



Le GPLc

Sommaire

Introduction	page 2
Le GPL carburant	page 5
Performances	page 8
Équipement type gaz	page 9
Adaptation	page 18
Le GNV carburant	page 23
L'injection gaz liquide (LPI)	page 28
Diagnostic	page 30
Conclusion	page 35
Annexe	page 36

Introduction

L'utilisation de combustibles gazeux en automobile est liée à la maîtrise des processus de distribution du carburant via la voie d'admission. À l'optimisation des systèmes de contrôle moteur traditionnels succédera le temps du gaz naturel en amont des développements hybrides.

Typologie carburants	Emissions véhicule	Emission CO2	Autonomie véhicule	Coût carburant	Infrastructure ravitaillement
Essence	0	0	0	0	OK
Gazole	-	++	++	+	OK
GNC	+++	+	- -	+	limité
Biogaz	+++	++++	- -	-	limité
GPL	+	+	-	+	limité
Ethanol	0	+++	- -	- -	indisponible
Méthanol	0	+++	- -	- -	indisponible
RME	-	++	0	-	limité
DME	+	+++	-	0	indisponible

0 référence + peu favorable ++ assez favorable +++ favorable ++++ très favorable
 - peu défavorable - - défavorable

GAZ NATUREL et **BIOGAZ** (chimiquement identique au gaz naturel, issu de la décomposition de matériaux ou de déchets organiques) sont des carburants de substitution qui assurent des niveaux d'émissions bien moindres que les essences ou le gazole.

MÉTHANOL et **ÉTHANOL** sont produits à partir de matières premières biologiques.

Les huiles végétales telles que l'huile de colza sont à la base du " gazole biologique " connu sous le nom de **méthylester de colza** ou **RME**.

Le **diméthylène** ou **DME** est un gaz à l'état libre ; liquéfié sous faible pression il devient un gazole dont les émissions nocives sont très faibles comparativement au gazole issu du raffinage ou à l'alcool.

Historique

1921 Le GPLc apparaît pour la première fois aux États-Unis d'Amérique, dans l'état du Michigan sur une flotte de camions transporteurs.

1969 La législation française autorise le propane comme carburant. Uniquement pour les chariots élévateurs et les petits engins destinés au transport de marchandises n'excédant pas deux mètres de longueur. Interdiction pour ceux-ci d'emprunter le réseau routier ou d'évoluer en agglomération.

1978 Volvo développe un moteur fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié et en équipe un break 245 qui sera testé durant 10 000 km. Le projet est abandonné au fil d'une étude sur le méthanol.

1978 Le GPLc est autorisé en France, en monocarburation uniquement. Mercedes-Benz annonce la fabrication d'une turbine à gaz développant 115 ch, consommant entre 8,3 et 10 litres suivant le cycle de marche.

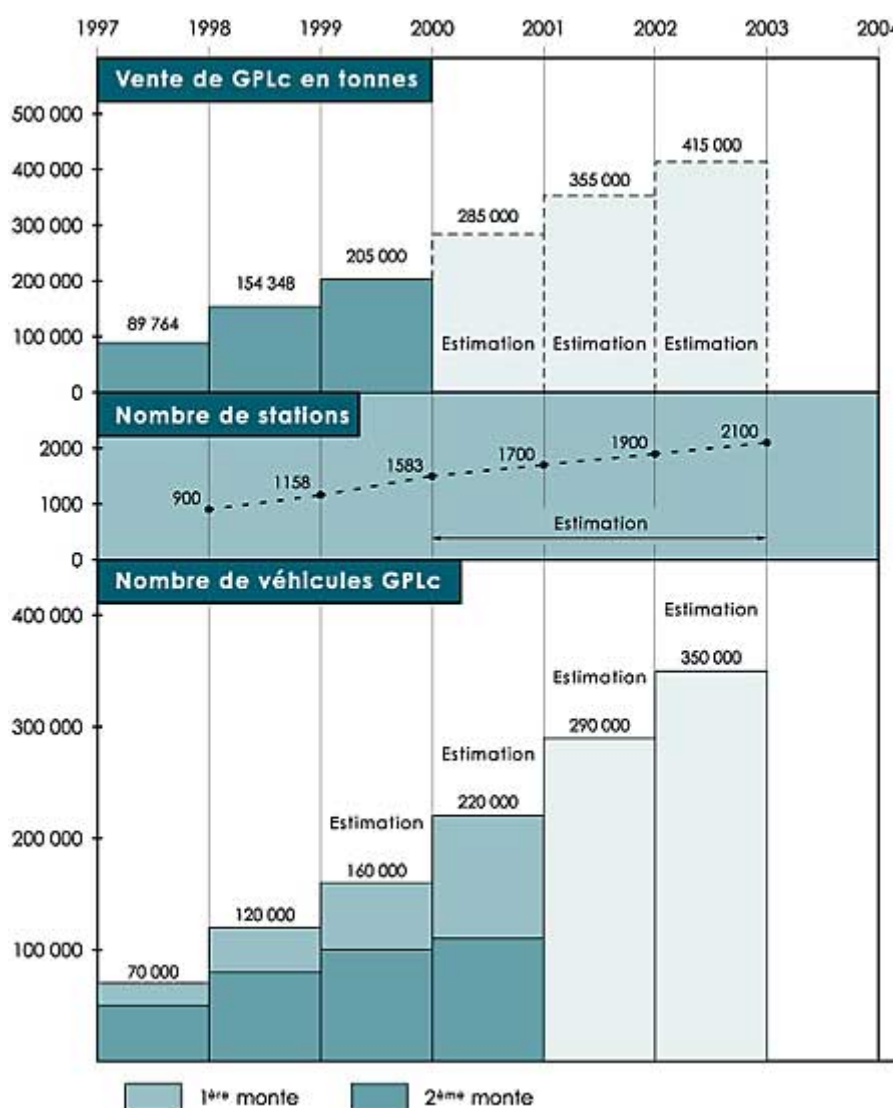
1980 Renault s'engage dans le développement de véhicules GPL avec la R4 Fourgonnette et la R5 Société.

1985 Le GPLc est autorisé en France en bicarburation. Son prix est aligné sur celui du gazole.

1987 590 000 véhicules roulant au GPLc sont recensés au Pays-Bas, dont 130 000 camions.

- 1988** 1380 stations-services distribuent du GPLc en France sur le réseau routier et autoroutier.
- 1989** À Tokyo, la flotte de taxis utilisant le GPLc en bicarburant atteint 250 000 véhicules.
- 1994** 1 100 000 véhicules roulant au GPLc sont recensés en Italie.
- 1995** En France, le parc automobile GPLc atteint à peine 30 000 unités, représenté essentiellement par des flottes de sociétés. Le nombre de stations-services distribuant du GPLc tombe à 700.
- 1996** Au mois de janvier, le gouvernement français allège la fiscalisation du GPLc. Le litre passe de 4,70 F à 2,55 F. Renault propose pour la première fois à son catalogue, deux modèles : une Clio 1,2 l et un Express 1,4 l.
- Dans le même temps, un projet de loi sur l'air prévoit de nombreux avantages fiscaux liés à ce nouveau carburant (exonération de la vignette et de la carte grise).

Evolution du GPLc en France



Récapitulation des dispositions fiscales, relatives au GPLc (en vigueur en 1999)

- 1** Réduction de la TIPP (Taxe Intérieure sur les Produits Pétroliers) à 65,71 F le quintal, ce qui devrait entraîner une baisse de l'ordre de trois centimes à la pompe par rapport aux prix pratiqués fin 1998. (Loi de finances 1999). *
- 2** Récupération de la TVA à 100 % sur le GPL carburant pour les artisans, entreprises et professions libérales soumis à ce régime ; (n° 1 du 4 de l'article 298 du code général des impôts).
- 3** Faculté est donnée aux départements de réduire ou de supprimer la taxe différentielle (vignette) ; (Article 1599 F bis du code général des impôts).
- 4** Faculté est donnée aux départements de réduire de 50 %, ou totalement, le montant de la taxe proportionnelle sur les certificats d'immatriculation ; (Article 1599 novodecies A du code général des impôts).
- 5** Les véhicules qui fonctionnent exclusivement ou non au GPLc acquis à l'état neuf avant le 1er janvier 2003, peuvent faire l'objet d'un amortissement exceptionnel sur 12 mois ; (Article 39 AC du code général des impôts). Cette faculté est limitée à la fraction du montant qui n'excède pas la somme mentionnée au 3ème alinéa du 4 de l'article 39 du code général des impôts. *
- 6** Les équipements des véhicules transformés pour fonctionner exclusivement ou non au GPLc, acquis avant le 1er janvier 2003, sont amortissables exceptionnellement sur 12 mois à partir de leur date de mise en service ; (Art 39 AD du code général des impôts).
- 7** La taxe sur les véhicules de société est réduite de 25 % (article 1010 A du code général des impôts).
- 8** Les équipements de distribution acquis avant le 1er janvier 2003 sont amortissables exceptionnellement : sur 12 mois à compter de leur mise en service ; (Article 39 AE du code général des impôts).
- 9** Les taxis peuvent récupérer les taxes sur le GPLc (TIPP) dans la limite de 9 000 litres ; (Article 265 sexies du code des douanes). *
- 10** Les transports publics de voyageurs peuvent récupérer les taxes sur le GPLc (TIPP) dans la limite de 40 000 litres par véhicule et par an ; (Article 265 sexies du code des douanes). *
- 11** Les commerçants sédentaires habitant des communes de moins de 3 000 habitants et réalisant une partie de leur chiffre d'affaires par des ventes ambulantes peuvent récupérer la TIPP dans la limite de 1 500 litres ; (Loi de décembre 1989).

* Dispositions nouvelles contenues dans la loi de finances pour 1999.

Le GPL carburant

Caractéristiques

Le **gaz de pétrole liquéfié** utilisé comme carburant (GPLc) est un hydrocarbure composé de **propane C₃H₈** et de **butane C₄H₁₀** comprimé (les gaz de pétrole liquéfiés sont issus des coupes les plus légères lors de la distillation du pétrole).

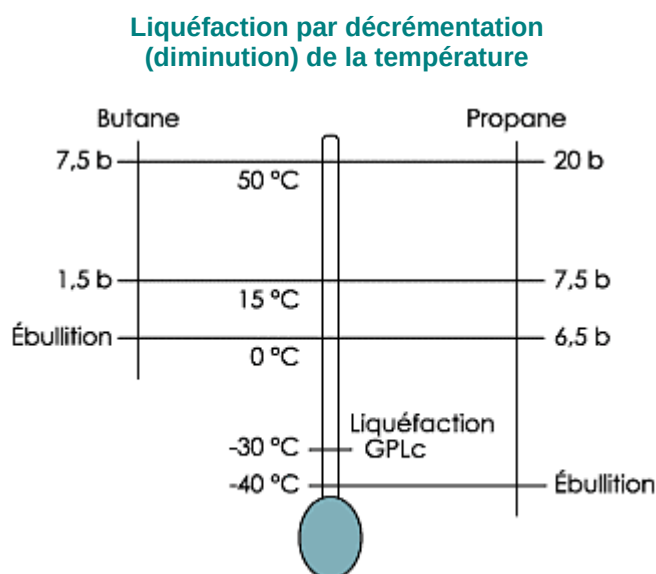
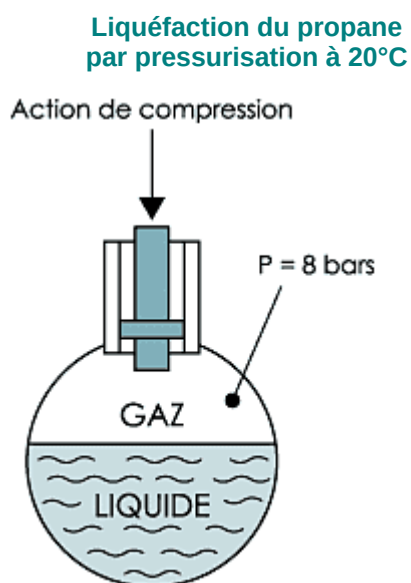
Le gaz naturel véhicule GNV (méthane CH₄) provient de matières fossiles ; il est extrait de gisements souterrains.

Le faible niveau d'émissions, en terme de pollution, d'un moteur thermique alimenté par un mélange AIR-GAZ est un des facteurs de développement potentiel de cette technologie. Les pertes par évaporation de carburant au niveau du réservoir sont nulles (circuit étanche).

L'utilisation du GPLc n'entraîne ni dilution du fluide lubrifiant, ni encrassement par dépôts de calamine (gommage de segmentation inhibé et absence de corrosion, lubrification du haut cylindre optimisée).

Liquéfaction

Les gaz de pétrole liquéfiés utilisés comme carburant sont des hydrocarbures qui peuvent être aisément condensés en phase liquide sous une pression limitée (la liquéfaction du carburant GPLc et GNV est obtenue par compression et/ou refroidissement) ; elle est nécessaire pour assurer le stockage d'une quantité suffisante de carburant GAZ (autonomie) dans le réservoir d'un véhicule automobile.



La norme EN 589 préconise une pression de 2,5 bars à - 10 °C.

Le GPLc se liquéfie à une température de - 30 °C ; son comportement est relativement proche de celui du propane.

Le taux d'inflammabilité du propane (indice d'octane 104 à 110) est de 2,4 % à 9,6 % dans l'air, sa température d'auto-inflammation de 855 °F (457 °C).

$$^{\circ}\text{C} = [(^{\circ}\text{F} - 32)(5/9)]$$

Dilatation

La **dilatation du GPLc** est de 0,25 % par degré Celsius, d'où l'impératif de n'autoriser le remplissage du réservoir de carburant qu'en deçà de 80 à 85 % de son volume (dispositif limiteur).

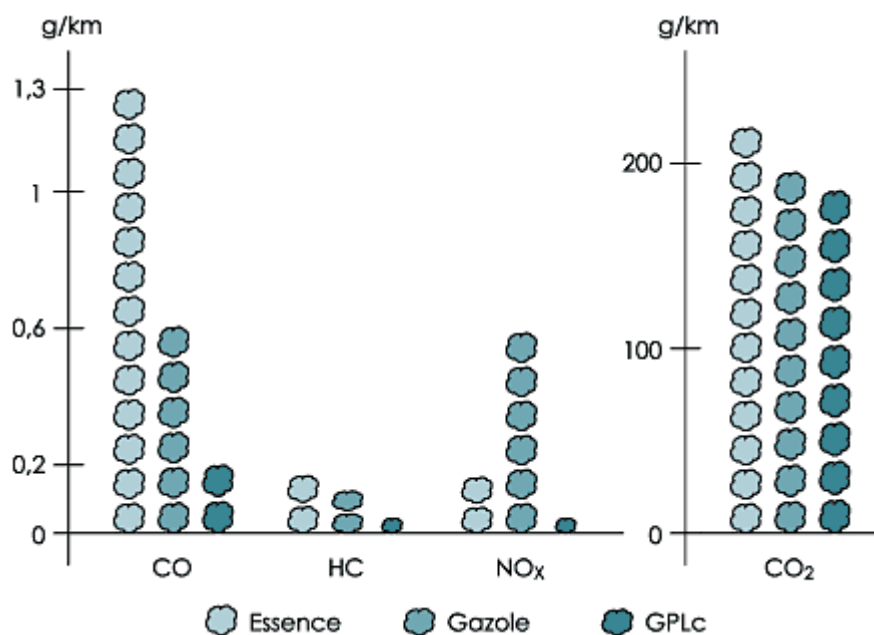
À 15 °C et sous une pression de 1 013 mb :

- une masse de 1 kg de GPLc à l'état liquide occupe un volume de 1,8 dm³ ;
- un volume de 1 dm³ de GPLc à l'état liquide a pour équivalent un volume de 242 dm³ de GPLc gazeux.

Emissions

La combustion de GPLc est associée à celle de tout autre hydrocarbure ; elle est à l'origine d'émissions de polluants considérablement diminuées comparativement à celles générées dans le cas du fonctionnement d'un moteur thermique alimenté par un mélange AIR-ESSENCE.

Il est à noter que le carburant GPLc (inodore et incolore) ne contient ni plomb, ni benzène, et que la teneur en soufre (longévité de la ligne d'échappement) est très nettement inférieure à celle du carburant essence.

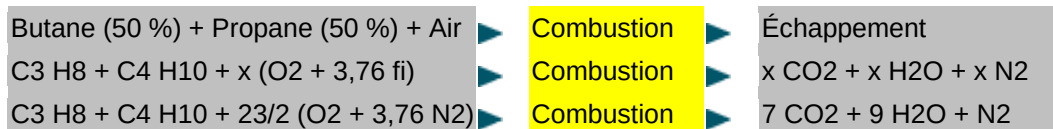


Mesures comparatives d'émissions de CO, HC, NOx

La difficulté d'assurer un mélange idéalement dosé est plus difficilement maîtrisée dans le cas du GPLc : inertie de la masse gazeuse, répartition des parts propane-butane, lieu du dispositif de distribution du carburant à l'admission, configuration bicarburation...

L'équation de combustion détermine le dosage pour lequel la transformation est complète.

Équation de combustion du GPLc



Ce qui nous donne un rapport stœchiométrique de 1 gramme de GPLc pour 15,47 grammes d'air.

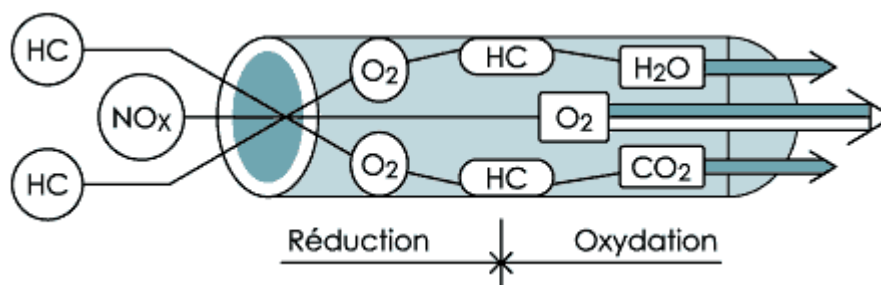
Analyse de gaz

Régime tr/min 750	Essence	GPLc
% volume de CO ₂	0,04	0,08
% volume de CO	14,6	13,2
Hc ppm	8	12
% volume d'O ₂	0,9	0,6
Lambda	1,04	1,03

Catalyse

La stratégie de la catalyse trois voies (**TWC**), conduit à une action curative sur les HC, le CO et les NOX dans une configuration de dosage (richesse 1) stœchiométrique. Le catalyseur est caractérisé par deux étapes fonctionnelles de conversion :

- **la réduction** ou séparation des oxydes d'azote (NOX) en azote (N2) et oxygène (O2) ;
- **l'oxydation** :
 - transformation du monoxyde de carbone (CO) en dioxyde de carbone (CO2),
 - transformation des hydrocarbures (HC) en dioxyde de carbone (CO2) et en eau (H2O).



Étapes de transformation de polluants via le catalyseur

La première phase opérative dite de réduction caractérise la décomposition des oxydes d'azote (NOX) en oxygène (O2) et en azote (N2) pour ensuite combiner l'oxygène au monoxyde de carbone (CO) et aux hydrocarbures (HC) (seconde phase dite d'oxydation) et les transformer respectivement en eau (H2O) et dioxyde de carbone (CO2).

Certaines configurations de traitement de polluants associent à la tubulure d'échappement un catalyseur d'amorçage baptisé " **light off** ", en amont du convertisseur.

Niveaux d'émissions (Ne)

Monoxyde de Carbone CO :

$$\text{NeGPLc} = \text{NeEssence}/7 = \text{NeGazole}/2,5$$

Hydrocarbures imbrûlés HC :

$$\text{NeGPLc} = \text{NeEssence}/3,5 = \text{NeGazole}/2$$

Oxydes d'azote NOX :

$$\text{NeGPLc} = \text{NeEssence}/4 = \text{NeGazole}/10$$

Facteur de consommation

Dans la théorie, en établissant le rapport des pouvoirs calorifiques au litre de chacun des carburants que sont l'essence et le GPLc soit : $[(42,9.103) 0,750] / [(45,9.103) 0,555] = 1,26$; on évalue une consommation en volume de GPLc de 26 % théoriquement supérieure à celle de l'essence.

Consommations l/100 km moteur 1 800 cm3	Essence	GPLc
Urbaine	12	15,2
Extra urbaine	6,3	8,4
Mixte	8,3	11
Emissions CO2 g/km	193	170

Performances

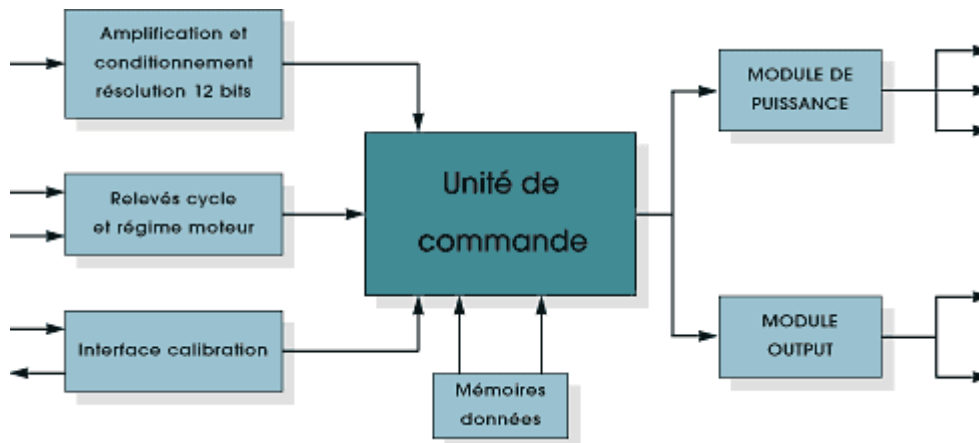
Un carburant GPLc dont la composante en propane est prépondérante (indice d'octane > 100) autorise un rapport volumétrique de compression accru ce qui conduit à **des gains de consommation de l'ordre de 7 %**.

Moteur 1 800 cm ³	Essence	GPLc
Puissance maxi kW à 5 500 tr/min	81	76,5
Puissance au litre kW/l	46	43,5
Couple maxi da.Nm à 4 250 tr/min	155	155

Véhicule Cx 0,24 TTC 1 186 kg	Essence	GPLc
0 - 400m	17,8	18
0 - 1000m	32,8	33,6
0 - 100km/h	10,6	11,4
Vitesse maximale km/h	195	192

Équipement type gaz

Bloc diagramme



Synoptique Flying injection BRC

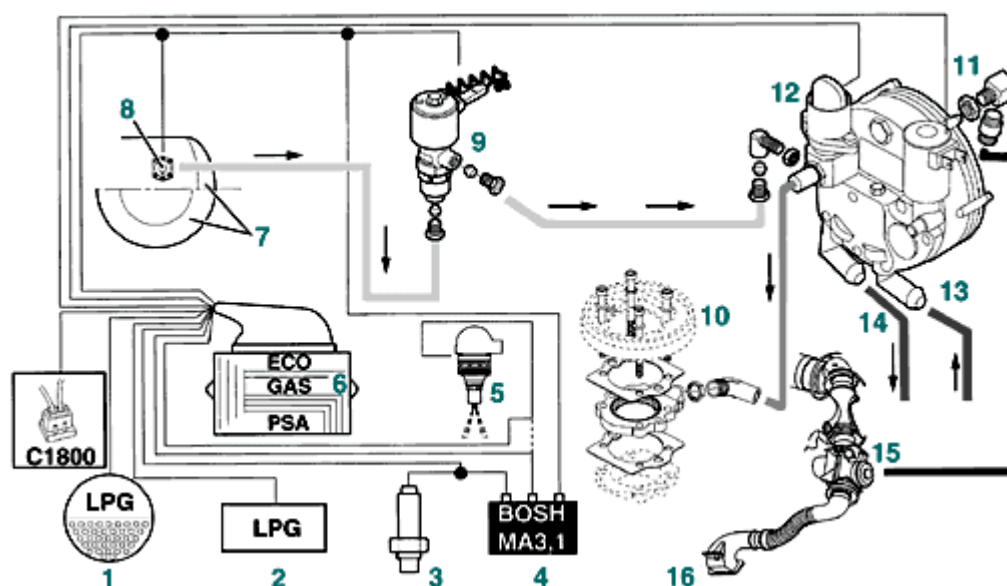
Les entrées analogiques (pression admission, position papillon des gaz, niveau de richesse, températures moteur et mélange, etc.) transitent via un étage de mise à l'échelle et de conversion numérique (12 bits) pour ensuite être acquises par l'unité de commande.

Le pilotage des actionneurs essence (signal de commande injecteurs) associé au régime moteur (bobine d'allumage, capteur couronne, signal compte-tours) font l'objet d'un second niveau d'acquisition.

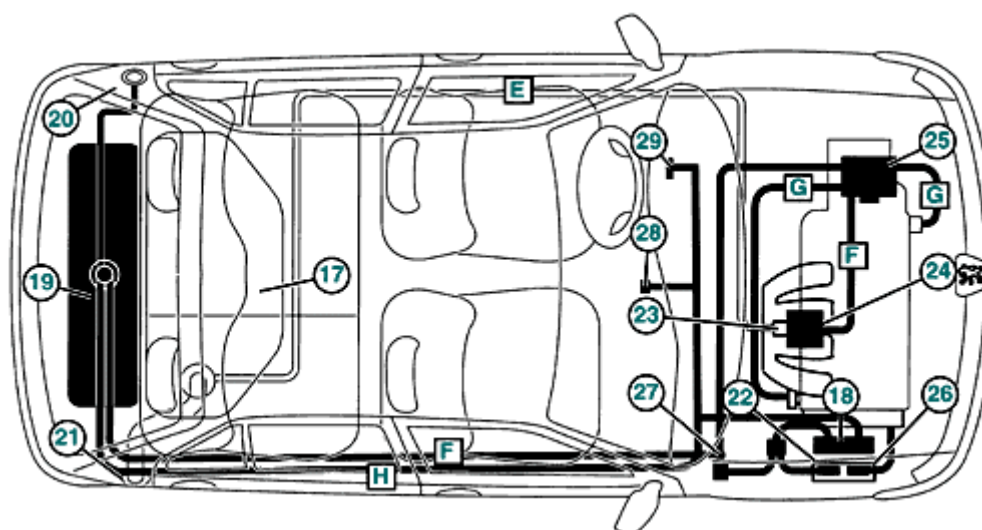
La calibration (mise au point) se fait par une liaison série avec l'outil de programmation (PC) ; le processeur (routines logicielles) pilote :

- **l'étage de puissance** : activation de l'actuateur de flux (SMART), d'actionneurs (relais, électrovannes GPLc-GNV) et de dispositifs d'émulation ou de simulation, en s'appuyant sur les données stockées en mémoire (technologie flash-eprom) ;
- **l'étage interface** avec le milieu extérieur : affichage paramètres, états fonctionnels, gestion commande accessoires, message diagnostic.

Schéma de principe de l'injection gazeuse à mélangeur-diffuseur



- | | |
|--|---|
| 1 commutateur ESS/GPLc | 17 réservoir essence |
| 2 voyant tableau de bord | 18 unité de commande GPLc |
| 3 sonde à oxygène | 19 réservoir GPLc |
| 4 unité de commande essence | 20 dispositif de remplissage GPLc |
| 5 injecteur essence | 21 dispositif de remplissage essence |
| 6 unité de commande GPLc | 22 boîtier relais commande GPLc |
| 7 réservoir GPLc (torique ou cylindrique) | 23 injecteur essence |
| 8 polyvanne | 24 mélangeur-diffuseur |
| 9 électrovanne GPLc | 25 vapo-détendeur-régulateur |
| 10 mélangeur-diffuseur | 26 étages électroniques ESS/GPLc |
| 11 vapo-détendeur-régulateur | 27 électrovanne arrivée GPLc |
| 12 moteur pas à pas | 28 commutateur ESS/GPLc |
| 13 entrée circuit de refroidissement | 29 jauge GPLc |
| 14 sortie circuit de refroidissement | E circuit essence |
| 15 circuit de compensation sur circuit d'air | G circuit réchauffage vapo-détendeur-régulateur |
| 16 air admission | H circuit électrique GPLc |



Implantation du dispositif sur véhicule

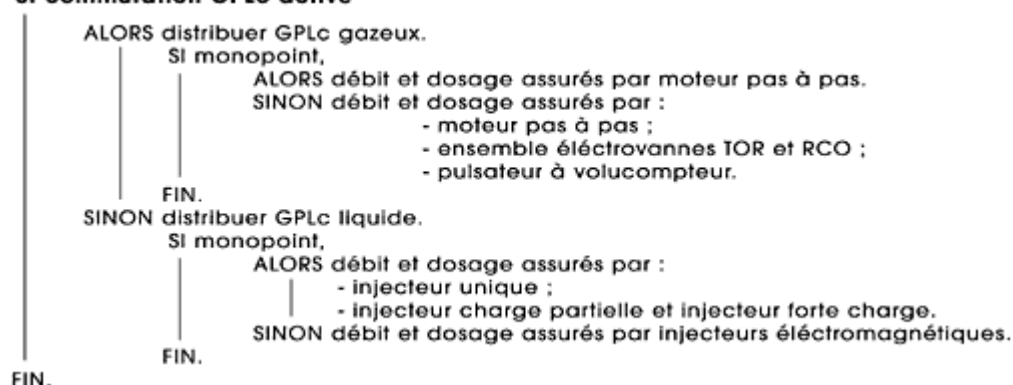
Auto-adaptativité

Chacun des dispositifs destinés à contrôler et élaborer un mélange AIR-GPLc-GNV (Gaz Naturel pour Véhicule) est caractérisé par son degré d'auto-adaptativité.

Dans le cas de la stratégie d'auto-adaptation de richesse, la caractéristique du capteur de charge (dispositions P/N et a/N) conduit à des approches qui n'autorisent pas une précision suffisante de la fonction régulation (associée à l'efficacité du dispositif catalyseur) ; cette même stratégie s'appuie également sur le principe que des événements extérieurs perturbent la dynamique de régulation dite nominale (richesse, ralenti, purge canister...).

Typologies de distribution de gaz

SI commutation GPLc active



Étude comparative en terme d'équipements

Constructeur Type	Cylindrée cm3	Puissance maxi kW	N Pmaxi tr/min	Couple maxi N.m	N Cmaxi tr/min	Système d'alimentation GPLc
Citroën Saxo	1 124	44,1	6 200	87,5	3 800	inj. monojoint
Peugeot 406	1 761	81	5 500	155	4 250	inj. multijoint
Daewoo Espéro	1 498	66	5 800	137	3 400	inj. multijointt
Ford Galaxy	1 998	85	5 500	170	2 300	inj. monojoint
Renault Mégane	1 598	55	500	130	3 500	inj. monojoint
Subaru Legacy	1 994	85	5 600	170	4 000	inj. multijoint
Toyota Prévia	2 438	100	5 000	206	4 000	inj. multijoint
Volvo 850	2 473	125	5 700	230	4 400	inj. multijoint

Le réservoir

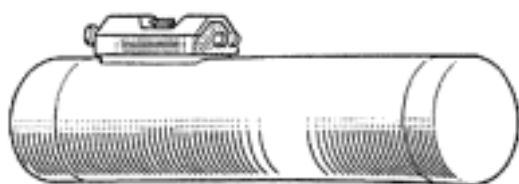
Le réservoir a pour but de contenir du GPLc sous pression.

Dispositif homologué, sa conception est liée à la réglementation relative à l'automobile d'une part (capacités, résistance aux chocs, dilatation des parois avant rupture en cas de surpression, accessoires de sécurité [soupape de surpression, fusible thermique, limiteur de remplissage hydraulique, clapet anti-retour, limiteur de débit, vanne en sortie]) et aux appareils destinés à contenir des gaz sous pression d'autre part (épreuve hydraulique à 30 bars tous les 8 ans ou 5 ans en cas de cession, de vente ou de transfert du réservoir après cette date).

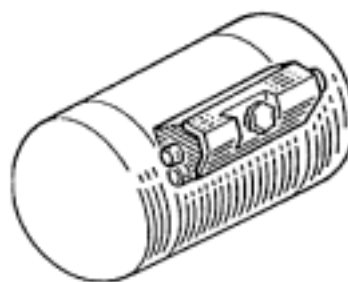
Il existe plusieurs formes de réservoirs, mais la géométrie de base reste aujourd'hui la sphère. Les matériaux composites, s'ils répondent aux exigences réglementaires, permettront dans le futur d'intégrer au mieux l'élément au véhicule.

Dans le cas de la monocarburation, un réservoir essence de faible capacité peut être conservé pour un démarrage à l'essence.

Il existe plusieurs montages de réservoirs de formes et de capacités différentes.



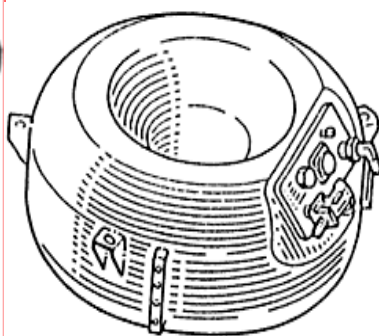
Cylindrique, version berline



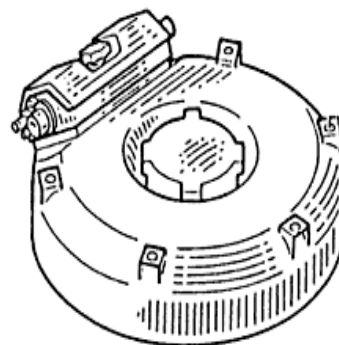
Cylindrique, version utilitaire



En " L " sous le véhicule



Torique, sous le véhicule ou dans le bac de la roue de secours



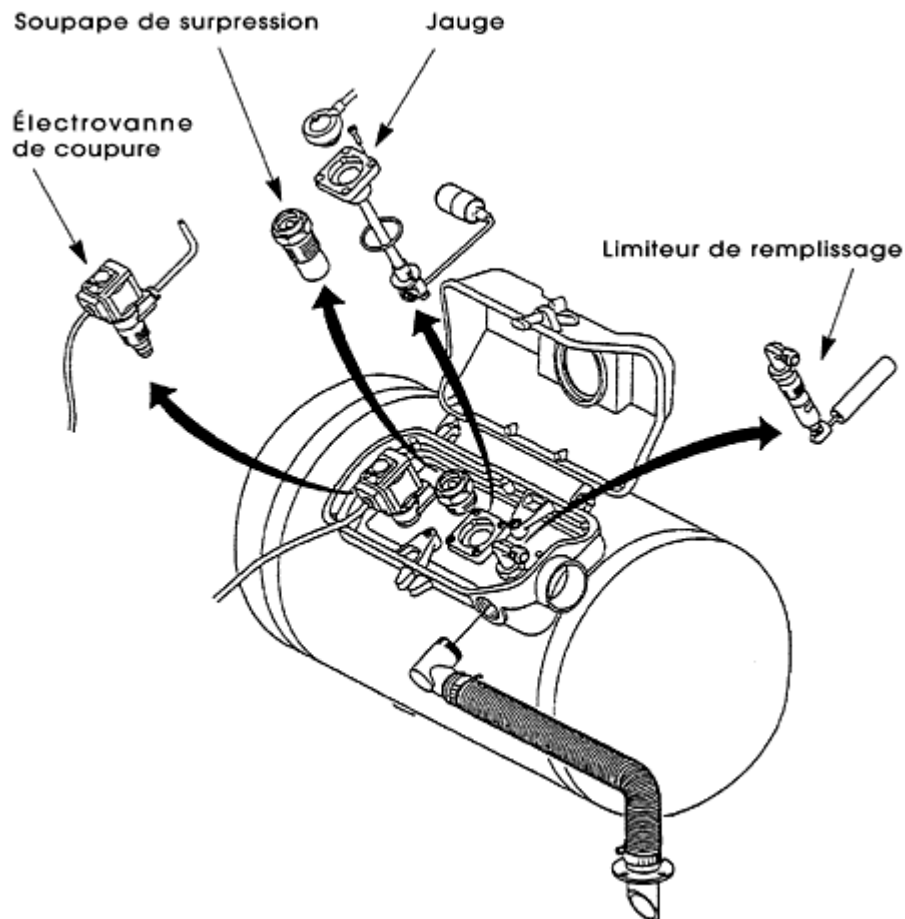
Il est important lors d'un remplacement de pièces, jauge ou soupape de remplissage, de contrôler la conformité du montage, l'inclinaison du groupe d'accessoires pouvant être différente.

Les accessoires du réservoir

Le groupe d'accessoires : disponible sur les réservoirs " à plaque ".

Le groupe d'accessoires comporte :

- un limiteur de remplissage permettant l'introduction du GPLc dans le réservoir et assurant un arrêt à 80 % maximum ; il possède un clapet anti-retour sur l'entrée ;
- une soupape de sécurité permettant de limiter la pression interne à 27 bars ;
- une canne permettant la sortie du GPLc à l'état liquide ;
- une électrovanne ou robinet de sortie assurant la sortie du GPLc en phase liquide et comportant un limiteur de débit. En cas de rupture d'une canalisation, le limiteur stoppe la fuite, n'autorisant qu'un débit restreint ;
- une jauge indiquant le pourcentage de remplissage du réservoir et pouvant être équipée d'un émetteur afin de transmettre l'information au tableau de bord.



Réservoir muni de ses accessoires

Le limiteur de remplissage

Le limiteur permet d'assurer le remplissage du réservoir en GPLc tout en limitant la quantité afin d'assurer la présence d'un ciel gazeux. Le limiteur arrête le remplissage lorsque le volume de GPLc à atteint 80 % du volume du réservoir. Ainsi, un réservoir de 100 l sera rempli au maximum de 80 l de GPLc en phase liquide. L'inclinaison du limiteur est fondamentale du fait de son principe de fonctionnement, basé sur le déplacement d'un flotteur. Une mauvaise inclinaison peut nuire au remplissage. Le limiteur est donc appairé au réservoir.

La jauge

La jauge indique au conducteur la quantité de GPLc dans le réservoir. La liaison entre le réservoir et le cadran de la jauge s'effectue par un aimant afin d'éviter une liaison mécanique propice aux fuites.

L'électrovanne

Rôle : isoler le GPLc dans le réservoir ; interdire la sortie du produit, ou en cas de rupture en limiter le débit.

Fonctionnement : lorsque le bobinage est alimenté, le noyau plongeur se soulève et permet la sortie du produit. Si l'électrovanne est bloquée ou rompue, le limiteur entre en fonction, ne permettant qu'un débit de fuite minimum. De plus, si une augmentation de pression se crée dans la canalisation, l'électrovanne permet le retour dans le réservoir.

Le clapet de surpression (soupape de sécurité)

Le clapet limite à 27 bars la pression qui règne dans le réservoir.

Fonctionnement : lorsque la pression du réservoir dépasse la pression de tarage (par exemple en cas d'incendie) le clapet se soulève et libère une quantité de gaz faisant chuter la pression interne. La détente du produit refroidit le clapet et lui permet de résister en cas d'incendie. Un opercule en plastique obture la soupape. Sa présence permet de vérifier qu'il n'y a pas eu de surpression ; en cas de surpression, l'opercule " saute ".

La polyvanne

La polyvanne équipe les réservoirs " à brides " et a pour fonction :

- d'assurer le maintien du GPLc dans le réservoir par des vannes ou électrovannes ;
- d'assurer la fermeture étanche du réservoir par un joint fusible permettant la libération du GPLc lors d'incendie ;
- d'arrêter toute fuite importante par un limiteur en sortie ;
- d'empêcher le retour du GPLc à l'orifice d'emplissage par l'intermédiaire d'un clapet ;
- d'indiquer le niveau de GPLc restant dans le réservoir par l'intermédiaire d'une aiguille et d'un cadran.

Attention : la polyvanne est un élément important contribuant à la sécurité de l'alimentation GPL. Compte tenu du dispositif d'arrêt de remplissage à 80 %, l'angle d'inclinaison de la polyvanne est déterminant pour assurer un fonctionnement correct du dispositif.

Pour cette raison il est nécessaire d'orienter le réservoir en fonction de l'angle d'inclinaison de la polyvanne.

Boîtier étanche

La polyvanne et le groupe d'accessoires sont enfermés dans un boîtier étanche vis à vis de l'habitacle du véhicule. Ce boîtier peut être pourvu d'un couvercle transparent et incassable qui permet la lecture de l'indicateur de niveau. Le boîtier est en communication avec l'extérieur du véhicule par des gaines flexibles de ventilation, ce qui exclue toute présence de gaz dans l'habitacle, lors d'une éventuelle fuite.

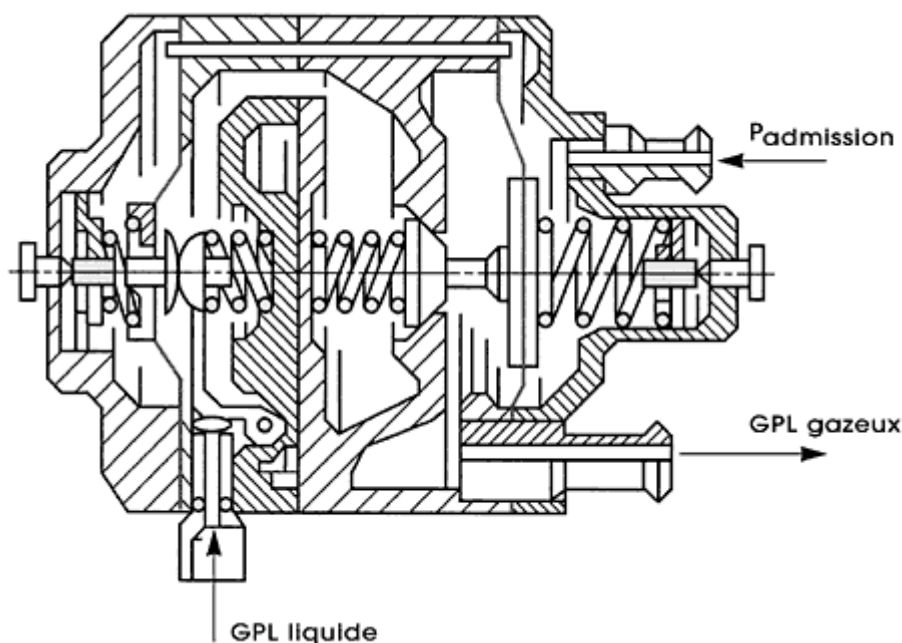
Accessoires divers

- La pompe à carburant : dans le cas de l'injection liquide, une pompe immergée assure l'alimentation des injecteurs, ce qui permet une pression supérieure à 5 bars à la pression réservoir et un retour du carburant.
- Le capot de protection : un capot de protection thermique est nécessaire dans le cas d'un stockage dans l'habitacle avec une exposition au rayonnement solaire des parois, ce qui garanti le non-dépassement de la pression de service pour laquelle le réservoir est homologué.

Le vapo-détendeur-régulateur

Les propriétés d'un vapo-détendeur-régulateur résident dans son aptitude à assurer un fonctionnement stable du moteur thermique en charge (agrément), une progressivité adaptée lors de transitoires (variations de charge), un enrichissement dans des configurations démarrage et ralenti moteur froid, ainsi qu'une importante capacité d'évaporation isotherme (à température constante). Le vapo-détendeur-régulateur assure la détente (transit de la phase liquide vers la phase gazeuse) du GPLc ou GNV ; cette étape de vaporisation (transformation endothermique) nécessite un apport de chaleur prélevé au milieu extérieur (air ambiant et liquide de refroidissement du moteur thermique).

le vapo-détendeur-régulateur



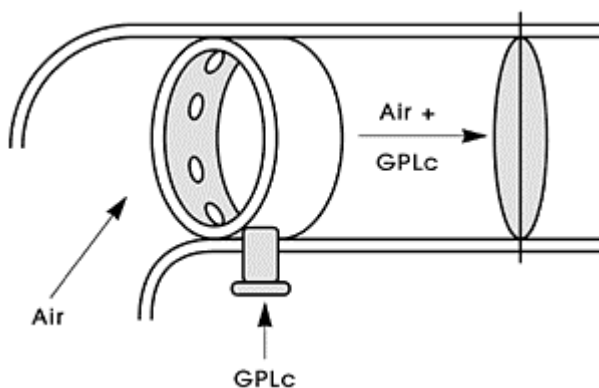
Le doseur

En aval du vapo-détendeur, il est chargé d'assurer la distribution d'une équiquantité de carburant GPLc à chacun des cylindres dans le cas de l'injection gazeuse multipoints.

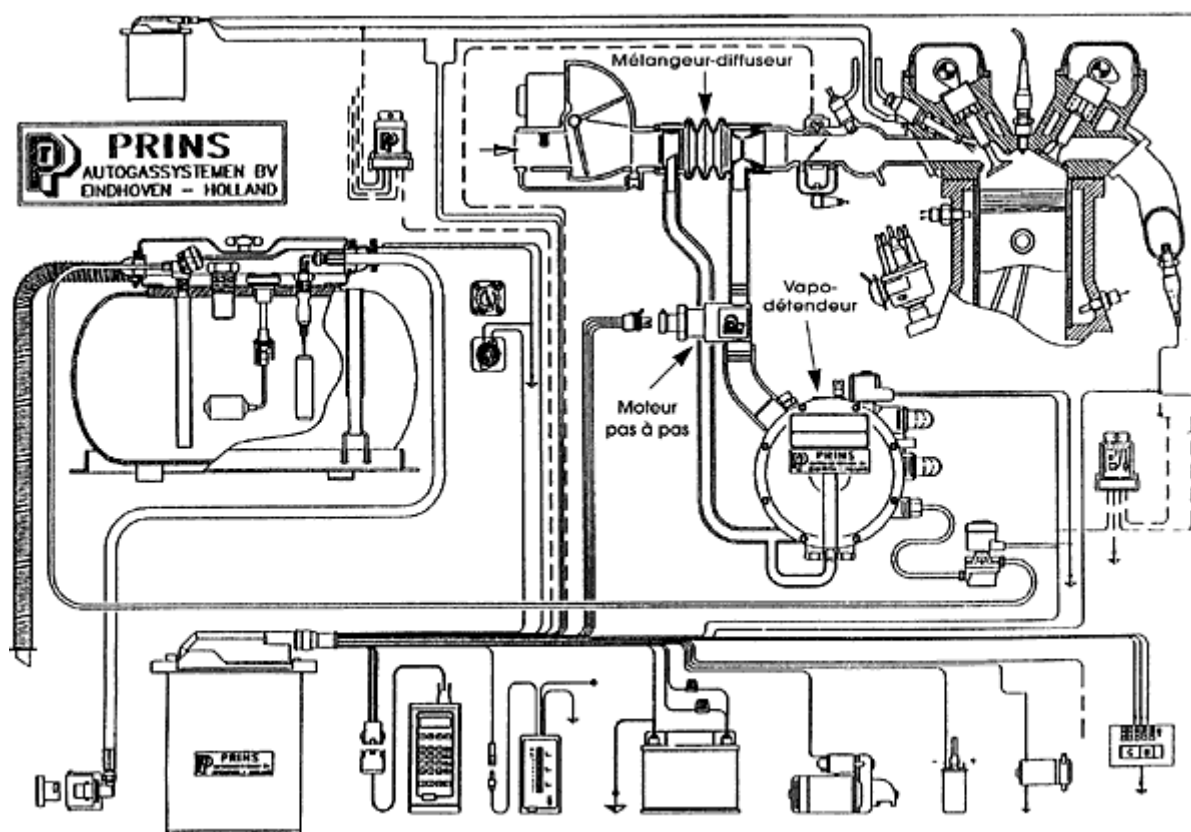
Le mélangeur-diffuseur

La distribution de gaz est dite centralisée (monopoint).

Montage du mélangeur-diffuseur entre filtre et carburateur ou système d'injection.



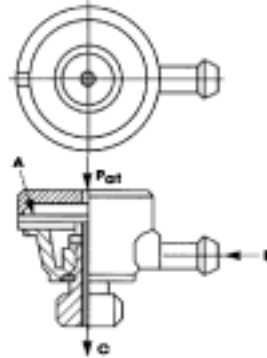
Distribution de GPLc gazeux par mélangeur-diffuseur



La valve ou buse à clapet (mécanique ou électromagnétique)

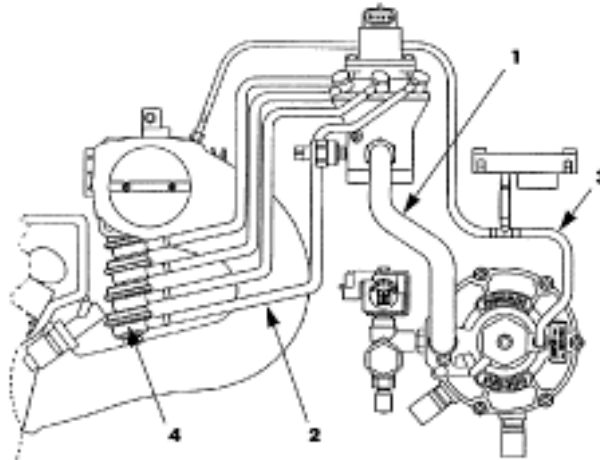
Chacun des cylindres du moteur thermique est alimenté (C) en mélange AIR-GPLc par une valve à clapet qui débite soit en continu (la membrane (A) est soumise à l'action de la pression du carburant issu du doseur (B) associée à la pression absolue qui règne dans la tubulure d'admission) soit en séquence (pilotage de type électromagnétique).

Valve d'injection à clapet mécanique



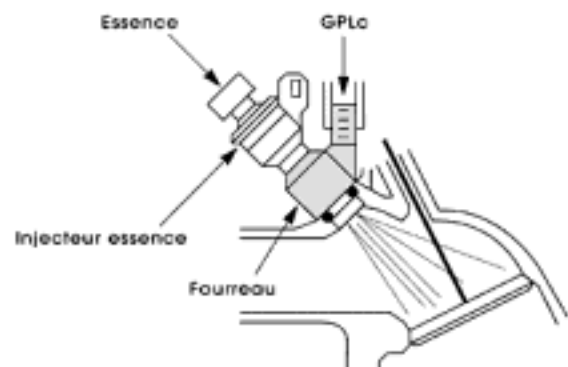
Le GPLc gazeux en provenance (1) du vapo-détendeur-régulateur (asservissement de pression (3)) est dosé et distribué aux clapets (4) via les canalisations (2).

Distribution de GPLc gazeux par clapets sur tubulure d'admission



Le fourreau

L'injecteur essence d'origine prend place dans un aménagement spécifique du fourreau de distribution gaz.



Adaptation

Le véhicule

La liaison au sol

L'augmentation de la masse du véhicule conduit à corriger les caractéristiques de garde au sol (réglementation), de butées d'attaque, d'amortisseur (amortissement variable en fonction de la charge adoptée), de barres de torsion (calage dissymétrique) et anti-devers.

Le moteur

La culasse

Couple soupape-siège

L'absence de plomb dans le carburant GPLc peut causer une usure précoce des soupapes et des sièges. Les dispositions développées sur les moteurs modernes utilisant de l'essence sans plomb (catalyse) autorisent l'emploi du carburant GPLc (adaptation des soupapes et sièges).

Une première recommandation préconise d'effectuer le rodage (si besoin est) du moteur thermique en fonctionnant à l'essence, la seconde de limiter dans le temps la sollicitation de ce dernier en pleine charge lors d'un fonctionnement au GPLc ; les sièges de soupapes d'admission sont en acier fritté ou en fonte GL6, ceux des soupapes d'échappement en acier moulé Z130DWCV ; les soupapes d'admission sont stellitées (projection de cobalt à haute température).

Les guides sont nitrurés et équipés de joints.

La calibration

La température des gaz d'échappement émis par un moteur thermique alimenté par un mélange AIR-GPLc se trouve incrémentée (augmentée) en pleine charge.

L'allumage

La combustion d'un mélange AIR-GPLc est plus difficile à initier que celle d'un mélange AIR-ESSENCE (des bougies à indice thermique supérieur peuvent être préconisées, en tenant compte que le besoin en haute tension incidente la qualité de l'arc électrique) ; toute incrémentation (augmentation) de l'avance à l'allumage conduit à celle des émissions d'oxydes d'azote (NOX) et à une élévation de l'exigence en octane.

La cartographie d'avance

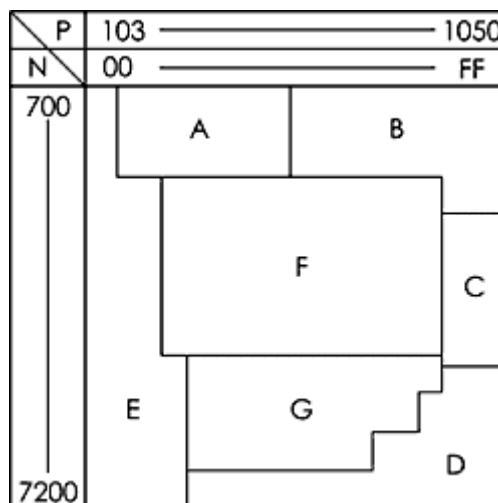
En charge partielle, recherche d'un compromis Consommation spécifique Effective (CsEff.)/Émissions de polluants, avec une priorité à la CsEff., hors cycle (mini sur les points normalisés).

En phases pleine charge et enrichissement, les avances élémentaires sont identifiées pour chaque break-point ou point de cassure de caractéristique " courbe couple moyen indiqué ".

Les paramètres ou points d'appui sont respectivement bornés 103 mb-1 050 mb (pression absolue d'admission) et 700 tr/min-7 200 tr/min (régime).

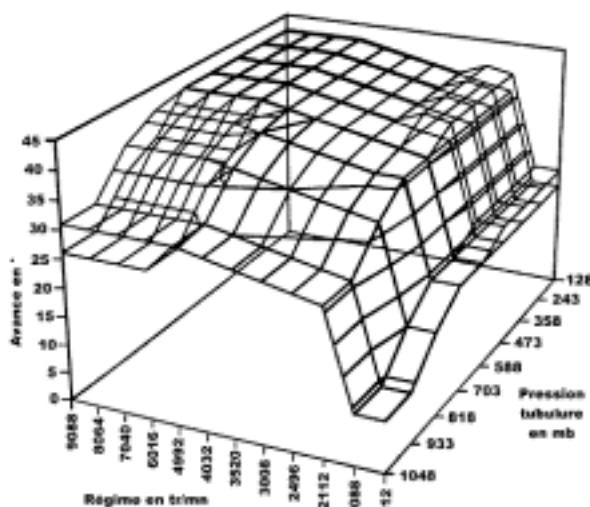
Définition de zones (A....G) pour la calibration

- A = ralenti
- B = transitoire
- C = richesse = 1,3
- D = richesse > 1,3 en fonction de la température des soupapes d'échappement
- E = décélération
- F = compromis consommation/agrément/pollution, 0,8 < richesse < 1,1
- G = compromis consommation/agrément/performances, 0,8 < richesse < 1,1.



Un supplément d'avance est favorable dans une zone de faibles charges et de bas régimes, alors que les hauts régimes associés à de fortes charges s'accommodent d'une décrémentation (diminution) de l'avance à l'allumage.

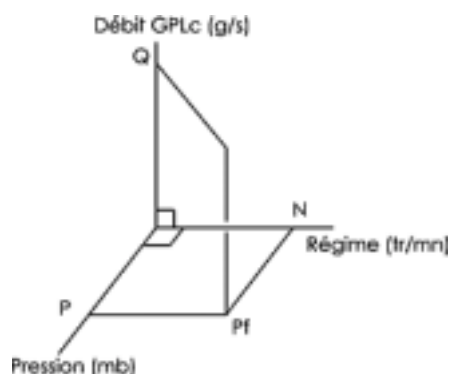
**Cartographies d'avances à l'allumage (°V)
relatives à un moteur alimenté
par un mélange AIR-ESSENCE et AIR-GPLc**



Le dosage

L'unité de commande (calculateur) chargée de piloter le moteur pas à pas du doseur ou l'ensemble électrovannes TOR et RCO est informée du niveau de charge moteur par un capteur (transducteur) de pression absolue (dans la grande majorité des cas relatifs aux moteurs à injection gazeuse).

**Graphe tridimensionnel d'élaboration
du débit de GPLc en fonction
des deux entrées majeures que sont
la charge et le régime du moteur thermique**

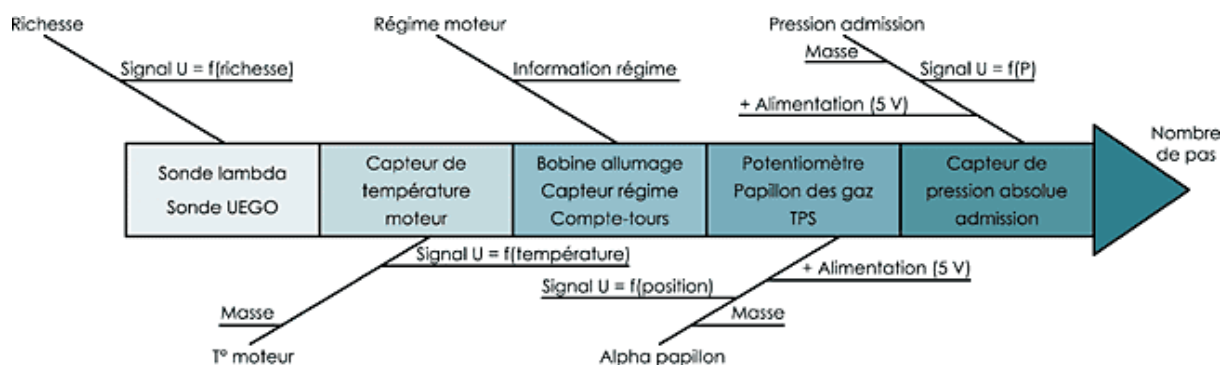


Commande moteur pas à pas (actuateur de débit)

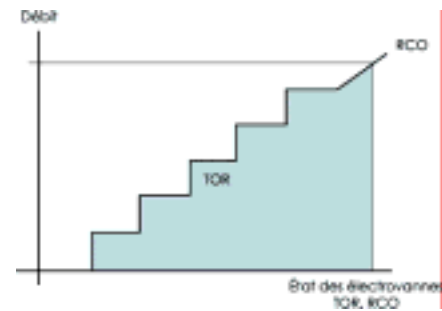
Le débit de base est corrigé (coefficients) en fonction :

- de la position du papillon des gaz et de son histoire dans le temps (stabilité, accélération, décélération) ;
- de la température moteur (prépositionnement démarrage) ;
- de l'activation de fonction de régulation (richesse [boucle fermée, ouverte], ralenti) ;
- de l'activation de fonctions de secours (mode dégradé, EOBD).

Diagramme d'élaboration du nombre de pas



Dès la définition du débit, les électrovannes TOR sont pilotées en amont (approche globale), l'électrovanne RCO commandée en aval permet d'obtenir précisément le débit de GPLc ou de GNV ; le dispositif se compose de sept électrovannes Tout Ou Rien et de deux électrovannes à Rapport Cyclique d'Ouverture.



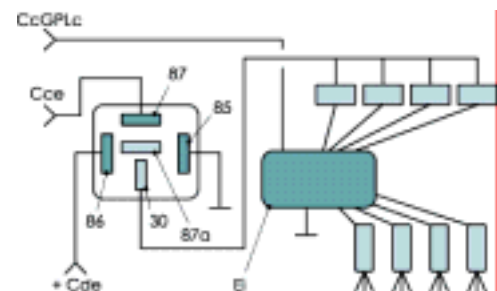
Dosage par électrovannes TOR et RCO

Le couple essence/gaz

La commande injecteurs est dérivée sur un étage de substitution (leurre simulateur ou émulateur).

La commande injecteurs essence est interrompue par l'unité de commande CcGPLc.

Le circuit de puissance du relais dérive alors la commande injecteurs Cce vers un dispositif simulateur ou émulateur Ei.



Interruption de la ligne injecteurs, par un relais associé à un étage émulateur

Le ralenti

La gestion du ralenti se fait par la maîtrise du débit d'air mesuré (E) en aval du filtre (D), en dérivation sur le papillon des gaz (A), contrôlé via une vanne (C) (rapport cyclique, moteur pas à pas) ou par le pilotage dudit papillon via une commande moto-risée (moteur à courant continu).

La stratégie de gestion du ralenti s'appuie sur la température moteur (entrée fondamentale) et la reconnaissance de la position du papillon des gaz au repos (PL) associée à la mesure de la pression absolue d'admission (B).

Les paramètres commutation GPLc, activation BVA, climatisation, niveau de pression dans le circuit de direction assistée, débit alternateur qui lui sont associés, définissent une consigne "régime" adaptée à chacune des configurations.

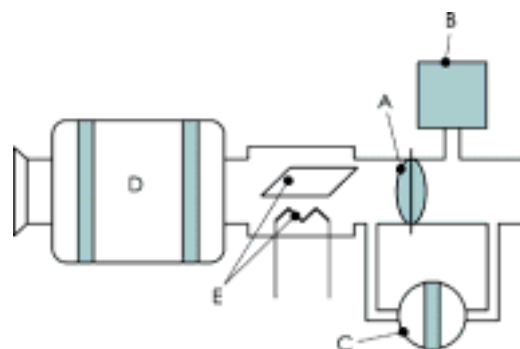
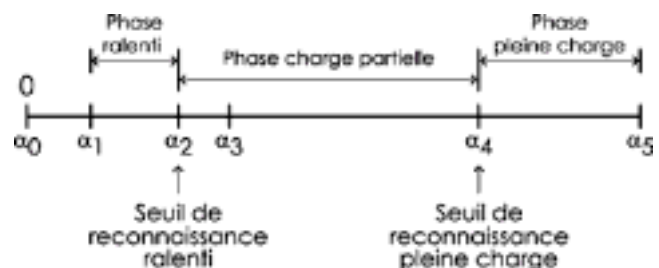
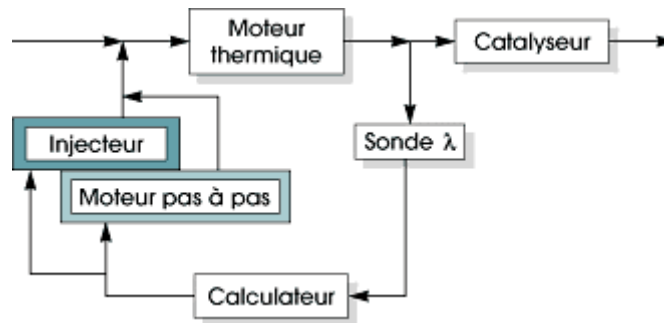


Schéma fonctionnel de gestion du ralenti

Richesse

La calibration de la commande du moteur pas à pas, de la combinatoire électrovannes TOR et RCO ou des pulsations du dispositif à volucompteur est une variable dépendante de l'information " richesse " donnée par la sonde lambda placée dans la voie d'échappement.

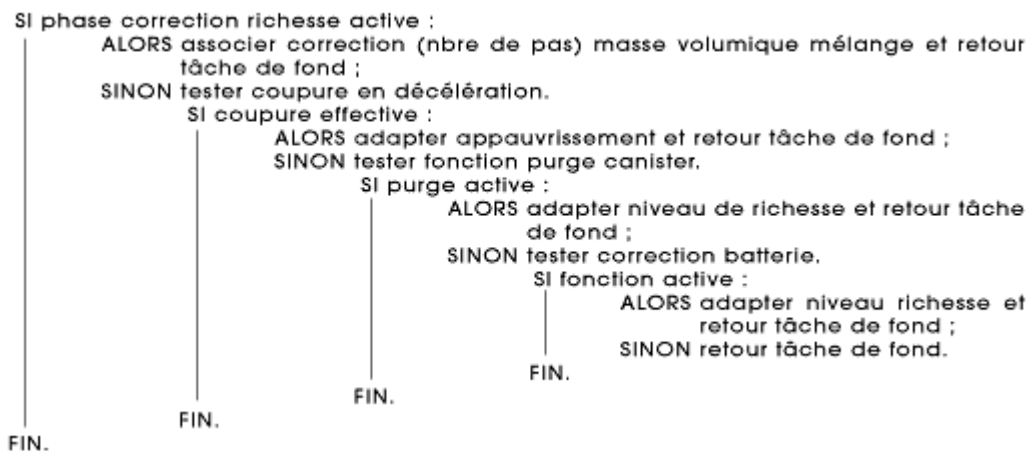
Principe de la régulation de richesse



Le décalage entre l'action de correction et la traduction de son effet par la sonde à l'échappement est dit **temps de transfert**.

Routine logicielle commande moteur pas à pas

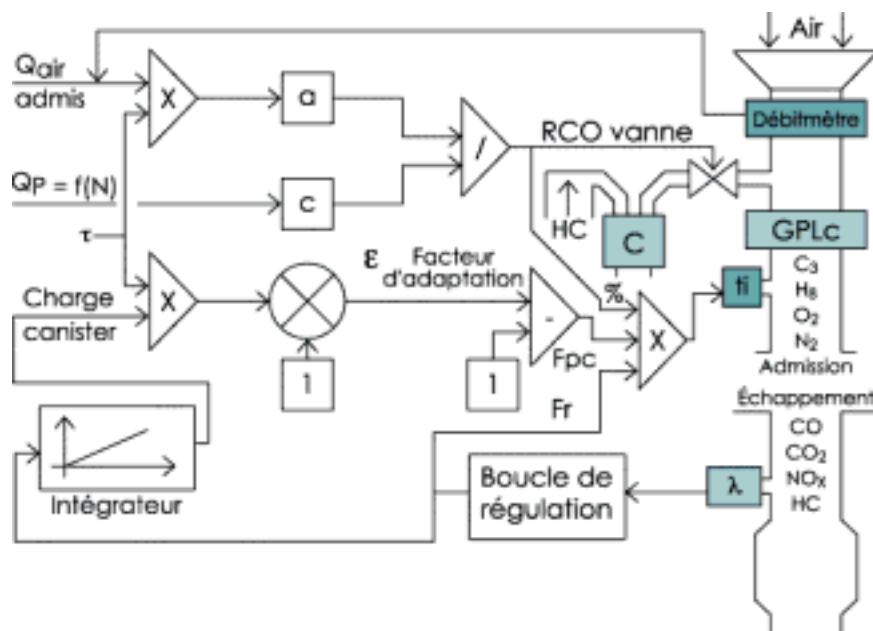
Nombre de pas de base



Sonde à oxygène (lambda, UEGO)

Les réactions d'oxydation ne sont pas optimaux pour un seul niveau (titre) de richesse. Le taux de conversion des polluants identifie l'efficacité du dispositif catalyseur. La réduction des NOx est maximum dans le cas de mélanges riches (absence d'oxygène $\lambda < 1$) alors que l'oxydation du CO et des HC l'est en mélanges pauvres ($\lambda > 1$) ou lean burn. La fenêtre de richesse qui définit le fonctionnement du moteur lié à un niveau de dépollution optimum est très étroite ($0,99 < \lambda < 1,01$). Le signal émis par la sonde lambda (capteur-transducteur placé dans la boucle de rétroaction ou chaîne de retour [open loop (boucle ouverte), closed loop (boucle fermée)]) est une des composantes fondamentales dans la stratégie de régulation de richesse.

Schéma-bloc de la régulation de richesse



Stratégie (BRC)

Cartographie d'avance adaptée :

- avance mini et maxi ;
- avance ralenti ;
- avance charge partielle ;
- avance pleine charge (limite cliquetis) ;
- appel cartographie par mise au potentiel + sur l'entrée GPL du calculateur.

Le diagnostic circuit ouvert (CO) sur les injecteurs est inhibé ; il en est de même de la fonction régulation de richesse et de l'auto-adaptation.

Les conditions de basculement en mode GPLc sont les suivantes :

- commutateur GPLc activé ;
- accélération > 1800 tr/min ;
- chute de régime 200 tr/min ;
- pression absolue d'admission > 600 mb.

La fonction canister reste active en utilisation ; elle est inhibée au ralenti, la consigne d'ouverture papillon a deux composantes (avec ou sans réfrigération).

Le calculateur GPLc utilise les informations issues des capteurs qui renseignent l'unité de commande Essence.

À la commutation ESSENCE/GPLc, un temps de superposition dit de recouvrement ou transit de phase (calibration) conduit à l'alimentation du moteur pour un mélange AIR/ESSENCE/GPLc.

À l'approche du régime maxi, le système bascule en mode essence (régime de coupure - 200 tr/min) ; la commutation ESSENCE/GPLc est rétablie avec un différentiel régime de 400 tr/min.

Le GNV carburant

Le GNV carburant

Caractéristiques

Le sigle désigne le gaz naturel pour véhicules ; le constituant principal en est le **méthane** (CH₄), composé d'hydrogène et de carbone, de masse volumique à l'état liquide 550 kg/m³, à l'état gazeux 730 kg/m³ ; la composition chimique du GNV peut varier en fonction des lieux de gisement.

Deux modes de stockage lui sont associés :

- sous forme **gazeuse**, à température ambiante où P = 200 bars (**GNC** soit gaz naturel comprimé) ;
- sous forme **liquide**, à la pression atmosphérique où T = - 161 °C (**GNL** soit gaz naturel liquéfié).

La **température d'auto-inflammation** (d'ignition) du gaz naturel (537 °C) diminue les risques d'incendie en cas de fuite (457 °C pour le propane, 280 °C pour l'essence) ; elle se définit comme la température minimale requise à laquelle doit être porté un lieu du mélange inflammable AIR/GAZ pour que la combustion s'amorce et se propage.

Il est établi que le gaz naturel est peu toxique ; il est odorisé par un additif (tétrahydrothiophène).

Deux types de gaz naturels sont distribués :

- de type H → 10,7 < PcS < 12,8 ;
- de type B (ou L) → 9,5 < PcS < 10,5.

Les véhicules automobiles sont alimentés par un mélange AIR-GNV de type H (haut pouvoir calorifique).

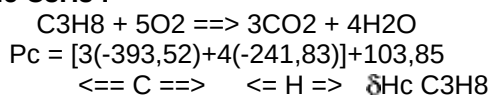
Le pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique est établi à partir de l'élévation de température et de la masse de l'échantillon ; il peut être dit :

- **supérieur (PCS)** quand l'eau produite par la combustion est supposée ramenée à l'état liquide dans les produits de combustion ;
- **inférieur (PCI)** quand l'eau issue de la combustion est restée à l'état vapeur dans lesdits produits de combustion.

Le ratio PCS/PCI est une variable dépendante de la part des éléments carbone et hydrogène qui composent le gaz combustible (PCS/PCI = 0,9).

Pouvoir calorifique du Propane C₃H₈ :



ΔHc est l'enthalpie de formation, c'est-à-dire la quantité de chaleur à prélever aux gaz brûlés pour les ramener à la température initiale (en amont de la réaction).

La chaleur latente de vaporisation

Elle se définit comme la quantité de chaleur nécessaire pour voir transiter l'unité de masse de fluide de l'état liquide vers l'état vapeur

**Les températures basses et les pressions élevées favorisent la liquéfaction.
Les températures élevées et les pressions basses favorisent la vaporisation.**

La masse volumique

La masse volumique a une incidence directe sur la consommation (une masse volumique élevée entraîne une consommation moindre à iso-Pci et iso-charge [ou charge constante]) et sur la réponse des systèmes attachés à l'alimentation en carburant du moteur thermique.

700 kg/m³ < essence auto < 750 kg/m³
 720 kg/m³ < supercarburant < 770 kg/m³
 730 kg/m³ < supercarburant sans plomb < 780 kg/m³
 510 kg/m³ < gaz de pétrole liquéfié < 580 kg/m³

Carburant	Masse volumique kg/m ³	Chaleur vaporisation kJ/kg	PCI massique kJ/kg	PCI volumique kJ/kg	Ratio Air/Fuel idéal
Supercarburant	750	335	42 900	32 000	15,10
Propane C ₃ H ₈	510	360	46 400	23 500	15,66
Butane C ₄ H ₁₀	580	370	45 700	26 400	15,44
GPLc	555	365	45 900	25 350	15,50
Méthane CH₄	550	-	50 000	-	17,26
Gazole	835	-	42 600	35 580	14,94

Les caractéristiques du produit GPLc données par le tableau ci-dessus sont celles associées à un mélange de gaz composé de 65 % de Butane et de 35 % de Propane.

Volatilité

La spécification de la volatilité des carburants est liée à deux caractéristiques :

- la **distillation** (quantification) de la masse de carburant évaporée en fonction du paramètre température ;
- la **pression ou la tension de vapeur REID (TVR)** qui caractérise l'aptitude du carburant à se vaporiser.

La tension de vapeur (pression qui règne au-dessus du carburant dans une enceinte thermique où la température est fixée à 100 °F = 37,8 °C) est égale à 4 500 mb pour le GPLc.

Tout comme pour le carburant GPLc, le besoin en énergie minimale d'allumage est supérieur pour initier la combustion d'un mélange AIR-GNV (33 mJ) comparativement à celui nécessaire à cette phase d'amorce relative au mélange AIR-ESSENCE (26 mJ).

La vitesse de combustion d'un mélange AIR-GNV est inférieure à celle d'un mélange AIR-ESSENCE ; elle a pour effet de dégrader les performances du moteur thermique.

Spécification GNV

Indices

- référence à l'**indice d'octane** (130) obtenu par extrapolation liée aux parts de chacune de ses composantes ;
- référence à l'**indice de méthane** (90) en prenant 0 pour hydrogène pur et 100 pour le méthane ;
- référence à l'**indice de butane** (2) en prenant 0 pour le méthane et 100 pour le butane.

L'**indice de WOBBE** (W) se définit comme le produit du pouvoir calorifique supérieur (PcS) du gaz (kWh/m³) par la racine carrée de la densité dudit fluide :

$$W = \text{PcS}(\text{d}_{0,5})$$

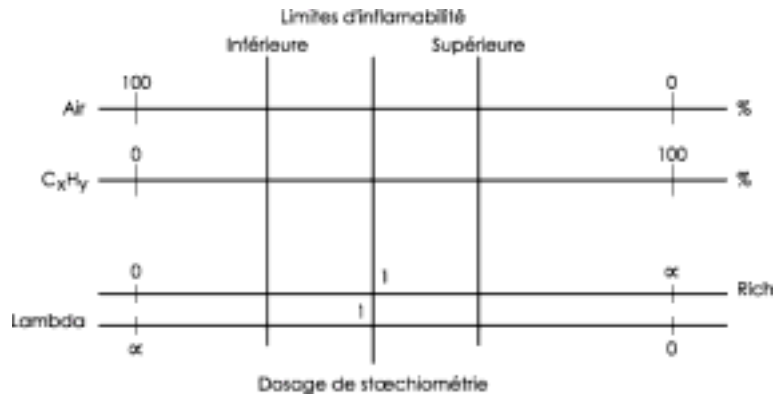
Tableau des indices de WOBBE pour quelques gaz caractéristiques :

Nature du gaz	Indice de WOBBE
Gaz de pétrole liquéfié (GPL)	
Propane commercial	22,2
Butane commercial	25,2
Gaz naturel	
Gaz naturel de Lacq	14,9
Gaz naturel d'Algérie	15,1
Gaz naturel de Mer du Nord	14,4
Gaz naturel des Pays de l'Est	14,5
Gaz naturel des Pays-Bas	12,8
Gaz de cokerie	8,3

La faible densité du méthane (0,55) permet au gaz naturel de se dissiper rapidement dans l'air (densité propane 1,5, vapeurs d'essence 4,4).

Les limites d'inflammabilité

La combustion ne peut s'amorcer et se propager que dans une plage de teneurs air-carburant qui définit les limites d'inflammabilité (inférieure, supérieure) du méthane dans l'air.



La plage d'inflammabilité s'incrémente en fonction de la température

Le circuit d'alimentation

En aval du vapo-détendeur-régulateur, les composantes du circuit sont identiques à celles des dispositifs GPLc.

Le réservoir

Il a pour fonction de contenir le GNV (GNC) comprimé sous 200 bars.

Il est constitué d'une enveloppe d'acier ou composite aux caractéristiques de contraintes définies par la législation. Une vanne d'arrêt permet d'isoler l'installation au gaz du circuit initial ; des matériaux dits adsorbants optimisent la capacité de stockage en masse associée à des pressions diminuées jusqu'à des niveaux de 35 à 45 bars (d'où une diminution des coûts liés à la phase de compression du fluide).

L'électrovanne

Elle autorise la distribution du gaz sous haute pression à destination du prédétendeur (élément additionnel directement lié à la configuration GNV).

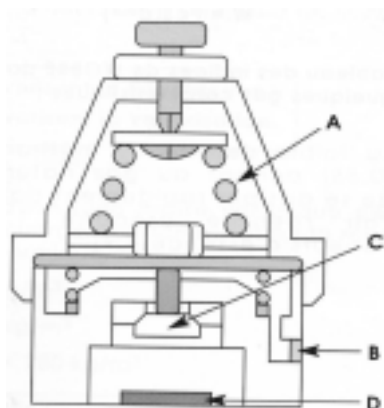
La haute pression du fluide comprimé dans le réservoir impose, contrairement à l'utilisation du GPLc (où les pressions sont bien moindres), un premier niveau de détente.

Le prédétendeur assure cette fonction et réduit la pression du gaz (5,5 bars) en provenance du réservoir via l'électrovanne.

Le prédétendeur

Le GNV étant fortement comprimé dans le réservoir, il est nécessaire de passer par une première phase de détente afin de ne pas solliciter les membranes du vapo-détendeur par des contraintes trop élevées.

Le GNV [entrée HP (D)] subit un premier niveau de détente [ensemble clapet (C) et ressort (A)] en amont (B) à destination du vapo-détendeur-régulateur.



Le vapo-détendeur-régulateur

SI prédétendeur

ALORS vapo-détendeur-régulateur à un ou deux étages.

SINON vapo-détendeur-régulateur à trois étages.

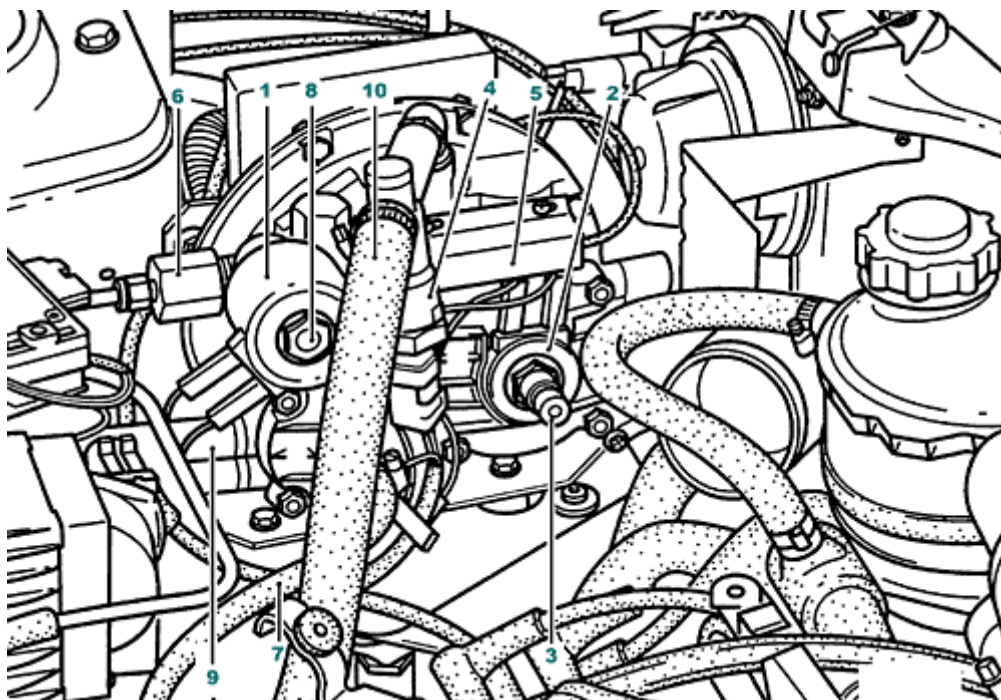
FIN.

Le GNV est ensuite distribué et associé à l'air admis via le mélangeur-diffuseur ou les éléments dits clapets ou buses d'injection gazeuse.

Remarque

Les variations dues à la composition du carburant, au niveau de blow-by (étanchéité de la segmentation), sont les causes de corrections (position du vérin de dosage piloté par le moteur pas à pas du distributeur GNV) via des routines logicielles adaptées (auto-adaptativité).

Implantation d'un vapo-détendeur-régulateur à trois étages sur un véhicule



1 électrovanne haute pression

2 électrovanne de ralenti

3 vis de réglage

4 moteur pas à pas (doseur)

5 potentiomètre (information pression GNV)

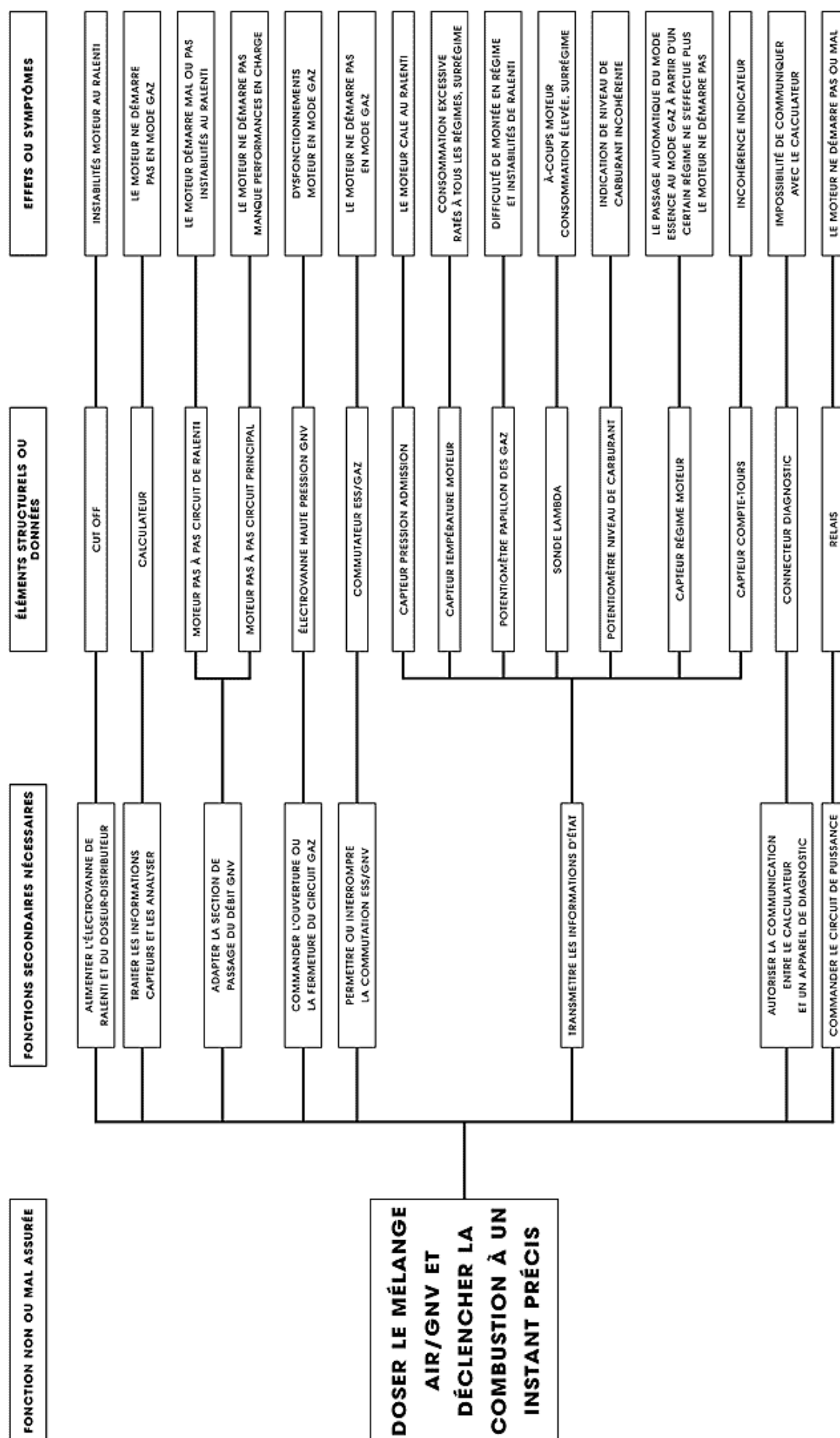
6 arrivée GNV haute pression

7 dispositif de sécurité (liaison avec détendeur)

8 vis de maintien électrovanne HP

9 liaison avec circuit de refroidissement moteur

10 sortie GNV à destination du diffuseur



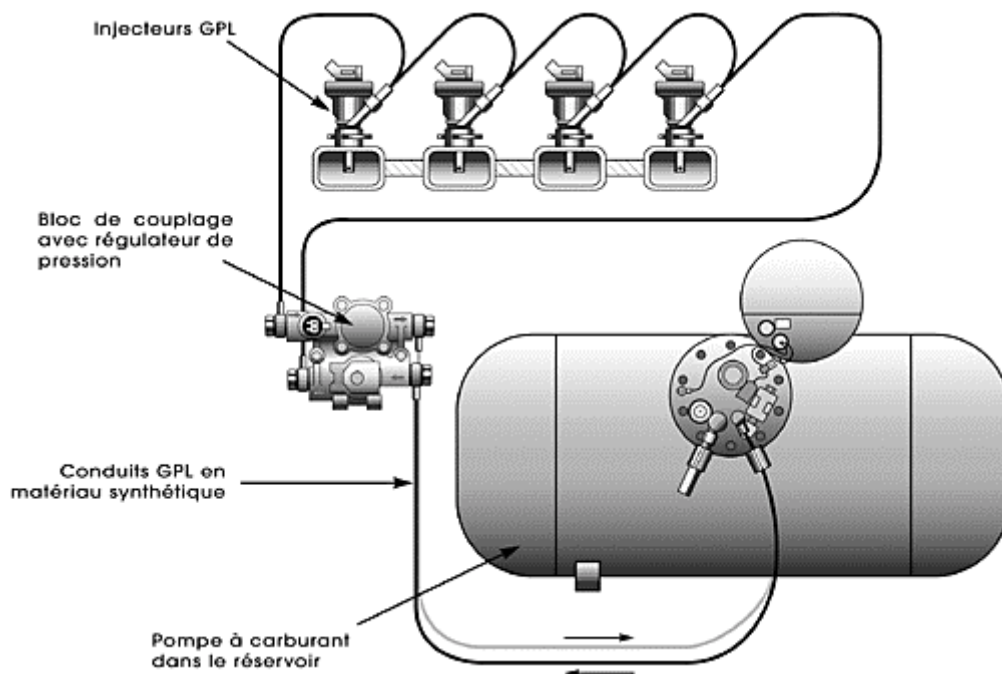
Injection gaz liquide, LPI

L'unité de commande essence détermine le temps d'ouverture des injecteurs qui lui sont dédiés si ce facteur temps est à la base (opération de conversion) de la définition du temps d'ouverture des injecteurs GPLc.

La quantité de carburant est élaborée et maîtrisée avec précision.

L'injection peut être :

- simultanée ;
- semi-séquentielle ;
- séquentielle phasée.



Circuit carburant injection gaz liquide

Le maintien du gaz à l'état liquide est assuré par une pompe intégrée au réservoir de carburant GPLc.

Les injecteurs sont placés sur un support adapté (orientation de l'adaptateur et du dispositif de distribution de gaz liquide dans la veine gazeuse associée à la position de la ou des soupape(s) d'admission) et maintenus en position par un anneau vissé ; l'étanchéité avec le collecteur d'admission est assurée par un joint torique.

L'unité de commande LPI gère les entrées :

- pression carburant GPLc ;
- signal injecteur essence ;
- tension batterie ;
- niveau richesse ;
- sélection carburant ;
- relais principal de sécurité ;
- température carburant.

Et active les sorties :

- commande injecteurs GPLc ;
- commande pompe GPLc ;
- alimentation senseur de pression carburant ;
- inhibition commande injecteurs essence ;
- commande vannes GPLc ;
- dialogue avec milieu extérieur.

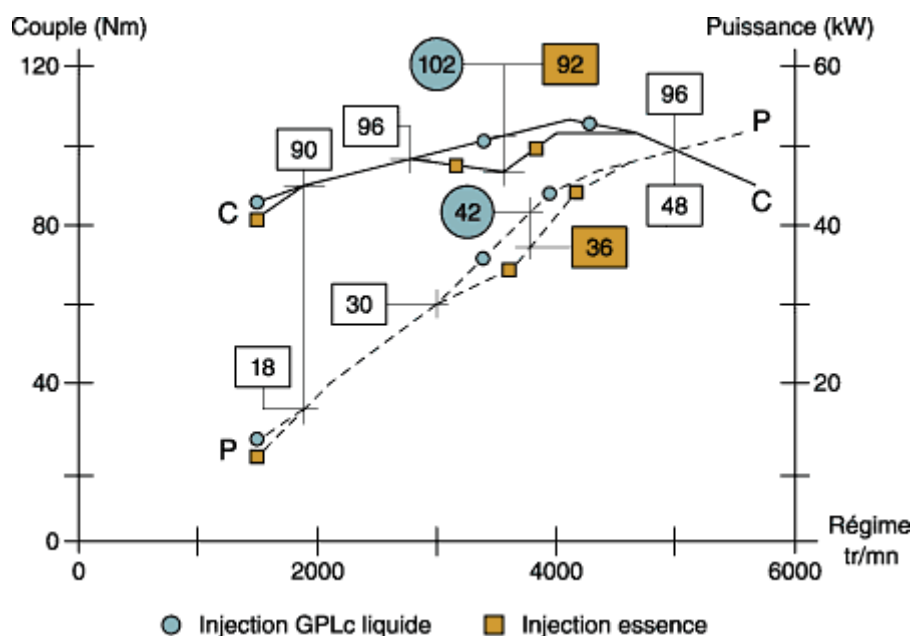
L'ouverture de l'injecteur nécessite un courant de commande lié à la pression du carburant en amont.

La stratégie de commande comporte deux phases :

- un courant d'appel (7 A) ;
- un courant de maintien (1,5 A).

Les **gains en performances** (couple et puissance) sont directement liés à l'amélioration du remplissage, ceux associés à la réduction des émissions découlent de l'optimisation du dosage du mélange AIR-GPLc admis à l'état liquide.

Étude comparative injection multipoints ESSENCE-GPL liquide, en terme de performances Couple/Puissance



Diagnostic

Procédure de diagnostic

La méthodologie qui caractérise le processus de diagnostic s'appuie sur deux **voies d'investigation** ; l'une d'entre-elles est dirigée par les **relations**, l'autre par les **données**.

Le système GPLc en cause est à l'état **actif** (mode de fonctionnement normal ou secouru par une stratégie de secours, en mode dégradé), ou **bloqué** (en attente de ressources et/ou d'événements).

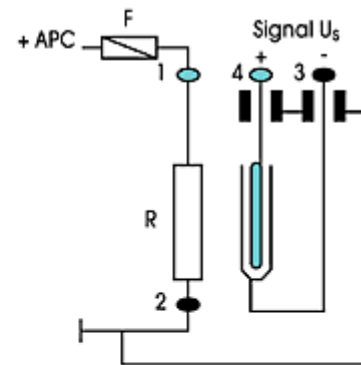
Démarche de diagnostic liée à une **défaillance** du type **limite inférieure dépassée** de la **sonde à oxygène** :

SI limite inférieure dépassée

```

ALORS débrancher sonde et calculateur et contrôler
résistance entre les bornes 3 et 4 du connecteur
sonde coté faisceau.
  SI R = Infini :
    ALORS contrôler résistance entre borne 4 connecteur
    sonde et blindage sonde coté faisceau.
      SI R = Infini :
        ALORS contrôler résistance entre borne 4 du
        connecteur sonde et la borne de masse de
        la batterie d'accumulateurs.
          SI R = Infini :
            ALORS rebrancher sonde et calculateur,
            contrôler tension sonde moteur en
            marche ( $q > 80^{\circ}\text{C}$ ).
              SI  $U_s < 0,05\text{ V}$  :
                ALORS changer sonde ;
                SINON contrôler amplitude et période
                signal.
                  SI  $0,15\text{ V} < U_s < 0,8\text{ V}$  et  $t < 10\text{ s}$  :
                    ALORS effacer défaut en mémoire ;
                    SINON changer sonde, effacer défaut en mémoire.
                    FINSI.
                  FIN.
                SINON remise en conformité faisceau (court-circuit sur masse).
                FIN.
              SINON remise en conformité faisceau (court-circuit sur masse).
              FIN.
            SINON remise en conformité faisceau (court-circuit sur masse).
            FIN.
          FIN.
        SINON fin de test.
        FIN.
      FIN.
    FIN.
  FIN.
  SINON fin de test.
  FIN.

```



Le système expert

Synoptique du système expert

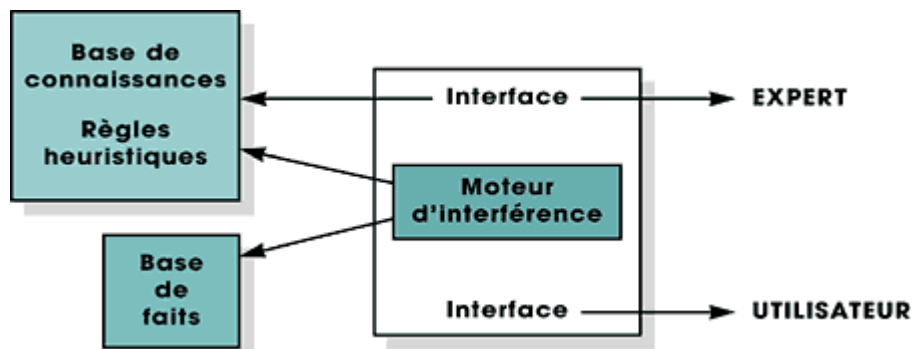
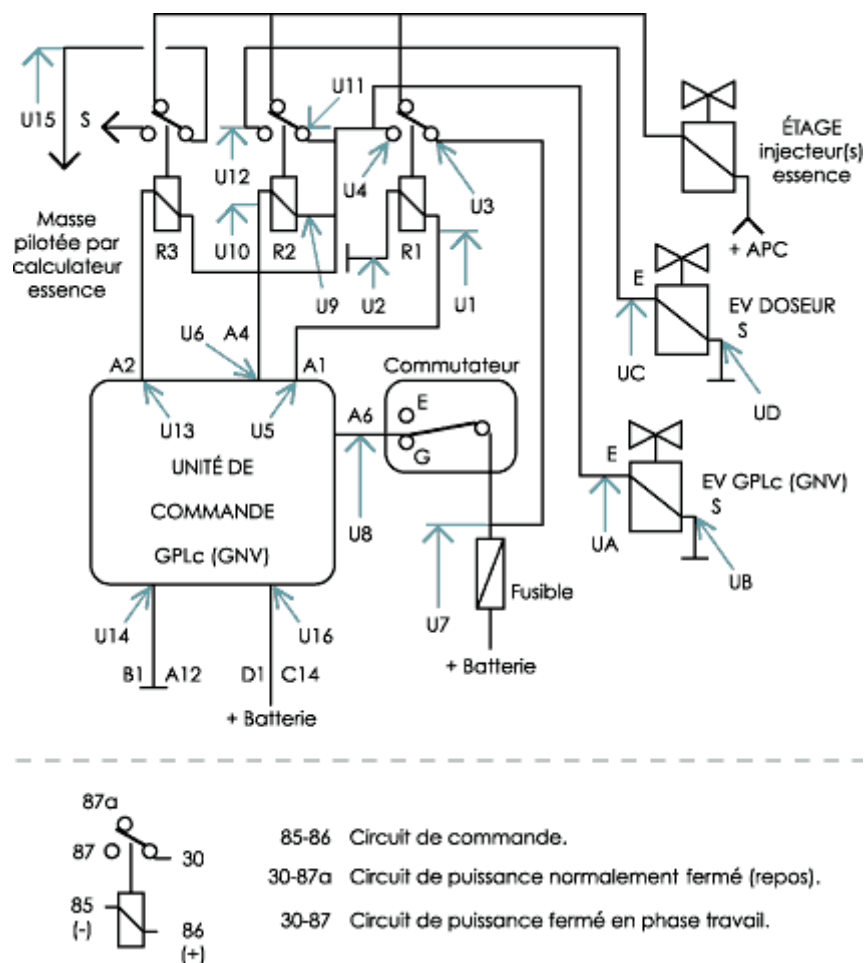


Schéma électrique du dispositif KOLTEC-NECAM



Extrait du système expert " GPLc "
destiné au diagnostic du circuit électrique du système KOLTEC-NECAM

Routine destinée au relais R2 (La tension Ubatt est présente sur la borne de sortie 87 du relais R1) :

EXPERTISE (enrichissement de la base de faits) :

U4 = Ubatt ? OUI U11 # Ubatt ? NON U11 = Ubatt ? OUI U9 = Ubatt ? NON
U9 = Ubatt ? OUI U6 # 0 ? NON U6 = 0 ? OUI U10 # 0 ? NON U12 # Ubatt ? OUI
U12 = Ubatt ? NON UC # Ubatt ? OUI UC = Ubatt ? NON UD # 0 NON UD = 0 ? OUI
RÉSISTANCE ÉLECTROVANNE DOSEUR # 24 OHMS ? NON

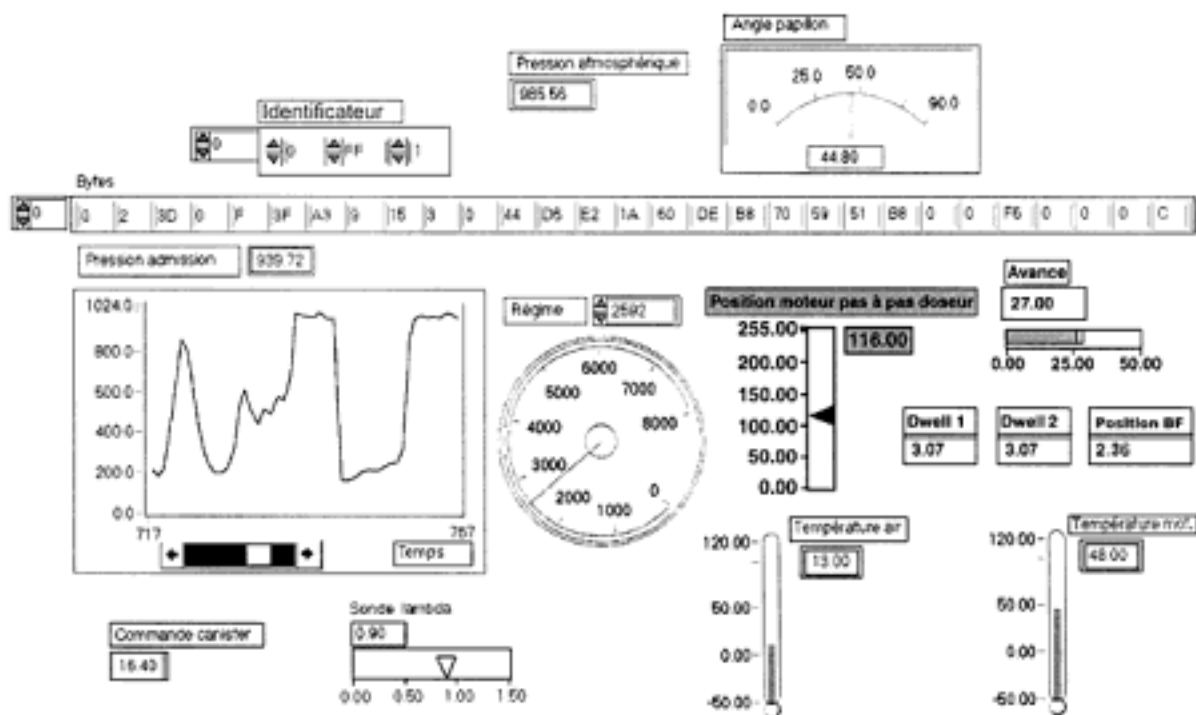
Fin de sélection des faits, mode DÉDUCTION : ÉCHANGE RELAIS R2 (règle 5).

Analyse des gaz d'échappement

	Ralenti							3 000 tr/min					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Facteur de pollution CO	++	0	-	+	-	0	0	-	0	+	+	-	+
Facteur de combustion CO ₂	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Facteur de consommation HC	+	++	-	+	+	0	0	0	+	+	0	-	+
Facteur de rendement O ₂	+	0	+	+	+	+	0	+	+	+	-	+	+
Facteur de richesse λ	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-

- | | |
|---|---|
| 1 défaut d'allumage | 8 jeu insuffisant aux soupapes |
| 2 encrassement bas moteur | 9 courroie distribution |
| 3 débit GPLc faible | 10 sonde O ₂ défectueuse |
| 4 débit GPL incomplètement maîtrisé (fuite) | 11 régulation pression GPLc trop élevée |
| 5 air additionnel admission | 12 régulation pression GPLc trop faible |
| 6 air additionnel échappement | 13 filtre à air contaminé ou obturé |
| 7 jeu important aux soupapes | |

Trame (message série)



Engine speed	3500 rpm	Eng run time	0 sec*256
MAP	83.0 kPa	Eng run time	51 sec
O2 sensor	588.5 mV	Coolant temp	60.0°C
Steppermotor	141 steps	Battery	13.3 Volt
C/L corr.	134 counts	Mixt flow	90 counts
Throttle pos	27.8%	Learn cell	13.5 X.Y
AE_BASE	0 steps	Learn value	128 counts
		MALFFLG1	0000010 0 C/L
FLAGS1	00000011 A	MALFFLG2	0000000 0 Rich
FLAGS2	00000011 B	MALFFLG3	0000000 23

L'EOBD (European On Board Diagnosis)

Le gestionnaire de pannes EOBD est un complément de celui destiné à traiter les dysfonctionnements qui conduisent à l'activation de fonctions de secours.

La norme EOBD préconise la gestion du diagnostic des dispositifs de dépollution.

Les données contexte (charge, régime, corrections, adaptatifs, température, pression admission, activation boucles de régulation) sont placées en mémoire et restituées lors de la détection d'une panne validée.

Lorsque l'anomalie conduit à des émissions polluantes excessives, un voyant (Malfunction Information Light) informe le conducteur du dysfonctionnement desdites fonctions de dépollution.

La stratégie EOBD a pour composantes fondamentales :

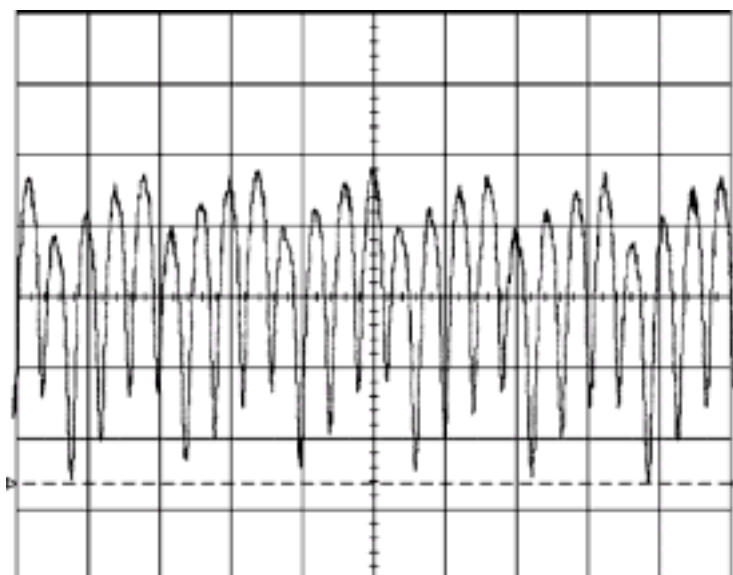
- gestion de dysfonctionnement composants et de fonctions incidentées ;
- diagnostic lié aux ratés de combustion ;
- diagnostic sonde lambda amont catalyseur ;
- diagnostic efficacité catalyseur.

Ratés de combustion

La détection de ratés de combustion se fait par le repérage d'acyclismes (permanence du phénomène détectée par un compteur).

Elle conduit à la mise en évidence de dysfonctionnements à l'origine de dépassements de seuils de pollution EOBD et à l'activation de dispositifs d'alerte liés à la probabilité de destruction du catalyseur.

Le repérage des ratés dans le cycle (identification du ou des cylindres en cause) se fait par un capteur de position d'arbre à cames ou par l'acquisition du signal de commande d'allumage (circuit primaire de bobines jumo-statiques ou statiques).



Observation d'acyclisme

La sonde à oxygène amont

La sonde lambda amont informe l'unité de commande du titre richesse et rend compte de l'effet de l'injection d'air via la voie d'échappement.

Causes de dégradation de la sonde à oxygène amont :

- mécanique : bris, circuit ouvert ;
- chimique : saturation du composant de réaction qui conduit à une augmentation du temps de réponse (période moyenne et amplitude).

La sonde lambda amont est déclarée défectueuse si la période moyenne du signal qu'elle émet dépasse le seuil EOBD.

Efficacité du catalyseur

La capacité de stockage du catalyseur est une variable dépendante du temps. L'observation de son efficacité se fait par la comparaison du signal émis par la sonde à oxygène amont avec celui d'une sonde à oxygène aval.

Le catalyseur est considéré défectueux lorsque le signal aval entre dans une enveloppe associée à celui de la sonde amont.

Conclusion

La procédure d'initialisation prend périodiquement appui sur l'analyse des gaz d'échappement et conduit à la réactualisation du pilotage de l'actuateur de débit.

L'architecture multiplexée des véhicules contemporains et à venir permet de gérer au mieux l'adéquation maître-esclave qui régit les relations des dispositifs d'injection essence et gaz (GPLc, GNV).

Il apparaît de nouveaux concepts de diagnostic (typologie de raisonnement à base de modèles, de connaissances et de faits) qui assistent le metteur au point et le technicien de maintenance (retour d'expérience).

Conclusion

Dans les prochaines décennies, comme on peut s'y attendre, le nombre de véhicules particuliers continuera d'augmenter. L'impact de cet accroissement tendra à épuiser les ressources naturelles, en particulier les hydrocarbures (dans la continuité du choix actuel des énergies) et marquera de manière sensible notre environnement.

L'automobile doit donc réduire la consommation de carburant et les émissions à l'échappement. Elle doit favoriser les technologies permettant une récession des différentes pollutions (locale, régionale, globale) et en outre, mener à la baisse les rejets de CO₂ responsables de l'effet de serre, en tenant compte des émissions liées à l'utilisation du véhicule mais également celles qui sont issues de la production des carburants et des véhicules.

Le GPLc, issu de la raffinerie pétrolière, offre de bonnes performances tout en respectant le paysage industriel en place (la technologie est semblable à celle des carburants essence et gazole). Cependant, dans le cadre de l'usage rationnel des énergies, les motorisations GPLc en l'état actuel de la réglementation pour les émissions nocives, devraient se substituer à hauteur limitée à quelques millions d'unités. Cette valeur représente la quantité de voitures pouvant être approvisionnée par les raffineries françaises.

Le gaz naturel, qui représente une réserve importante d'énergie, est à terme intéressant non seulement sur l'impact environnemental moindre qu'il procure, mais aussi pour la technologie existante aujourd'hui qui demande peu d'adaptation aux professionnels de l'automobile. Seuls les résultats d'émission de CO₂ restent modérés et peut être pas suffisants pour freiner l'arrivée puis l'essor des véhicules dit évolués utilisant des moyens de propulsion différents, comme la pile à combustible par exemple.

Les véhicules GPLc et GNV, plus chers à l'achat, sont davantage destinés à une clientèle réalisant de forts kilométrages pour rentabiliser le surcoût. Cependant, la fiscalisation moins importante de ces deux carburants, ainsi qu'une nouvelle augmentation du prix de baril du pétrole, favoriseraient certainement l'intérêt économique de rouler au gaz avec un prix de revient au kilomètre encore plus avantageux.

Enfin, les avantages fiscaux liés à l'usage des véhicules dits " propres ", montrent aujourd'hui des résultats tels que les flottes de bus au gaz, ainsi que la confiance de plus de 150 000 particuliers et professionnels roulant au GPLc en France.

Annexe

Facteurs de conversion gaz/puissance en équivalent énergétique-base

	Mètre cube de gaz	Pied cube de gaz	Million d'unité thermique anglaise	Thermes	Gigajoule	Kilowatt - heure	Mètre cube de gaz naturel liquide	Tonne de gaz naturel liquide
1 m³	1	35,31	0,036	0,36	0,038	10,54	0,001 71	0,000 725
1 f³ gaz	0,028 32	1	0,001 02	0,010 2	0,001 08	0,299	0,000 05	0,000 02
10⁶ Btu	27,8	961	1	10	1,054	293,07	0,048	0,019 2
1 therm	2,78	96,1	0,1	1	0,105 4	29,307	0,004 8	0,001 92
1 Gigajoule	26,3	948	0,95	9,5	1	277,5	0,045	0,018
1 kWh	0,094 9	3,3	0,003 412	0,034 12	0,003 6	1	0,000 162	0,000 065
1 m³ GNL	584	20 631	21,04	210,4	22,19	6 173	1	0,405
1 t GNL	1 379	48 690	52	520	54,8	15 222	2,47	1