

# TECHNOLOGIE HYBRIDE



## ▼ DANS CETTE ÉDITION

INTRODUCTION

2

DÉFINITION D'UN  
VÉHICULE HYBRIDE

2

CLASSIFICATION SELON  
SON FONCTIONNEMENT

3

CLASSIFICATION  
STRUCTURELLE

8

STRUCTURE AVEC  
MOTEUR DIESEL

11

BATTERIE HAUTE  
TENSION

11

CONVERTISSEUR DE  
PUISSANCE

13

SYSTÈMES DE TRAC-  
TION POUR VÉHICU-  
LES HYBRIDES

13

SYSTÈME DE  
CLIMATISATION

14

SYSTÈME DE  
FREINAGE

15

SYSTÈME AVEC GPL

16

SYSTÈME AVEC GNC

17

PANNES COURANTES

18

NOTES TECHNIQUES

19

# INTRODUCTION

## Pourquoi un véhicule hybride ?

Le but de la combinaison d'un moteur thermique avec un moteur électrique est de parvenir à une plus grande efficacité, puisque le système électrique peut accumuler l'énergie des freinages sous forme d'électricité et l'accumuler dans une batterie.

Dans les véhicules à moteur thermique, cette énergie est quant à elle perdue sous forme de chaleur provenant du frottement entre les plaquettes de frein et les disques, en plus de la chaleur générée par le frottement des pièces mobiles du moteur thermique quand il retient le véhicule lors de la décélération.

L'énergie électrique accumulée dans la batterie provenant des freinages servira à assurer la traction lors de l'accélération.

Cette stratégie de fonctionnement permet d'économiser l'énergie, en particulier lorsque les conditions de conduite requièrent de multiples décéléérations et accélérations (circulation dans un trafic intense, avec des feux de signalisation, ronds-points, etc.). Cependant, elle cesse d'être bénéfique à une vitesse constante dans une phase de conduite à plat, sans dénivellation.

D'autre part, l'augmentation du prix du carburant, les niveaux de pollution et les nouveaux protocoles pour les épisodes de forte pollution dans les grandes villes, qui interdisent la circulation des véhicules les plus polluants



dans le centre-ville, font que de nombreux utilisateurs optent pour l'achat des véhicules plus respectueux de l'environnement.

## Avantages

- Ils fonctionnent avec les carburants présents dans toute station à essence.
- Consommation plus faible en mode urbain.
- Faibles émissions polluantes.
- Efficaces en ville.
- Plus silencieux par rapport à un véhicule à moteur à combustion interne.
- Récupération de l'énergie de freinage.
- La garantie du moteur électrique et la batterie est bien au-dessus du moteur à combustion interne.

## Inconvénients

- Le prix est plus élevé par rapport à un véhicule à moteur à combustion interne.
- La réparation doit être effectuée par des techniciens spécialisés.
- Les batteries ont un impact environnemental significatif si elles ne sont pas correctement recyclées.
- Les réparations du système électrique ont un coût supplémentaire.
- Offre de véhicules limitée.

## DÉFINITION D'UN VÉHICULE HYBRIDE

Une machine ou un véhicule hybride est celui qui utilise deux technologies différentes pour fonctionner. En général, les véhicules hybrides sont équipés de deux types de moteurs devant participer au système d'entraînement et de traction. Ils sont d'ailleurs capables de produire de l'énergie à partir de la décélération du véhicule pour l'accumuler.

Dans la plupart des cas, un moteur thermique est associé à un moteur électrique. L'objectif du moteur thermique est de fournir de la puissance au système de traction en augmentant la vitesse du véhicule lorsqu'il est



déjà lancé, alors que le moteur électrique est chargé de fournir le couple et sa mission est de commencer l'accélération du véhicule à partir de zéro. Bien que le véhicule hybride soit actuellement en plein essor, il faut rappeler que cette idée technologique est aussi vieille que l'histoire de l'automobile elle-même. Le premier véhicule hybride trouvé est apparu en 1900. Il s'agit de la Lohner-Porsche Mixte Hybride qui était équipée d'un moteur électrique sur chaque roue avant tandis que les roues arrière étaient alimentées par un moteur à explosion.



En outre, il existe aussi des véhicules à carburant hybrides. Ces véhicules sont équipés d'un moteur à combustion interne qui peut utiliser deux types de carburant pour faire fonctionner le moteur, comme le GPL (Gaz de pétrole liquéfié) et le GNC (Gaz naturel comprimé).

Ces véhicules peuvent être équipés de série avec le système de carburant hybride ou une modification peut être réalisée dans un garage agréé. Selon le type de combustion de gaz, un moteur à essence sur lequel est installée une rampe d'injection dans le collecteur d'admission est utilisé.

La grande caractéristique est qu'ils ont deux réservoirs de carburant indépendants, un pour l'essence et un pour le gaz. Ils ont aussi deux buses pour le plein de carburant.



## CLASSIFICATION SELON SON FONCTIONNEMENT

Les constructeurs automobiles ont choisi différentes lignes technologiques en fonction du degré d'intégration électrique incorporée dans leurs véhicules. Ces différentes lignes technologiques dépendent du coût et de la complexité des systèmes utilisés. Fondamentalement, les variantes hybrides peuvent être classées selon la tension de fonctionnement de la batterie et de sa capacité, et donc des fonctions qu'elles sont en mesure de fournir au groupe moto-propulseur et au système de gestion d'énergie.

Selon ces critères, elles peuvent être classées en :

- Micro-hybrides (Micro Hybrids).
- Semi-hybrides (Mild hybrids).
- Full hybrides (Full hybrids).
- Hybrides rechargeables (Plug-in Hybrids).

Le degré d'intégration électrique est déterminé en fonction de si les véhicules sont équipés ou non des fonctions suivantes :

- Start-Stop.
- Freinage régénératif.
- Assistance électrique.
- Traction 100 % électrique
- Charge externe de la batterie.

Type	Start-Stop	Freinage régénératif	Assistance électrique	Traction 100 % électrique	Charge externe de la batterie
Micro-hybride	Oui	Oui	Non	Non	Non
Semi-hybride	Oui	Oui	Oui	Non	Non
Full Hybride	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Hybride rechargeable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui



## Micro-hybrides (Micro Hybrids)

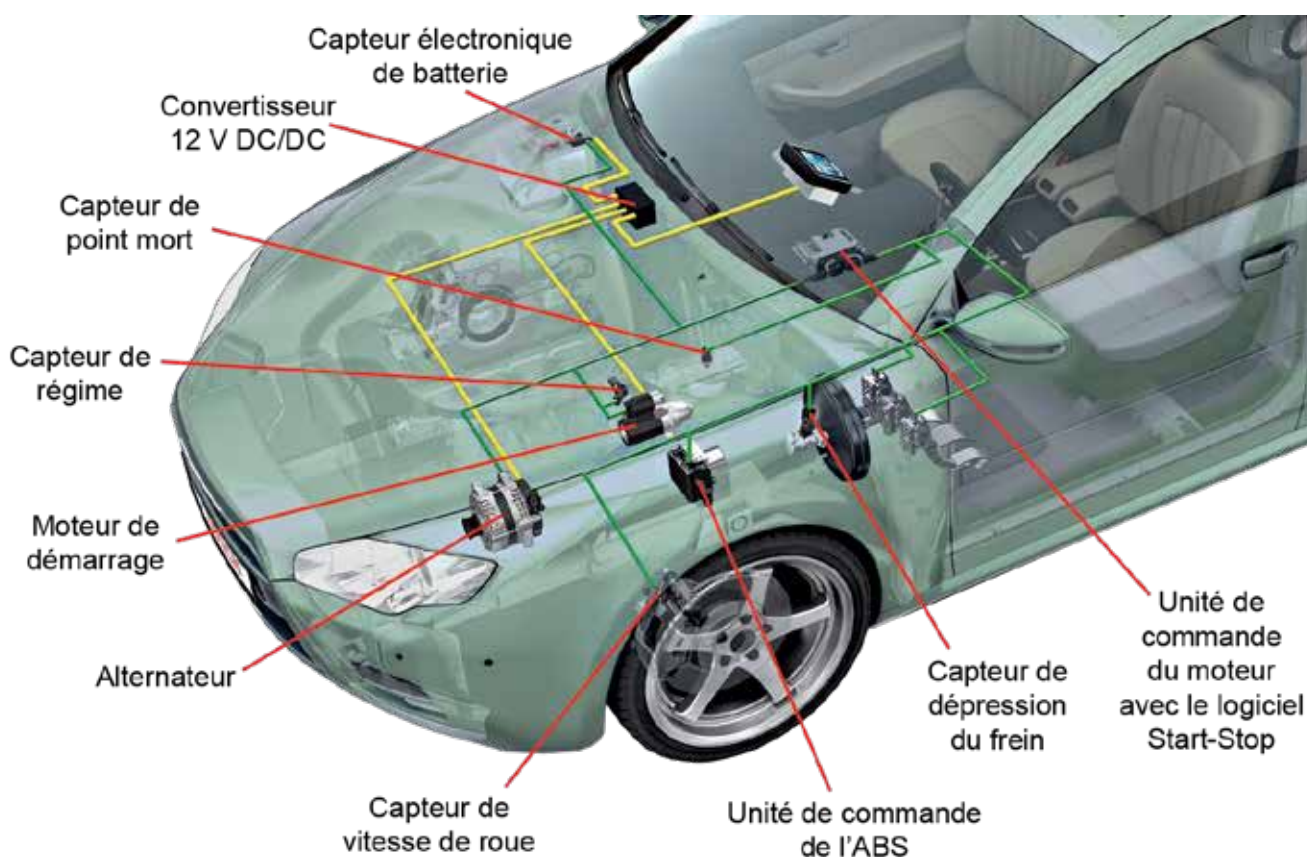
Les exigences de la réglementation anti-pollution ont fortement influencé les fabricants à équiper les véhicules d'un système de démarrage et d'arrêt automatique afin de réduire la consommation de carburant et les émissions polluantes dans les zones urbaines.

La micro-hybridation est la formule technologique la moins chère et la plus généralisée qu'intègrent les fabricants dans la plupart de leurs véhicules à partir de 2010. Le système d'énergie profite du réseau électrique à basse tension de 12 volts, mais incorpore des batteries de technologie VRLA de type AGM, équipée d'une plus grande capacité d'énergie capable de supporter un plus grand nombre de démarrages. Les véhicules micro-hybrides ont un système de stratégie de charge qui tire principalement parti des décélérations du véhicule pour que

l'alternateur régénère la charge de la batterie sans réduire la puissance du moteur thermique lors de l'accélération.

De plus, la gestion de l'énergie électrique doit assurer le démarrage automatique du moteur thermique selon les différentes conditions de fonctionnement. Les principales caractéristiques des véhicules hybrides micro sont :

- Démarrage et arrêt automatique.
- Régénération pendant les freinages.



## Semi-hybrides (Mild hybrids)

Il s'agit d'aller plus loin en partant de la ligne technologique des systèmes Start-Stop sans trop faire augmenter le prix du véhicule.

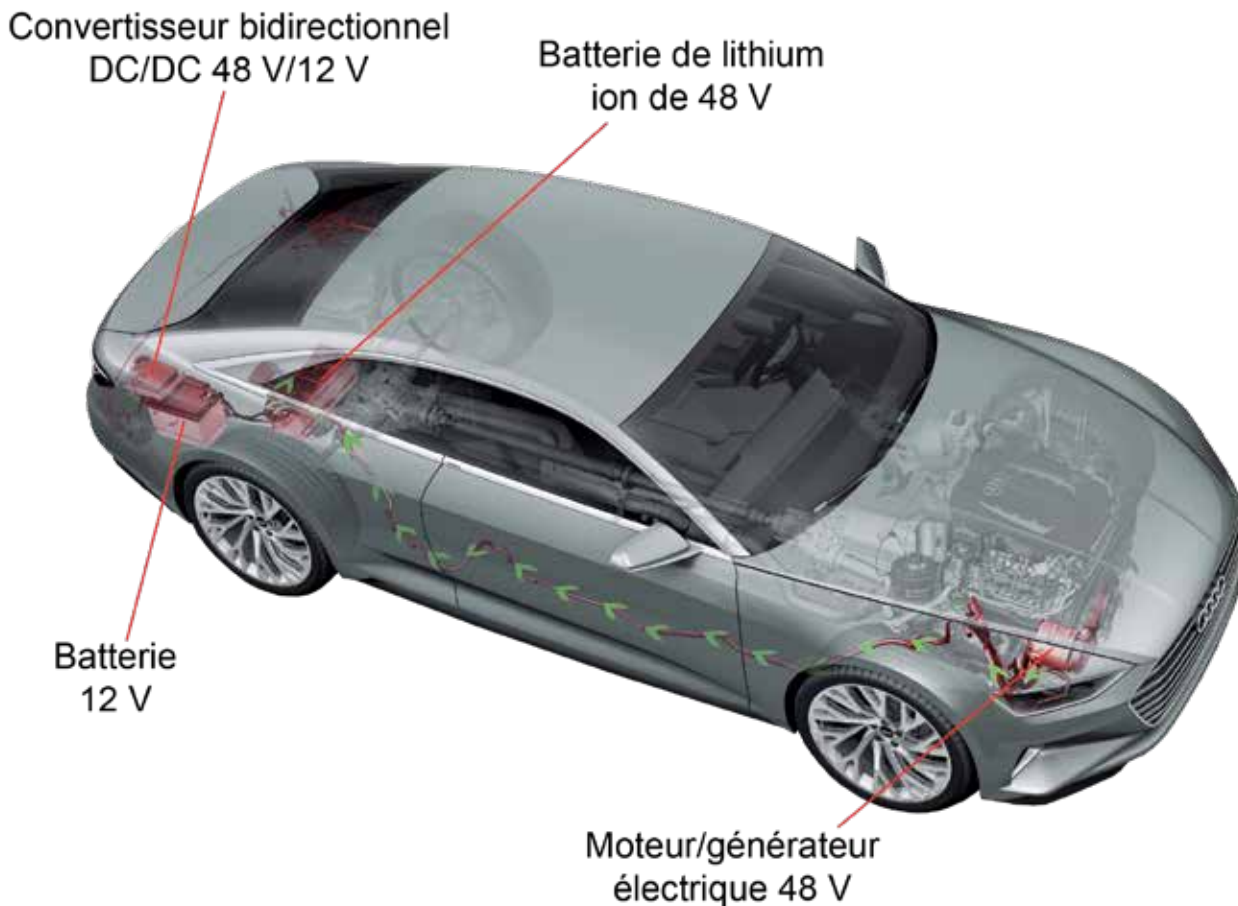
Normalement, un alternateur réversible ou moteur/générateur intégré est incorporé dans le système de transmission du véhicule. Cela permet non seulement de démarrer le moteur thermique et de régénérer la traction charge de la batterie, mais aussi de fournir un degré d'assistance de celui-ci au cours des premiers démarrages.

Pour soutenir cette assistance, le réseau électrique de 12 volts du véhicule classique est insuffisant. Par conséquent, des fabricants comme Valeo et Bosch ont décidé d'incorporer un autre réseau électrique à 42-48 volts avec une batterie de lithium-ion de capacité supérieure pour alimenter directement le moteur/générateur électrique. En outre, un

convertisseur CC-CC baisse la tension à 12 volts pour charger la batterie conventionnelle et alimenter les autres consommateurs du réseau électrique du véhicule.

Dans ce cas, le moteur/générateur n'a pas assez de force pour déplacer lui seul l'ensemble du véhicule, mais il obtient un degré d'assistance qui permet de réduire la consommation de carburant et les émissions polluantes jusqu'à 15 %. Les principales fonctions des véhicules de semi-hybrides sont :

- Démarrage et arrêt automatique.
- Régénération pendant les freinages.
- Assistance lors des démarrages et des accélérations initiales.



## Full hybrides (Full hybrids)

Ils se caractérisent par leur batterie haute tension d'une capacité d'énergie suffisante pour propulser le véhicule au moyen d'un moteur électrique de traction, mais soumis à des conditions d'utilisation réduites.

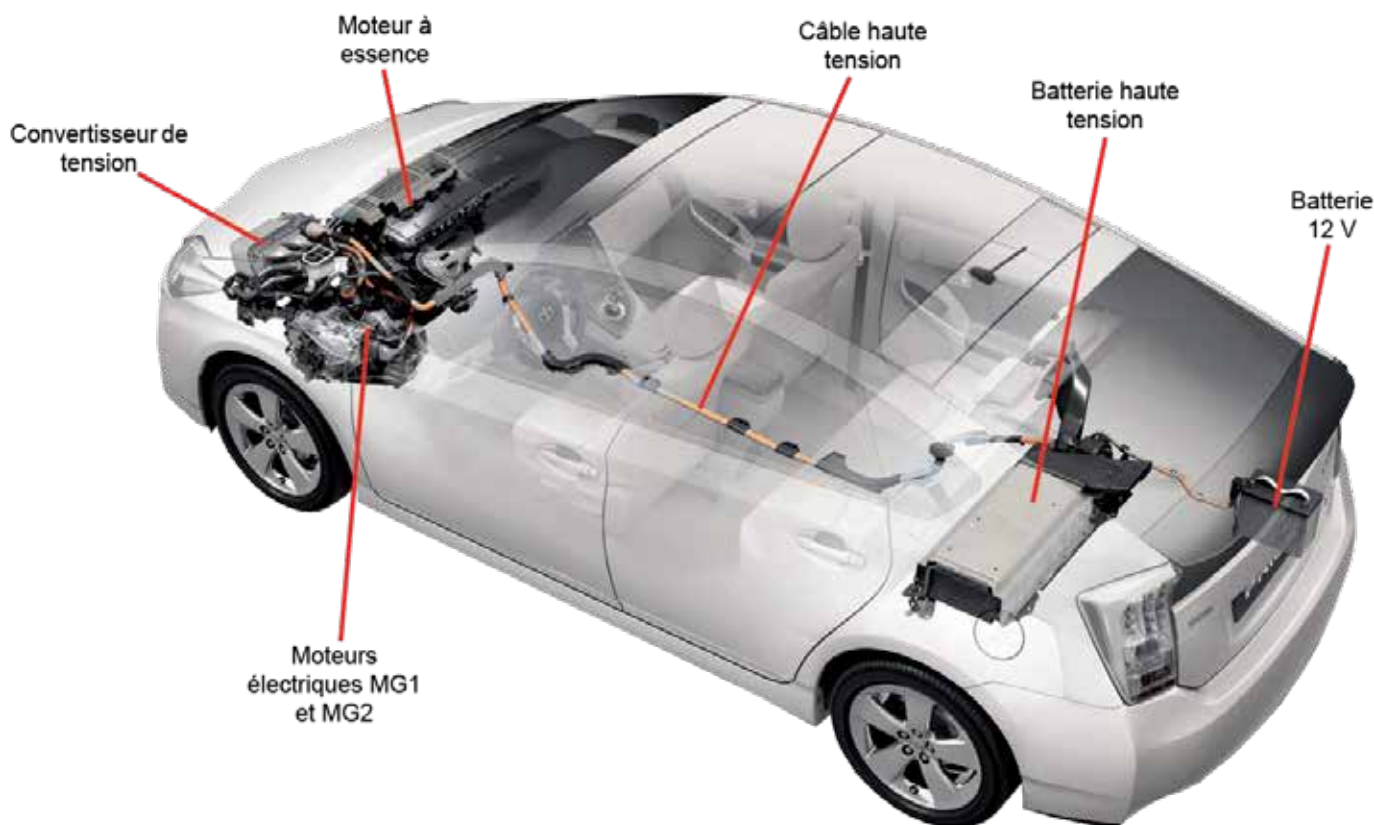
La technologie utilisée pour la batterie est normalement de type nickel-hydrure métallique. La tension nominale de la batterie dans les véhicules hybrides va des 101 Volts (0,6 kWh) de la Honda Insight au 201,6 volts (1,3 kWh) de la Prius.

En règle générale, la traction totalement électrique est utilisée pendant le début de course sans dépendance du moteur thermique, les situations où elle consomme et pollue le plus. Par exemple, la Toyota Prius a une autonomie d'environ 2 km avec une vitesse maximale de 50 km/h. Sur les routes interurbaines, l'impulsion du véhicule est prise en charge par le moteur à combustion, le moteur électrique n'intervenant que dans des points d'effort maximum.

De même, pendant les phases de décélération, le véhicule hybride peut inverser l'utilisation du moteur électrique en tant que générateur pour convertir l'énergie cinétique en énergie électrique qui est stockée dans la batterie. L'énergie récupérée sera donc mise à profit pour alimenter le moteur électrique lors de l'accélération suivante.

Cette stratégie parvient à réduire considérablement les émissions polluantes, non seulement pendant l'arrêt et le démarrage du véhicule, mais aussi dans l'accélération assistée ou avec impulsion électrique. Les principales caractéristiques des véhicules full hybrides sont :

- Démarrage et arrêt automatique.
- Régénération pendant les freinages.
- Assistance lors des démarrages et des accélérations initiales.
- Réduction de la traction électrique pure.



## Hybrides rechargeables (Plug-in Hybrids)

Dans le cas de véhicules hybrides rechargeables, la tension de fonctionnement de la batterie est similaire ou supérieure à celle des véhicules hybrides, par exemple, 207 volts dans le cas de la Toyota Prius Plug-in, et 345 volts dans le cas de la Volkswagen GTE.

La technologie prédominante de la batterie est celle de lithium-ion qui fournit une densité d'énergie plus élevée par rapport aux batteries nickel-hydrure métallique. Sa capacité énergétique est nettement plus élevée, entre 5,2 kWh dans le cas de la Prius, et de 8,8 kWh dans le cas de la VW GTE.

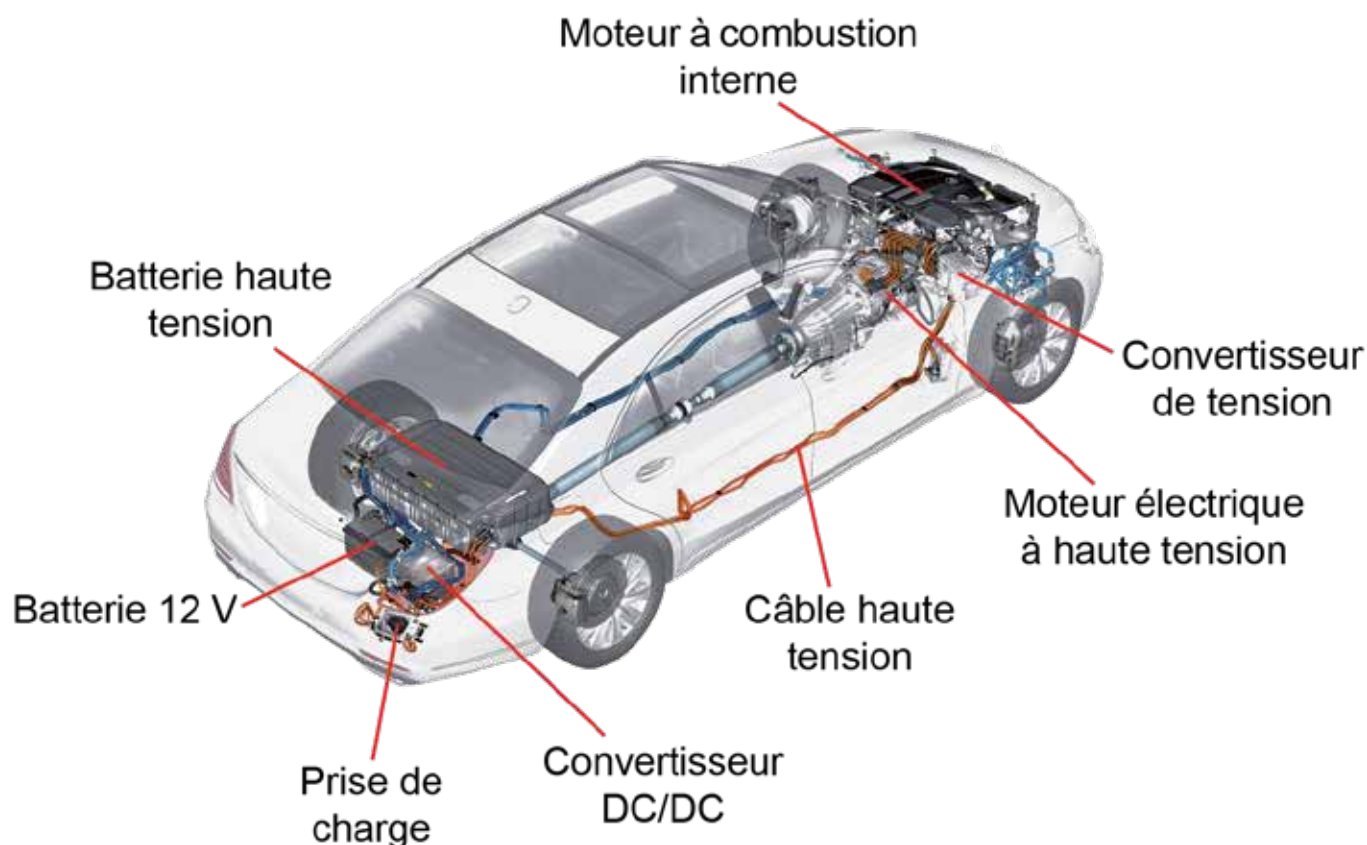
La stratégie de travail de ces véhicules est similaire à celle des hybrides, avec la différence qu'ils peuvent parcourir des distances plus longues en mode totalement électrique, entre 30 et 50 km. Cette plus grande capacité électrique leur permet, en déplacements urbains, de pouvoir alterner davantage et pendant plus de temps avec un mode de conduite entièrement électrique par rapport aux véhicules hybrides. La principale caractéristique à souligner par rapport aux hybrides est

qu'ils peuvent être branchés sur le réseau électrique pour recharger la batterie, ce qui réduit considérablement la consommation de carburant lorsque commence un cycle de conduite retenu avec la batterie complètement chargée. D'autre part, ils ont l'avantage de ne pas avoir de problème d'autonomie même si le niveau de charge de la batterie diminue.

Cependant, la recharge de la batterie par essence ou diesel par le moteur thermique est impossible. Les principales caractéristiques des véhicules hybrides Plug-in sont les suivantes :

- Démarrage et arrêt automatique.
- Régénération pendant les freinages.
- Assistance lors des démarrages et des accélérations initiales.
- Traction électrique pure limitée.
- Charge externe de la batterie.





## Sigles

Sur le marché, une autre façon de classer les véhicules utilisant partiellement ou totalement l'électricité pour fonctionner est l'utilisation des abréviations suivantes :

- **MH (Micro Hybrids):** Ce sont des modèles avec une mécanique de combustion classique qui comprennent le système Start-Stop pour réduire la consommation de carburant et les émissions polluantes en ville. Ils disposent d'un dispositif de récupération d'énergie pour recharger la batterie. La Citroen C5 e-HDi en est un exemple.
- **MHEV / IHEV (Mild Hybrid Electric Vehicle / Intelligent Hybrid Electric Vehicle):** Ces modèles sont équipés d'un réseau électrique de 48 V. Ils se caractérisent par leur batterie supplémentaire de 48 V et un alternateur qui peut à son tour démarrer le véhicule. La Honda Civic IMA en est un exemple.
- **VE / ZE (Véhicule électrique / Zéro Émissions):** Les véhicules où l'électricité est utilisée pour la traction partielle ou totale (avec une autre source de poussée). La Renault ZOE en est un exemple.
- **HEV (Hybrid Electric Vehicle):** Il comprend tous les véhicules hybrides composés par un moteur à combustion interne et un ou plusieurs moteurs électriques. La Toyota Prius en est un exemple.
- **VHR (Plug-in véhicule hybride électrique):** Il s'agit de l'étape suivante de la technologie des hybrides classiques, qui ont pour particularité d'avoir une batterie qui peut être rechargée dans des stations de recharge. Ils transportent une batterie plus grande et plus puissante permettant de parcourir les premiers 20 à 40 km en utilisant uniquement l'énergie électrique stockée. Ils permettent également de circuler avec le moteur à combustion interne et de réserver les batteries pour entrer en ville. La Volkswagen GTE en est un exemple.
- **EREV (Extended Range Electric Vehicle):** Ce sont des véhicules hybrides purs, mais leur principale caractéristique est qu'ils peuvent parcourir environ 60 km avec l'électricité des batteries, et lorsqu'elles sont épuisées, ils disposent d'un moteur à combustion classique. Contrairement à d'autres hybrides, ce moteur n'offre pas la traction, il agit seulement comme un générateur fournissant l'électricité nécessaire pour pouvoir circuler avec le moteur électrique.

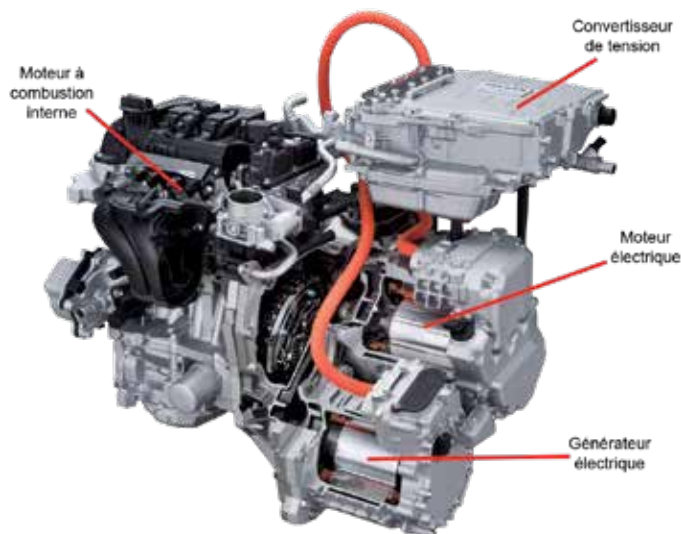
# CLASSIFICATION STRUCTURELLE

Lorsqu'on travaille avec des batteries, des résistances et d'autres composants électroniques, il existe plusieurs formes de connexions entre eux, différents résultats sont ainsi obtenus. Quelque chose de semblable se produit avec les véhicules hybrides. Ils disposent d'un moteur à combustion interne et un ou plusieurs moteurs électriques. Ceux-ci peuvent être combinés de la façon suivante :

- Combinaison en série.
- Combinaison en parallèle.

- Combinaison mixte.

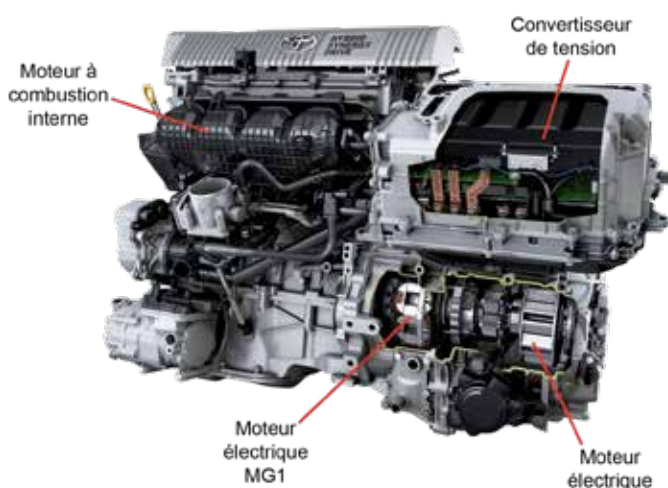
Ce type de classement se concentre sur la configuration du flux d'énergie et la chaîne cinématique. Dès que l'énergie commence à circuler à travers la chaîne jusqu'à ce qu'elle soit transmise aux roues. Et comment les moteurs du véhicule participent-ils à ce flux ?



Mécanique d'un véhicule hybride en série (Moteur de la Nissan Note e-Power)



Mécanique d'un véhicule hybride en parallèle (Moteur de Honda Civic IMA)



Mécanique d'un véhicule hybride mixte Moteur 2ZR-FXE de Toyota



## Combinaison en série

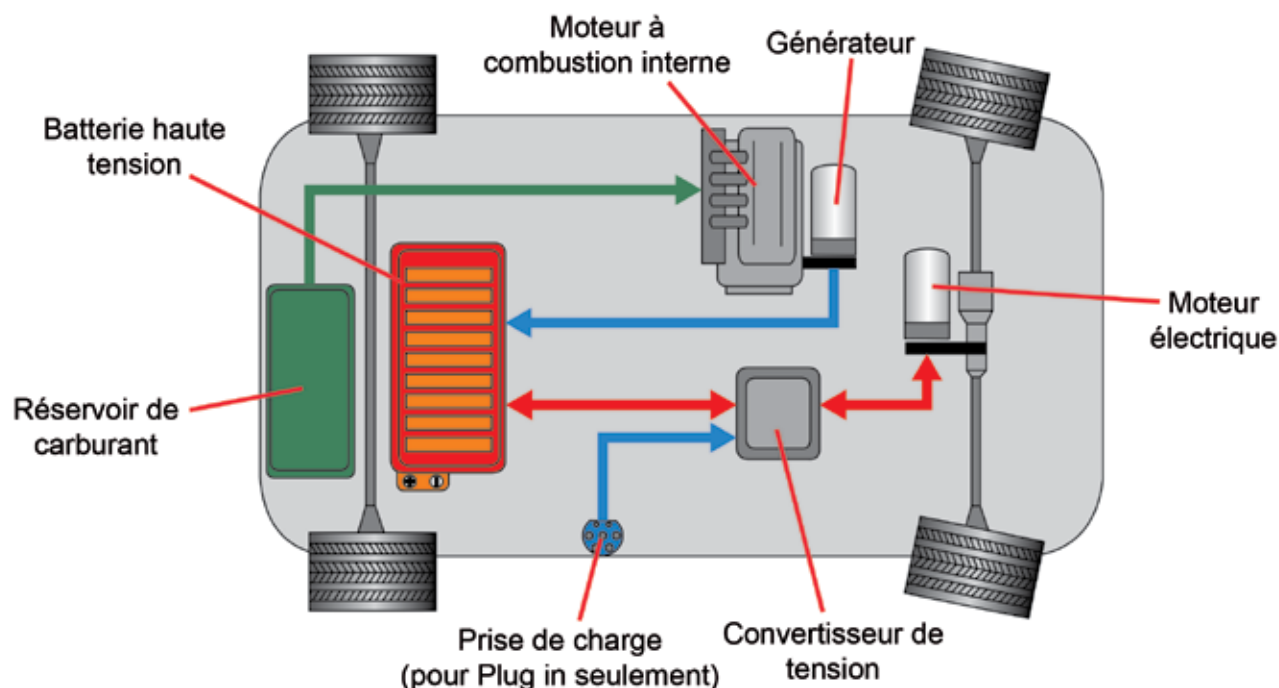
Une configuration en série implique que les roues soient uniquement alimentées en énergie mécanique à partir d'un moteur, généralement le moteur électrique.

Le moteur à combustion interne est uniquement utilisé pour lancer le générateur électrique qui génère de l'énergie électrique qui est stockée dans la batterie et qui est ensuite transmise au moteur électrique de traction, qui est seul responsable du déplacement des roues.

Dans cette configuration, l'énergie est transmise d'un état à un autre en

suivant une seule chaîne cinématique de manière séquentielle. Cela signifie que les roues ne peuvent pas être actionnées simultanément par les deux moteurs.

L'Opel Ampera et la Nissan Note e-Power sont des exemples de cette configuration. De même, pour régénérer la charge de la batterie lors de la décélération, le moteur électrique devient générateur et charge la batterie.



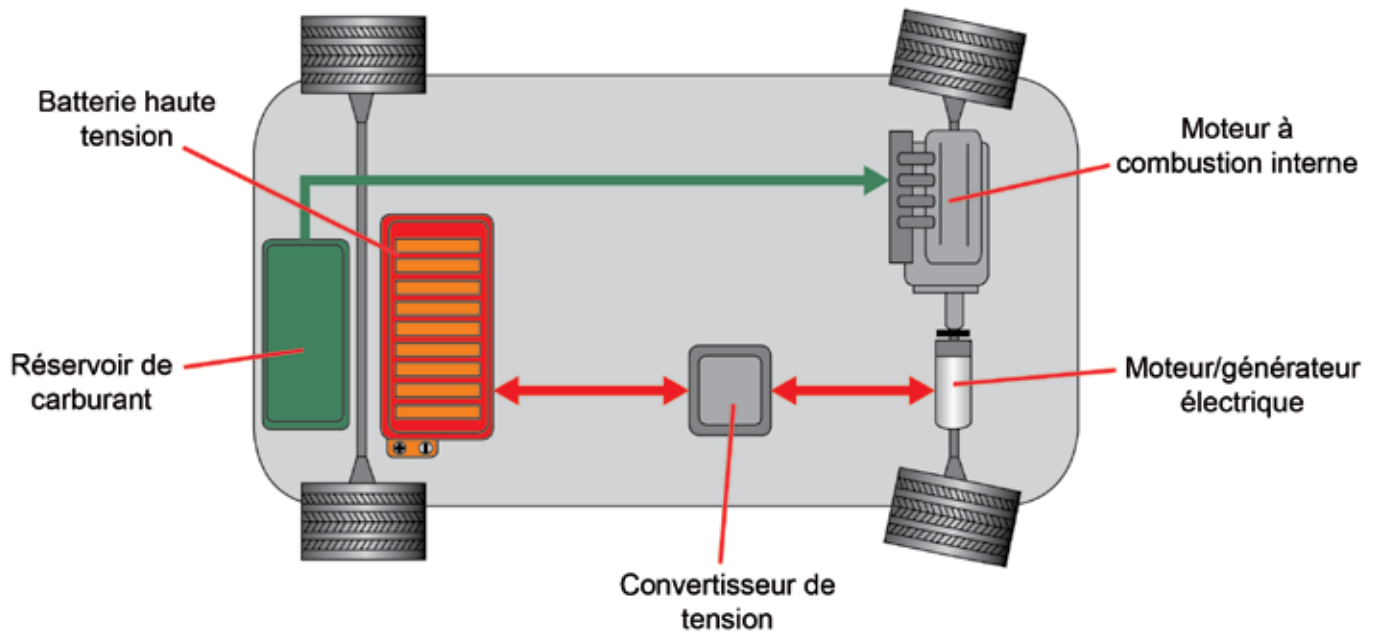
## Combinaison en parallèle

Il s'agit du système hybride le plus couramment utilisé par les fabricants. Cette configuration implique que le véhicule puisse fonctionner avec une traction hybride composée à la fois par la contribution du moteur à combustion interne et l'apport du moteur électrique, qui entraînent les roues en même temps. Ce qui veut dire un flux d'énergie en parallèle par deux chaînes cinématiques différenciées.

En outre, en fonction des conditions de fonctionnement, le véhicule peut actionner les roues seulement avec le moteur à combustion tout en chargeant simultanément la batterie, ou seulement avec le moteur électrique en utilisant l'énergie stockée dans la batterie et en économisant le carburant.

Le moteur électrique est généralement installé en un point de la chaîne cinématique, généralement entre le moteur et la boîte de vitesses. Lorsque le flux d'énergie est inversé pendant le freinage, le moteur électrique régénère la batterie.

Des exemples de cette configuration sont les HONDA Civic et Honda Insight, ou le système IMA (Integrated Motor Assist) permet que le moteur électrique intégré entre le volant moteur et l'embrayage actionne la transmission avec le moteur thermique.



## Combinaison mixte

Le système hybride peut utiliser les deux configurations pour transmettre le flux d'énergie aux roues : en série et en parallèle. Il utilise pour cela un mécanisme diviseur de transmission de forces qui gère l'apport du moteur électrique et l'apport du moteur à combustion interne pour entraîner les roues.

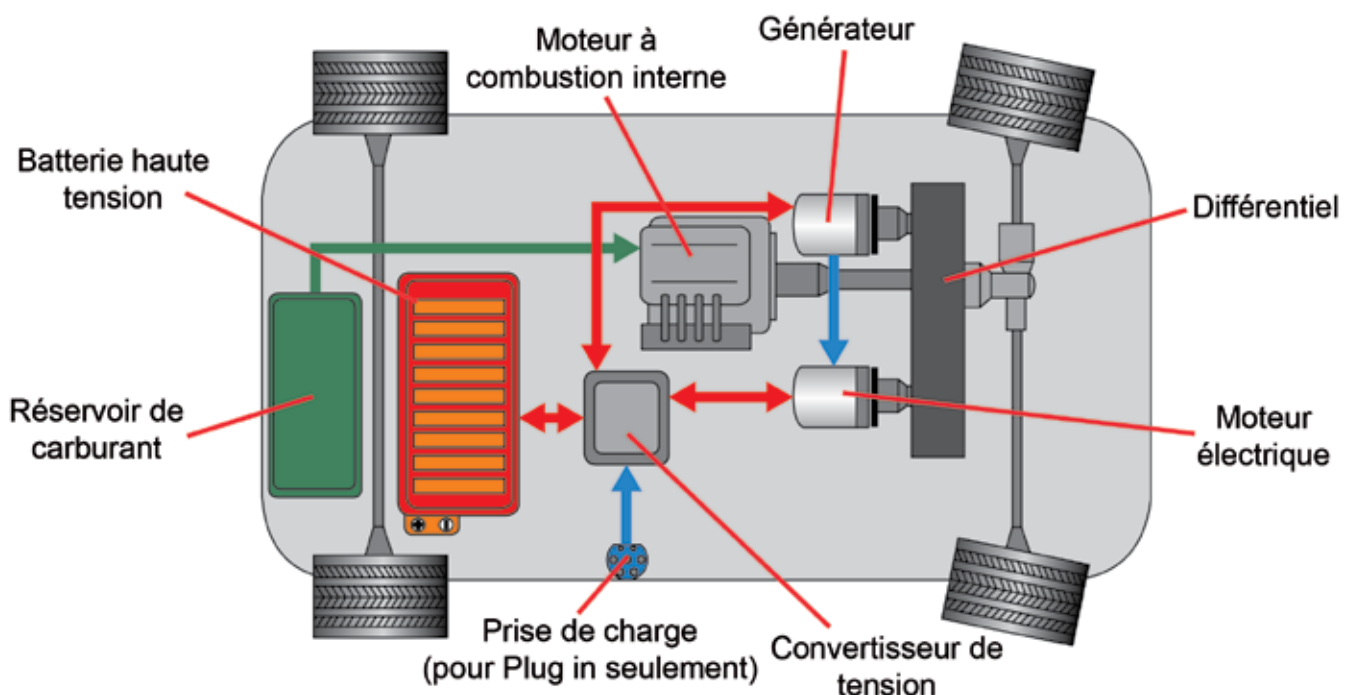
Ce mécanisme consiste en un engrenage épicycloïdal. À travers cet engrenage, le flux de la transmission de force peut être combiné en série ou en parallèle provenant des deux moteurs selon la demande de couple et la puissance sollicitée par le conducteur.

En règle générale, dans les démarrages initiaux, la configuration commence habituellement en série, puisque le moteur électrique démarre le mouvement des roues. Lorsque le véhicule acquiert une certaine vitesse, si la demande de puissance continue, le moteur à combustion interne intervient avec le moteur électrique pour entraîner les roues et la configuration devient parallèle.

Lors des périodes de faible demande de puissance, le véhicule peut fonctionner de manière 100 % électrique et en fonction de l'état de charge de la batterie, le moteur de combustion thermique reste éteint, tant que le niveau de charge est optimal. Dans le cas contraire, le moteur à combustion interne se mettra en marche pour charger la batterie sans transmettre de mouvement aux roues et la configuration passera en série.

Dans une telle combinaison, la marche arrière est purement électrique, et le flux de transmission de forces est généralement en série. Au cours des freinages régénératifs, le mécanisme diviseur de la transmission permet au moteur électrique de régénérer la batterie en déconnectant le moteur thermique de la chaîne cinématique.

La Toyota Prius et la Lexus RX400h sont des exemples de véhicules fonctionnant avec un flux de transmission combiné mixte.



## STRUCTURE AVEC MOTEUR DIESEL

Sur le marché actuel, certains fabricants ont opté pour des véhicules hybrides à moteur diesel. L'idée d'équiper un véhicule hybride d'un moteur diesel est basée sur la faible consommation de ce type de moteurs. En général, ils utilisent une combinaison en parallèle, mais le moteur électrique peut être installé sur l'essieu avant ou l'essieu arrière.

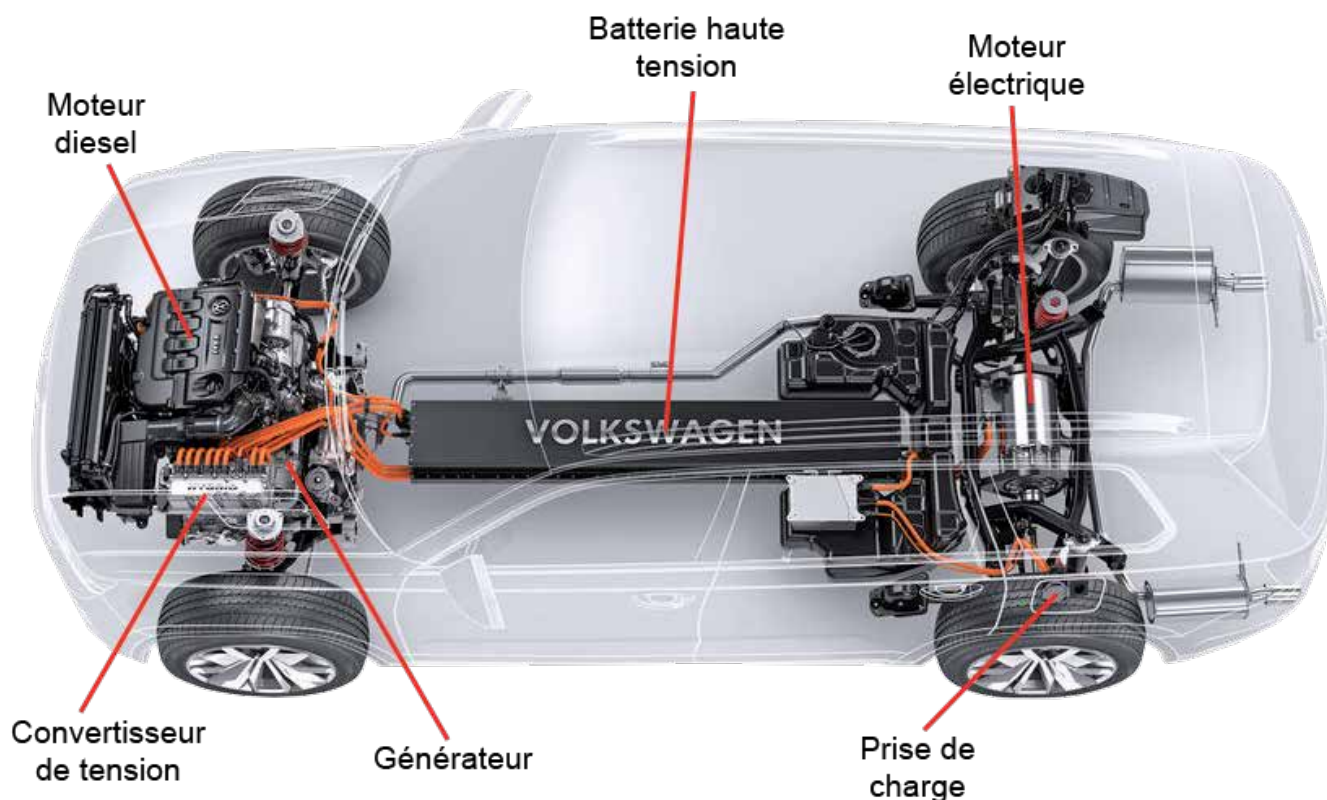
Malgré sa faible consommation d'énergie, cette combinaison hybride est écartée sur les véhicules utilitaires, car les moteurs diesel sont très polluants et, dans le futur, ils pourraient ne pas atteindre les émissions minimales de la norme Euro par rapport à un véhicule hybride avec un moteur à essence.

D'autre part, de nouveaux moteurs diesel hybrides se développent pour des véhicules industriels, tels que le bus Volvo 7900 Hybrid Electric, qui combine un moteur diesel à quatre cylindres avec 240

CV et un moteur électrique de 150 kW et 1 200 Nm de couple maximal.

Avec le fabricant Siemens, le bus a été équipé d'un nouveau système de charge électrique à haute performance. Grâce à des stations de recharge situées sur le trajet, il est capable de recharger sa batterie en 6 minutes.

Il est doté d'une batterie au lithium-ion de 19 kWh de capacité totale, ce qui lui permet de parcourir en mode électrique une distance maximale de 7 km entre les charges. Le bus fonctionne principalement en mode électrique, mais s'il a besoin d'une puissance supplémentaire ou si la batterie atteint un niveau prédéterminé, le bus passe en conduite hybride, alimenté par les deux moteurs.



## BATTERIE HAUTE TENSION

### Description

Une batterie est un dispositif capable de stocker de l'énergie sous forme chimique pour ensuite, lorsqu'il est connecté à un circuit électrique, la fournir sous forme d'énergie électrique afin d'effectuer un travail. Elle est généralement située sous le plancher du véhicule. Elle aide de cette manière à équilibrer le poids entre la partie avant et la partie arrière du véhicule et à maintenir un centre de masse bas. Ceci facilite une traction optimale et confère au véhicule une excellente stabilité.

Dans les véhicules hybrides ou électriques, les batteries utilisées pour le système à haute tension sont appelées batteries de traction ou batteries HV (haut voltage) et oscillent habituellement entre 150 et 450 volts.

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique, ces batteries sont munies d'un système de refroidissement autonome qui maintient les cellules à une température de fonctionnement optimale. Pour cela, on peut faire circuler de l'air pulsé à travers une turbine, cet air peut être refroidi par le système d'air conditionné du véhicule ou non.



Par sécurité, ces batteries incorporent un disjoncteur bipolaire qui permet la déconnexion des pôles négatif et positif de la batterie de traction du reste de l'installation du véhicule. Ce système de sécurité évite la présence de courants dangereux dans le reste du câblage et dans les composants de haute tension.



## Classification selon leur recharge

Les batteries sont également classées selon la recharge, elles peuvent être primaires ou secondaires.

### Batteries primaires

Elles ne peuvent pas être rechargées, et ne peuvent donc être utilisées qu'une seule fois. Elles ont généralement un auto-déchargement faible et une haute densité d'énergie. Des tests ont été effectués dans les véhicules hybrides et les véhicules électriques. Les résultats ont démontré qu'elles peuvent presque doubler l'autonomie d'une batterie secondaire, mais elles ont été écartées, car ne pouvant pas être rechargées, leur coût de remplacement est élevé.

### Batteries secondaires

Elles peuvent être rechargées après chaque déchargement. Elles ont de bonnes performances en décharges de haute intensité. Les plus connues sont de plomb-acide, nickel-hydrure métallique, lithium-ion... Ils sont utilisés dans le secteur automobile, aussi bien dans des véhicules classiques à 12 V que dans des véhicules électriques ou hybrides.

## Matériaux de fabrication

La principale différence entre les batteries, ainsi que la puissance et la tension nominale fournie, réside principalement dans le matériau de

fabrication des électrodes et l'électrolyte utilisé. Voici les batteries les utilisées sur le marché :

Type de batterie	Plomb-acide	Nickel-cadmium	Nickel-hydrure métallique	Sodium-nickel (Zèbre)	Lithium-ion
Matériau de l'électrode négatif	Plomb	Cadmium	Hydrures métalliques	Sodium	Graphites, nitrures et alliage de lithium
Matériau de l'électrode positive	Oxyde de plomb	Hydroxyde de nickel	Hydroxyde de nickel	Nickel	Lithium oxyde de cobalt, oxyde de vanadium...
Électrolyte	Acide sulfurique	Hydroxyde de potassium	Hydroxyde de potassium	Sodium-nickel-chlore	Solvant organique + sel de lithium
Énergie/poids (Wh/kg)	30 - 50	48 - 80	60 - 120	120	110 - 160
Tension par élément (V)	2	1.25	1.25	2.6	3.70
Durée (cycles de chargement-déchargement)	1000	500	1000	1000-2000	4000
Temps de chargement (h)	8 - 16	10 - 14	2 - 4	-	2 - 4
Autodéchargement par mois (% du total)	5	30	20	-	25
Efficacité de chargement	82.5	72.5	70	92.5	90

## CONVERTISSEUR DE PUISSANCE

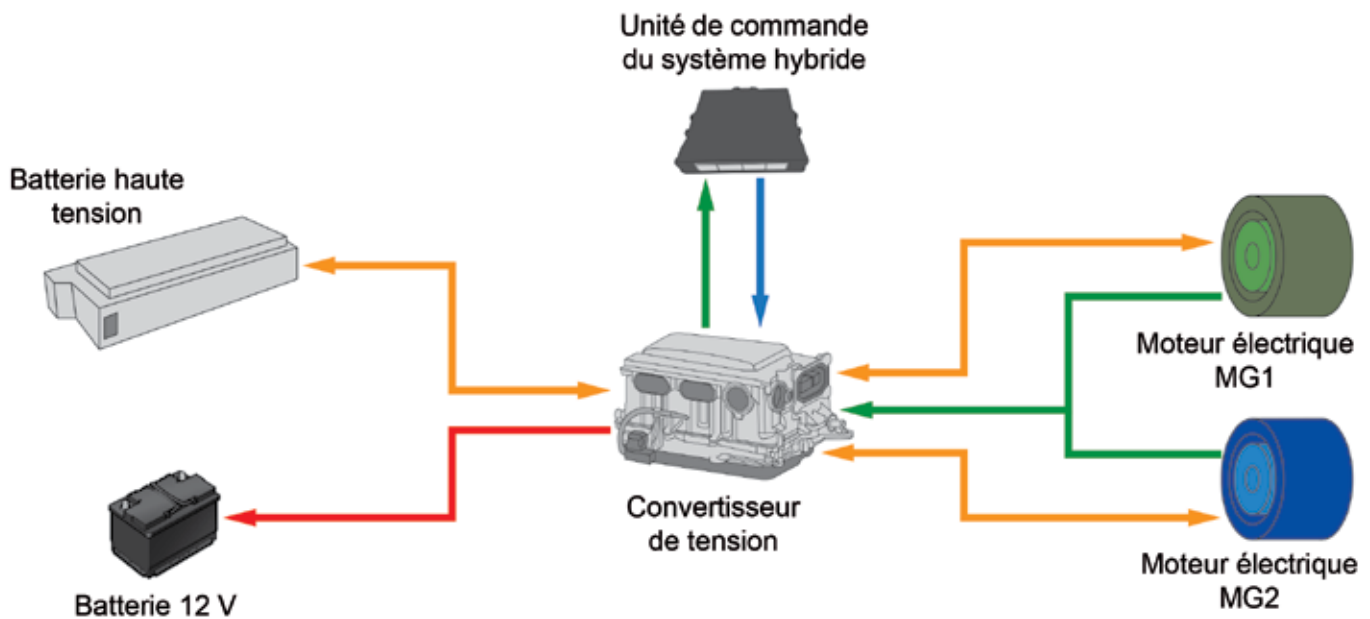
Il est responsable de la transformation du courant continu de la batterie haute tension en courant triphasé alterné pour que le moteur électrique puisse fonctionner. De plus, lors des décélérations, il transforme l'énergie électrique produite par le moteur en courant continu pour le stocker à nouveau dans la batterie.

D'autre part, le convertisseur réduit la haute tension de la batterie de traction à basse tension pour approvisionner les consommateurs du réseau de 12 volts, en chargeant aussi une petite batterie de 12 volts.

La communication entre le convertisseur et le moteur électrique a lieu par un câble spécifique. Tous les câbles à haute tension sont protégés afin d'éviter au maximum les parasites.

Le convertisseur, quant à lui, gère l'allumage des phases du stator en fonction de la position du rotor, la demande de puissance, le frein régénératif et si le véhicule doit circuler vers l'avant ou l'arrière.

Afin d'empêcher la surchauffe des composants du système motopropulseur (convertisseur, chargeur, moteur électrique, groupe réducteur...), un système de refroidissement par eau est installé. Dans ce système de refroidissement, la température est aux alentours de 50 °C, où, avec un capteur de température, l'utilisation d'un thermostat est évité.



## SYSTÈMES DE TRACTION POUR VÉHICULES HYBRIDES

Afin de transmettre le mouvement aux roues, il est nécessaire d'avoir une sorte de boîte de vitesses pour les rapports de réduction de vitesse. Chaque fabricant choisit le type de boîte installé sur le véhicule qui peut être :

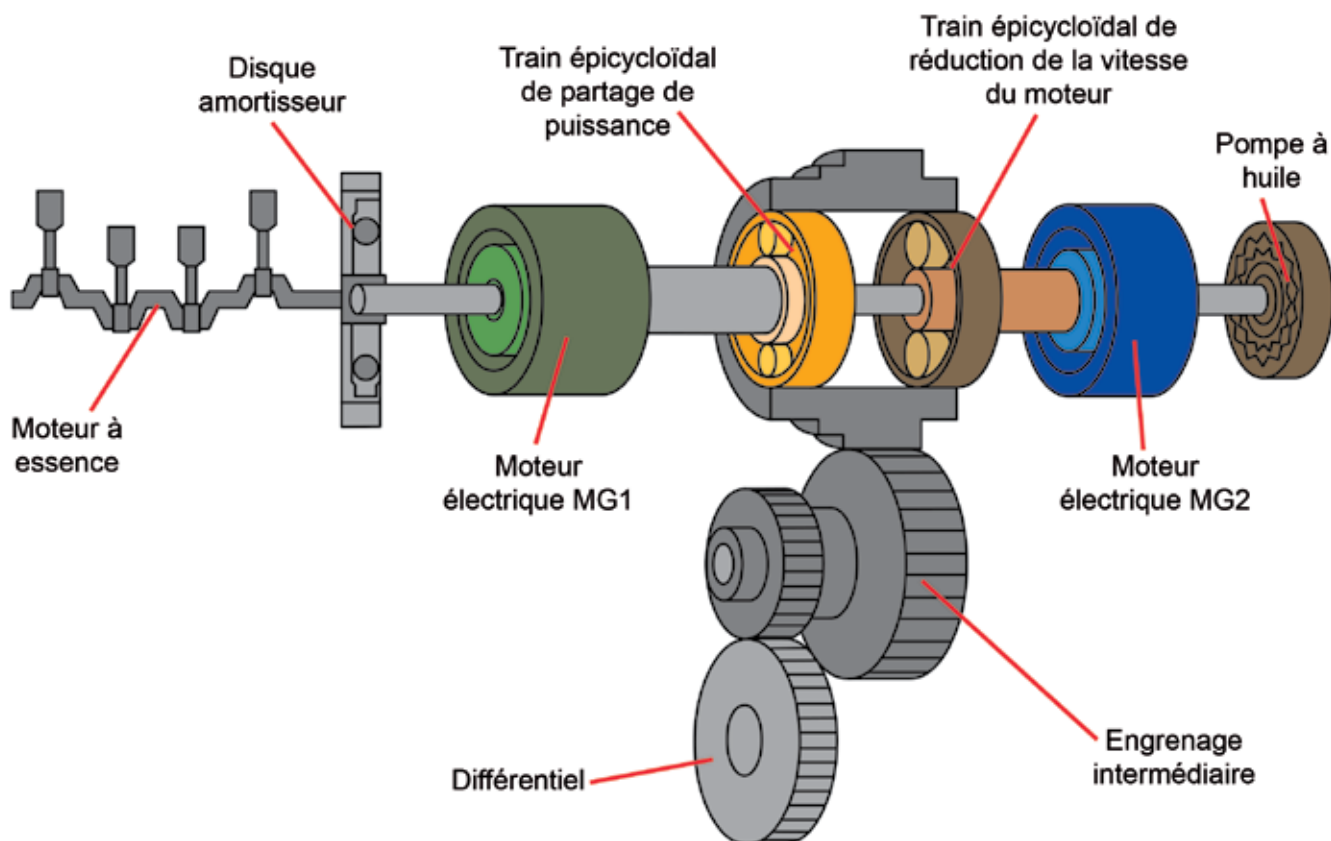
- Boîte de vitesses manuelle
- Boîte CVT
- Boîte de vitesses automatique
- Boîte séquentielle (DSG, Powershift ...)

D'autre part, Toyota a conçu un type de boîte qui utilise les trains épicycloïdaux pour le rapport de réduction de vitesse. En fonction de l'année de fabrication, un ou deux trains épicycloïdaux appelés de partage de puissance et de réduction de vitesse du moteur sont utilisés. Pour la lubrification de la boîte, l'huile de type ATF est utilisée.

La sensation de conduire de ce type de boîte est similaire à une boîte de vitesses automatique à variation continue, car son rapport de transmission est continu sans percevoir les changements de vitesse.

À l'intérieur sont situés les moteurs électriques MG1 et MG2, les trains d'engrenages épicycloïdaux, la pompe à huile, l'engrenage intermédiaire et le différentiel. Les moteurs électriques employés dans un véhicule hybride peuvent être de type synchrone ou asynchrone. L'image suivante présente le schéma de la boîte d'une Toyota Auris Hybride.

Leur différence réside dans leur fonctionnement. Dans les moteurs synchrones, la vitesse de rotation du rotor est identique à celle de rotation du champ magnétique du stator. Alors que dans les moteurs asynchrones ou moteurs à induction, la vitesse du rotor est toujours inférieure à la vitesse de rotation du champ magnétique du stator.



## SYSTÈME DE CLIMATISATION

Le système de climatisation dans un véhicule hybride est similaire à celle d'un véhicule avec moteur à combustion interne. La seule différence est qu'il est équipé d'un compresseur entraîné électriquement. Ceci se doit au fait que le moteur à combustion interne n'est pas toujours en mouvement lorsqu'on circule.

Avec ce type de compresseur, le moteur à combustion interne ne perd pas de puissance avant la connexion. Un autre des avantages est qu'ils peuvent continuer à fonctionner même si le moteur à combustion interne s'arrête. Ils peuvent même le faire à tout moment à une vitesse optimale indépendamment du fait que le conducteur accélère, freine... Afin d'optimiser leur taille, ils sont de type « Scroll » et fonctionnent avec le courant à haute tension. L'huile utilisée est de type POE (ester de polyol) à la place des PAG (polyéthylène glycol) utilisés dans les circuits de climatisation classiques. Il a des propriétés spécifiques d'isolation électrique qui protègent le compresseur de décharges électriques produites par le moteur.

Une minorité de fabricants utilisent des compresseurs d'air conditionné mixtes. Il s'agit de deux compresseurs intégrés dans le même boîtier, l'un est électrique, tandis que l'autre est entraîné mécaniquement par la courroie auxiliaire du moteur à combustion interne.

Le gaz de refroidissement utilisé dépend de la réglementation en vigueur au moment de l'homologation, pouvant être le R-134a et le R-1234yf.

En ce qui concerne le chauffage, le système est le même que dans un véhicule classique. La chaleur générée par le moteur à combustion



interne est utilisée pour chauffer l'intérieur de la cabine à travers le radiateur de chauffage.

Étant donné que la pompe à eau du moteur à combustion interne cesse de tourner lorsqu'il s'arrête et, par conséquent que le liquide de refroidissement cesse de circuler, les véhicules hybrides comportent une pompe à eau électrique qui permet la recirculation entre le moteur et le radiateur de chauffage. En outre, il est également fréquent d'avoir des résistances électriques chauffantes du type « PTC » pour lorsque l'eau du moteur est froide ou que l'efficacité du chauffage est insuffisante.



## SYSTÈME DE FREINAGE

Un véhicule hybride a deux systèmes de freinage différents, bien que pour le conducteur le système de freinage doit se comporter comme s'il y avait un seul système. L'équipement de freinage se compose du système classique hydraulique et du système de freinage régénératif où intervient le moteur électrique de traction lorsqu'il se comporte comme un générateur de courant.

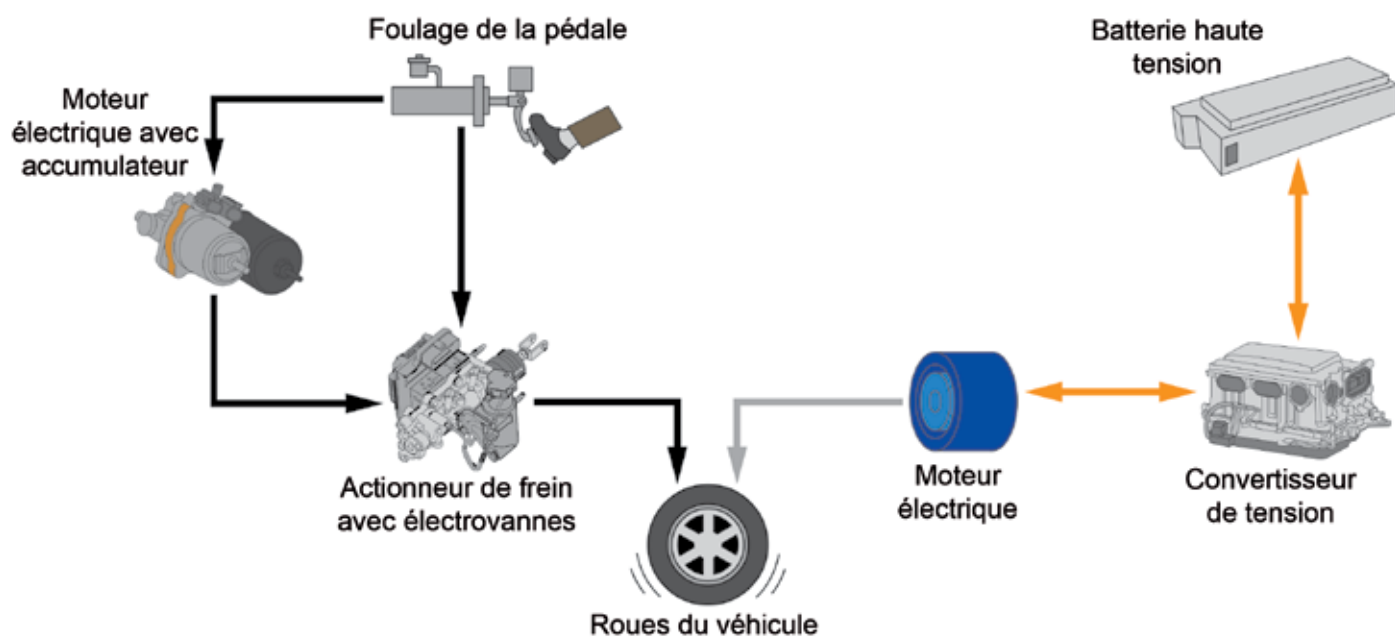
Le système de freinage hydraulique classique est généralement équipé d'un amplificateur de freinage qui fonctionne par système de dépression. Les véhicules hybrides peuvent se déplacer à une certaine distance avec le moteur à combustion interne arrêté, par conséquent, le vide peut généralement être réalisé de deux façons :

- Par la pompe à vide électrique, où celle-ci s'active en fonction du signal d'un capteur de dépression installé sur l'amplificateur de freinage lui-même.
- Par un moteur électrique qui génère la pression et un accumulateur.

Le freinage régénératif serait équivalent à frein moteur d'un véhicule classique. Lorsque le véhicule ralentit (il se déplace sans couple de traction), le moteur électrique agit comme un générateur et transforme une partie de l'énergie cinétique en énergie électrique qui s'accumule dans la batterie à haute tension.

Pour que le freinage d'un véhicule électrique soit efficace et, en même temps, tirer au maximum profit du freinage régénératif pour recharger la batterie à haute tension, un système de freinage combinant en permanence les deux systèmes de freinage est nécessaire.

La distribution de force de freinage entre le freinage hydraulique et le freinage régénératif varie selon la vitesse du véhicule et le moment du freinage. Ci-dessous, un schéma de fonctionnement d'un système de freinage dans un véhicule hybride est illustré.



## SYSTÈME AVEC GPL

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) est constitué d'un mélange d'hydrocarbures (propane, butane, propylène, etc.) qui se trouve à l'état gazeux sous pression atmosphérique. Il est stocké liquéfié à une pression modérée (3-10 bar) à température ambiante. Il est incolore et inodore, mais on ajoute un agent « odorant » pour détecter facilement les fuites.

### Avantages

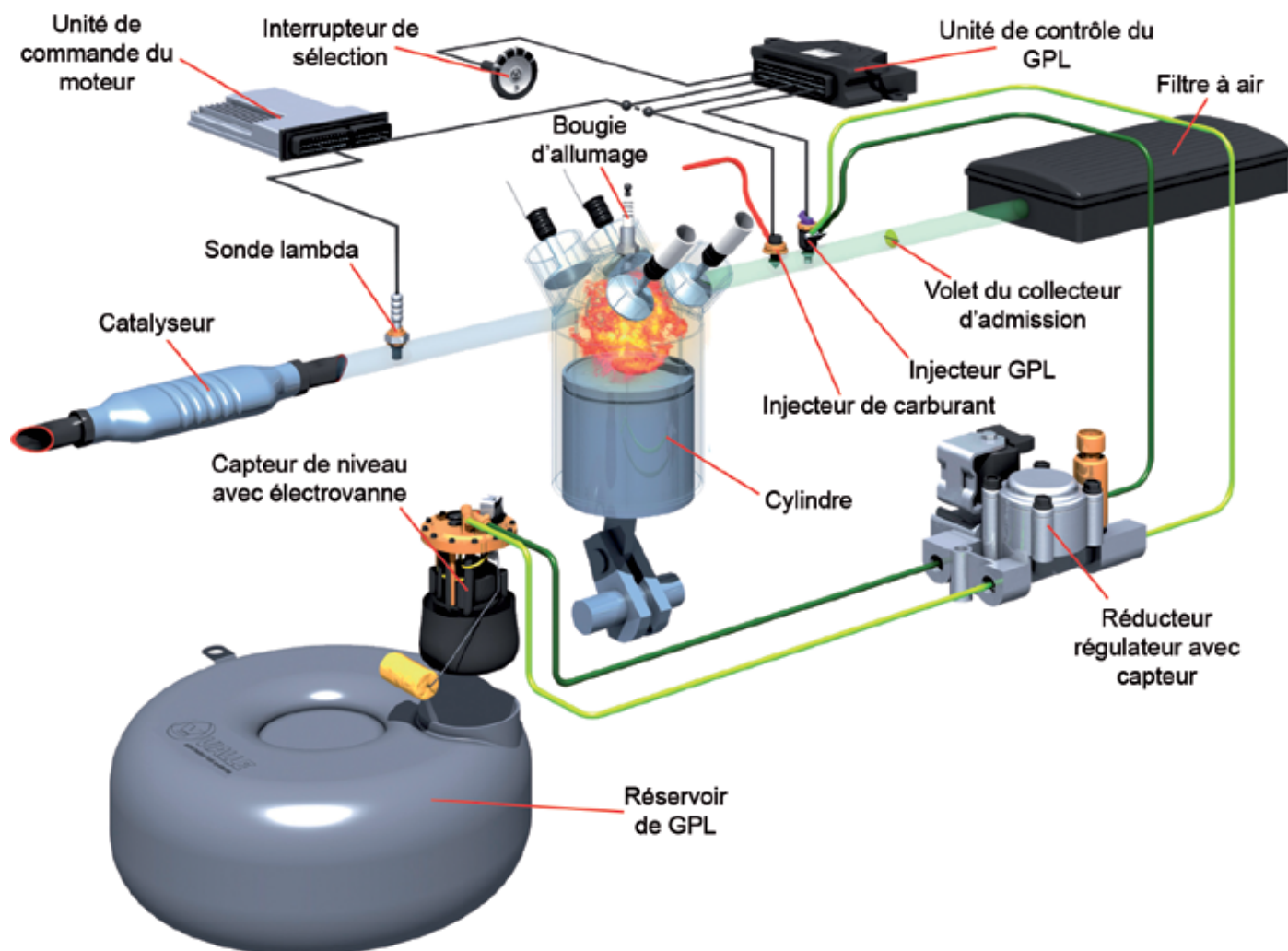
- Prix du carburant économique.
- Plus respectueux de l'environnement que l'essence.
- Prolonge la vie du moteur.

### Inconvénients

- Réseau d'approvisionnement insuffisant.
- Consommation plus élevée par rapport à l'essence.
- Dans certains moteurs, l'utilisation d'additifs est nécessaire.
- Perte d'espace utile et augmentation du poids dans le véhicule.
- Restrictions de stationnement du véhicule.
- Perte de puissance supérieure à 10 % environ.

Ils sont caractérisés par deux systèmes d'alimentation, une pour le fonctionnement à essence et l'autre pour le GPL. En raison de la sensibilité du carburant à la température, le véhicule démarre toujours avec l'essence, et quand une certaine température est atteinte, le système passe automatiquement au gaz. Grâce à un interrupteur, l'utilisateur peut sélectionner le mode de fonctionnement.

Le GPL est stocké dans le réservoir à l'état liquide à une pression d'environ 8 -10 bar, et il ne peut être rempli qu'à 80 % de sa capacité totale. La pression sur la rampe des injecteurs à gaz est d'environ 1 bar supérieur à la pression dans le collecteur d'admission. La pression est régulée par une électrovanne et un réducteur. Le système d'injection de gaz est entraîné par une unité de commande indépendante.



## SYSTÈME AVEC GNC

Compressed natural gas (CNG) is essentially natural gas stored at high pressure, normally between 200 and 250 bar, depending on the regulations in each country. It is comprised mainly of methane gas (CH<sub>4</sub>).

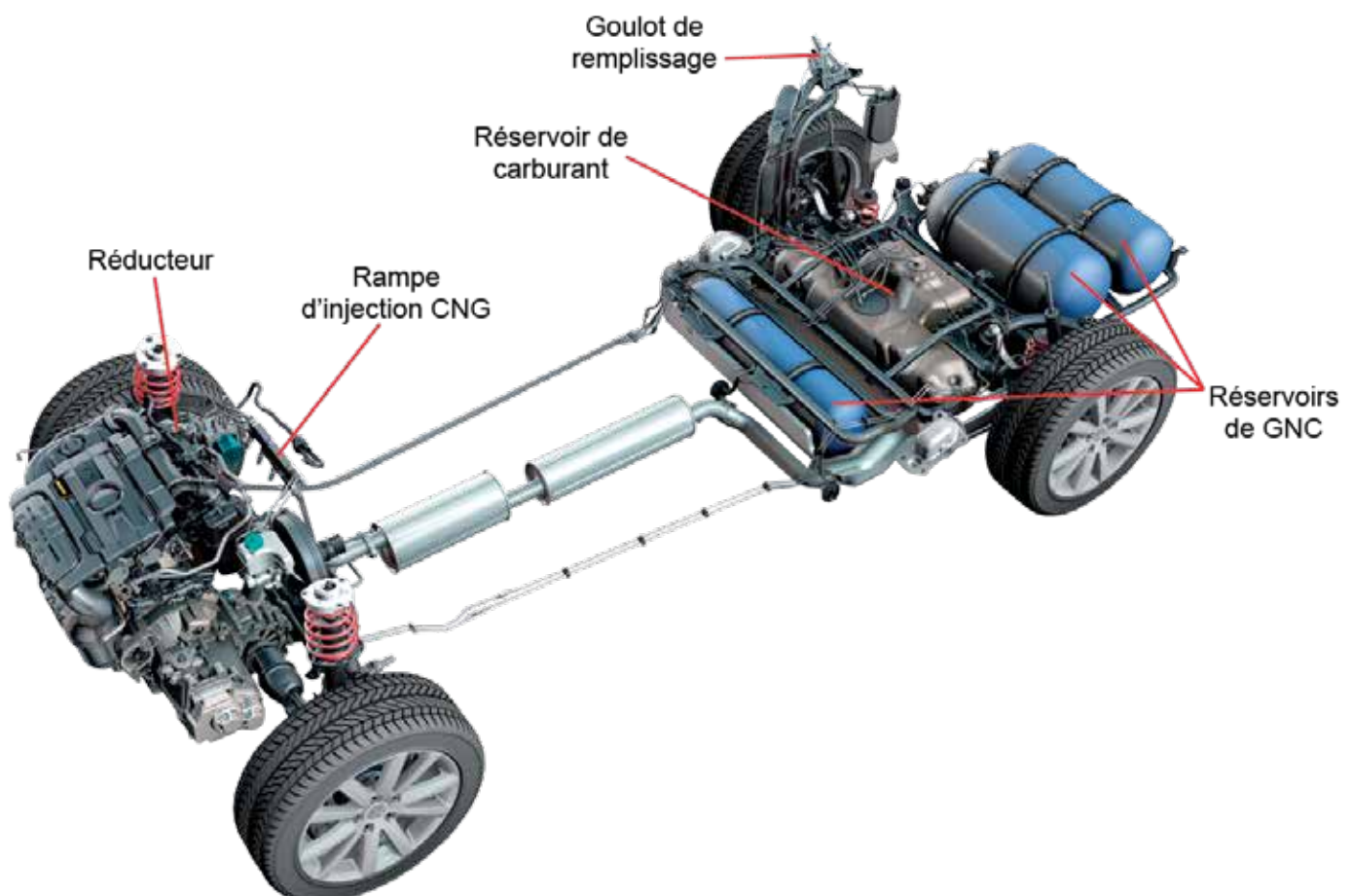
### Avantages

- Un fonctionnement plus silencieux du moteur.
- Faible consommation d'énergie (3,5 kg/100 km).
- Plus respectueux de l'environnement que l'essence.
- Prolonge la vie du moteur.

### Inconvénients

- Réservoirs de grand volume.
- Réseau d'approvisionnement insuffisant.
- Perte de puissance d'environ 10 %.
- Perte d'espace utile et augmentation du poids dans le véhicule.
- L'entretien doit être effectué par un technicien spécialisé.

Le fonctionnement est similaire au GPL, mais fonctionnant à des pressions beaucoup plus élevées. Le véhicule démarre avec de l'essence si la température du liquide de refroidissement est inférieure à 15 °C, si la température est plus élevée, le moteur peut démarrer avec le gaz. Après avoir fait le plein, le démarrage est toujours effectué à l'essence. Le passage au gaz naturel est effectué en activant la régulation lambda ou, au plus tard, après 3 minutes de fonctionnement du moteur environ. Il est stocké dans le réservoir à l'état gazeux à une pression d'environ 200 bar. La pression sur la rampe des injecteurs à gaz est d'environ 6 bar. Pour réaliser cette baisse de pression, il dispose d'un réducteur et d'une électrovanne dont le fonctionnement est similaire à celle de GPL. Le système d'injection de gaz est entraîné par une unité de commande.





## PANNES COURANTES

Le système de haute tension d'un véhicule hybride présente peu de pannes au cours de sa vie utile, cependant, elles peuvent être liées à des problèmes d'isolation et de continuité dans les moteurs électriques, des dysfonctionnements dans le convertisseur de courant, un grippage du compresseur de la climatisation, etc.

## BATTERIE HAUTE TENSION



Les défauts les plus fréquents sont liés à l'usure de la batterie haute tension, plus spécifiquement les cellules. Toutes les batteries ont une durée de vie utile en fonction des cycles de charge-décharge et du matériau de fabrication.

Au fur et à mesure que ces cycles de charge-décharge ont lieu, certaines cellules de la batterie peuvent se détériorer, ce qui diminue progressivement l'autonomie de la batterie. Le conducteur perçoit que la batterie se décharge très rapidement et l'autonomie en mode électrique est de plus en plus réduite.



Pour localiser les cellules affectées, chaque cellule constituant la batterie doit être mesurée individuellement à l'aide d'un voltmètre. La tension obtenue doit être similaire dans toutes les cellules. Les cellules endommagées ont généralement une tension inférieure à la moyenne.



Remplacer les cellules affectées par des nouvelles. Certains fabricants ne permettent pas le remplacement des cellules, la batterie doit donc être complètement remplacée.

## BATTERIE BASSE TENSION



Si la batterie de 12 V est épuisée ou endommagée, le moteur ne peut pas démarrer. En effet, les unités de contrôle qui gèrent le moteur à combustion interne et le système hybride fonctionnent à basse tension.



Utiliser un testeur de batterie pour vérifier l'état de la batterie. Un voltmètre peut également être utilisé pour mesurer la tension de la batterie de 12 V. Une batterie est considérée en mauvais état si la tension mesurée est inférieure à 9 V.



Remplacer la batterie de 12 V par une neuve.

# NOTES TECHNIQUES

Cette section présente les pannes les plus courantes de la mécanique et de l'électronique des systèmes hybrides. Selon les fabricants et leurs différents modèles, le nombre de pannes survenant au fil des ans peut être considérable.

Elles ont été sélectionnées à partir de la plateforme en ligne : [www.einavts.com](http://www.einavts.com). Cette plateforme comprend une série de sections indiquant : la marque, le modèle, la gamme, le système affecté et le sous-système. Elles peuvent être sélectionnées séparément selon le type de recherche que vous souhaitez exécuter.

## TOYOTA

### TOYOTA PRIUS Fastback, TOYOTA PRIUS (ZVW30), TOYOTA PRIUS Sedan (NHW11\_)

Symptômes	P3000 - Dysfonctionnement du système de contrôle des batteries. Témoin lumineux de défaillance du système hybride allumé.
Cause	Batterie haute tension profondément déchargée et démarrage impossible du moteur à combustion. Les raisons pour lesquelles se produit une décharge profonde de la batterie peuvent être :  Défaut du système de contrôle hybride, que cela soit une panne de l'ensemble de la transmission ou de la batterie.  Utilisation abusive du véhicule : Circuler sans carburant et maintenir le véhicule en READY, bien que le mode EV (conduite complètement électrique) soit indisponible, provoque que le système hybride tente de démarrer le moteur à combustion. Faire le plein avec du carburant diesel ou un carburant de mauvaise qualité, le système hybride tente de démarrer le moteur à combustion jusqu'à épuiser la batterie.
Solution	Recharger la batterie haute tension. REMARQUE : Le chargeur de la batterie haute tension n'est disponible qu'à la source.

## KIA

### KIA MAGENTIS (MG)

Symptômes	P0456 - Système de fuites d'émissions de vapeur détectée (fuite très petite). Témoin défaut de moteur (MIL) allumé. REMARQUE : Le présent bulletin d'information ne concerne que les véhicules hybrides (HEV).
Cause	Défaut de la soupape de détection de fuites du système de vapeurs de carburant (NVLD).
Solution	Procédure de réparation : Vérifier l'état de la soupape de détection de fuites du système de vapeurs de carburant (NVLD). Remplacer la soupape de détection de fuites du système de vapeurs de carburant (NVLD).



## Un œil sur la technologie automobile

La newsletter Eure!TechFlash entend compléter le programme de formation d'ADI, Eure!Car, et s'est fixé une mission bien précise :

fournir une connaissance technique actuelle des innovations au sein du secteur automobile.

Avec l'assistance technique de l'AD Technical Centre (Espagne et Irlande) et des principaux fabricants de pièces, Eure!TechFlash vise à démystifier les nouvelles technologies pour les rendre transparentes, afin d'encourager les réparateurs professionnels à emboîter le pas de la technologie et pour les motiver à investir en permanence dans leur formation technique.

Eure!TechFlash paraîtra 3 à 4 fois par an.

**Eure!Car**  
CERTIFIED MASTERCLASSES

Le niveau de compétence technique d'un mécanicien est vital, et sera sans aucun doute décisif pour la survie future du

Le programme Eure!Car comprend une liste détaillée de formations techniques de pointe pour les réparateurs professionnels, dispensées par les partenaires nationaux d'AD et leurs distributeurs de pièces dans 39 pays.

réparateur professionnel.

Eure!Car est une initiative d'Autodistribution International, dont le siège est établi à Kortenberg, en Belgique ([www.ad-europe.com](http://www.ad-europe.com)).

Visitez le site [www.eurecar.org](http://www.eurecar.org) pour plus d'informations ou pour découvrir toutes les formations proposées.

Les partenaires industriels soutenant Eure!Car

bilsteingroup®



**BOSCH**



**MAHLE**



**PHILIPS**

**SCHAEFFLER**

**SKF**



**TRW**



**VARTA**



## Engine Power Transmission



**Mention restrictive:** les informations reprises dans ce guide ne sont pas exhaustives et sont données à titre uniquement informative. Elles n'engagent pas la responsabilité de leur auteur.