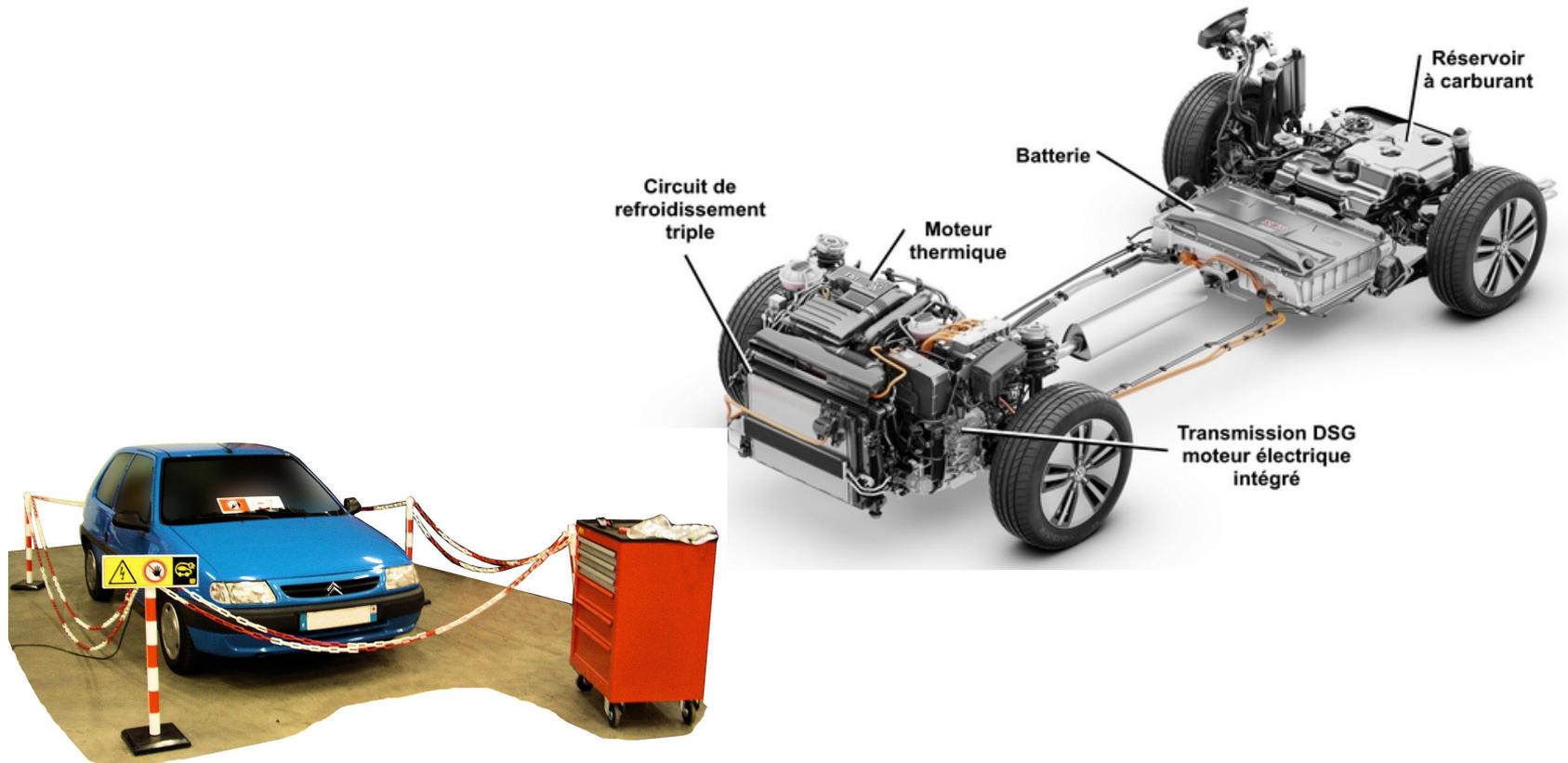


VEHICULES HYBRIDES & ELECTRIQUES



- **La lutte contre le réchauffement climatique impose une réduction de la production de gaz à effet de serre tel que le gaz carbonique CO2.**
- **Si le CO2 n'est pas le gaz qui a le PRP (pouvoir de réchauffement planétaire) le plus important c'est actuellement celui dont la production est la plus importante. Issue de la combustion des énergies fossiles (pétrole, charbon) la circulation automobile a une incidence importante sur les rejets de CO2.**
- **Pour réduire les rejets de gaz carbonique, les constructeurs automobiles jumellent une aide électrique à une motorisation thermique (hybride).**
- **Les véhicules purement électriques permettent d'entrer dans la catégorie ZE (zéro émission) mais les performances limitées des batteries induisent une autonomie réduite limitant l'intérêt de ces véhicules. Mais, en cinq ans, la densité énergétique des batteries a doublée ce qui rend les VE plus attractifs.**

VEHICULES ELECTRIQUES

- **Un véhicule électrique est équipé d'un (Renault ZOE) ou de plusieurs moteurs électriques (Tesla...).**
- **L'énergie est fournie par des accumulateurs permettant une autonomie moyenne de ~ 150 km.**
- **Grace à l'augmentation de la densité énergétique des batteries les constructeurs annoncent des autonomies de 300 à 400 km.**

VEHICULES ELECTRIQUES

Recharge à partir du secteur

- **La durée de charge dépend des caractéristiques du point de charge :**
 - **Charge lente.** De 7 à 10 h sur une prise 220v 16A (15h sur une prise 10A).
 - **Charge normale** De 4 à 6 h sur une borne publique ou une wallbox (domicile) d'une puissance de 3 à 7kw.
 - **Charge accélérée** Environ 1 h sur une borne publique ou une wallbox d'une puissance de 22kw.
 - **Charge rapide** Environ 30 minutes sur une station de recharge rapide délivrant une puissance de 43 à 53kw.

VEHICULES ELECTRIQUES

Prolongateur d'autonomie

- Afin de palier au défaut principal des VE, des constructeurs les équiper de prolongateur d'autonomie.
- Considérant qu'en Europe, 85% des automobilistes parcourent moins de 100km par jour, et qu'ils ne réaliseront que occasionnellement de grand trajet, il n'est pas forcément judicieux d'équiper un VE d'une grosse batterie qui prendra plus de temps pour être rechargée. Une batterie de capacité « moyenne » épaulée par un prolongateur d'autonomie peut améliorer la polyvalence d'un VE.
- Partant du principe que l'autonomie d'un VE est généralement suffisante pour les trajets quotidiens et que les grands déplacements ne sont qu'occasionnels, certains travaillent sur le développement de concept de prolongateur d'autonomie adaptable à tous VE non équipés et disponible en location ponctuelle. Ces concepts se présentent sous la forme de remorques équipées d'un petit moteur thermique accouplé à un générateur et doté d'électronique de commande.
- Un prolongateur d'autonomie peut être :
 - un moteur thermique qui entraîne un générateur ;
 - une pile à combustible ;
 - une micro-turbine pouvant consommer n'importe quel carburant (kérosène, essence, alcool, gazole...) entraînant un générateur.

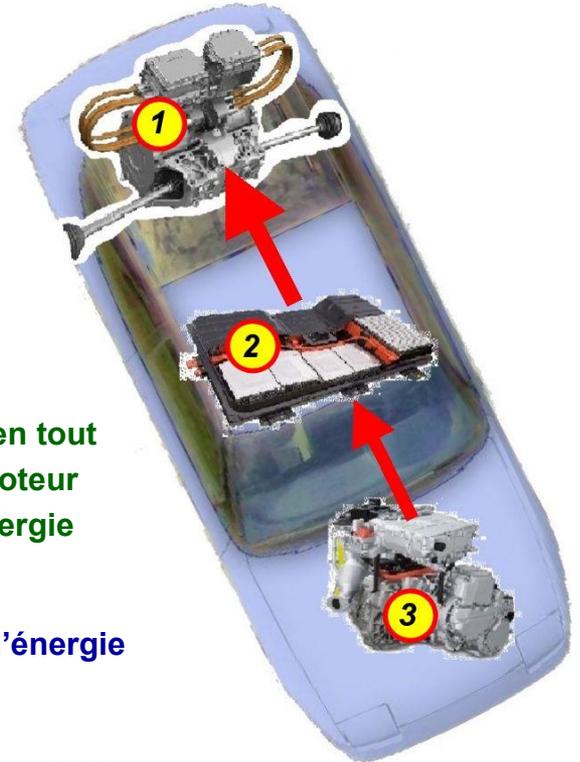
VEHICULES HYBRIDES

- **Les véhicules hybrides conjuguent deux motorisations et deux sources d'énergie :**
 - Une motorisation thermique essence ou diesel ;
 - Une motorisation électrique
- **Différents mode de fonctionnement peuvent être utilisés :**
 - **Mode thermique où seul le moteur thermique est utilisé ;**
 - **Mode combinant thermique et électrique. Le moteur électrique peut servir de soutien au moteur thermique ou pour obtenir un maximum de puissance.**
 - **Mode électrique seul. Un véhicule hybride utilise une batterie de faible capacité limitant l'autonomie en mode ZE à quelques kilomètres.**
 - **La technologie hybride rechargeable (plug-in) intègre une batterie de plus forte capacité autorisant une autonomie de 20 à 50 km environ.**

VEHICULES HYBRIDES

Hybride série

- Dans un véhicule hybride série, la mobilité est toujours réalisée par le moteur électrique « 1 ». Le moteur thermique entraîne un générateur « 3 » qui alimente les batteries « 2 ».
- Les batteries alimentent le moteur électrique. L'ensemble forme une chaîne en série.
- L'ensemble moteur thermique / générateur est appelé prolongateur d'autonomie.
- La capacité limitée des batteries ne permet qu'une faible autonomie en tout électrique. Le moteur thermique va fournir l'énergie nécessaire au moteur électrique et éventuellement recharger la batterie si la demande d'énergie motrice est faible (roulage en palier).
- En décélération, le « freinage régénératif » assure une récupération d'énergie qui recharge la batterie de traction.
- Un convertisseur AC/DC permet la circulation du courant dans les deux sens :
 - de la batterie vers le moteur électrique pendant l'accélération, le roulage ;
 - du moteur électrique vers la batterie lors de la récupération d'énergie en décélération.



VEHICULES HYBRIDES

Avantages

- La traction électrique permet de se passer des organes de transmission (embrayage, boîte e vitesses...) entraînant moins de perte, plus de silence, maintenance moins couteuse.
- Le moteur thermique peut être utilisé en régime stabilisé facilitant sa dépollution. Sa cylindrée et sa puissance peuvent être limitées du fait de sa seule fonction de charge des batteries.

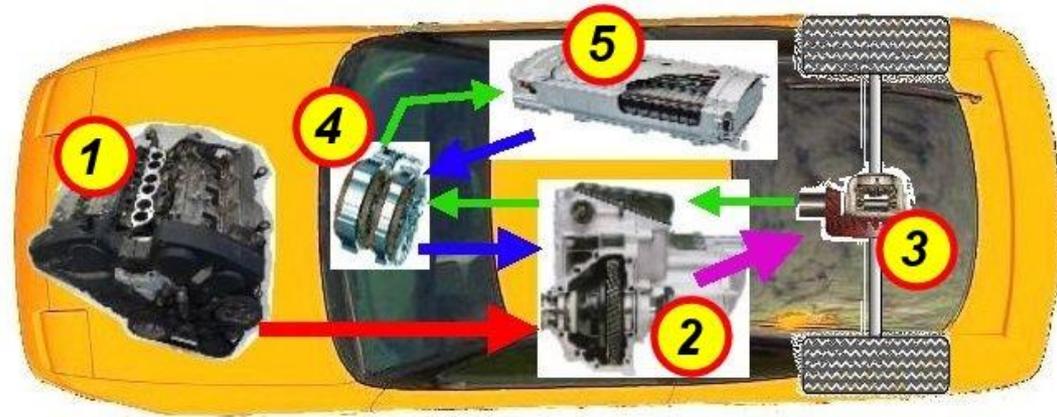
Inconvénients

- Autonomie limitée (~60km) en mode électrique.
- Poids.

VEHICULES HYBRIDES

Hybride parallèle

- Le véhicule présente une chaîne de traction classique (moteur thermique (1), embrayage, boîte de vitesses (2) à laquelle on adjoint un moteur électrique (4).
- L'énergie motrice provient du moteur thermique (1). Le moteur électrique (4) va soutenir le moteur thermique pendant les phases d'accélération et de demande de puissance ce qui permettra un gain en consommation (<20%).
- Le moteur électrique remplace le démarreur ; il assure le démarrage du moteur thermique, il assure aussi la fonction « stop & start » lors des arrêts aux feux, dans les embouteillages... lors des décélérations, le moteur électrique devient générateur ce qui recharge la batterie de traction.
- L'autonomie en tout électrique est faible car les batteries (5) ont des capacités limitées par le fait qu'elles ne se rechargent que pendant les phases de décélération ou de freinage.
- L'alliance de moteur thermique de fortes puissance et de moteur électrique également permet d'obtenir des véhicules de très hautes performances à la consommation maîtrisée rejetant peu de gaz carbonique.



Fonctionnement 100 % électrique (démarrage, vitesse faible...)
Fonctionnement hybride (accélération, demande de puissance)
Récupération d'énergie en décélération (freinage régénératif)

VEHICULES HYBRIDES

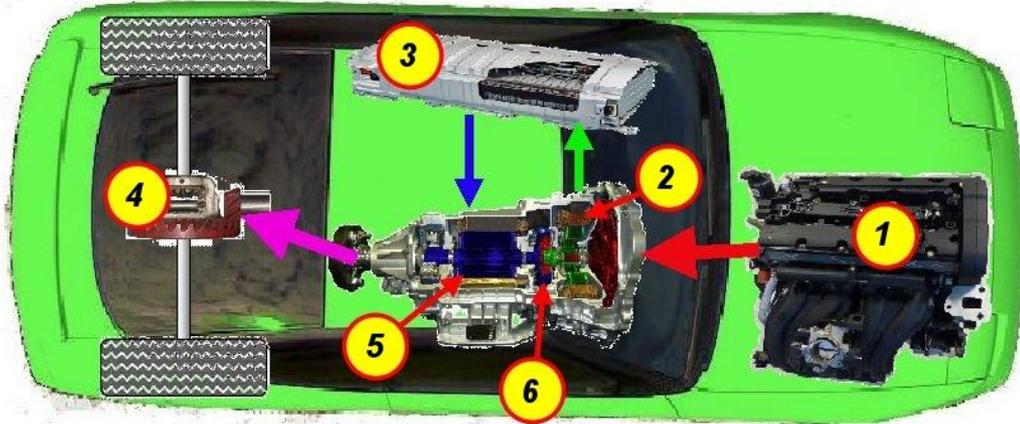
Hybride mixte

- **Le principe de fonctionnement général est identique à celui d'un hybride parallèle. L'hybride mixte série / parallèle présente les avantages des deux modes.**
- **Le moteur thermique peut entraîner la transmission mécanique soutenu par le moteur électrique. Il peut aussi recharger la batterie de traction.**

VEHICULES HYBRIDES

Réalisation

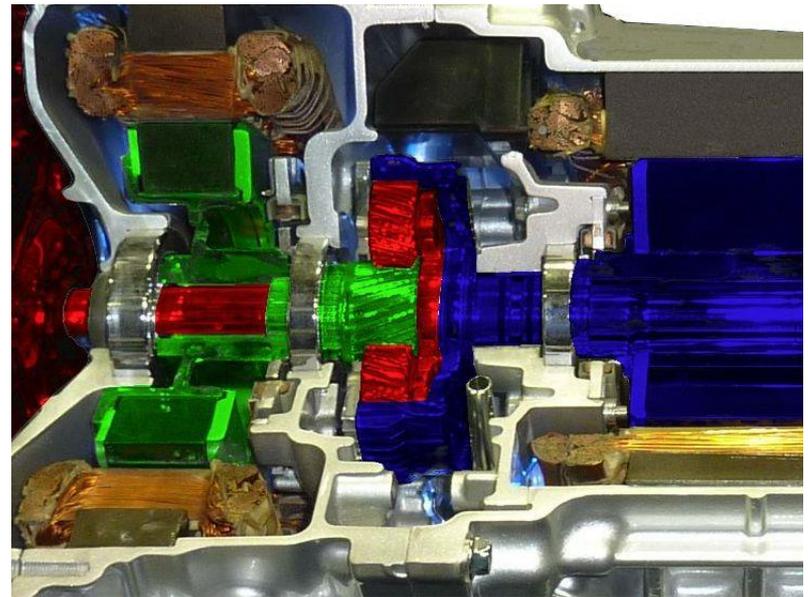
- Un moteur thermique (1)
- Un moteur électrique (5)
- Un générateur électrique (2)
- Un train épicycloïdal (6)
- Une batterie (3)
- Un différentiel (4)



VEHICULES HYBRIDES

Fonctionnement

- **Le moteur thermique entraîne le porte-satellites du train épicycloïdal**
- **Le moteur électrique entraîne la transmission et est relié à la couronne du train épicycloïdal**
- **Le planétaire du train épicycloïdal entraîne le générateur**



VEHICULES HYBRIDES

Hybride rechargeable

- Les hybrides « plug-in » possèdent des batteries de plus grande capacité (8 à 11kwh).
- L'autonomie en traction électrique peut aller de 20 à 45 km environ, la vitesse de pointe atteindre 130kmh. Quand cette vitesse est dépassée ainsi que quand la batterie est déchargée, le moteur thermique prend le relai est assure la motricité.
- La capacité plus élevée des batteries ne permet pas leur recharge intégrale par les seules phases de récupération d'énergie lors des décélérations et du freinage.
- Comme les véhicules électriques, la recharge s'effectue à partir d'une borne de recharge publique ou domestique.

VEHICULES HYBRIDES

Hybride assist RENAULT

- La proposition de Renault consiste en une motorisation diesel DCI 110 cv accompagnée d'un moteur électrique de 10kw sous 48V relié au moteur thermique par la courroie d'accessoire.
- La tension réduite limitant la puissance de la machine électrique ne permet pas une motricité 100 % électrique.
- Ce moteur électrique va assisté le moteur thermique lors des démarrages et des phases d'accélération.
- Un gain de 10% en consommation peut être espéré. Les rejets de CO2 se limitent à 92g/km au lieu des 100g/km d'un DCI 110 classique.

BATTERIES DE TRACTION

Batteries au plomb

Batteries classiquement utilisées en automobile pour assurer le démarrage du moteur et les fonctions électriques d'un véhicule. La tension d'un élément est de 2,1V et l'énergie massique de 30 à 50 Wh/kg.

Les chariots élévateurs électriques utilisent des batteries au plomb, composées d'éléments de ~2V de 500 à 1000 Ah de capacité branchés en série pour obtenir la tension désirée.



Avantages

-Faible coût.

Inconvénients

- Poids (paramètre peu gênant pour un chariot élévateur)*
- Autonomie faible*
- Durée de vie*

BATTERIES DE TRACTION

Batteries Cadmium – Nickel (Ni-Cd)

Batteries équipant les véhicules électriques dans les années 1990 (106, Saxo, kangoo...)
La tension d'un élément est de 1,2V et l'énergie massique de 45 à 80 Wh/kg. Ces batteries doivent être refroidies pour garantir leur durée de vie.

Avantages

- Légèreté*
- Durée de vie plus longue que les batteries au plomb*

Inconvénients

- Coût élevé*
- Effet mémoire*
- Utilisation de cadmium hautement toxique*

BATTERIES DE TRACTION

Batterie Nickel Métal Hydrure (NI-Mh)

Batterie remplaçant les Ni-Cd. De même base que les Ni-Cd, les Ni-Mh sont plus légères, plus puissante et plus chères (utilisation de métaux rares). N'utilisant pas de Cadmium, elles sont moins polluantes.

La tension d'un élément est de 1,2V et l'énergie massique de 60 à 90 Wh/kg.

La réaction chimique génératrice de courant entraîne une élévation de température des éléments Ni-Mh en cours de charge. L'échauffement est proportionnel à l'intensité du courant de charge. Ces batteries doivent être refroidies.



Avantages

- Légèreté
- Pas d'effet mémoire

Inconvénients

- Couteuses
- Autodécharge importante

BATTERIES DE TRACTION

Batteries Lithium – ion (Li-ion)

La tension d'un élément varie entre 3 et 3,7V et l'énergie massique de 150 à 200Wh/kg. N'ayant pas d'effet mémoire, les batteries Li-ion peuvent être rechargées n'importe quand, mais, il est préférable d'attendre que le niveau de charge restant soit faible.

Ces batteries sont de plus en plus utilisées sur les véhicules électriques, mais présentent des problèmes de sécurité :

-En cas de fuite d'électrolyte, si au contact de l'air et de l'eau, il peut se former de l'acide fluorhydrique. En présence de fuite, le port d'EPI est recommandé, les fuites devront être neutralisées par l'épandage d'un absorbant adapté. Un contact avec la peau peut provoquer des lésions chimiques graves, un avis médical d'urgence est recommandé.

-Les batteries Lithium-ion présentent, également, un risque important d'inflammation dû à l'emballement thermique des cellules. Ces batteries sont équipées d'un BMS (Battery Management System) pilotant les batteries, évitant les surcharges et atténuant les courts circuits provoqués par des chocs.

-Le transport et le conditionnement de ces batteries sont soumis à une réglementation spécifique des matières dangereuses.



Avantages

- Pas d'effet mémoire
- Energie massique importante
- Faible autodécharge

Inconvénients

- Risque d'explosion si toutes les conditions de sécurité ne sont pas respectées.

BATTERIES DE TRACTION

Batteries Lithium – polymère (Li-Po)

Ces batteries sont une évolution des Li-ion. L'électrolyte liquide a été remplacé par un électrolyte solide (gélifié) supprimant les risques de fuite et tout danger lié au contact accidentel avec des produits dangereux. Mais, elles restent sensible à la surcharge (risque d'explosion) et doivent être équipées d'un BMS pour assurer la sécurité.

La tension d'un élément est de 3,7V et l'énergie massique de 150 à 190 Wh/kg.



Avantages

- Batteries pouvant prendre des formes variées facilitant leur intégration.*
- Faible poids*
- Plus sûre que les batteries Li-ion*

Inconvénients

- Plus coûteuse que les Li-ion*
- Risque d'inflammation en cas de surcharge*
- Mauvais fonctionnement en dessous de 0°C*

BATTERIES DE TRACTION

Batteries Lithium-métal-hydrure (LMP)

La technologie de ces batteries est détenue par un groupe Français. Elles équipent les voitures « Autolib » à Paris, Bluecar, Bluesummer et E-Méhari. De constitution entièrement solide, les batteries LMP ne pas de risque d'explosion.

La tension d'un élément est de 3V et la densité énergétique de ~110 Wh/kg.

Sans effet mémoire, ces batteries se rechargent n'importe quand. Pour obtenir un fonctionnement optimal, les batteries LMP doivent rester à une température élevée de ~80C. Elles intègrent un système électrique de maintien en température qui consomme de l'énergie et vide rapidement la batterie même quand le véhicule ne roule pas. Il faudra plusieurs heures pour que la batterie atteigne sa température de fonctionnement. Il est donc nécessaire de laisser branché le véhicule ne stationnement, ce qui consomme de l'énergie et limite l'intérêt écologique de cette technologie.



Avantages

- Pas d'effet mémoire
- Pas de risque d'explosion car entièrement solide
- Pas de composants toxique

Inconvénients

- Fonctionnement à température élevée
- Nécessite de rester branchée quand le véhicule ne roule pas

Hivernage

Pour les E-Méhari, dont la vocation est plus celle d'un véhicule de loisir utilisé ponctuellement, un mode « hivernage » a été développé. Dans ce mode, la voiture n'est pas branchée, la consommation d'énergie de la batterie est réduite au minimum ; la batterie refroidie. La durée de l'hivernage est limité à 4 mois maximum. Pour la remise en service, une fois la batterie rebranchée sur le secteur, un temps de chauffe de 4 à 5h est nécessaire avant que la charge de la batterie reprenne.

BATTERIES DE TRACTION

Batterie management system

- Le BMS permet un contrôle en temps réel du fonctionnement de chaque cellule d'une batterie.

<i>Le BMS surveille :</i>	
<ul style="list-style-type: none">- la tension des cellules et la tension totale- la température (moyenne, des cellules...)- l'état de charge	<ul style="list-style-type: none">- l'état de santé de la batterie- débit de réfrigérant- courant (dans et hors de la batterie)
<i>Le BMS assure le suivi de données :</i>	<i>Le BMS empêche le fonctionnement de la batterie en cas :</i>
<ul style="list-style-type: none">- courant de charge maxi- courant de décharge maxi...	<ul style="list-style-type: none">- <i>de surintensité</i>- <i>de surtension (charge)</i>- <i>de sous-tension (décharge)</i>- <i>de surchauffe</i>- <i>de sous température.</i>

BATTERIES DE TRACTION

Refroidissement

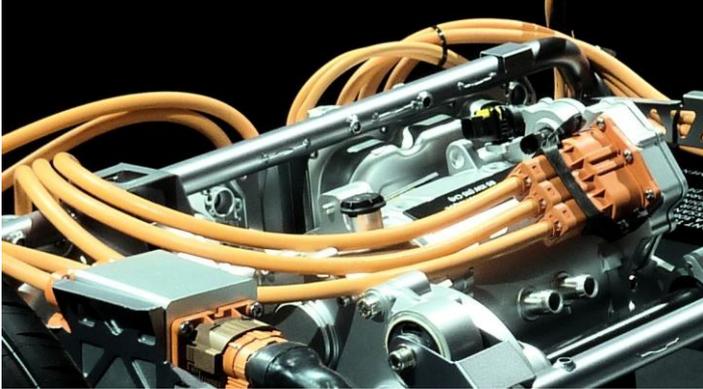
- Pour surveiller la température des accumulateurs, le BMS utilise des capteurs de température répartis sur la batterie.
- Si besoin, le BMS commande un système de refroidissement :
 - circulation d'air
 - circulation de liquide de refroidissement
 - fluide frigorigène du circuit de climatisation...

Réchauffement

- En cas de température faible, le BMS informe le calculateur gérant le moteur électrique que la puissance disponible est réduite.
- Le calculateur limite le courant fourni au moteur électrique afin de rester dans la zone de fonctionnement correct de la batterie.
- Bien que limité, le courant est important et, en circulant, réchauffe la batterie.

BATTERIES DE TRACTION

Câble haute tension

- Afin d'alerter sur les dangers inhérents aux tensions et intensités élevées parcourant les circuits de traction et de recharge des véhicules électriques et hybrides, les câbles « haute tension » (tension supérieure à 60V en courant continu ou 30V en courant alternatif) sont identifiables à leur couleur orange.
- 
- Cela permet de les différencier du circuit 12V de la batterie de servitude.
 - Pour les protéger des frottements et autres contraintes mécaniques, les câbles « HT » peuvent être placés dans une gaine annelée orange.
 - Le câblage des alternos/démarrateurs utilisés dans les circuits « stop & start » est également de couleur orange.

MODES DE CHARGE

- Différents types de prises et différents modes de charge existent. Ils définissent la façon dont le véhicule et l'installation communiquent. Cette communication est nécessaire pour assurer la sécurité de la recharge notamment en cas de charge rapide en courant élevé.

Récupération d'énergie

- Lorsqu'un conducteur relâche l'accélérateur, phase de décélération, descente, c'est l'énergie cinétique emmagasinée qui continue à propulser le véhicule.
- C'est alors la transmission qui entraîne le moteur électrique, celui-ci devient générateur, rechargeant partiellement la batterie et créant un freinage électrique.
- La recharge par récupération d'énergie permet de regagner ~20% d'autonomie.
- L'efficacité de cette recharge est très variable en fonction du profil de la route, de la façon de conduire, du niveau de charge de la batterie.
- Si la batterie est "pleine", la fonction est inopérante.

MODES DE CHARGE

Recharge statique mode 1



- **Prise 2P+T standard.**
- **Intensité de charge limitée à 8A par sécurité.**
- **Temps de charge : 8 à 12h.**
- **Mode non préconisé.**

MODES DE CHARGE

Recharge statique mode 2



- **Prise 2P+T standard ou 2P+T dédiée.**
- **Le câble comporte un boîtier de contrôle qui permet la communication entre l'installation et le véhicule.**
- **Puissance 1,8kw / 8A maxi (prise standard), 3,7kw / 14A maxi (prise dédiée).**
- **Temps de charge : 8 à 12h.**
- **Charge lente occasionnelle.**

MODES DE CHARGE

Recharge statique mode 3



- **Borne de recharge. Le câble de charge est solidaire de la borne.**
- **Le boîtier contrôle de charge, intégré à la borne, assure la communication avec le véhicule.**
- **Puissance 3,7kw / 16A monophasé ; 22kw / 32A triphasé.**
- **Temps de charge : 1 à 8h.**
- **Charge normale et accéléré quotidienne.**

MODES DE CHARGE

Recharge statique mode 4



- Charge en courant continu.
- Station de charge. Le câble de charge est solidaire de la station.
- Puissance 50kw / 120A.
- Temps de charge : 20 à 30min.
- Charge rapide occasionnelle.

TYPES DE PRISES

Prise domestique

- **Prise coté infrastructure.**
- **Mode 1 et 2 de charge.**
- **Puissance 3kw monophasé.**
- **Le câble de charge intègre un boîtier de contrôle pour la charge en mode 2.**



Prise type 1

- **Prise coté véhicule (câble solidaire de la borne de charge).**
- **Puissance : 3 à 7kw.**
- **Mode 3 de charge.**



Prise type 2

- **Prise coté véhicule (câble solidaire de la borne de charge)**
- **Puissance : 3 à 43kw AC triphasé.**
- **Mode 3 de charge.**
- **Prise sélectionnée comme standard européen.**



TYPES DE PRISES

Prise type 3

- Prise coté véhicule.
- Puissance : 3 à 22kw AC triphasé.
- Mode 3 de charge.
- La prise 2 ayant été choisie comme standard européen, la prise 3 n'est quasiment plus utilisée.



Prise type 4 (chademo)

- Prise coté véhicule.
- Puissance 50kw DC.
- Mode 4 de charge.



Prise type 4 (combo)

- Prise choisie comme standard européen
- Puissance 50kw DC.
- Mode 4 de charge.

