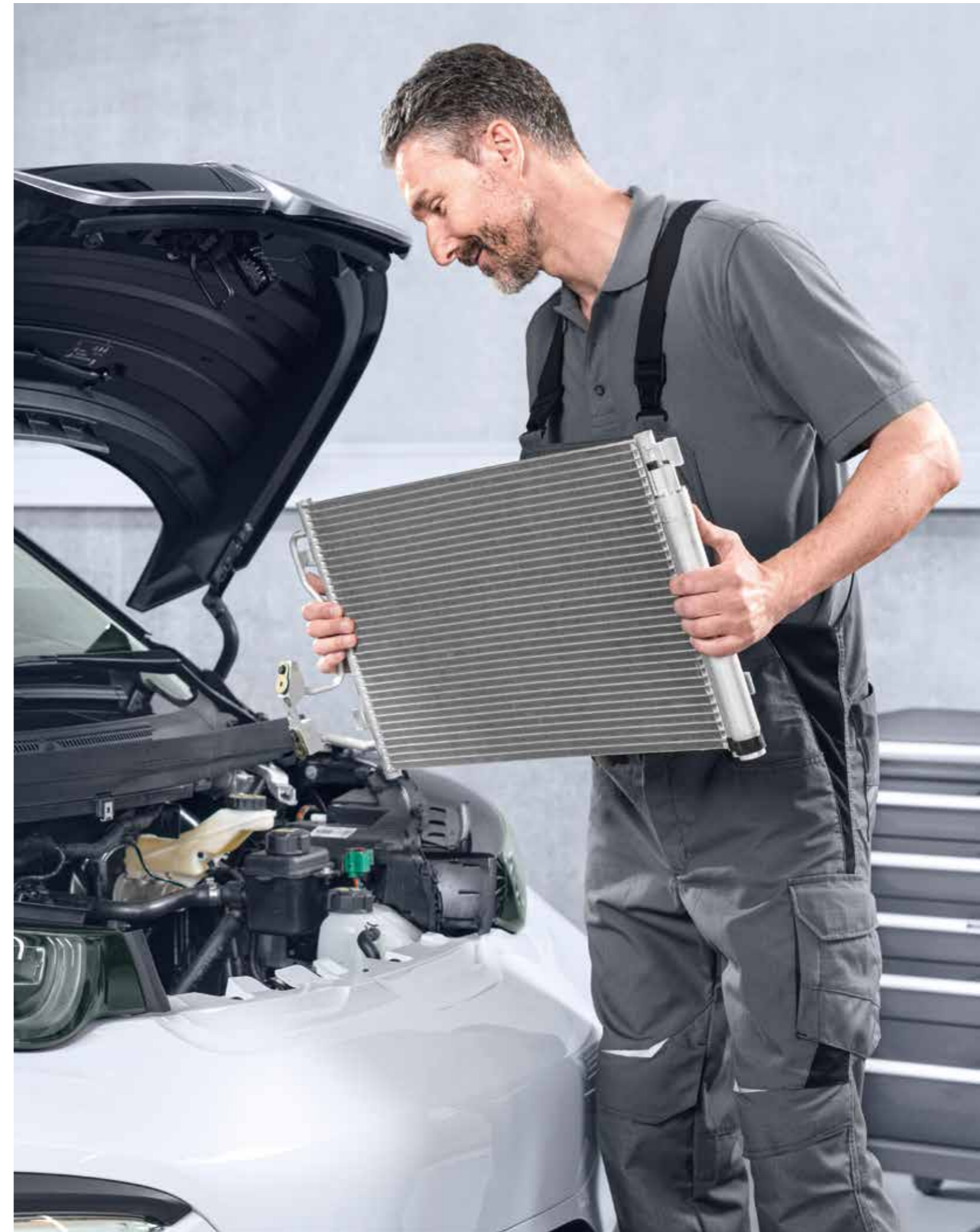
Comparatif 17

La formation continue pour la réparation des véhicules électriques et hybrides

Bon à savoir 20

Conseils pour l'atelier

Entretien des véhicules électriques et hybrides 21
Dépannage, remorquage et enlèvement des véhicules électriques et hybrides 21



Introduction

Quelle importance revêtent les technologies électriques et hybrides pour l'atelier ?

2,1 millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables ont été vendus dans le monde en 2018. Leur part de marché s'est ainsi élevée à 2,4 % de toutes les nouvelles immatriculations, et la tendance est à la hausse (source : Center of Automotive Management). En Norvège, les véhicules électriques comptent déjà pour 50 % des nouvelles immatriculations !

Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la croissance de la mobilité électrique et hybride est surtout favorisée par des programmes gouvernementaux comme les primes à l'achat, l'interdiction des véhicules à moteur thermique en zone urbaine ou les directives concernant la pureté de l'air. L'organisation considère que le véhicule électrique représente l'une des motorisations actuelles permettant à long terme d'atteindre les objectifs de réduction des émissions.

Selon une étude du cabinet de conseil en management PricewaterhouseCoopers, une voiture neuve sur trois immatriculée en Europe sera électrique en 2030. Il n'y a donc plus lieu de se demander si les véhicules électriques, hybrides ou à hydrogène s'imposeront réellement, ils feront bientôt définitivement partie du paysage.

Ces véhicules aussi doivent être entretenus et réparés, et leur gestion thermique s'avérera plus complexe. La régulation de la température de la batterie et de l'électronique de puissance joue ici un rôle aussi important que le chauffage et le refroidissement de l'habitacle.

Les éléments de la climatisation sont tout aussi nécessaires sur ces motorisations, voire plus importants, car le système de climatisation a souvent une influence directe ou indirecte sur le refroidissement de la batterie et de l'électronique.

L'entretien de la climatisation sera donc un sujet encore plus crucial qu'à l'heure actuelle.

Les différentes technologies hybrides existantes

Comparatif

Le terme « hybride » signifie en gros croisement ou mélange. Dans le génie automobile, il désigne un véhicule dont la propulsion est généralement assurée par un moteur thermique associé à un moteur électrique.

La technologie hybride est de plus en plus sophistiquée. Elle se décline désormais en quatre catégories : micro hybride, hybride légère ou « mild » hybride, hybride classique ou « full » hybride et hybride rechargeable ou plug-in hybrid. 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 à combustion interne classique avec système stop & start et d'un freinage régénératif.
- Les véhicules « mild » hybrides 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 opérationnel le lendemain dès le départ. L'hybride rechargeable est une version de l'hybride classique.

Parmi les modèles commercialisés, la Toyota Prius, la BMW ActivHybrid X6 (E72) ou le VW Touareg Hybrid sont des représentants typiques des « full » hybrides. Quant aux hybrides légers, la BMW ActiveHybrid 7 et la Mercedes S400 (F04) en sont de bons exemples.

Fonctionnement	Micro hybride	« Mild » hybride	« 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 Boost Freinage régénératif	Stop & start Boost Freinage régénératif Traction 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.

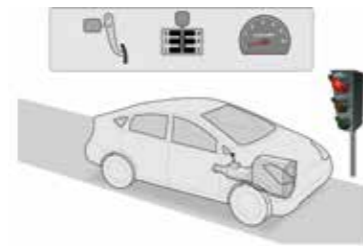


Consigne de sécurité importante

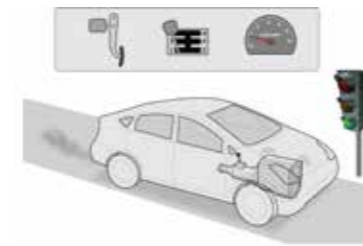
Les informations techniques et conseils pratiques ci-dessous ont pour vocation d'aider les mécaniciens automobiles dans l'exercice de leur activité. Les informations publiées ici sont exclusivement destinées à des professionnels spécialisés.

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.



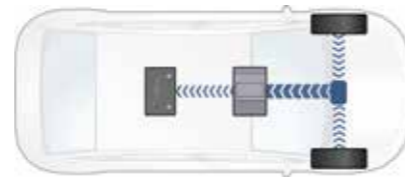
Arrêt du véhicule : coupure automatique du moteur.



Embrayage enfoncé, vitesse enclenchée : redémarrage automatique du moteur.

Freinage régénératif

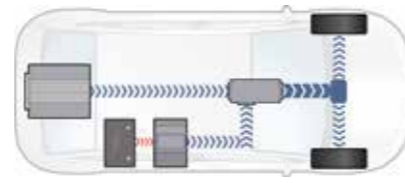
Le freinage régénératif est la technique permettant de récupérer l'énergie du freinage du moteur. Cette énergie serait normalement dissipée en pure perte en énergie thermique lors du freinage. Grâce au freinage régénératif, en revanche, l'alternateur du véhicule joue le rôle de frein moteur et vient 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.

Boost

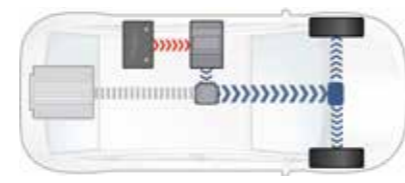
La fonction boost additionne le couple du moteur électrique à celui du moteur thermique durant la phase d'accélération, ce qui permet à un véhicule hybride d'accélérer plus vite qu'un véhicule similaire à propulsion classique. Cette fonction boost sert d'aide au démarrage et de multiplicateur de puissance lors des dépassements. Cette puissance est générée par un entraînement électrique auxiliaire, qui ne s'enclenche que pour ces deux usages. Sur un VW Touareg Hybrid, par exemple, le surcroît de puissance est de 34 kW.



Fonction boost : le moteur thermique et le moteur électrique animent le véhicule.

Traction électrique

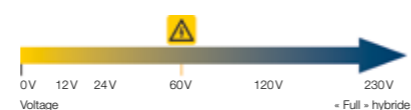
Lorsque moins de puissance est nécessaire, en ville par exemple, le véhicule est entraîné uniquement par le moteur électrique. Le moteur thermique est coupé. Les avantages de ce mode de propulsion sont : pas de consommation de carburant et pas d'émissions de polluants. Ces technologies embarquées changent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



Traction 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. Les véhicules équipés de systèmes haute tension sont des véhicules dont le moteur principal et le moteur auxiliaire 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.



Les systèmes haute tension dans les véhicules électriques

Fonctionnement

Par définition, un véhicule électrique est un véhicule mû par un moteur électrique. Il tire l'énergie nécessaire à sa propulsion d'une batterie de propulsion (accumulateur), à savoir 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 mues par des moteurs électriques. L'énergie électrique est stockée dans des accumulateurs, à savoir 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 neutralisé 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 (des) batterie(s) a une grande influence sur le poids et le prix du véhicule.

Par le passé, les véhicules électriques n'offraient qu'une autonomie réduite avec une charge de batterie. Depuis peu, les voitures électriques ayant une autonomie de plusieurs centaines de kilomètres sont toutefois plus nombreuses : la Tesla Model S, la VW e-Golf, la Smart electric drive, la Nissan Leaf, la Renault ZOE et la BMW i3 en sont quelques exemples.

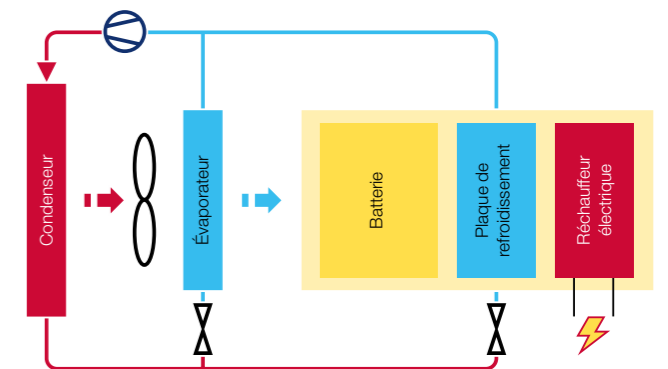
Pour encore augmenter leur autonomie, les véhicules électriques sont parfois munis d'un groupe auxiliaire (généralement un moteur thermique) destiné à produire de l'électricité, appelé « prolongateur d'autonomie » ou « range extender ».

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. Dans ce cas, une gestion thermique ingénieuse s'impose.

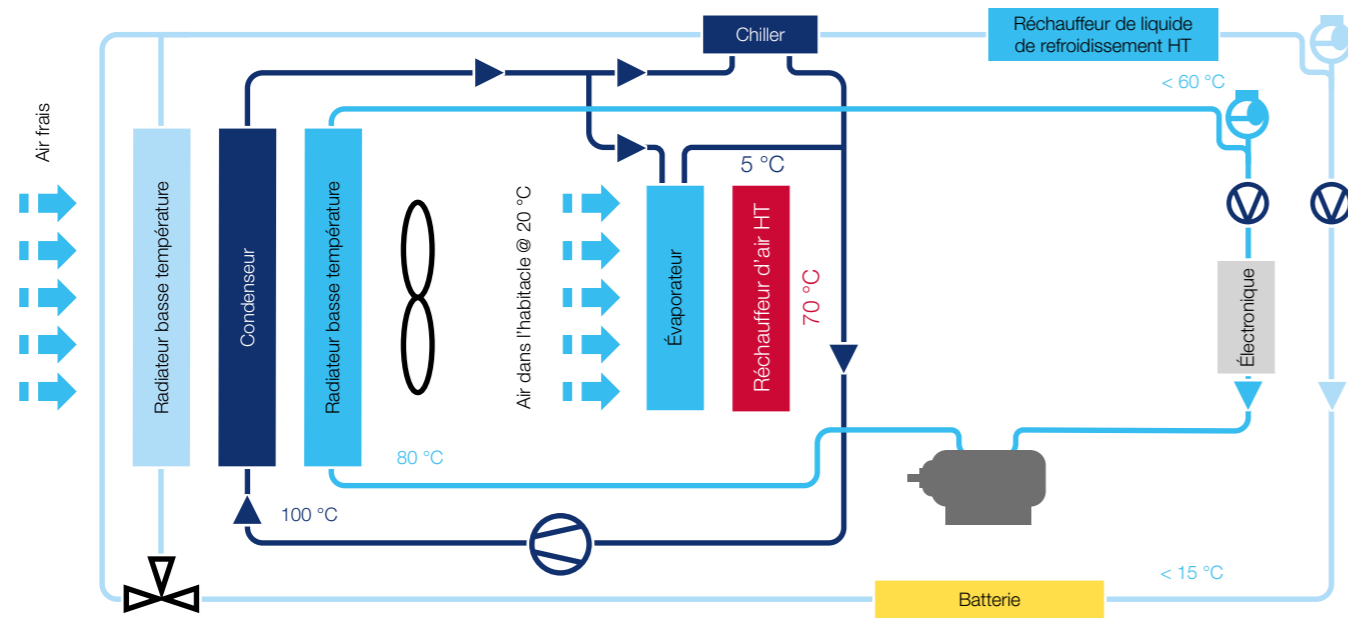
Système à base de fluide frigorigène (refroidissement direct des batteries)

Le circuit du système à base de fluide frigorigène est constitué des éléments principaux suivants : condenseur, 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 fluide frigorigène

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 à base de liquide de refroidissement et de fluide frigorigène, plus complexe, est judicieuse. Le système de refroidissement se compose de plusieurs circuits qui comportent chacun un radiateur 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 de l'électronique de puissance et du liquide de refroidissement du moteur électrique est maintenue à moins de 60 °C dans un circuit séparé (circuit intérieur sur le schéma) à l'aide d'un radiateur basse température. Pour garantir sa pleine

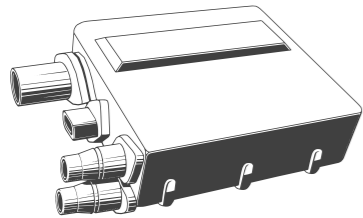
puissance et lui assurer une durée de vie la plus longue possible, la température du liquide de refroidissement de la batterie doit toujours être maintenue entre 15 °C et 30 °C. Lorsqu'il fait très froid, le liquide de refroidissement est chauffé par un réchauffeur haute tension. Lorsqu'il fait très chaud, il est refroidi par un radiateur basse température. Si cela ne suffit pas, un chiller relié tant au circuit de refroidissement qu'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. Toute cette régulation s'effectue à l'aide de thermostats, capteurs, pompes et vannes.



Description des composants

Chiller

Le chiller est un échangeur de chaleur spécial, qui est couplé tant au circuit de refroidissement qu'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.



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.



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.



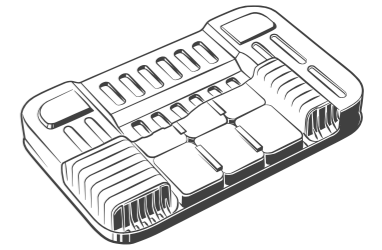
Thermostat

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



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, qui sont eux-mêmes composés de cellules. Les batteries HT sont généralement basées sur la technologie lithium-ion. Elles possèdent une haute densité d'énergie. La réaction chimique étant moins active, la performance des batteries HT diminue considérablement lorsque les températures sont négatives. 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/ réchauffeur 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.



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.



Refroidisseur 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. Pour le refroidissement indirect de la batterie, c'est du 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 tant au circuit de refroidissement qu'au circuit de climatisation.



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.



Compresseur de climatisation électrique

Le compresseur est à entraînement électrique haute tension, ce qui permet, d'une part, de climatiser le véhicule même moteur éteint, d'autre part, d'abaisser la température du liquide de refroidissement à l'aide de la climatisation.



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, dotées d'une régulation électronique intégrée, s'enclenchent en continu en fonction du refroidissement souhaité. Elles peuvent être utilisées comme pompes principales, pompes de dérivation ou pompes de circulation et travaillent indépendamment du moteur et en fonction des besoins.

Climatisation

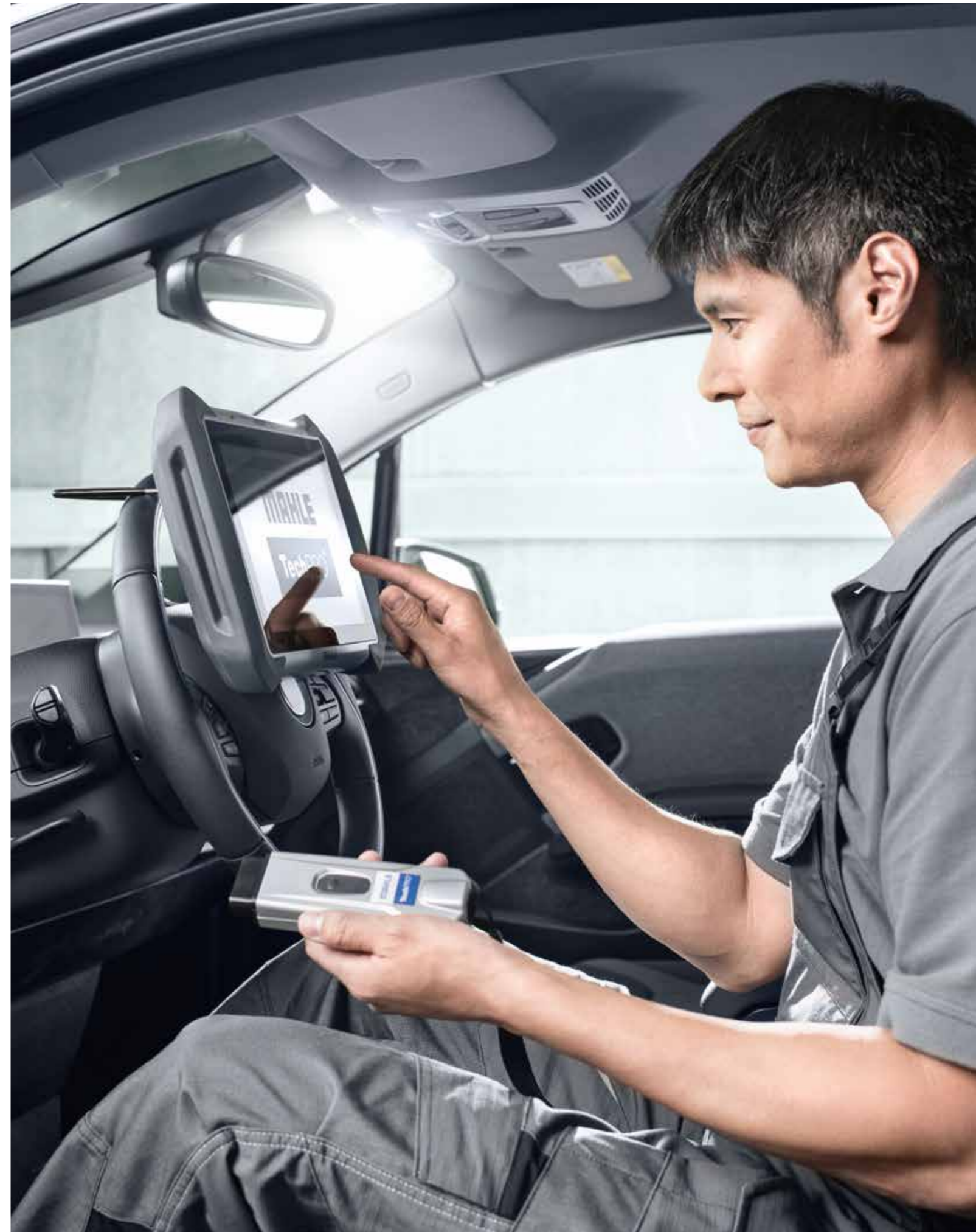
En raison de leur rendement élevé, les moteurs électriques ne rejettent que très peu de chaleur dans l'air lorsqu'ils sont en marche et pas de chaleur du tout à l'arrêt. Pour pouvoir chauffer la voiture ou dégivrer les vitres par temps froid, des chauffages additionnels sont donc nécessaires. Ceux-ci sont autant de consommateurs d'énergie supplémentaires, qui pèsent lourd dans la balance car 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 en sont une forme simple et efficace mais également très gourmande en énergie. C'est pourquoi, on fait désormais également appel aux

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.

pompes à chaleur, qui consomment peu d'énergie et peuvent 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 arrêts 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.

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 en 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 d'étendre toujours plus le rayon d'action des voitures électriques.



L'ABC des interventions sur les véhicules électriques et hybrides

Conseils pratiques

Les véhicules électriques et hybrides sont forcément équipés de composants haute tension, qui sont signalés par des autocollants d'avertissement. Quant aux câbles haute tension, ils sont de couleur orange, tous constructeurs confondus.

Suivez les directives du constructeur et nos conseils pour l'atelier !

Quelles précautions dois-je prendre en tant que salarié d'atelier ?

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.

Maintenance

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 un compresseur de climatisation, par exemple, doivent posséder l'habilitation correspondante (spécialiste des travaux sur les véhicules HT à sécurité intrinsèque).

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**

Remplacement de la batterie

La réparation ou le remplacement de composants sous 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.

La climatisation de l'habitacle

Principe

Pour les concepts d'entraînement courants avec moteur à combustion, la climatisation d'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 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.

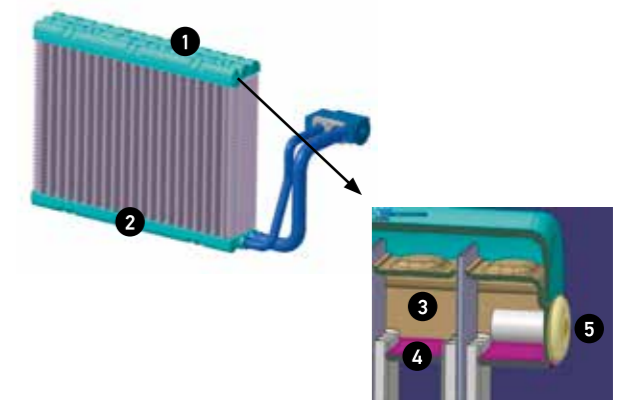
Lorsque le véhicule est à l'arrêt, le moteur est coupé et, par conséquent, le compresseur n'est pas entraîné. L'air chaud passant devant l'évaporateur refroidit, provoquant un échange thermique. Cet échange dure jusqu'à ce que le fluide latent ait entièrement fondu. Au redémarrage, le processus recommence, 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 d'air haute tension sont alors activés. Ils fonctionnent comme un sèche-cheveux : l'air aspiré de l'habitacle par le ventilateur se réchauffe au contact des éléments chauffants puis retourne dans l'habitacle.



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

Le compresseur de climatisation 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.

La gestion de la température de la batterie

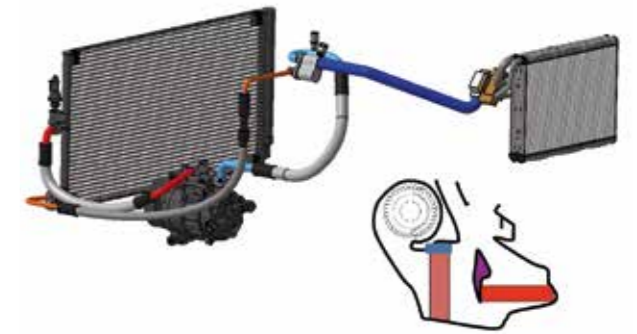
Comparatif

La gestion de la température de la batterie

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.

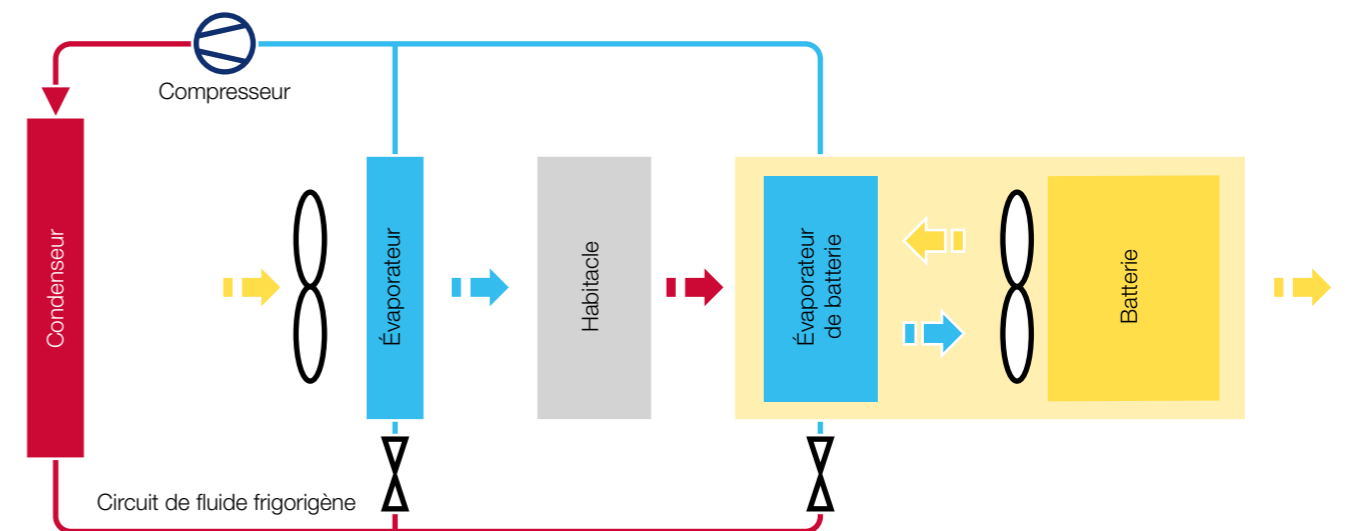
Les batteries doivent impérativement être exploitées dans une plage de température précise. À +40 °C, leur durée de vie diminue, alors qu'en dessous de 0 °C, elles perdent en énergie et en puissance. Par ailleurs, l'écart de température entre les différentes cellules ne doit pas dépasser une certaine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

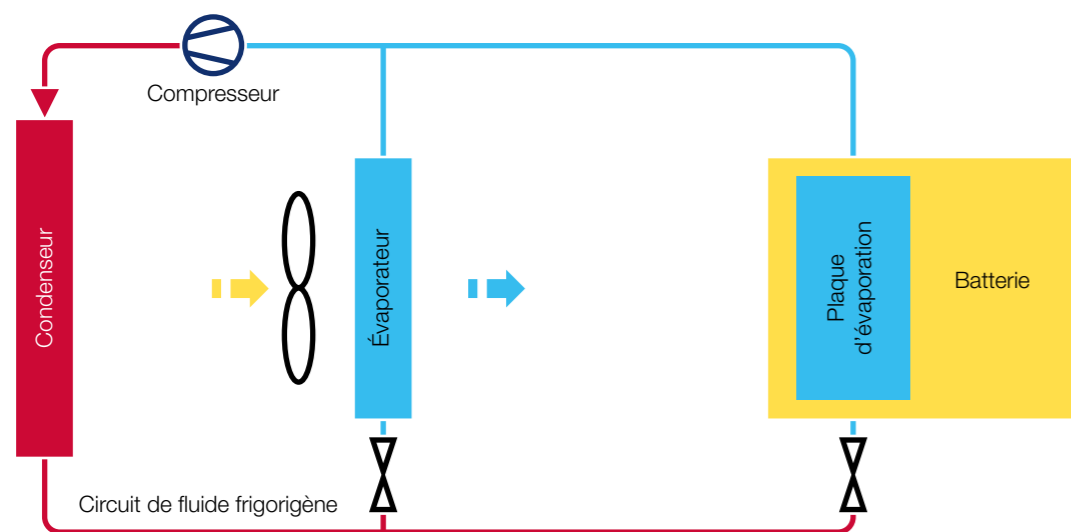
inférieure à +40 °C, circule autour des surfaces accessibles du pack de batterie.

Inconvénients de cette solution :

- La faible efficacité du refroidissement.
- L'air aspiré de l'habitacle ne permet pas une baisse uniforme de la température.
- La guidance 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.).
- À ne pas négliger non plus le risque de pénétration d'impuretés dans la batterie, l'air de l'habitacle contenant également de la poussière. Celle-ci 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. L'évaporateur d'habitacle et la plaque d'évaporation de la batterie, qui fonctionne comme un évaporateur classique, sont ainsi 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.

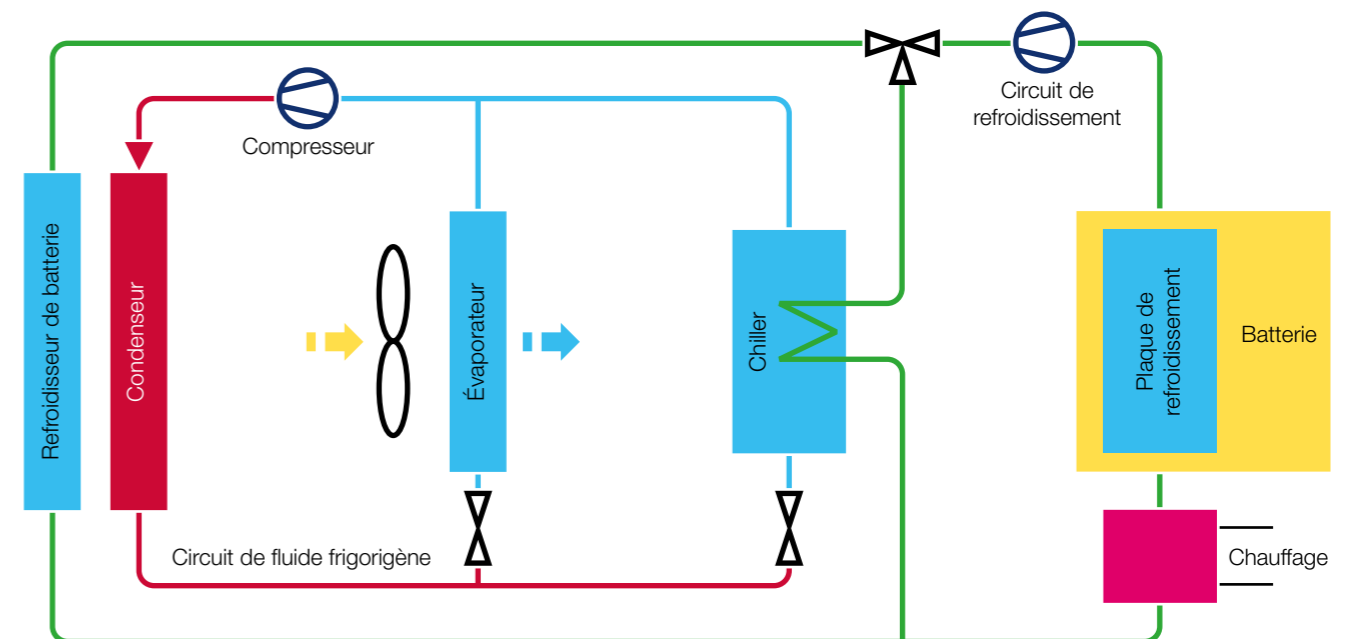
Tous ces besoins entraînent une régulation complexe de la quantité de fluide frigorigène évaporé. La forme particulière

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 à +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 ne serait toutefois d'aucun secours dans ce cas. Une batterie froide est moins performante qu'une batterie bien tempérée et ne peut presque plus être chargée à des températures largement négatives. 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, 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 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.

La 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 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.



Formations de gestion thermique proposées par MAHLE :

Apprentis, mécaniciens, maîtres mécaniciens ou ingénieurs... chacun trouvera une formation adaptée 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 intéressants et passionnants !

- Gestion thermique dans le moteur à explosion moderne
- Nouvelles technologies : potentiels et défis des moteurs modernes
- Certificat de compétence en climatisation

Conseils pour l'atelier

Entretien des véhicules électriques et 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 entreprises automobiles sont tenues 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.



Outillage pour les interventions sur le système haute tension

Dépannage, remorquage et enlèvement des véhicules électriques et hybrides

Les conducteurs et conductrices 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 le système HT. 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 protégeant contre les risques d'électrisation ou d'arc électrique soit très élevée, il n'y a pas de sécurité totale pour chaque sinistre. En cas de doute, il convient de se reporter aux informations données par le constructeur du véhicule.

À quoi puis-je reconnaître un véhicule équipé de systèmes 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 et les câbles orange
- Au marquage des composants HT (voir illustration)



Composants haute tension du compartiment moteur

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 Hochvoltsystemen » (anciennement BGI 8686). Tenez compte des spécificités locales).

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.



Sectionneur

Démarrage avec des câbles, remorquage et enlèvement : quelles précautions prendre ?

Démarrage avec des câbles

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

- 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 l'enlèvement des véhicules en toute sécurité, tenez compte de toutes les mesures décrites dans le chapitre « Assistance pour les voitures électriques en toute sécurité ».
- 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.

Comportement 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 les véhicules accidentés, prenez les mesures décrites au chapitre « L'ABC des 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) qui ont été 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.



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

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