

# 20

# Injection Systems with LPG and CNG

▼ **DANS CETTE EDITION**

INTRODUCTION **2**

HISTOIRE DES VÉHICULES BICARBURANT À GAZ **2**

CLASSIFICATION DES SYSTÈMES DE GAZ **3**

GAZOGÈNE **3**

SYSTÈMES GPL **5**

SYSTÈMES GNC **10**

SYSTÈME GNL **15**

VÉHICULES DIESEL BICARBURANT À GAZ **17**

PANNES COURANTES **18**

NOTES TECHNIQUES **18**



## INTRODUCTION

Les normes anti-pollution toujours plus restrictives obligent les constructeurs automobiles à développer des véhicules plus efficaces et plus respectueux de l'environnement. L'une des technologies récemment promues par les constructeurs est le développement de moteurs à gaz, une solution déjà appliquée depuis des années en tant que modification pour des raisons économiques.

Les véhicules bicarburant se caractérisent par l'utilisation de moteurs à combustion interne qui peuvent fonctionner avec deux carburants différents, généralement de l'essence et un gaz comprimé (GPL, GNC ou GNL). Toutefois, on trouve également des moteurs diesel (en particulier dans les véhicules commerciaux) qui fonctionnent avec du diesel et certains des gaz mentionnés.

### L'utilisation de ces gaz présente les avantages suivants :

- Une combustion plus propre associée à une réduction importante des émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants (NO<sub>x</sub>, CO, PM...).
- Il s'agit d'un carburant plus économique que l'essence.
- Le moteur à combustion subit beaucoup moins d'usure qu'un moteur à essence, car le gaz laisse moins de résidus dans le moteur et ne contamine pas le lubrifiant.

- Le moteur est plus silencieux et les vibrations sont moindres lorsqu'il fonctionne au gaz.
- La grande majorité des véhicules à essence peut être convertie au GPL, car leur fonctionnement est très similaire et l'installation des équipements nécessaires n'est pas compliquée.
- Possibilité d'une plus grande autonomie lors de l'utilisation de deux carburants.

### Mais elle a aussi ses inconvénients :

- Le prix de la conversion d'un véhicule au gaz est élevé.
- La consommation de masse de carburant est de 5 à 10 % plus élevée pour le gaz que pour l'essence.
- La puissance du moteur est réduite jusqu'à 10 % selon le gaz.
- Le nombre de stations de ravitaillement, selon les pays, peut être limité, en particulier pour le GNC et le GNL.
- Le ravitaillement en carburant est un peu plus compliqué que l'opération traditionnelle de ravitaillement des véhicules à essence et diesel.
- Dans les moteurs non spécifiques, l'utilisation d'additifs est nécessaire pour éviter le dessèchement et l'usure prématurée des sièges de soupape.

## HISTOIRE DES VÉHICULES BICARBURANT À GAZ

L'utilisation de différents gaz comme carburant est connue depuis des siècles, bien que son application ait été limitée à l'éclairage jusqu'à l'invention de l'ampoule électrique en 1879. Entre 1900 et 1912, on a constaté que l'essence naturelle non raffinée avait une forte tendance à s'évaporer en raison de la présence de substances « instables » dans le carburant.

Vers 1911, le chimiste américain Walter Snelling a démontré que l'évaporation était due au propane et au butane présents dans l'essence et a développé une méthode simple qui lui a permis de séparer volontairement ces gaz de l'essence et de les liquéfier ensuite à une pression raisonnable. Cette découverte a marqué le début d'un nouveau carburant appelé gaz de pétrole liquéfié (GPL), qui pouvait être transporté à l'état liquide et utilisé à l'état gazeux.

Les premiers véhicules au gaz fonctionnaient au gaz non comprimé et sont devenus populaires pendant la Première Guerre mondiale en raison de la pénurie d'essence, contexte qui s'est encore intensifié pendant la Seconde Guerre mondiale. À cette époque, bien que le gaz soit beaucoup moins cher, ses inconvénients étaient considérables. En l'absence

de moyens de compression efficaces, il fallait un conteneur de stockage encombrant, et on a commencé à utiliser des sacs sur le porte-bagages.

L'énorme sac était complètement rempli avant le voyage, pour se dégonfler progressivement pendant le voyage. Cependant, les ponts, les tunnels, les branches et autres obstacles, et même la grande vitesse, pouvaient endommager ce sac. Dépasser 50 km/h n'était de toute façon pas conseillé.

Entre la fin de la Première Guerre mondiale et la période d'après-guerre de la seconde, les difficultés d'approvisionnement en pétrole et ses dérivés sur une bonne partie du marché mondial ont fait que de nombreux véhicules privés et agricoles existants ont fonctionné avec une technologie appelée gazogène.



La combustion imparfaite de certains solides produit du monoxyde de carbone qui, en tant que gaz, a encore un certain pouvoir calorifique. Si l'on ajoute de l'eau à la réaction, on peut également générer de l'hydrogène, qui est également combustible.

Dans la seconde moitié du XXe siècle, grâce à l'introduction des bonbonnes métalliques, l'approvisionnement des moteurs en gaz GPL s'est perfectionné et le secteur s'est développé au rythme de la disponibilité des raffineries et des distributeurs. La commercialisation à l'état comprimé a remplacé ce sac surdimensionné par une bouteille métallique relativement petite qui pouvait facilement être remplacée par une autre lorsque le gaz était consommé.





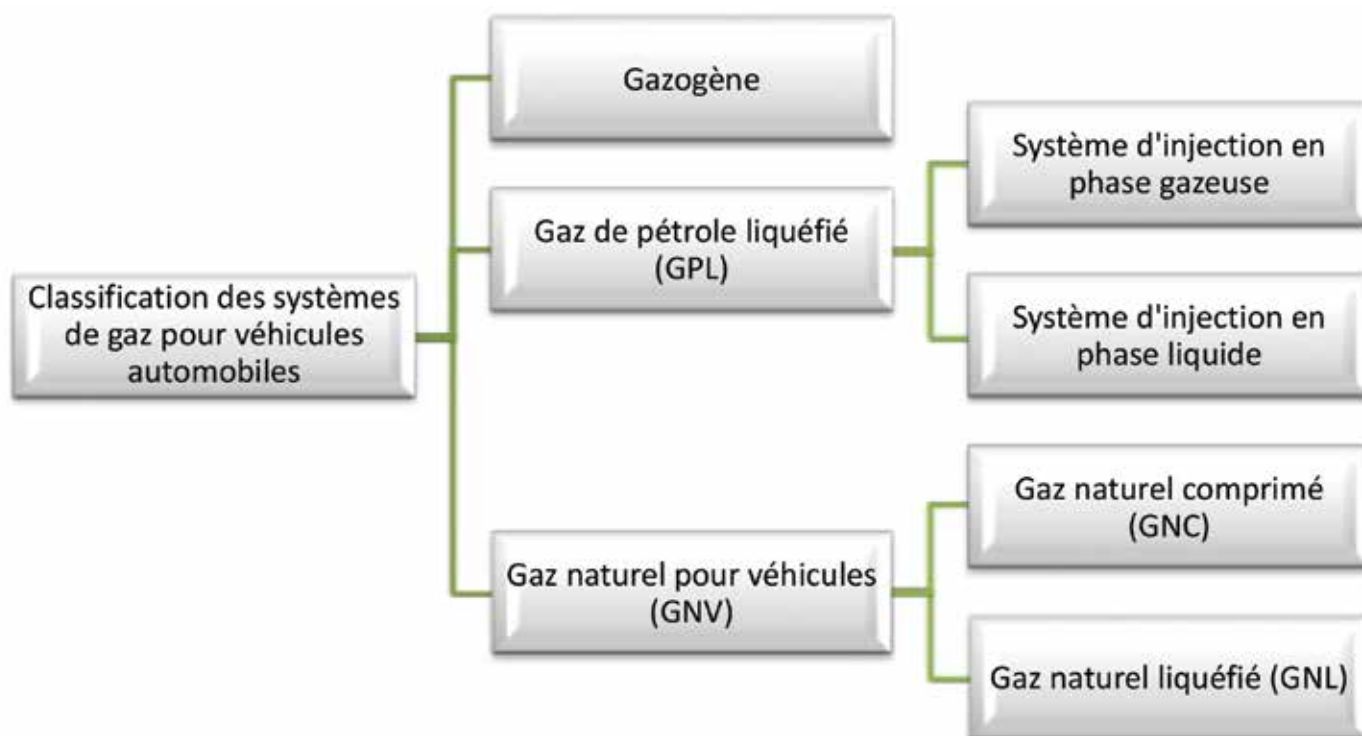
Le gaz naturel extrait du sous-sol terrestre a également été utilisé pour faire fonctionner les moteurs à explosion. Ce gaz est appelé gaz naturel pour véhicules (GNV) et est commercialisé en deux variantes : le gaz naturel comprimé (GNC) et le gaz naturel liquéfié (GNL). En 1939, la société italienne Tartarini a été la première au monde à concevoir un système au GNC pour le transport routier. Son fonctionnement est similaire à celui du GPL, mais il est stocké à des pressions beaucoup plus élevées pour obtenir une densité énergétique suffisante.

Actuellement, seuls les systèmes GPL et GNV sont utilisés pour les véhicules.

## CLASSIFICATION DES SYSTÈMES DE GAZ

Tout au long de l'histoire de l'automobile, de nombreux systèmes ont été utilisés pour faire fonctionner les véhicules à moteur au gaz. Les plus notables sont le gazogène, le gaz de pétrole liquéfié (GPL), le gaz naturel

comprimé (GNC) et le gaz naturel liquéfié (GNL). Dans le cas du GPL, il existe deux variantes : le système d'injection en phase gazeuse et le système d'injection en phase liquide.



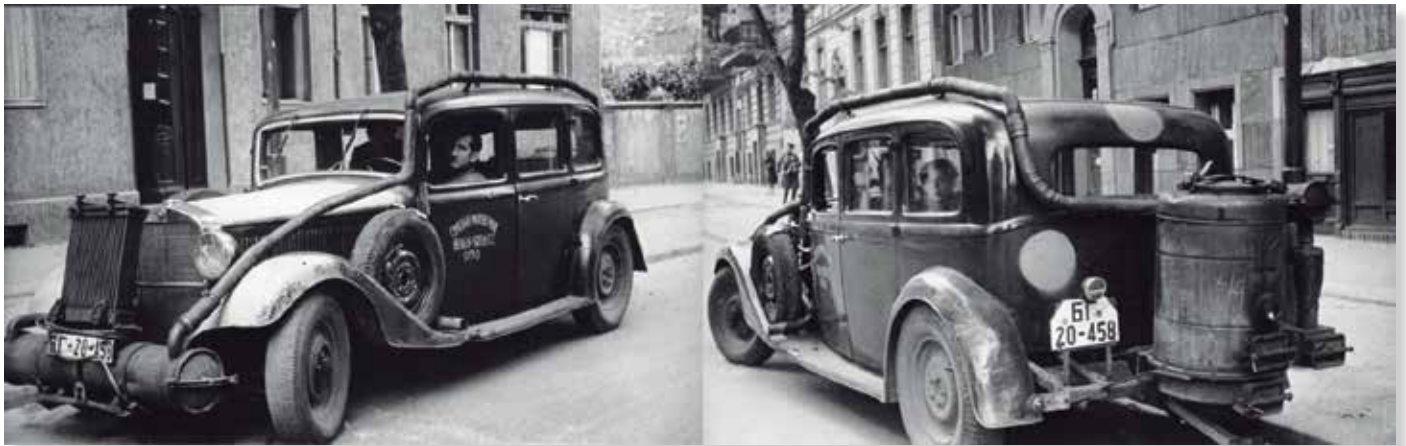
## GAZOGÈNE

Le gazogène est un dispositif qui est installé dans les véhicules à essence pour obtenir la gazéification d'un combustible solide.

Lorsque le bois, le charbon ou tout matériau haché à forte teneur en carbone est partiellement brûlé, des gaz combustibles sont générés. La combustion de solides dans des récipients fermés à déficit d'air produit des quantités importantes de monoxyde de carbone (CO), qui peuvent

être utilisées comme aliments gazeux dans des moteurs à explosion correctement adaptés à cet effet. La précompression du mélange dans ces moteurs facilite l'allumage complet et l'oxydation du CO, libérant ainsi de la chaleur. Grâce à ce système, les combustibles solides pouvaient être utilisés pour faire fonctionner les moteurs à combustion interne en période de pénurie d'essence ou d'autres combustibles liquides compatibles.





Le procédé de gazéification de la matière organique à transformer en gaz était utilisé depuis les années 1870, pour obtenir du gaz d'éclairage dans les lieux où l'approvisionnement en combustibles spécifiques était difficile.

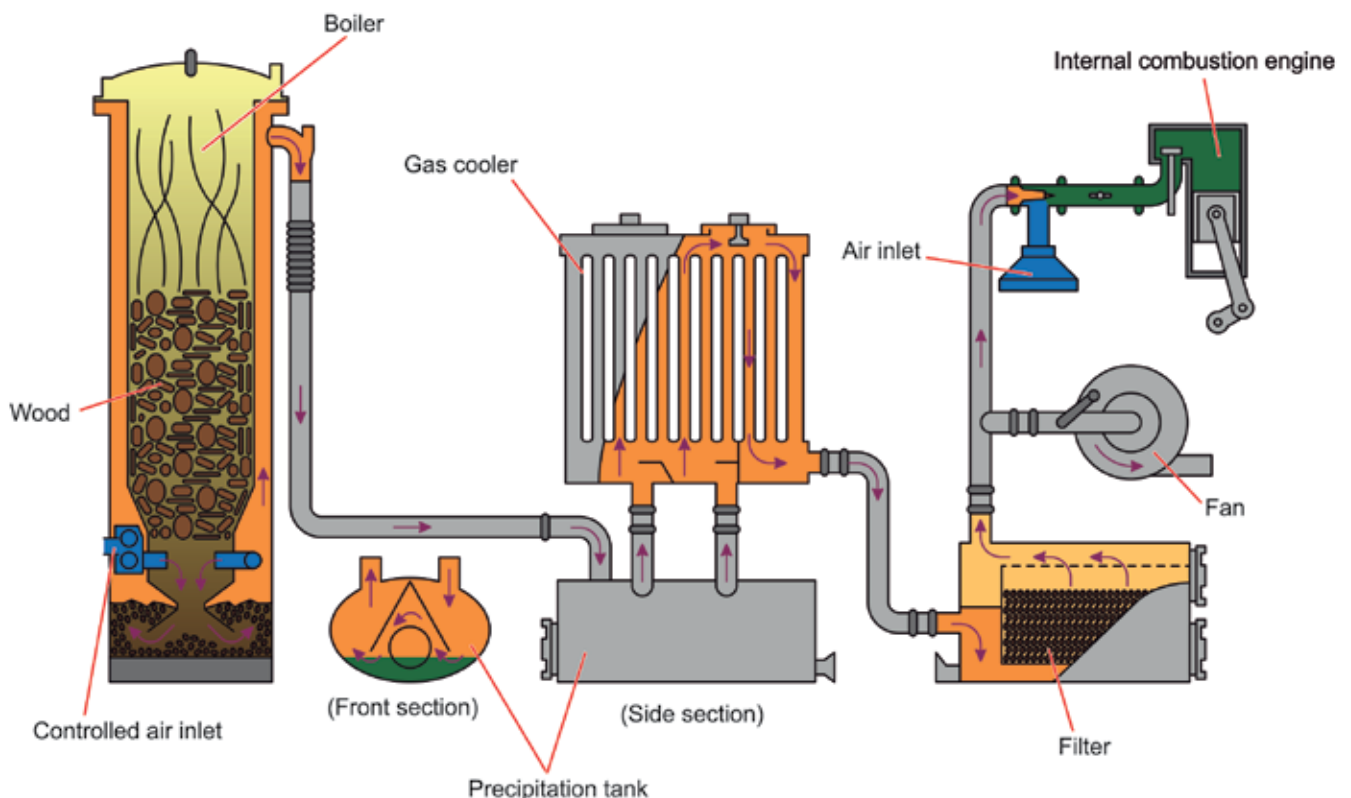


C'est l'ingénieur chimiste français Georges Christian Peter Imbert, né en 1884, qui a perfectionné la technique d'obtention de gaz combustible à partir du bois dans le premier quart du XXe siècle en réalisant un système portable pour les voitures. À partir de ses plans, des centaines de variantes adaptées à tout type de véhicules sont apparues. Dans certains endroits, la pénurie de combustible était devenue telle que des variantes du système furent construites et qui ne partaient pas du bois ou du charbon comme matière première,

mais du carbure de calcium qui, en réagissant avec l'eau, produit de l'acétylène.

Le générateur de gaz est constitué d'un grand récipient métallique utilisé comme chaudière dans lequel est introduit le combustible solide qui va subir une combustion partielle. Pour que l'invention fonctionne correctement, la chaudière a besoin d'une entrée d'air contrôlée, de sorte qu'en cas de manque d'oxygène, le bois ne brûle pas complètement. Le carburant solide est partiellement oxydé pour favoriser la formation de monoxyde de carbone (CO), ce qui ne se produit pas lorsque la combustion est terminée.

Le monoxyde de carbone produit est acheminé vers un réservoir de précipitation, un refroidisseur pour augmenter la densité et un filtre pour retenir les impuretés solides. Le gaz traité est introduit dans les cylindres du moteur à essence mélangé à de l'air, où il explose grâce à l'allumage qui fait sauter l'étincelle d'allumage.



En raison de la faible puissance énergétique du monoxyde de carbone, le rendement du moteur à gaz était très limité. Cette puissance réduite ne permettait pas d'atteindre des vitesses élevées et parfois le véhicule ne pouvait pas gravir les pentes ascendantes. C'est pourquoi de nombreuses installations ont intégré des mécanismes permettant d'enrichir le mélange de manière ciblée, par exemple des systèmes de vapeur d'eau pour ajouter de l'hydrogène à la réaction de combustion. D'autres installations disposaient d'un petit réservoir d'essence ou d'alcool relié au moteur et d'un robinet d'arrêt qui ne s'ouvrait que lorsqu'il fallait franchir un obstacle.

Un autre problème du gazogène était le grand volume d'éléments nécessaires à une production de gaz suffisante. Dans les camions ou les bus, l'adaptation du système était moins compliquée, car il était possible de l'installer à l'arrière et même sur le large toit, contrairement aux voitures. Dans certains cas, faute d'espace suffisant pour la chaudière, celle-ci a été installée dans une remorque associée au véhicule.

Adapter un véhicule à moteur à essence pour qu'il fonctionne au gazogène n'a pas été une tâche compliquée. Avec peu de matériel, l'adaptation pouvait se faire en quelques heures. Au fil du temps, des kits spéciaux,

sous divers brevets, ont été développés pour faciliter la tâche d'assemblage. Certains véhicules, comme la « Coccinelle » de Volkswagen, ont été fabriqués à certaines époques avec du gazogène installé en série. La recharge des solides dans ce modèle se faisait par un trou dans le capot.



## SYSTÈMES GPL

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) est le mélange liquéfié de gaz dissous dans le pétrole, principalement le propane et le butane. Bien qu'à température et pression ambiantes, ces deux types de gaz se liquéfient facilement en augmentant modérément la pression, d'où leur nom.

La production de GPL a deux origines. Une partie, 60 %, de la production est obtenue directement à l'état gazeux lors de l'exploitation des champs pétrolifères, tandis que les 40 % restants sont produits lors du raffinage du pétrole brut. Le GPL est donc un sous-produit naturel.

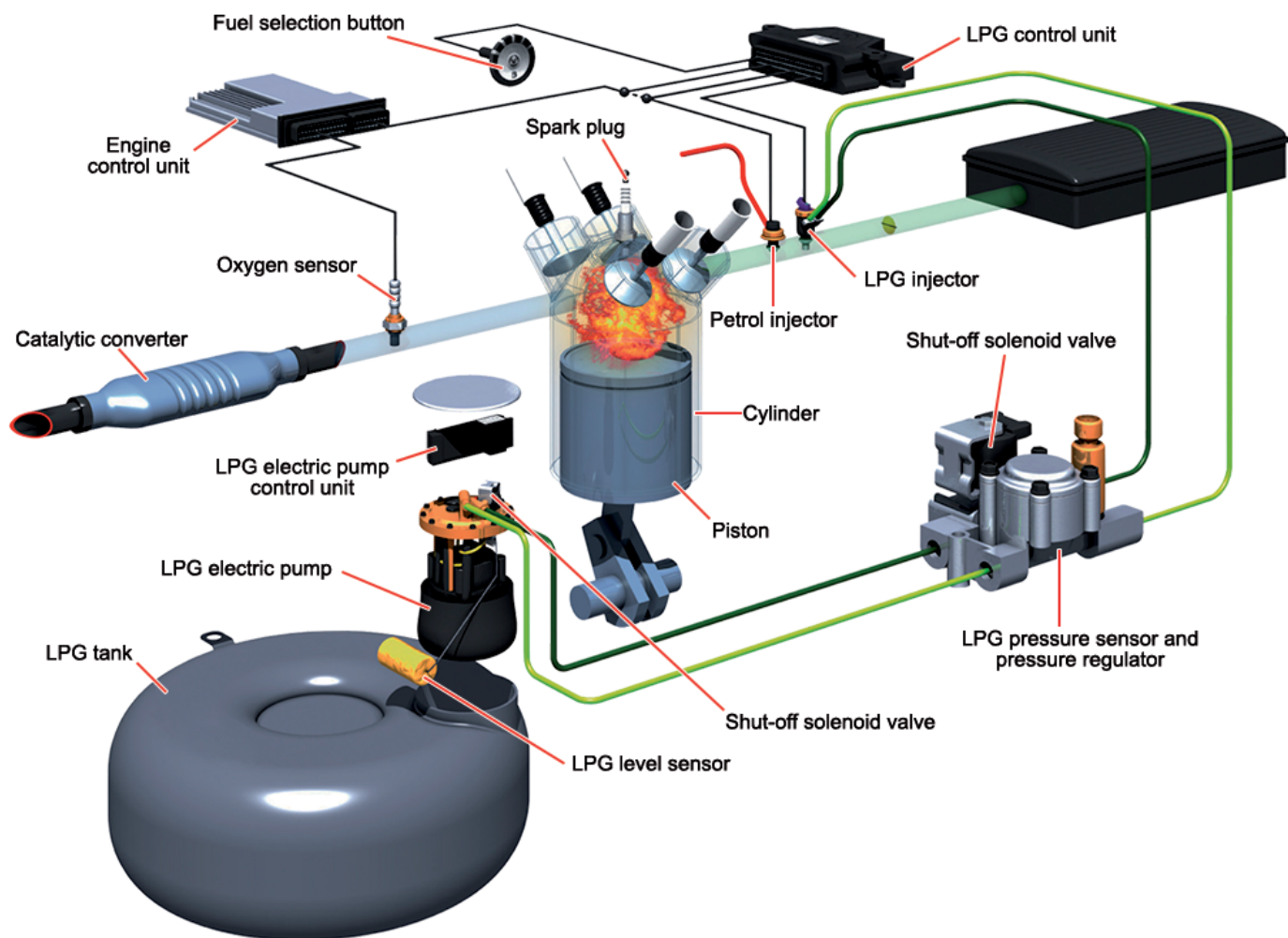
## Système d'injection en phase gazeuse

Ce système est le plus courant, car il ne nécessite pas de modifications majeures des véhicules sur le plan mécanique. Il se compose d'un réservoir, de tuyauteries, de composants électroniques et d'un système d'injection. La conversion des moteurs à essence au fonctionnement au GPL injecté à l'état gazeux est simple, surtout dans les modèles à injection indirecte.

Le carburant est dosé directement dans la phase gazeuse et indirectement, c'est-à-dire dans le collecteur d'admission et à basse pression.

Le principal avantage du GPL, outre son prix, est qu'il produit proportion-

nellement moins de polluants qu'un moteur à essence, bien qu'il présente l'inconvénient de consommer plus de masse de carburant et qu'il réduise la puissance totale du moteur d'environ 10 %. Un autre inconvénient est que le moteur ne peut pas être démarré directement au GPL car sa densité varie considérablement en fonction de la pression et de la température de l'air dans le collecteur d'admission, de sorte que le démarrage à froid doit se faire à l'essence et passe automatiquement au gaz lorsque le moteur atteint une température suffisante.



Le système comporte un réservoir dans lequel le GPL est stocké à l'état liquide à une pression d'environ 8 à 10 bars et qui est rempli à 80 % de sa capacité totale. Le réservoir comprend une électrovanne qui fait office

de robinet d'arrêt et une clé manuelle pour fermer le passage vers les tuyaux en cas d'urgence ou lorsque le véhicule reste immobile pendant de longues périodes.



Le carburant à l'état liquide est dirigé du réservoir de GPL vers le régulateur de pression par des tuyaux. Une autre vanne d'arrêt se trouve dans le régulateur. Le régulateur a pour fonction de réduire la pression du GPL à environ 1 bar, permettant le changement d'état de liquide à gaz pour faciliter son dosage au moment de l'injection.

Le gaz à basse pression est conduit vers la rampe d'injection où se trouvent les injecteurs de GPL. Selon l'espace, ces injecteurs peuvent être situés directement sur le collecteur d'admission ou le gaz dosé peut être dirigé vers le collecteur par de petits tuyaux.





L'ensemble du système est géré par une unité de contrôle spécifique qui communique avec l'unité de contrôle du moteur afin que le changement de carburant puisse être effectué correctement et que les informations nécessaires au dosage de la masse de gaz puissent être obtenues. Un filtre peut être placé n'importe où dans le circuit entre la sortie du réservoir et l'entrée de la rampe d'injection pour éliminer les impuretés du GPL. Un capteur de pression est généralement situé entre la sortie du régulateur de pression et la rampe d'injection.

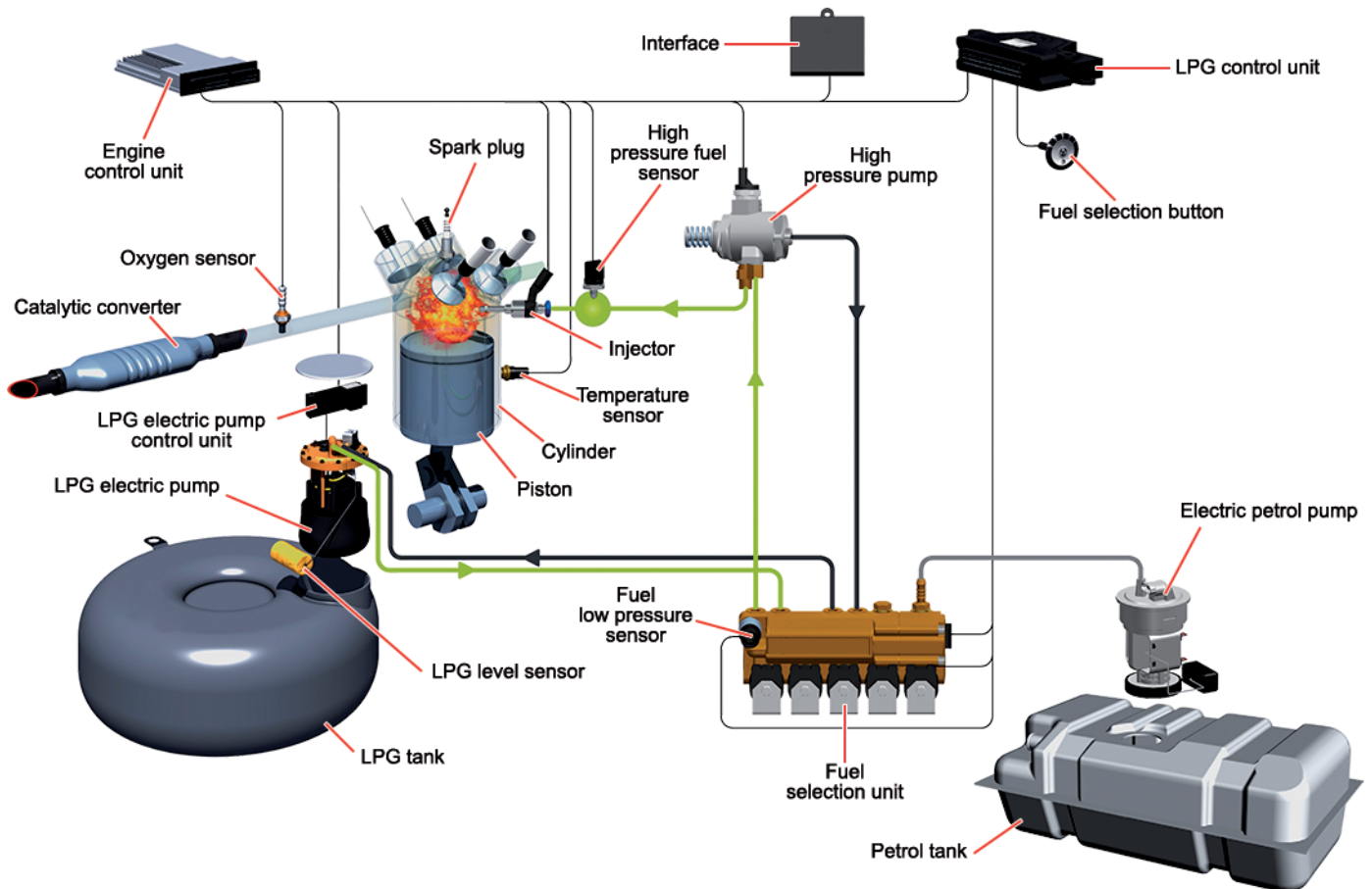
Le GPL a la particularité de sécher les soupapes d'admission/échappement et leurs sièges. Pour surmonter cet inconvénient, les constructeurs automobiles montent des soupapes spéciales sur les modèles équipés de systèmes GPL d'usine. Dans les véhicules transformés, un additif spécial doit être utilisé mélangé au réservoir d'essence.

## Système d'injection en phase liquide

Il s'agit du système d'injection GPL le plus moderne, qui effectue le dosage du carburant à l'état liquide et à haute pression. Il peut être utilisé aussi bien pour les moteurs à essence à injection indirecte que pour les moteurs à injection directe actuels, tels que TSI, TFSI, PureTech...

L'injection de GPL en phase liquide réduit la température du mélange air/carburant, ce qui permet d'obtenir un effet similaire à celui de l'intercooler, et accroît les performances et l'efficacité du fonctionnement des moteurs.

Les performances obtenues sont équivalentes à celles obtenues avec l'essence, ce qui met le fonctionnement du moteur sur le même plan que les caractéristiques et les valeurs pour lesquelles il a été conçu, et peut même augmenter ses performances. Le dosage du GPL liquide permet de démarrer le moteur avec du gaz.



Le GPL, maintenu à l'état liquide pendant tout le processus, est introduit dans les cylindres par les mêmes injecteurs que ceux utilisés pour l'essence et est comprimé avec la même pompe à haute pression. Lorsqu'il est injecté en phase liquide, la température maximale de combustion est réduite.

L'élément le plus important du système est l'unité de sélection de carburant qui permet d'alternier en douceur entre carburant essence et GPL.

L'essence et le gaz sont introduits dans l'unité de sélection et le carburant sélectionné est transmis à la pompe haute pression, qui régule la pression du liquide avant l'injection dans le moteur, en fonction des exigences de fonctionnement et du carburant sélectionné.

## Composants du système

### Réservoir de GPL :

Il stocke le gaz à l'état liquide à une pression comprise entre 8 et 10 bars. Il peut être placé dans le logement de la roue de secours, dans le coffre ou sous le véhicule. Il comprend un capteur de niveau de remplissage, l'électrovanne d'arrêt et des éléments de sécurité permettant de fermer manuellement le passage du gaz.



### Électrovanne d'arrêt :

Sa fonction est d'interrompre ou de permettre le passage du GPL selon les dispositions prises par l'unité de contrôle. Deux électrovannes d'arrêt peuvent être placées dans le circuit, une à la sortie du réservoir et une à l'entrée du régulateur de pression.



### Régulateur de pression :

Sa fonction est de réguler le débit de GPL pour obtenir le passage de l'état liquide à l'état gazeux et l'alimentation à pression constante. À l'intérieur, il y a un orifice calibré pour le liquide et une chambre d'expansion où il est transformé en gaz et réduit la pression à 1-2 bars.



### Capteur de pression :

Il est généralement situé sur la rampe d'injection et sa fonction est de mesurer la pression du GPL à l'état gazeux.



### Filtre :

Sa fonction est d'éliminer les impuretés que le GPL peut contenir. Il est généralement monté dans la zone du circuit où le gaz est à l'état gazeux, mais peut également être placé dans la zone où il est à l'état liquide.





**Injecteurs GPL :**

Ils sont responsables de l'injection du GPL dans le collecteur d'admission et il y en a généralement un pour chaque cylindre du moteur. Ils sont généralement situés sur une rampe d'injection et à une certaine distance du collecteur d'admission, le gaz dosé étant acheminé par des tuyaux flexibles vers le collecteur d'admission.

**Unité de contrôle du GPL :**

Sa fonction est de calculer la masse de GPL nécessaire et de gérer le système pour son fonctionnement. Elle reçoit les informations des capteurs et fait fonctionner les injecteurs de GPL.

**Bouton de sélection du carburant :**

Il est situé dans l'habitacle à portée de main du conducteur dans les équipements de rechange qui n'effectuent pas la sélection automatique du carburant. Sur certains modèles, il existe également un indicateur du niveau de GPL présent dans le réservoir.

**Unité de sélection des carburants :**

Sa fonction est de sélectionner le carburant, GPL ou essence, qui passe à la pompe haute pression et au système de dosage. Elle n'est utilisée que dans les systèmes d'injection en phase liquide.

**Tuyaux :**

Les tuyaux d'alimentation en GPL peuvent être en acier, en cuivre renforcé ou en un autre matériau équivalent.



## Ravitaillement en carburant

Le ravitaillement en gaz GPL se fait dans des distributeurs à pression spécifiques. Le bec de remplissage GPL n'est pas normalisé, il existe donc différents formats et adaptateurs pour pouvoir faire le plein de GPL. Les adaptateurs sont enfilés dans la buse située sur le véhicule et servent d'intermédiaires entre la pompe et le véhicule. Les adaptateurs sont généralement munis de joints flexibles pour assurer l'étanchéité lors du ravitaillement en carburant, qui doivent être remplacés s'ils présentent des fissures ou d'autres dommages.



Dish / Plate

Euro

Bayonet

ACME

Lors du ravitaillement en carburant, il convient de prendre les mêmes mesures de sécurité que pour l'essence ou le diesel. Il faut tenir compte du fait que lorsque le distributeur est désaccouplé à la fin du processus de remplissage, il est brusquement éjecté par la pression du gaz accumulé entre la buse de remplissage et le distributeur lui-même.



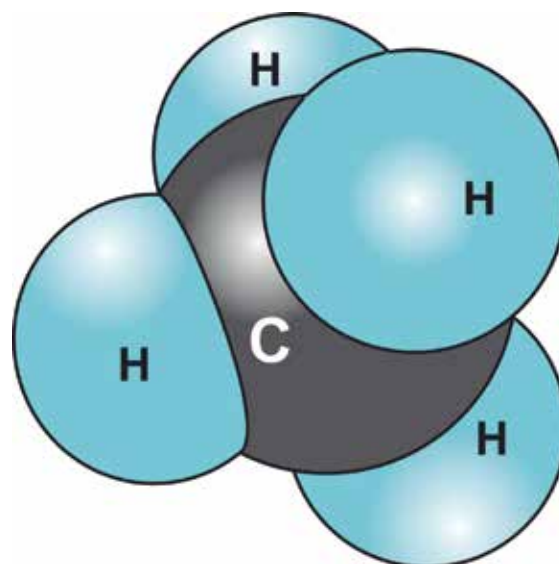
## SYSTÈMES GNC

Le gaz naturel peut être utilisé dans les véhicules équipés de moteurs à gaz comprimé à des pressions de 200-250 bars pour obtenir une densité énergétique suffisante. Il est principalement composé de méthane (CH<sub>4</sub>), atteignant une proportion de 97 %. Ce gaz existe naturellement dans le sous-sol terrestre et est obtenu par extraction directe. Pour pouvoir détecter les fuites, des additifs odorants sont ajoutés. Il est distribué sous deux noms selon l'origine et le pourcentage de méthane :

- **High-Gas** : Son pourcentage de méthane se situe entre 79,8 et 98 %.
- **Low-Gas** : Son pourcentage de méthane se situe entre 80 et 87%.

La densité énergétique de 1 kg de GNC est supérieure à celle de tout autre combustible fossile disponible, de sorte qu'il faut moins de combustible pour produire la même énergie. Cela signifie que lorsqu'il fonctionne au GNC, le moteur ne perd pas ses performances comme il le fait avec le GPL. L'énergie d'un kilogramme de GNC est équivalente à :

- 2,0 litres de GPL.
- 1,5 litre de diesel.
- 1,3 litre d'essence.



	High gas	Low gas
<b>Puissance calorifique en kW/m<sup>3</sup></b>	11.1 - 10.0	8.9
<b>Méthane (CH<sub>4</sub>) % volume</b>	79.8 - 98	80 - 86.8
<b>Éthane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) % volume</b>	9.9 - 1.3	6.7
<b>Propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) % volume</b>		
<b>Butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) % volume</b>		
<b>Gaz inertes % volume</b>	3.0 - 0.9	6.5
<b>Couleur</b>	Incolore	
<b>Odeur</b>	Il est odorisé avec du tétrahydrothiophène	
<b>Température d'ébullition</b>	de -195 °C à -155 °C	
<b>Température d'inflammation</b>	de 575 °C à 625 °C	
<b>Densité relative (air=1)</b>	0,55 à 0,75. Plus léger que l'air	
<b>Indice d'octane</b>	jusqu'à 130 octanes	
<b>Teneur énergétique 1 kg</b>	13 kWh environ	

Le gaz naturel a l'impact environnemental le plus faible de tous les combustibles fossiles en raison du rapport hydrogène-carbone élevé dans sa composition. Il est plus léger que l'air, de sorte que les fuites de ce gaz se

dissipent dans l'atmosphère et ne polluent ni le sol ni l'eau. En tant que carburant pour véhicules, il réduit de 90 % les émissions d'oxyde d'azote (NOx) et ne produit pas de composés de soufre ni de particules solides.

## Fonctionnement

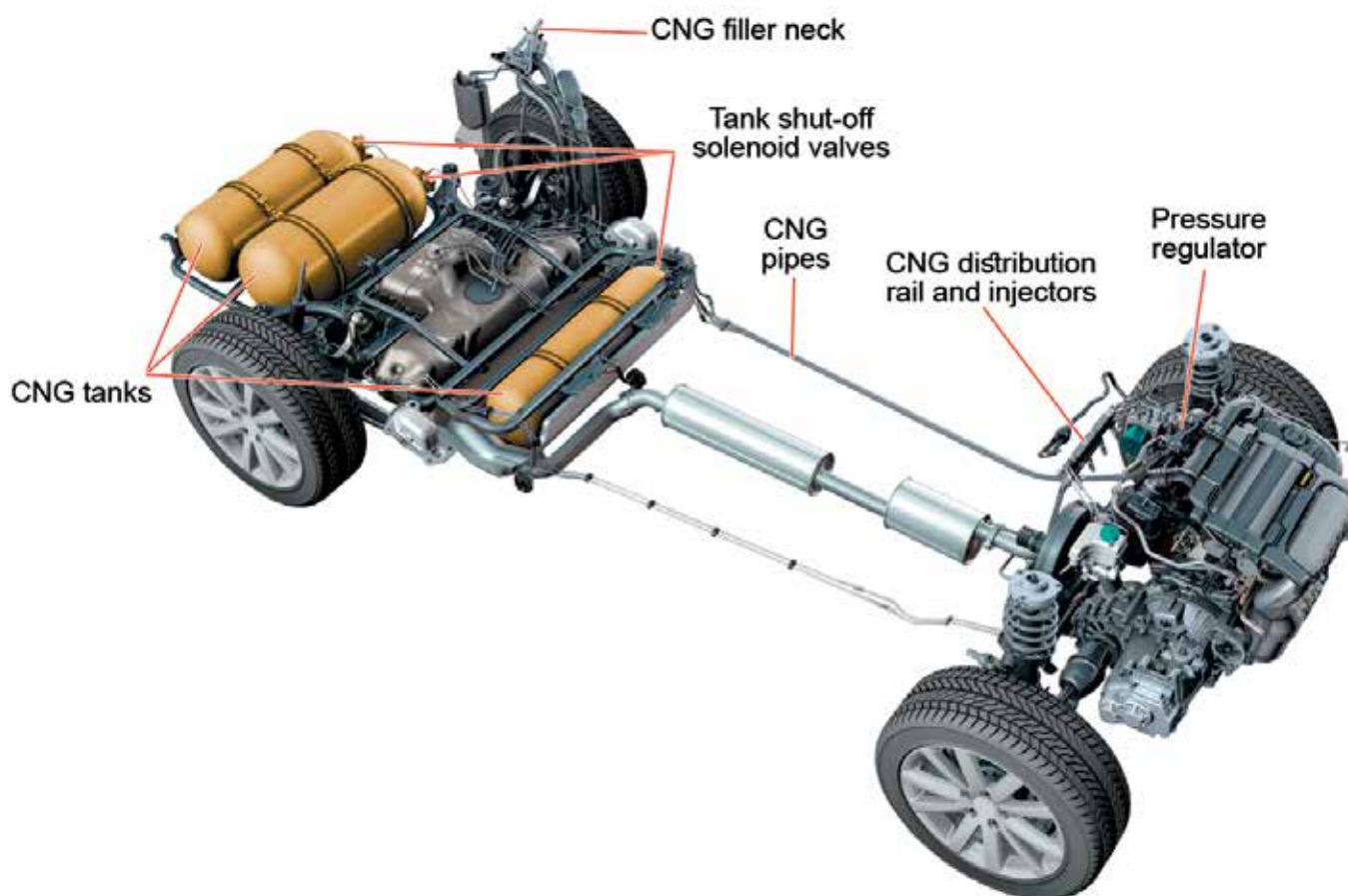
L'alimentation en GNC est similaire à celle du GPL en phase gazeuse puisqu'il est également injecté indirectement dans le collecteur d'admission, mais il fonctionne à des pressions différentes tant au niveau du stockage que du dosage. Comme d'autres systèmes, il possède des capteurs et des actionneurs spécifiques qui sont gérés par une unité de contrôle indépendante ou la même que celle qui gère l'injection d'essence dans le cas des véhicules qui sont équipés avec le système GNC d'usine.

Contrairement au GPL, le GNC peut faire démarrer le moteur à froid, à l'exception des cas suivants :

- **Défaillances du système** : en cas de défaillance d'un composant ou de détection d'une fuite, l'unité de contrôle peut couper l'alimentation en gaz et continuer avec l'essence.

- **Température du liquide de refroidissement inférieure à -10 °C** : Les aiguilles des injecteurs de gaz peuvent se bloquer à ces températures. Dans ce cas, l'ECU démarre le moteur à essence tout en appliquant un faible courant aux enroulements des injecteurs pour les chauffer.
- **Après le ravitaillement en GNC** : l'ECU doit reconnaître la qualité et la quantité de GNC contenu dans les réservoirs, ce qui peut prendre jusqu'à deux minutes, durée pendant laquelle le moteur fonctionne à l'essence.

Le système GNC n'a généralement pas de bouton de sélection du carburant comme les autres systèmes à gaz, et le moteur a des composants modifiés ou des additifs spécifiques doivent être utilisés. Le circuit d'alimentation en gaz naturel est divisé en deux sections, en fonction de la pression :





## Haute pression

Le gaz naturel est stocké dans les réservoirs à l'état gazeux à une pression d'environ 200 bars. Chaque réservoir possède une électrovanne d'arrêt qui contrôle le passage du gaz des réservoirs vers les tuyaux de sortie. Les électrovannes sont ouvertes électriquement lorsque le système est exempt de défauts et que le moteur doit être démarré. Le gaz est conduit vers le régulateur de pression par les tuyaux à la même pression que dans le réservoir.

Les réservoirs sont reliés entre eux par des tuyaux, pour une vidange et un remplissage simultanés. Un capteur de pression est placé dans cette section du circuit pour évaluer la quantité de gaz restant dans les réservoirs et la pression.

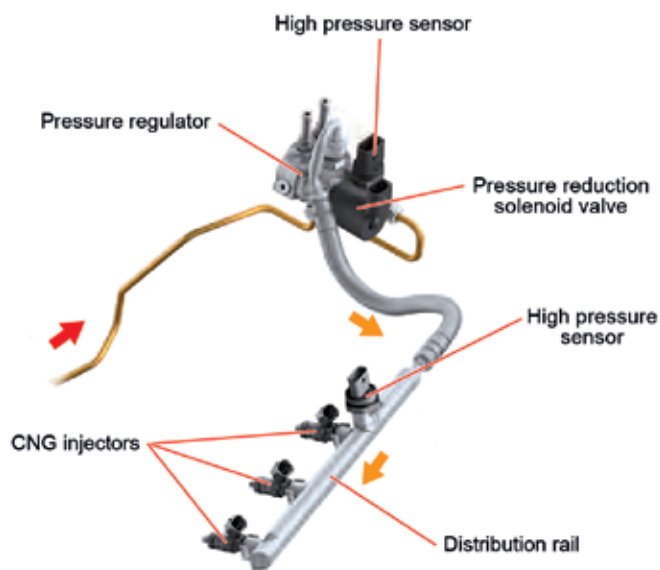


## Basse pression

Le régulateur de pression est chargé de réduire la haute pression provenant du réservoir à la pression d'injection, qui est d'environ 6 à 9 bars. La réduction de pression est une conséquence de la détente du GNC contrôlée par l'ouverture d'un petit passage à travers l'électrovanne de réduction de pression.

La réduction de pression entraîne une baisse considérable de la température du gaz, ce qui peut conduire au gel du détendeur. Pour éviter cela, les fabricants ajoutent des systèmes de chauffage utilisant des résistances électriques ou le liquide de refroidissement du moteur lui-même.

Le gaz naturel à basse pression est acheminé vers la rampe de distribution où il est injecté dans le collecteur d'admission par les injecteurs de GNC. Le système comporte autant d'injecteurs de GNC que le moteur comporte de cylindres.



## 6.2 Composants du système

### Réservoir de GNC :

Il est possible d'utiliser un ou plusieurs réservoirs, qui sont fixés au véhicule au moyen d'une armature en tôle pour les protéger d'éventuels impacts. Leur emplacement dépend du véhicule, bien qu'ils soient généralement situés dans le coffre ou dans le bas, à l'arrière. Les réservoirs sont reliés au moyen de tuyaux formant une seule unité fonctionnelle. Ils sont revêtus d'une peinture spéciale qui les rend plus résistants à la corrosion et aux rayures.



**Électrovanne d'arrêt :**

Elle est située à l'entrée de chaque réservoir de GNC. Sa fonction est de permettre ou d'empêcher le passage du gaz du réservoir vers les tuyaux. Les électrovannes incorporent une vanne mécanique à ressort unidirectionnelle qui permet au gaz de passer dans le réservoir pendant les opérations de ravitaillement.

**Régulateur de pression :**

Il effectue la réduction contrôlée de la pression du GNC de 200 bars jusqu'à une plage comprise entre 5 et 9 bars.

**Capteur de haute pression :**

Il est situé en tout point du circuit haute pression, généralement dans le tuyau entre les réservoirs et le régulateur de pression. Il détecte la pression effective dans le système d'accumulation. Il informe également l'ECU lorsqu'un ravitaillement en carburant est effectué grâce à l'augmentation de la pression dans les réservoirs.

**Capteur de basse pression :**

Il est généralement situé sur la rampe de distribution et mesure la pression du gaz dans le circuit basse pression. Certains capteurs peuvent également mesurer la température.

**Unité de contrôle du GNC :**

Sa fonction est de gérer le système afin qu'il fonctionne correctement. Pour cela, il reçoit les informations des capteurs et fait fonctionner les injecteurs de GNC.



### Rampe de distribution :

Le gaz s'y accumule à basse pression avant d'être injecté dans le collecteur d'admission. Elle comporte le logement des injecteurs de GNC et parfois du capteur de basse pression.



### Injecteurs :



Ils sont chargés de doser la quantité de gaz nécessaire à chaque cycle de fonctionnement en fonction des conditions de fonctionnement du moteur, en lui permettant de passer dans le collecteur d'admission. Il y a autant d'injecteurs que de cylindres dans le moteur.

### Tuyaux :

Les tuyaux de la section haute pression sont en acier trempé et les joints sont réalisés avec des raccords à double cône pour assurer l'étanchéité et prévenir d'éventuelles fuites.



## Ravitaillement en carburant

Le ravitaillement en gaz naturel est simple, sûr et aussi rapide que celui des autres carburants. La pression standard dans les réservoirs est de 200 bars à une température de 15 °C. Afin d'éviter que la pression à froid ne tombe en dessous de 200 bars, la pression de ravitaillement doit être comprise entre 210 et 250 bars.

Le goulot de remplissage intègre un clapet anti-retour avec un filtre. Le clapet anti-retour empêche le GNC de fuir dans le sens inverse pendant l'opération de ravitaillement en gaz et le filtre retient les impuretés plus épaisses que le gaz naturel peut contenir. Lorsque le tuyau de remplissage est retiré, la décharge d'une petite pression résiduelle nettoie le filtre, de sorte que le filtre ne nécessite pas d'entretien.

Le distributeur de GNC indique la valeur de remplissage du gaz naturel en kilogrammes. Un kilogramme de gaz naturel comprimé à 200 bars dans les réservoirs occupe un volume d'environ 6,2 litres.





# SYSTÈME GNL

Le GNL est un gaz naturel traité pour le transport à l'état liquide. Il est principalement composé de méthane (CH<sub>4</sub>), mais, contrairement au GNC, il est stocké et distribué à l'état liquide à la pression atmosphérique et à -162 °C. Pour maintenir le gaz à l'état liquide à des températures cryogéniques, chaque réservoir est constitué de deux conteneurs concentriques. Le récipient intérieur est en acier inoxydable et le récipient extérieur est en acier au carbone. La chambre intermédiaire pour l'isolation thermique est remplie de poudre de perlite et la pression interne est réduite par le vide.



Le GNL est généralement utilisé dans les moteurs stationnaires des grandes installations industrielles, car il pollue moins qu'un moteur diesel et le prix du gaz est relativement bas. Aujourd'hui, cette technologie n'est disponible qu'en format mobile pour les véhicules commerciaux, tels que les cabines de tracteurs et les camions, ou dans les gros moteurs marins.



## Fonctionnement

Le GNL peut être utilisé aussi bien dans les moteurs à explosion (Otto) que dans les moteurs à allumage par compression (Diesel). Dans le cas des moteurs diesel, une double injection est effectuée, les deux carburants devant être fournis simultanément pour le fonctionnement. Dans le

### Moteur diesel à injection indirecte de gaz à basse pression

Le gaz est injecté de la même manière que dans les véhicules à GNC avec injection indirecte de gaz, à la différence qu'il faut préalablement vaporiser le GNL qui est à l'état liquide à l'intérieur du réservoir.

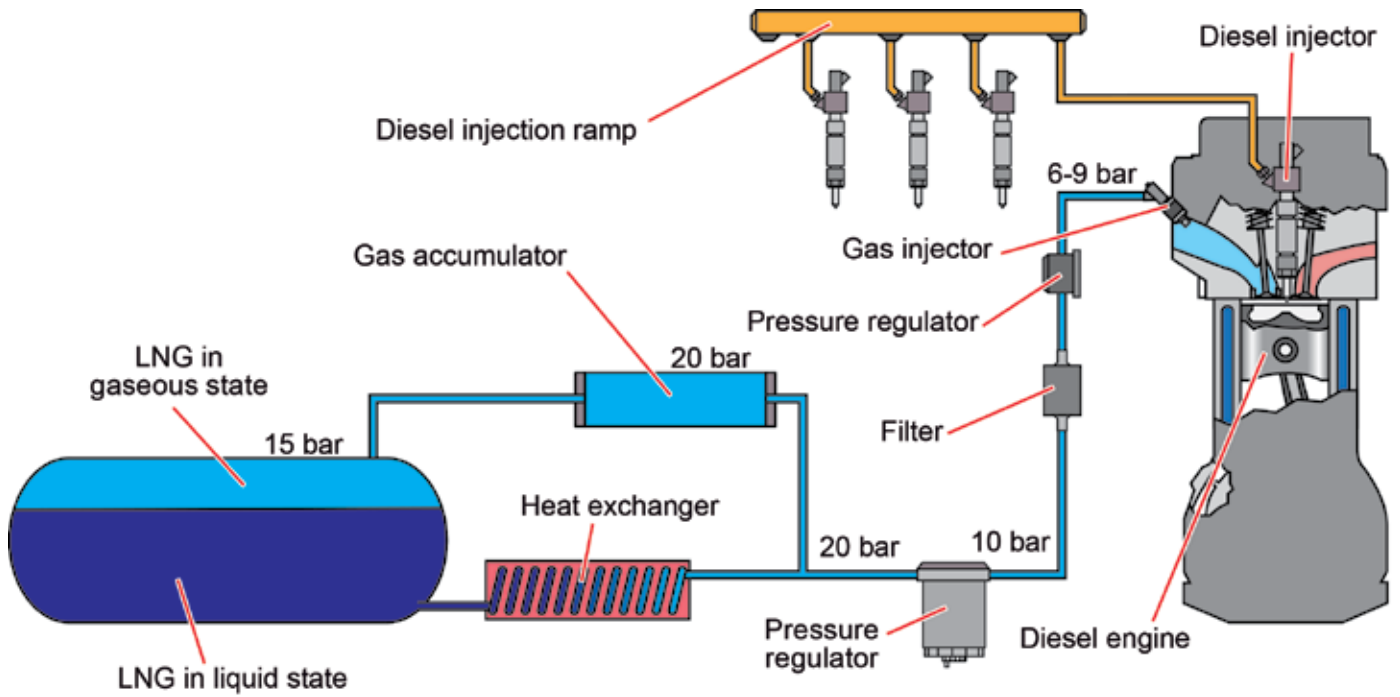
Le GNL dans le réservoir, à l'état liquide à environ -162 °C et 15 bars, est acheminé vers un échangeur thermique avec le liquide de refroidissement du moteur où le carburant augmente sa température pour changer son état. Lorsqu'il est vaporisé, le GNL est converti en GNC à une pression d'environ 20 bars. Il est ensuite dirigé vers un régulateur de pression pour

moteur à allumage par étincelle (essence), le moteur ne peut fonctionner qu'au GNL. Dans les deux cas, l'injection se fait à l'état gazeux, c'est-à-dire au GNC.

Les possibilités d'emploi sont les suivantes :

réduire la pression à 10 bars. Enfin, le gaz est filtré pour éliminer les impuretés et passe par un deuxième régulateur pour atteindre la pression de dosage finale située entre 6 et 9 bars.

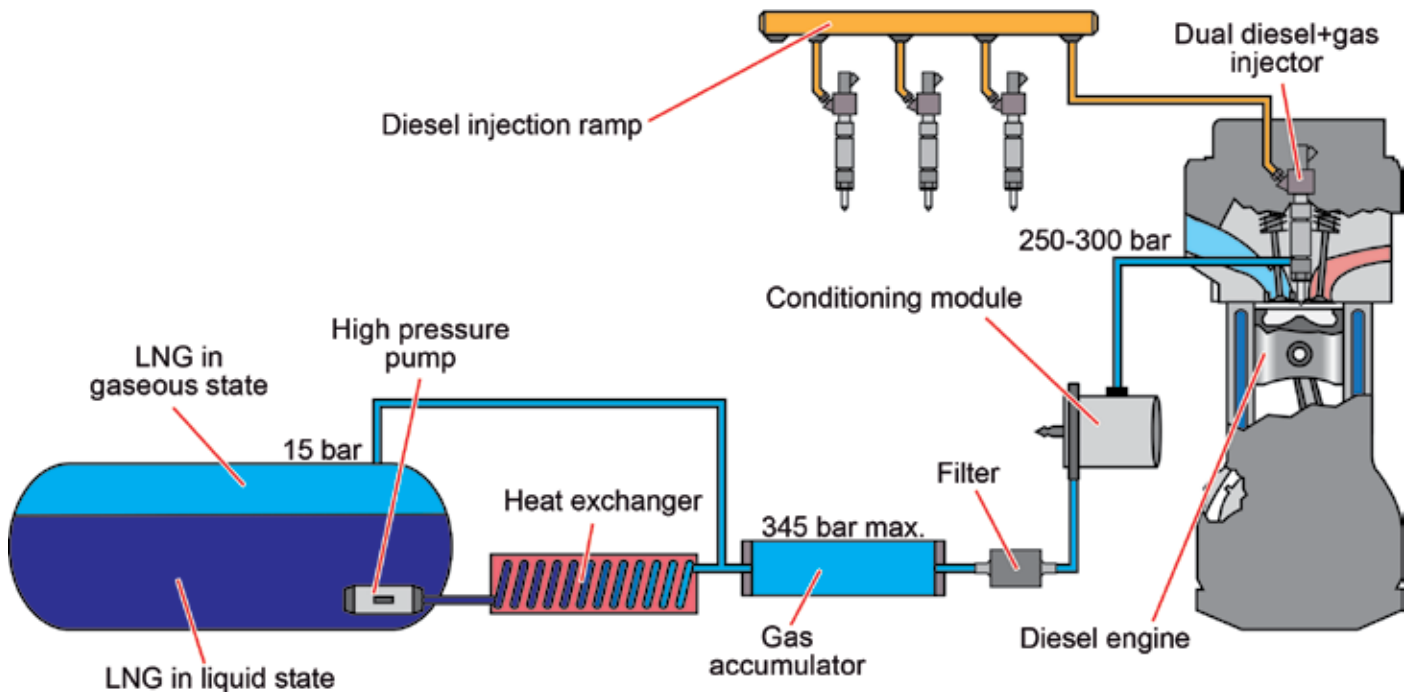
Le gaz est injecté dans le collecteur d'admission et est amené à brûler avec l'injection diesel. Cette double combustion permet de réduire la quantité de diesel injectée pour obtenir une combustion plus complète qui réduit la production de polluants.



**Moteur diesel à injection directe de gaz à haute pression**

Ce système injecte le gaz directement dans la chambre de combustion à haute pression. Pour cela, il utilise un injecteur spécifique qui permet d'injecter simultanément du diesel et du gaz par des tuyaux séparés. Le GNL à l'état liquide (-162 °C / 15 bars) est acheminé vers l'échangeur thermique par une pompe à haute pression. La pompe élève la pression du GNL à 345 bars et le chauffage permet son changement d'état en GNC.

Le GNC à haute pression est stocké dans un accumulateur. Il est ensuite filtré pour éliminer les éventuelles impuretés et dirigé vers un module de conditionnement où la pression est abaissée à 250-300 bars. Il est ensuite acheminé vers les injecteurs où il est introduit dans la chambre de combustion avec une petite quantité de diesel pour effectuer la combustion.



## Ravitaillement en carburant

De tous les systèmes de gaz qui existent pour les véhicules à moteur, le ravitaillement en GNL est le plus compliqué. Comme il s'agit d'un carburant liquide cryogénisé, des mesures de sécurité accrues doivent être prises et un équipement de protection individuelle approprié doit être fourni. Cet équipement se compose de gants spéciaux pour les basses températures et d'un écran facial, qui sont normalement présents dans la station-service ou le point de ravitaillement.

Avant de faire le plein, une pince électrique, qui fournit la pompe au châssis du véhicule, doit être installée pour éliminer toute électricité statique accumulée par le véhicule. Ensuite, il convient de souffler avec de l'air comprimé pour nettoyer les buses de raccordement, tant sur le tuyau à jet que sur le réservoir.

Les tuyaux peuvent ensuite être raccordés pour le ravitaillement en carburant. Lorsque le GNL entre dans le réservoir, les tuyaux sont gelés en surface, car le GNL est à  $-162\text{ °C}$ . En retirant les tuyaux, éviter tout contact avec la peau, car cela peut provoquer des brûlures cryogéniques.



## VÉHICULES DIESEL BICARBURANT À GAZ

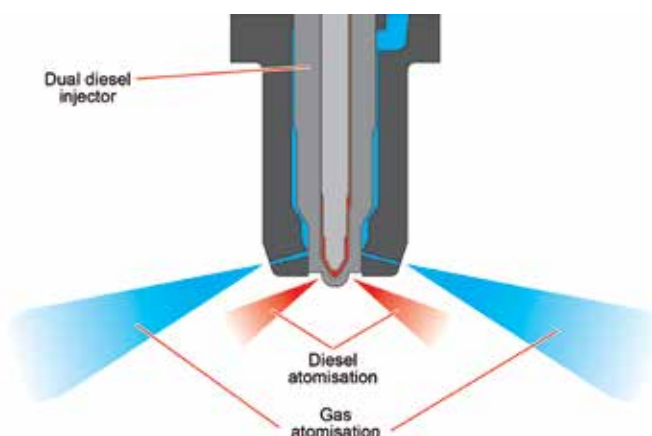
Le carburant double ou combiné est la seule possibilité de fonctionnement au gaz pour les moteurs à allumage par compression qui, n'ayant pas de bougies d'allumage pour enflammer le mélange, utilisent la chaleur dégagée par la combustion d'une petite partie du diesel pour enflammer le gaz.

Ce système permet des économies considérables de diesel, car certains systèmes introduisent une proportion de 95 % de gaz et 5 % de diesel dans le cylindre.



Il existe sur le marché des kits de conversion qui permettent d'adapter le système à gaz au moteur diesel, et même des moteurs diesel qui sont fournis prêts à être complètement transformés dans les pays où la réglementation interne permet cette conversion. De nombreux constructeurs de véhicules lourds commercialisent des modèles diesel équipés de gaz d'usine, en particulier des véhicules commerciaux, de travaux publics et miniers.

L'avantage le plus important de ce type de moteur est qu'il est plus respectueux de l'environnement puisqu'il réduit les émissions de CO et de CO<sub>2</sub> jusqu'à 25 %, les émissions de particules solides jusqu'à 96 % et les oxydes d'azote NO<sub>x</sub> de 85 %. Ils émettent également jusqu'à 50 % de bruit et de vibrations en moins que les véhicules diesel et le coût de fonctionnement au gaz naturel est de 30 % inférieur à celui du diesel et de 50 % inférieur à celui de l'essence.





## PANNES COURANTES

Les défaillances les plus courantes dans les systèmes GPL et GNC sont les pannes des capteurs ou des actionneurs spécifiques au système d'alimentation en gaz.

Dans les véhicules équipés de GPL, le système de sélection du carburant peut tomber en panne lors du passage de l'essence au GPL et provoquer l'arrêt du moteur.

De plus, avec le temps, les tuyaux peuvent se détériorer et provoquer des fuites qui entraînent la mise hors service du système. Les systèmes ont été conçus et testés pour répondre à des normes de sécurité strictes en cas de collision, en particulier les réservoirs, bien que cette possibilité existe toujours dans les conteneurs de gaz sous pression. Cependant, la

possibilité d'incendie est moindre que dans les véhicules à essence par exemple.

Pour la détection des fuites de gaz, il existe de nombreux détecteurs électroniques qui indiquent la fuite de manière acoustique. Cette inspection doit être effectuée périodiquement en liaison avec l'entretien du véhicule.

Dans les véhicules convertis au gaz, le réglage du rapport air/carburant peut être délicat et très variable en fonction de la température ambiante et de la pression atmosphérique, ce qui nécessite un réajustement fréquent.

En revanche, si l'additif n'est pas suffisamment utilisé pour empêcher le dessèchement des soupapes, leur détérioration est accélérée, ce qui peut entraîner la traction et l'arrêt du moteur.

## 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.

Ces pannes 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.

### DACIA

DACIA LOGAN (LS_) 1.4 MPI LPG (LS0C) (K7J 710), DACIA SANDERO 1.4 MPI LPG (K7J 714)	
Codes d'anomalie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• P0300 - Défaut d'explosion détecté sur un ou plusieurs cylindres</li> <li>• P0301 - Cylindre 1. Fausse explosion détectée.</li> <li>• P0302 - Cylindre 2. Fausse explosion détectée.</li> <li>• P0303 - Cylindre 3. Fausse explosion détectée.</li> <li>• P0304 - Cylindre 4. Fausse explosion détectée.</li> </ul>
Symptômes	<p>Témoin défaut de moteur (MIL) allumé. codes de défaut enregistrés dans l'unité de commande moteur. Le véhicule affiche un ou plusieurs des codes de panne précédents. Perte de puissance. Le moteur tourne de manière irrégulière. Le moteur cale. REMARQUE : Ce bulletin d'information ne concerne que les véhicules équipés de systèmes d'alimentation en GPL (gaz de pétrole liquéfié).</p>
Cause	Le réglage des soupapes n'a pas été effectué. En raison de l'utilisation du GPL, il est nécessaire d'effectuer le réglage des soupapes dans les conditions recommandées par le fabricant.
Solution	<p><b>Procédure de réparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lire les codes de défaut enregistrés dans l'unité de commande du moteur à l'aide de l'outil de diagnostic.</li> <li>• Confirmer qu'un ou plusieurs des codes d'erreur mentionnés dans le champ sont enregistrés.</li> </ul> <p><b>Symptôme de ce bulletin.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmez que les symptômes mentionnés dans le champ des symptômes de ce bulletin sont reproduits.</li> <li>• Vérifier que le véhicule est équipé du type de bougie d'allumage recommandé.</li> <li>• Effectuer un réglage des vannes tous les 30 000 km.</li> <li>• Effectuer une deuxième lecture des codes de défaut dans l'unité de commande de moteur à l'aide de l'outil de diagnostic et confirmer que les codes de défaut mentionnés dans le champ de symptôme du bulletin ne sont PAS enregistrés.</li> </ul>

## VOLKSWAGEN

VW GOLF PLUS (5M1, 521) 1.6 BiFuel (CHGA), VW GOLF VI (5K1) 1.6 BiFuel (CHGA)	
Codes d'anomalie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 00307 - P0133 - Circuit de capteur d'oxygène 1, banc 1, signal lent.</li> <li>• 04626 - P1212 - Déconnexion des cylindres, banc 1.</li> <li>• 16514 - P0130 - Capteur d'oxygène 1, bloc 1. Circuit défectueux.</li> <li>• 16681 - P0300 - Défaut d'explosion détecté sur un ou plusieurs cylindres</li> <li>• 16682 - P0301 - Cylindre 1. Fausse explosion détectée.</li> <li>• 16683 - P0302 - Cylindre 2. Fausse explosion détectée.</li> <li>• 16684 - P0303 - Cylindre 3. Fausse explosion détectée.</li> <li>• 16685 - P0304 - Cylindre 4. Fausse explosion détectée.</li> <li>• 18528 - P2096 - Banc 1, correction lambda post-catalyseur, limite de régulation épuisée dépassée.</li> <li>• 18627 - P2195 - Signal de la sonde lambda 1-banc 1 trop faible.</li> <li>• 18628 - P2196 - Signal de la sonde lambda 1 banc 1 trop riche.</li> </ul>
Symptômes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• codes de défaut enregistrés dans l'unité de commande moteur.</li> <li>• Voyant de défaut du système GPL allumé.</li> <li>• Le véhicule affiche un ou plusieurs des codes de panne précédents.</li> <li>• Le moteur saccade en mode GPL.</li> <li>• Le moteur passe automatiquement du mode gaz au mode essence.</li> </ul> <p>REMARQUE : Ce bulletin d'information ne concerne que les véhicules équipés de systèmes d'échappement conformes à la réglementation EU4.</p> <p>REMARQUE : Ce bulletin informatif ne concerne que les véhicules qui se trouvent dans une plage spécifique de date de production</p>
Cause	Débit de gaz défectueux dans les injecteurs de GPL.
Solution	<p><b>Procédure de réparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lire les codes de défaut enregistrés dans l'unité de commande du moteur à l'aide de l'outil de diagnostic.</li> <li>• Confirmer qu'un ou plusieurs des codes d'erreur mentionnés dans le champ sont enregistrés.</li> </ul> <p><b>Symptôme de ce bulletin.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier le système d'alimentation en essence et en GPL à l'aide de l'outil de diagnostic approprié.</li> <li>• Effectuer les diagnostics appropriés pour les codes de défaut du moteur si « Système incorrect » est spécifié en mode essence.</li> <li>• Monter le kit de réparation approprié si la vérification du système se termine par « Système incorrect » en mode GPL et « Système correct » en mode essence.</li> <li>• Vérifier à nouveau le circuit d'essence et de GPL avec l'outil de diagnostic approprié.</li> <li>• Effacer les codes de défaut enregistrés dans l'unité de commande du moteur (UCE) à l'aide de l'outil de diagnostic.</li> <li>• Vérifier la version du logiciel de l'unité de contrôle du moteur.</li> <li>• Reprogrammer l'unité de contrôle du moteur (ECU) avec un logiciel mis à jour si nécessaire.</li> </ul> <p>REMARQUE : Il existe un kit spécifique pour effectuer les réparations indiquées dans ce bulletin.</p>

## RENAULT

RENAULT CLIO II (BB0/1/2_, CB0/1/2_) 1.6 16V (CB0T; CB0H) (K4M 708), RENAULT KANGOO Express (FC0/1_) 1.6 16V (K4M 752), RENAULT KANGOO (KC0/1_) 1.6 16V (K4M 752), RENAULT KANGOO (KC0/1_) 1.6 16V 4x4 (KC0P; KC0S; KC0L) (K4M 750), RENAULT KANGOO (KC0/1_) 1.6 16V bivalent (K4M 850), RENAULT KANGOO Express (FC0/1_) 1.6 16V 4x4 (FC0L; FC0P; FC0S) (K4M 750), RENAULT KANGOO Express (FC0/1_) 1.6 16V bivalent (K4M 850), RENAULT CLIO II (BB0/1/2_, CB0/1/2_) 1.6 Hi-Flex (CB0H) (K4M 748), RENAULT CLIO II (BB0/1/2_, CB0/1/2_) 1.6 (K4M 748), RENAULT KANGOO (KC0/1_) 1.6 Flex (K4M 730)	
Symptômes	Le moteur tourne au ralenti en mode GNC. Le moteur cale à bas régime. REMARQUE : Le symptôme ci-dessus se reproduit à bas régime lors d'un freinage brusque, des stationnements ou lorsque le véhicule tourne au ralenti en mode GNC.
Cause	Défaut dans le réglage du variateur de vitesse au ralenti en mode GNC.
Solution	<p><b>Procédure de réparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Démarrer le moteur et attendre qu'il atteigne sa température de fonctionnement.</li> <li>• Vérifier le réglage du variateur de la vitesse de ralenti sur le support du calculateur d'injection.</li> <li>• Ajuster le variateur d'avance s'il n'est pas correctement réglé.</li> <li>• Effectuer un essai routier.</li> <li>• Annuler l'avance trop importante si les contrôles effectués précédemment ne sont PAS satisfaisants.</li> </ul>



## 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 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 48 pays.

réparateur professionnel.

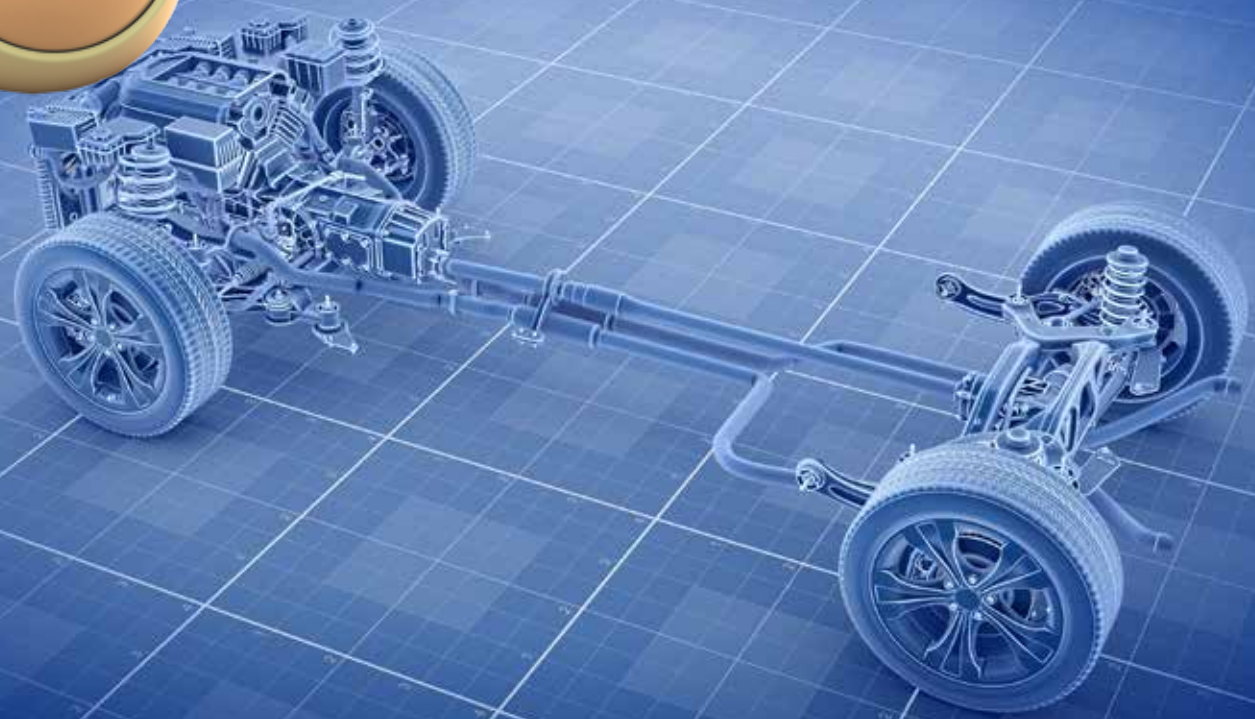
Eure!Car est une initiative d'Autodistribution International, dont le siège est établi à Kortenberg, en Belgique ([www.ad-europe.com](http://www.ad-europe.com)).

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

industrial partners supporting Eure!Car



## 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.