

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Batna 2- Mostefa Ben Boulaïd

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Cours 2

Les systèmes embarqués en automobile

1^{er} année Master en ingénierie automobile

Chargé du module

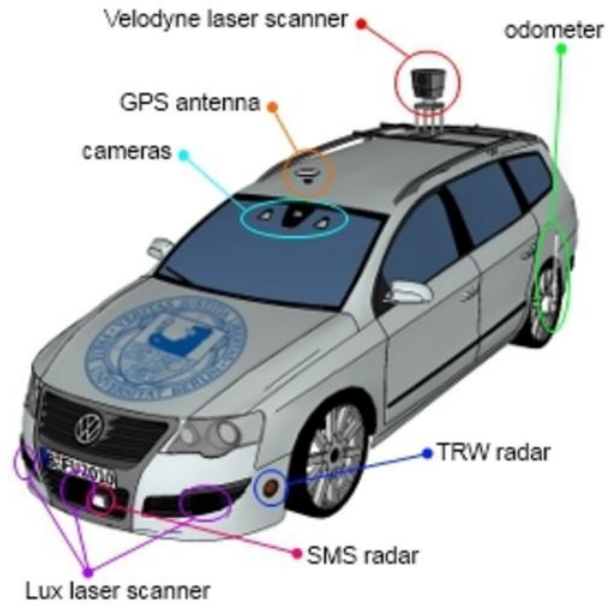
Dr : AMADJI Moussa

2020/2021

Une voiture moderne comprend une **centaine de capteurs** !

Capteurs liés au

- moteur et système de traction,
- au confort,
- à l'environnement,
- et surtout à la sécurité [1]



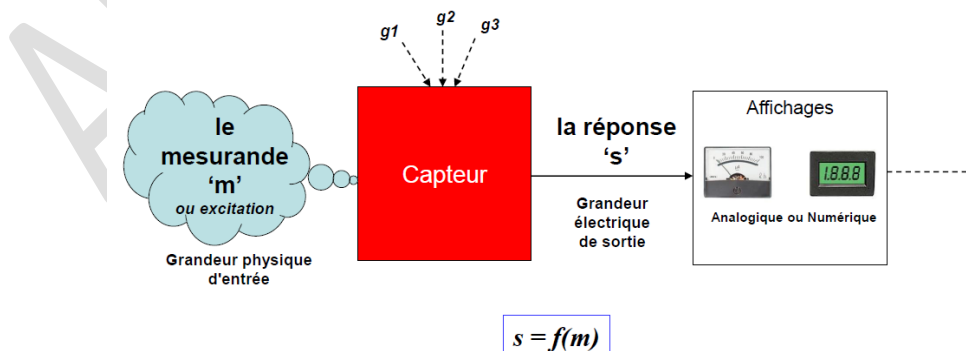
1. INTRODUCTION

Les capteurs sont présents dans de nombreux domaines de la vie courante comme dans le domaine médical ou automobile par exemple.

Un capteur est un dispositif d'acquisition d'une grandeur physique (température, luminosité, débit, etc). Pour être utilisable, cette grandeur physique est souvent convertie en une grandeur électrique normalisée (4 à 20 mA pour les sorties de courant, 0 à 5V pour les sorties en tension). Son utilité est de permettre la transmission des informations mesurées à distance, l'enregistrement des mesures en continu, le traitement du signal par ordinateur, etc[2].

Le mesurande: grandeur physique objet de la mesure.

Capteur: dispositif qui soumis à l'action d'un mesurande présente une caractéristique électrique.



Dispositif qui transforme la grandeur physique à mesurer en un **signal de nature électrique "s"**

Les systèmes embarqués en automobile 2

La mesure de s doit permettre de connaître la valeur de m .

Pour faciliter l'exploitation de la réponse, on s'efforce de réaliser des capteurs dont la relation $s=f(m)$ est linéaire. Dans ce cas s et m sont proportionnels.

$$s = k \times m$$

ou k est une constante. On parle aussi de sensibilité du capteur. Plus k est grand, plus le capteur est sensible.

Les capteurs sont séparés en deux catégories : **les capteurs actifs et les capteurs passifs** [1]

Les premiers fonctionnent en générateurs, Ils utilisent l'énergie fournie par le phénomène physique étudié et le convertissent en énergie électrique. Ce sont les capteurs qui utilisent la thermoélectricité, l'effet voltaïque, l'effet Hall et la piézoélectricité.

Les capteurs passifs doivent eux être intégrés dans un circuit électrique. Chaque position de la partie mobile du capteur correspond à une impédance. Cette partie mobile se déplace ou se déforme sous l'influence des forces (de pression par exemple) qui s'appliquent directement ou indirectement sur le capteur.

Enfin, il faut savoir qu'un capteur est différent d'un instrument de mesure puisqu'il s'agit seulement d'une interface entre le processus physique et l'information qui peut être manipulée.

Un capteur n'affiche ni ne stocke donc pas forcément les données mesurées.

1.2 Capteurs actifs

Ils fonctionnent en générateurs en convertissant la forme d'énergie propre au mesurand en énergie électrique.

Mesurande	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux lumineux	Pyroélectricité	Charge
	Photoémission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photoélectromagnétique	Tension
Force Pression Accélération	Piézoélectricité	Charge
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position (aimant)	Effet Hall	Tension

1.3 Capteurs passifs

Il s'agit d'impédances (très souvent des résistances) dont l'un des paramètres déterminants est sensible au mesurande.

Mesurande	Caractéristique électrique sensible	Types de matériaux utilisés
Température	Résistivité	Métaux : platine, nickel, cuivre. Semi-conducteurs. Verres.
Très basse température	Constante diélectrique	
Flux lumineux	Résistivité	Semi-conducteurs.
Déformation	Résistivité Perméabilité magnétique	Alliages de nickel, silicium dopé. Alliage ferromagnétique. Position
Position (aimant)	Résistivité	Matériaux magnétorésistants : bismuth, antimoine d'indium.
Humidité	Résistivité Constante diélectrique	Chlorure de lithium. Alumine ; polymères.

2. CAPTEURS A EFFET PIEZOELECTRIQUE:

2-1- L'effet piézoélectrique :

Une force appliquée à une lame de quartz induit une déformation qui donne naissance à une tension électrique

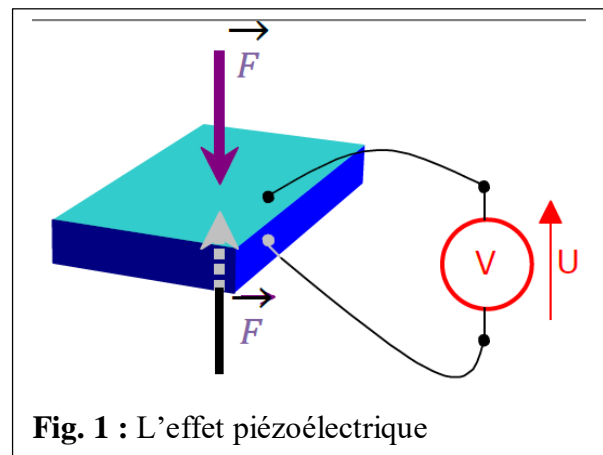


Fig. 1 : L'effet piézoélectrique

2.2 Capteur de force:

La tension VS de sortie sera Proportionnelle à la force F :
 $VS = k.(F+F) = 2k.F$
 Avec k constante.

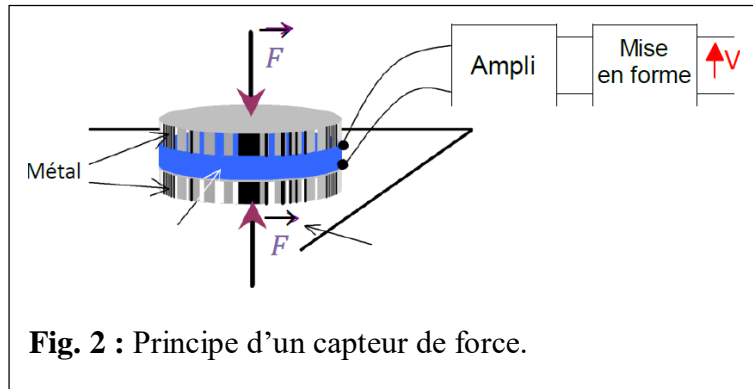


Fig. 2 : Principe d'un capteur de force.

2.3 Capteur de pression

Définition : Lorsqu'un corps (gaz, liquide ou solide) exerce une force F sur une paroi S (surface); on peut définir la pression P exercée par ce corps avec la relation ci- dessous :

$$P = \frac{F}{S} \quad \text{Sachant que : } 1\text{Pascal(Pa)} = \frac{1\text{Newton}}{m^2}$$

Le capteur de force est inséré dans la paroi d'une enceinte où règne une pression P.

Une face du capteur est soumise à la force F (pression P) et l'autre face est soumise à la force F0 (pression extérieure P0).

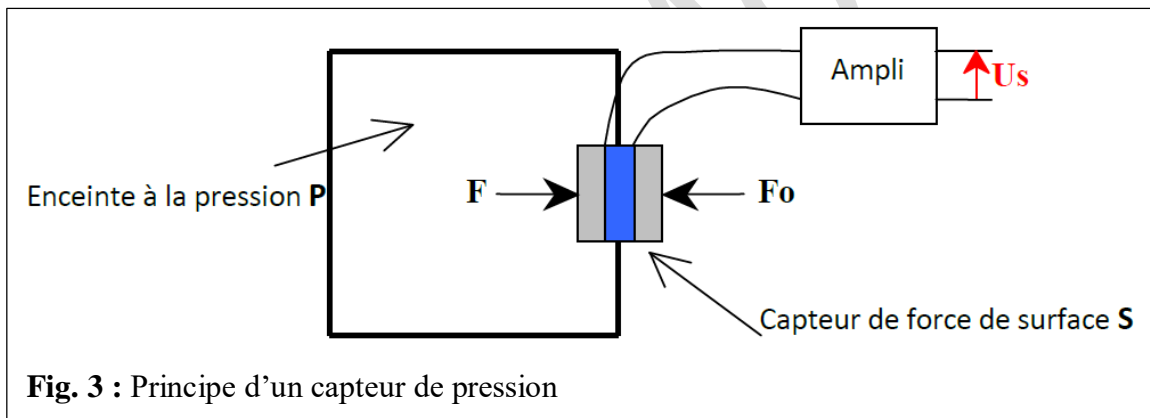


Fig. 3 : Principe d'un capteur de pression

On a $F = P.S$; $F0 = P0.S$ et $uS = k.(F+F0)$ (capteur de force, k = constante).

Donc $uS = k.S (P + P0) = k' (P + P0) \longrightarrow uS = k' (P + P0)$.

Il s'agit ici d'un capteur de pression qui mesure la somme de la pression extérieure P0 et de la pression de l'enceinte P.

2-4- Capteur d'accélération:

L'augmentation de vitesse V du véhicule donne une accélération à qui induit une force F exercée par la masse sur le capteur.

On a donc :

$F = m.a$ mais $uS = 2k.F$

et donc **$uS = 2k.m.a$**

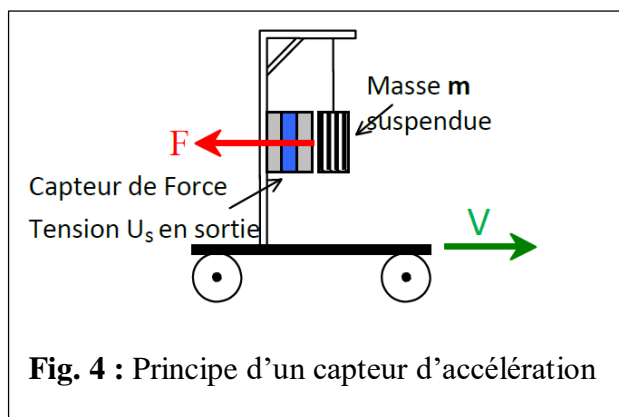


Fig. 4 : Principe d'un capteur d'accélération

2-5- Capteur ultrason:

La réception d'un son engendre une variation de pression à la surface du récepteur. Un capteur de pression sur cette surface donnera donc une tension image du signal ultrasonore.

3. CAPTEURS A EFFET HALL

3-1- L'effet Hall:

Un barreau de semi-conducteur soumis à un champ magnétique uniforme B et traversé par un courant I , est le siège d'une force électromotrice U_H sur deux de ses faces

La tension de Hall U_H est définie par la relation ci-contre :

$$U_H = R_H \frac{IB}{e}$$

R_H : constante de Hall (dépend du semi-conducteur)

I : intensité de la source de courant (A)

B : intensité du champ magnétique (T)

e : épaisseur du barreau de silicium.

Si on maintient le courant I constant, on a donc une

tension U_H proportionnelle au champ magnétique B :

$$U_H = k \cdot B \text{ avec } k \text{ constante égale à } R_H \cdot \frac{1}{e}$$

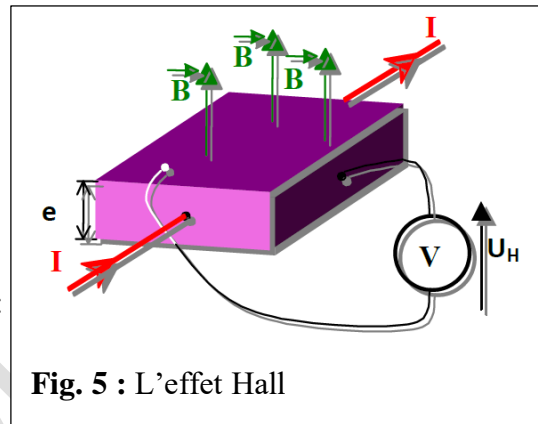


Fig. 5 : L'effet Hall

3-2- Capteur de champ magnétique:

La sensibilité de ce capteur pourra être ajustée en agissant sur I et sur A .

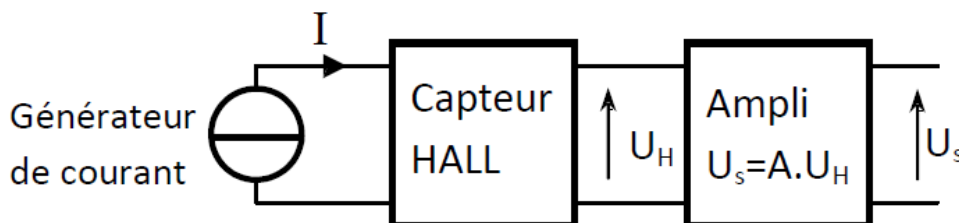


Fig. 6 : Principe d'un capteur de *champ magnétique*

LA SONDE DE TEMPERATURE D'AIR

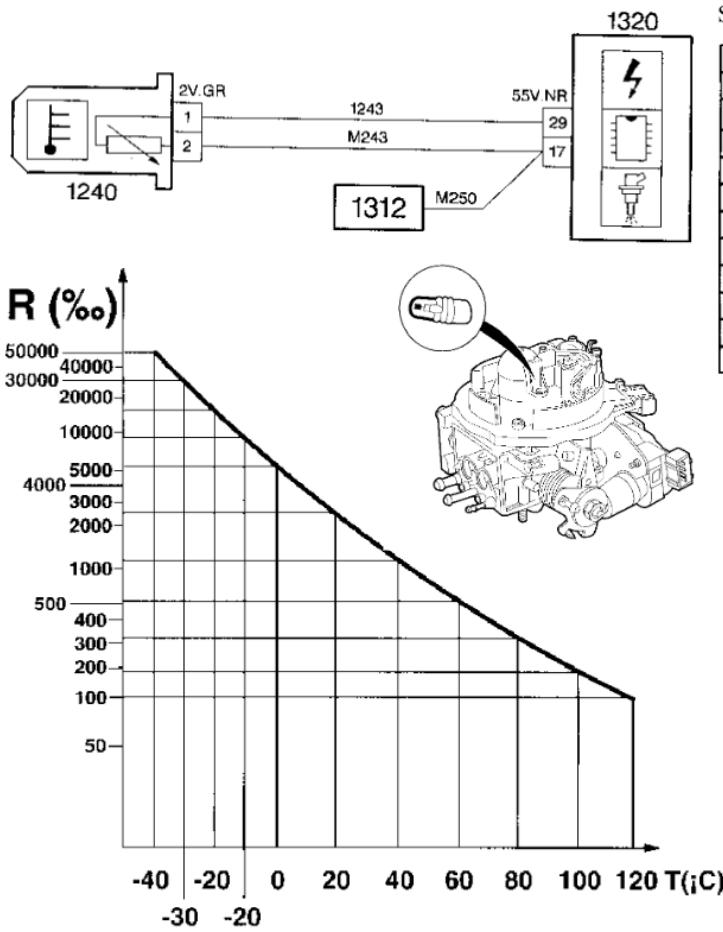
La sonde de température d'air peut être implantée sur le collecteur d'admission ou sur le boîtier papillon, sur le corps d'injection (monopoint) ou, pour les véhicules équipés d'un boîtier papillon motorisé, sur le conduit d'air entre le filtre à air et le boîtier papillon motorisé, cette sonde est intégrée au débitmètre à fil ou film chaud pour les véhicules qui en sont équipés.

Cette thermistance peut être intégrée au capteur de pression absolue.

Le capteur température d'air admission est alimenté en 5 volts par le calculateur contrôle moteur, cette information associée à celle du régime moteur et de la pression d'admission, permet au calculateur d'évaluer la masse d'air absorbée et de corriger le mélange air carburant.

Les systèmes embarqués en automobile 2

La résistance électrique de cette sonde CTN (coefficient de température négatif) diminue lorsque la température augmente.



Sur certains multipoints et monopoints

-20°C	14,00 K Ω	17,39K Ω
-10°C	8,62 K Ω	10,45 K Ω
0°C	5,45 K Ω	6,46 K Ω
+10°C	3,53 K Ω	4,10 K Ω
+20°C	2,35 K Ω	2,67 K Ω
+30°C	1,585 K Ω	1,79 K Ω
+40°C	1,085 K Ω	1,23 K Ω
+50°C	763 Ω	857 Ω
+60°C	540 Ω	615 Ω
+80°C	292 Ω	326 Ω
+90°C	215 Ω	245 Ω
+100°C	165 Ω	190 Ω

sur multipoints SAGEM SL96

R1 (Ω)	(C°)
8	120
12	110
16	100
23	90
29	80
37	70
48	60
62	50
80	40
104	30
128	20
155	10
180	0
202	-10
221	-20
234	-30
248	40

°C	R1 ET R2 KΩ	°C	R1 ET R2 K(Ω)
-40	100,950	+40	1,598
-30	53,100	+50	1,080
-20	29,121	+60	0,746
-10	16,599	+70	0,526
0	9,750	+80	0,377
+10	5,970	+90	0,275
+20	3,747	+100	0,204
+25	3	+110	0,153
+30	2,417	+125	0,102

Sur certains monopoints



Débitmètre à volet

Sur certains débitmètres à fil chaud

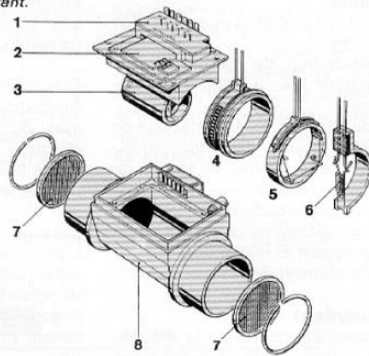
*-10° 8260Ω à 10560Ω

*+20° 2280Ω à 2720Ω

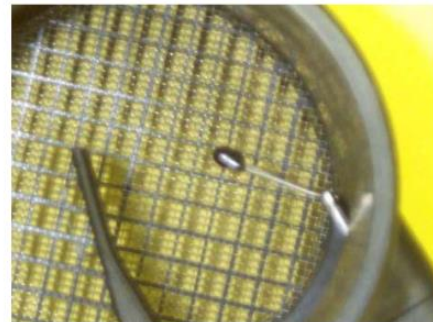
*+50° 760Ω à 910Ω

Débitmètre massique à fil chauffant.

- 1 Plaque à circuit imprimé
- 2 Circuit hybride avec les résistances du montage en pont, le circuit de régulation de la température, ainsi que le circuit d'autonettoyage.
- 3 Tube intérieur
- 4 Résistance de mesure
- 5 Élément à fil chauffant
- 6 Résistance de compensation thermique
- 7 Grille de protection
- 8 Boîtier

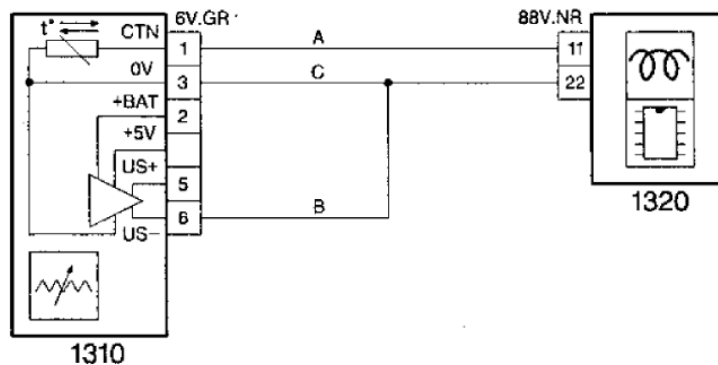


Capteur de pression absolue avec sonde de température d'air



Débitmètre à film chaud

- 40°C	41255 Ω	56273 Ω
- 35°C	30601 Ω	39584 Ω
- 30°C	23406 Ω	29850 Ω
- 25°C	18026 Ω	22711 Ω
- 20°C	14005 Ω	17397 Ω
- 15°C	10950 Ω	13436 Ω
- 10°C	8623 Ω	10454 Ω
- 5°C	6838 Ω	8190 Ω
0°C	5452 Ω	6465 Ω
+ 5°C	4376 Ω	5137 Ω
+ 10°C	3537 Ω	4103 Ω
+ 15°C	2874 Ω	3300 Ω
+ 20°C	2346 Ω	2672 Ω
+ 25°C	1928 Ω	2174 Ω
+ 30°C	1585 Ω	1787 Ω
+ 35°C	1311 Ω	1475 Ω
+ 40°C	1089 Ω	1225 Ω
+ 45°C	910 Ω	1022 Ω
+ 50°C	763 Ω	857 Ω
+ 55°C	644 Ω	721 Ω
+ 60°C	545 Ω	610 Ω



Capteur de température(LES SONDES DE TEMPERATURE D'EAU)

Les mesures de température du moteur et de l'air aspiré fournissent à l'appareil de commande électronique des données importantes relatives aux phases de charge du moteur. Les capteurs de température mesurent électroniquement la température à partir des modifications de résistances au moyen de résistances NTC (CTN) ou de résistances PTC. La plupart du temps des résistances NTC (CTN) sont utilisées [3].

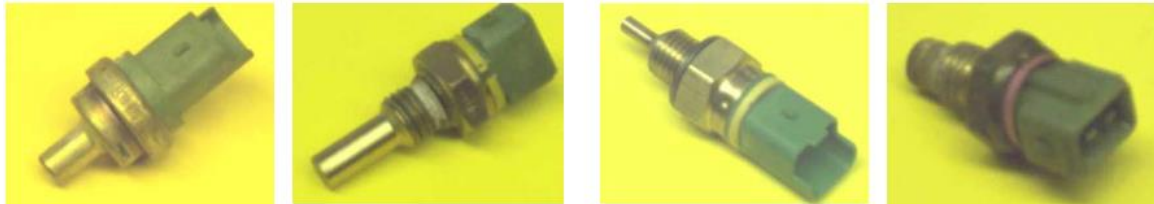
L'abréviation CTN signifie Coefficient de Température Négatif : en cas d'une augmentation de température la valeur de la résistance diminue. L'abréviation CTP signifie Coefficient de

Les systèmes embarqués en automobile 2

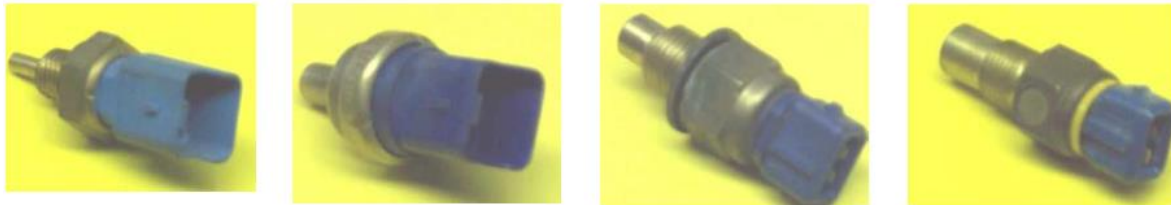
Température Positif : en cas d'une augmentation de température la valeur de la résistance augmente.

Les valeurs de résistance correspondantes aux valeurs de températures sont transmises à l'appareil de commande sous forme d'un signal de tension.

La ou les sondes de température d'eau sont implantées sur le boîtier d'eau ou sur la culasse. La sonde de température d'eau moteur informe le calculateur contrôle moteur de l'état thermique du moteur en mesurant la température du liquide de refroidissement. De couleur verte, elle permet au calculateur la correction de la richesse en fonction de la température moteur



De couleur bleu, elle permet de donner l'indication au combiné.



Ces deux sondes sont de types CTN (coefficient de température négatif) résistance diminuant lorsque la température augmente.

Sur certains multipoints et monopoints

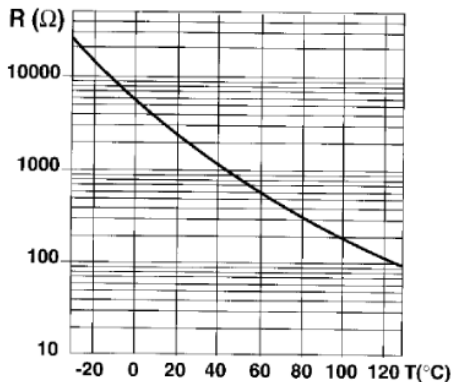
-20°C	14,00 K Ω	R1	17,39K Ω
-10°C	8,62 K Ω		10,45 K Ω
0°C	5,45 K Ω		6,46 K Ω
+10°C	3,53 K Ω		4,10 K Ω
+20°C	2,35 K Ω		2,67 K Ω
+30°C	1,585 K Ω		1,79 K Ω
+40°C	1,085 K Ω		1,23 K Ω
+50°C	763 Ω		857 Ω
+60°C	540 Ω		615 Ω
+80°C	292 Ω		326 Ω
+90°C	215 Ω		245 Ω
+100°C	165 Ω		190 Ω

Injection diesel haute pression

+ 10°C	9,65 K Ω	R1	10,26 K Ω
+ 20°C	6,08 K Ω		6,4 K Ω
+ 30°C	3,93 K Ω		4,12 K Ω
+ 40°C	2,6 K Ω		2,71 K Ω
+ 50°C	1,77 K Ω		1,83 K Ω
+ 60°C	1,22 K Ω		1,27 K Ω
+ 80°C	620 Ω		636 Ω
+ 90°C	454 Ω		463 Ω
+ 100°C	337 Ω		343 Ω

sur multipoints SAGEM SL96

R1 (Ω)	(°C)
8	120
12	110
16	100
23	90
29	80
37	70
48	60
62	50
80	40
104	30
128	20
155	10
180	0
202	-10
221	-20
234	-30
248	40



Sur certains monopoints

°C	R1 K Ω	°C	R1 K Ω
-40	100,950	+40	1,598
-30	53,100	+50	1,080
-20	29,121	+60	0,746
-10	15,599	+70	0,526
0	9,750	+80	0,377
+10	5,970	+90	0,275
+20	3,747	+100	0,204
+25	3	+110	0,153
+30	2,417	+125	0,102

Les systèmes embarqués en automobile 2

De couleur marron, elle informe le boîtier de température d'eau réfrigérée de l'état thermique du moteur ; ce qui permet la commande du ou des motoventilateurs.

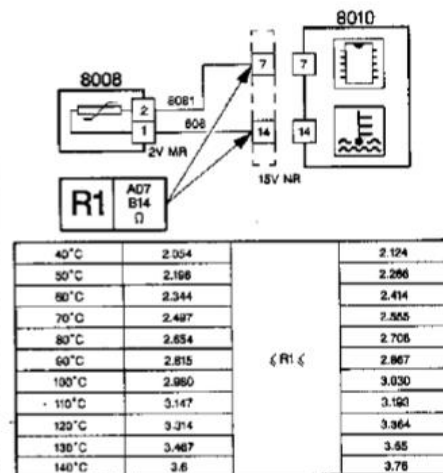
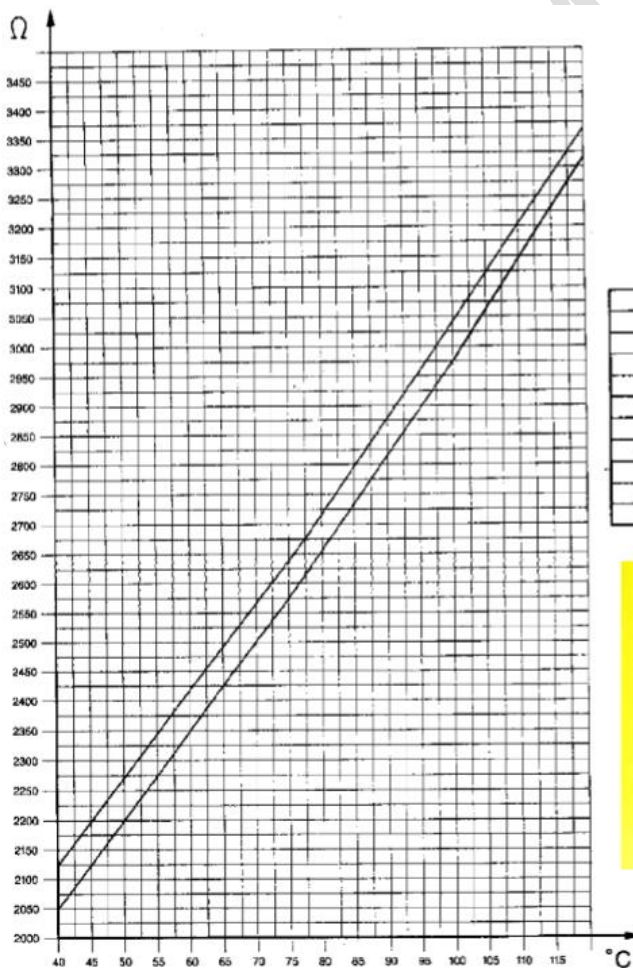
Cette thermistance est de type CTP (coefficient de température positif). Lorsque la température augmente, la résistance augmente.

Tous les véhicules ne comportent pas trois sondes de température.

Lorsqu'il n'y a pas de sonde pour le déclenchement des motoventilateurs, le système est généralement équipé d'un thermocontacteur d'enclenchement ventilateur.

Certains véhicules sont équipés de la fonction FRIC (fonction refroidissement intégrée au calculateur). La gestion des

motoventilateurs se fait grâce au calculateur contrôle moteur, par l'intermédiaire de la sonde de température d'eau.



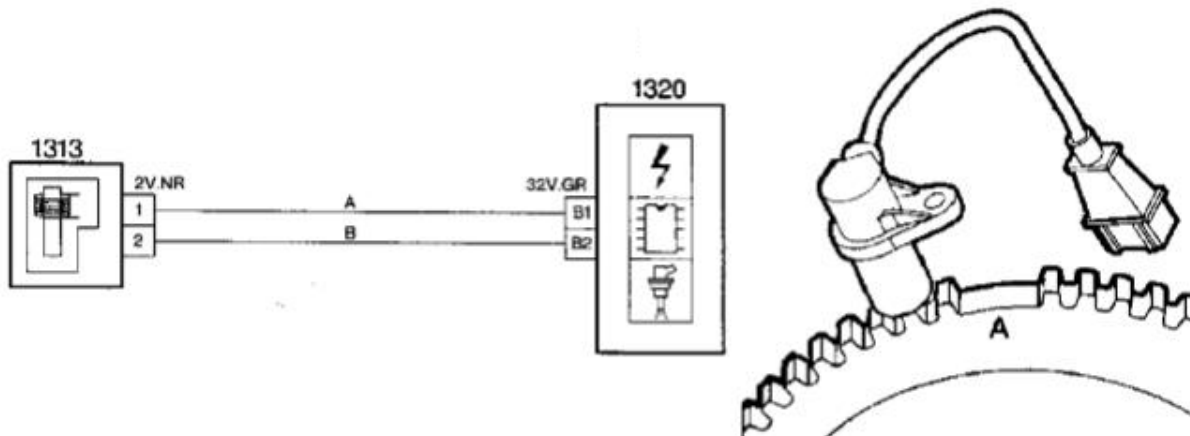
LE CAPTEUR REGIME MOTEUR

Le capteur régime est constitué d'un noyau magnétique et d'un bobinage.

Lorsque les dents du volant défilent devant le capteur, il se crée une variation du champ magnétique qui induit dans le bobinage une tension alternative (signal sinusoïdal) dont la fréquence et l'amplitude sont proportionnelles à la vitesse de rotation moteur. Il est fixé côté distribution mais plus fréquemment sur le carter d'embrayage et placé en regard d'une couronne de 60 dents, deux ont été supprimées pour la reconnaissance du PMH.

La résistance de ce capteur peut varier de 360 à 500 ohms. Il est équipé d'un connecteur 3 voies marron, 2 voies noir ou trois voies gris sur les moteurs diesel dont la résistance est de 110 ohms. Il est possible de prendre la tension de ce capteur en position « alternatif » ; celle-ci doit être comprise entre 4 et 9 volts.

L'entrefer du capteur régime moteur n'est pas réglable [4].



LE CAPTEUR REGIME MOTEUR ACTIF

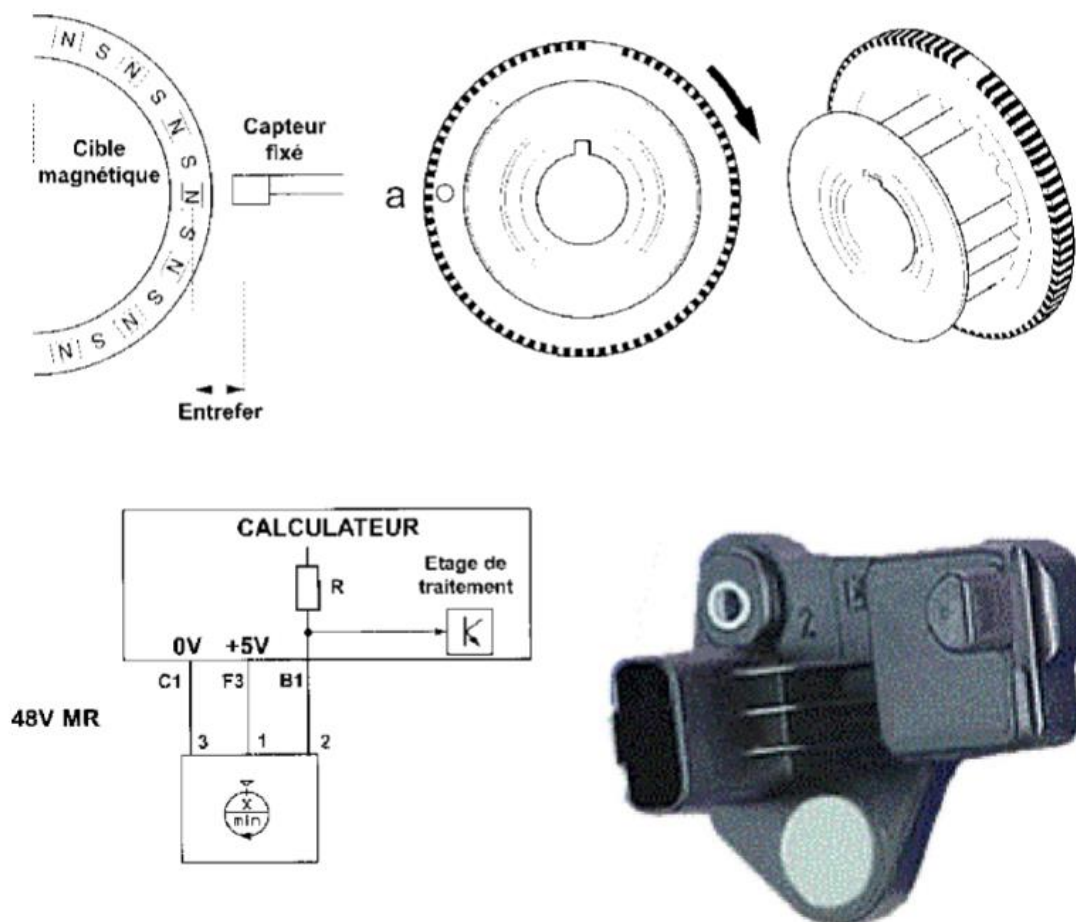
Le capteur actif est implanté côté distribution et la cible est intégrée sur le pignon de distribution (pignon de vilebrequin).

Cette cible ferromagnétique est équipée de 60 (58+2) paires de pôles magnétiques réparties sur sa périphérie dont deux pôles sont absents pour repérer le PMH.

Un capteur à effet hall est fixé sur le corps de la pompe à huile.

Le passage des pôles (nord-sud) de la cible devant le capteur modifie la tension de sortie du capteur.

La fréquence des signaux carrés produits par le passage des pôles de la cible représente la vitesse de rotation du moteur.



LE CAPTEUR REFERENCE CYLINDRE

Ce capteur permet au calculateur de phaser les commandes des injecteurs et des bobines d'allumage en mode séquentiel (cylindre par cylindre), de diminuer l'avance à l'allumage du ou des cylindres pour exprimer le phénomène de cliquetis et reconnaître le ou les cylindres pour les ratés d'allumage. Il permet aussi de contrôler le fonctionnement des électrovannes de distribution variable [4].

Les systèmes embarqués en automobile 2

Selon les montages, il peut être implanté coté distribution en regard de la poulie d'arbre à cames ou fixé sur le boîtier d'eau en regard de l'autre extrémité de l'arbre à cames.

Le capteur référence cylindre est de type effet hall et délivre au calculateur contrôle moteur un signal carré directement exploitable par celui-ci ; il est alimenté en 5 ou 12 volts selon les montages.

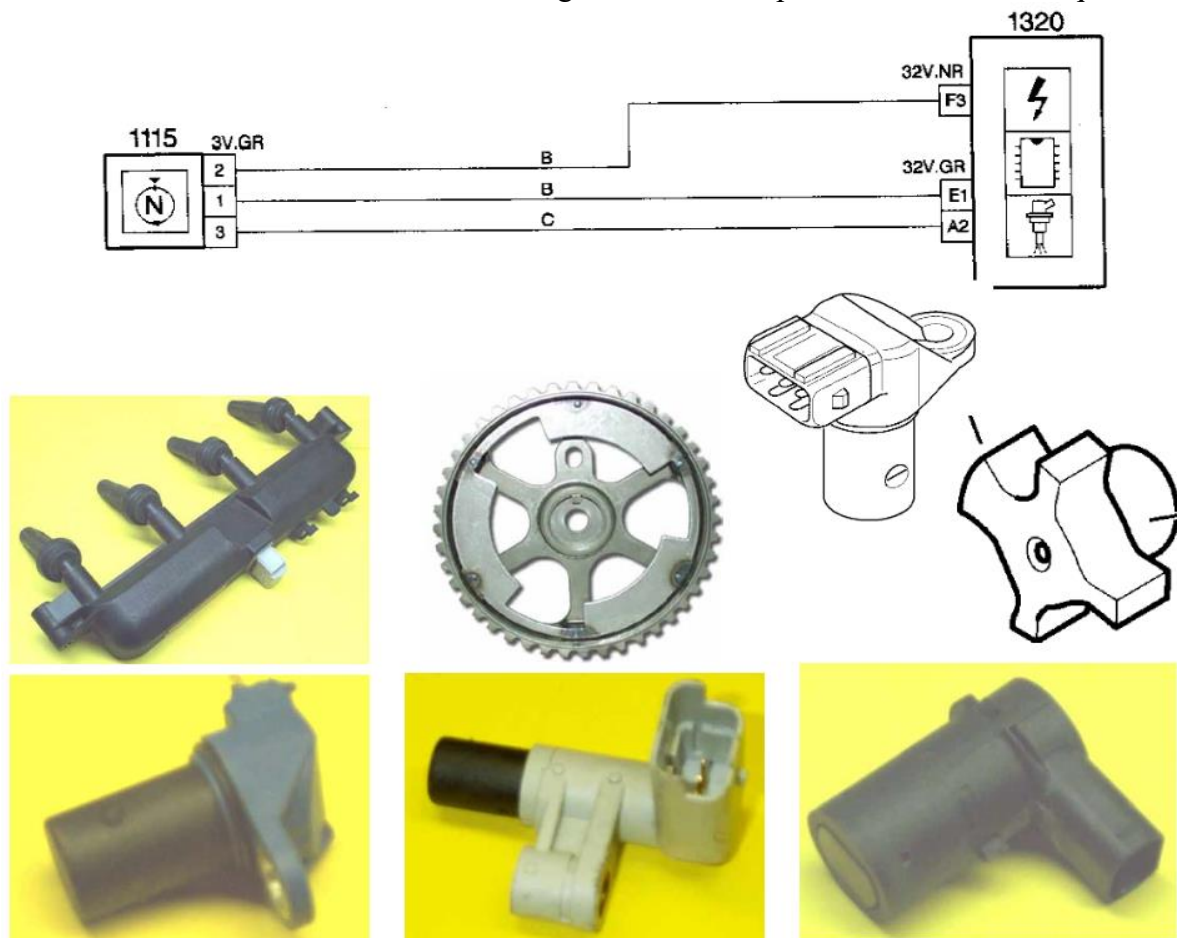
Ce capteur peut être au nombre de deux sur les moteurs V6.

En cas de défaillance de ce capteur, le calculateur passe en mode semi-séquentiel sur certains systèmes d'injection ; sur les autres, le démarrage n'est pas possible.

Le signal délivré par ce capteur peut être différent en fonction de la cible.

Certains systèmes d'injection n'ont pas de capteur de phase le phasage se détermine grâce à une bobine d'allumage équipée d'un système bien spécifique appelé DEPHIA (détection de phase intégrée à l'allumage) le connecteur de cette bobine est de couleur grise, contrairement aux autres bobines.

En cas de défaillance de la bobine d'allumage le calculateur passe en mode semi-séquentielle



LE CONTACTEUR A INERTIE

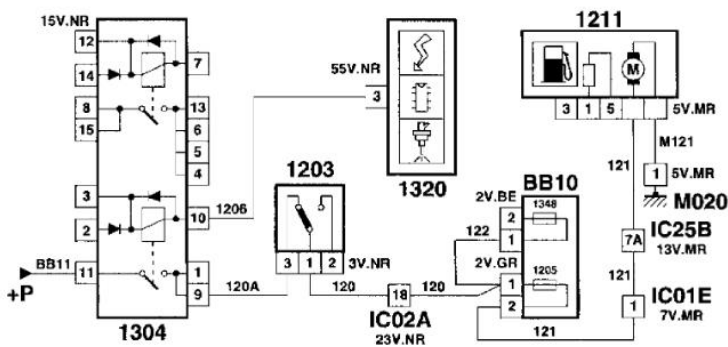
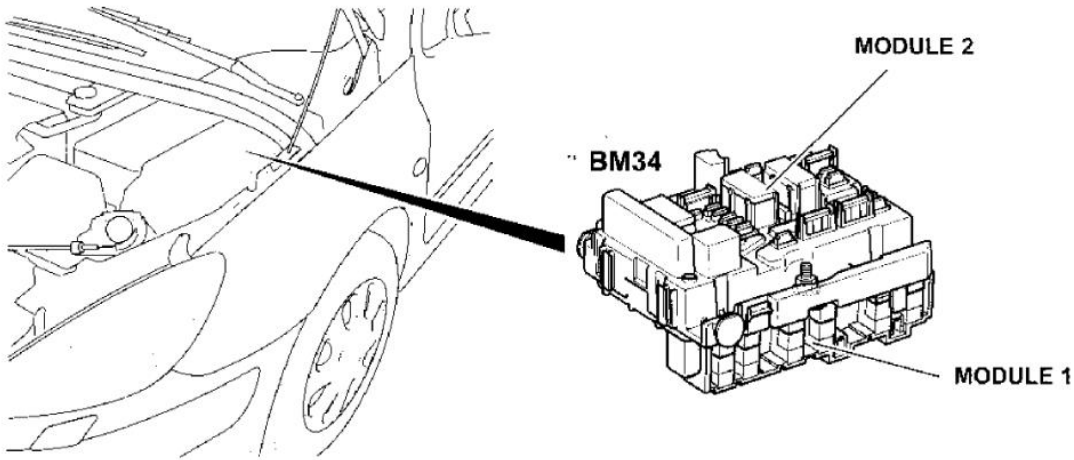
Le contacteur à inertie permet d'interrompre l'alimentation de la pompe à carburant en cas de choc violent.

Quelle que soit la direction du choc, la coupure est obtenue à partir d'un certain seuil de décélération.

La 307 est équipée d'une BM34 (boîte servitude moteur 34 fusibles) sur l'ordre du BSI (boîtier de servitude intelligent), le module 2 du BM34 coupe l'alimentation de la pompe à carburant en cas de choc (information donnée par le calculateur sacs gonflables).



IMPLANTATION



LE CAPTEUR CLIQUETIS

Le capteur cliquetis, type piézo-électrique, est monté sur le bloc moteur. Sur les moteurs V6, le capteur cliquetis est au nombre de deux.

Ces capteurs permettent de détecter le cliquetis, phénomène vibratoire dû à une inflammation détonante du mélange dans la chambre de combustion.

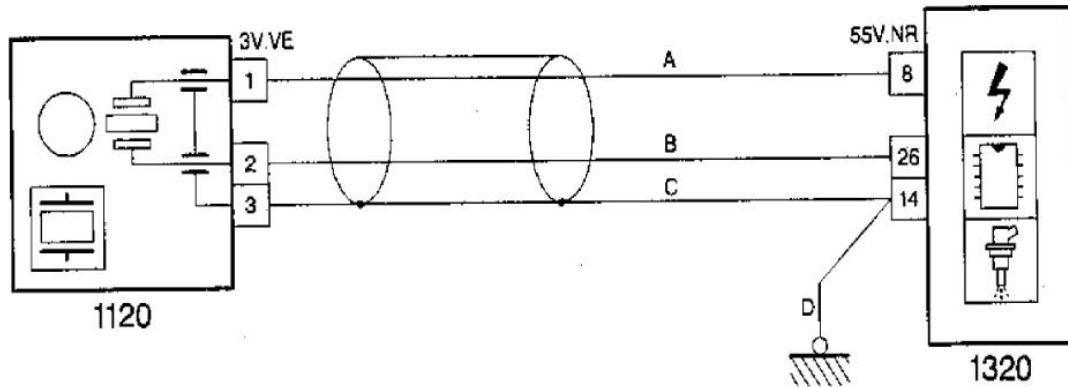
Ce phénomène répété peut entraîner la destruction de pièces mécaniques par élévation anormale de la température des parois. Ce capteur délivre une tension correspondante aux vibrations motrices.

Après réception de cette information, le calculateur procède à une diminution de l'avance à l'allumage du ou des cylindres concernés de 2° avec une décrémentation maximale de 12°.

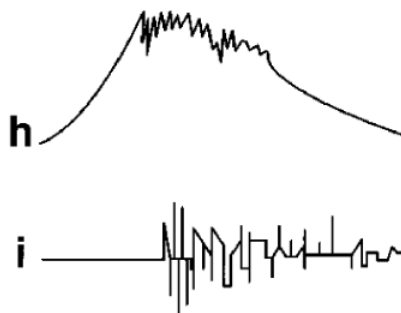
La réincrémentation se fera progressivement (0.5° tous les 120 PMH environs).

Parallèlement au retrait d'avance, le calculateur applique un enrichissement du mélange air / carburant afin d'éviter une élévation de température trop importante des gaz d'échappement qui pourrait entraîner la destruction du catalyseur.

En accélérant brutalement, la tension délivrée par le capteur cliquetis doit être comprise entre 0.1 volts et 1 volt : cette tension est alternative [4].

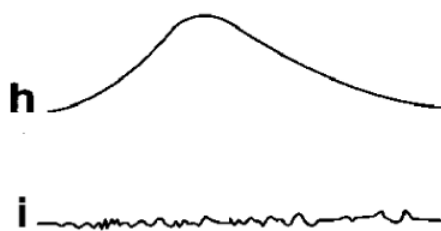


Fonctionnement avec cliquetis :



Le signal (i) du capteur est plus élevé en intensité et en fréquence.

Fonctionnement sans cliquetis :



La courbe (h) est le reflet de l'évolution de la pression dans un cylindre.
Le capteur cliquetis émet un signal (i) correspondant à la courbe (h).

LE CAPTEUR VITESSE VEHICULE

Le capteur vitesse véhicule est constitué d'un bobinage monté sur un noyau magnétique. Le rotor, en tournant, provoque une variation de champ magnétique créant un courant induit (signal sinusoïdal) dans le bobinage.

Il fournit au calculateur une information de phase de ralenti :

- véhicule arrêté
- véhicule roulant : vitesse supérieure à 2 KM/H

Cette information passe par un boîtier interface vitesse véhicule ; celui-ci permet d'amplifier et de transformer le signal électrique pour qu'il puisse être exploité par plusieurs utilisateurs (contrôle moteur, ordinateur de bord, régulation de vitesse, suspension).

Le capteur de vitesse véhicule inductif comporte 2 voies ; il permet de déterminer, en association avec le régime moteur, le rapport de boîte de vitesse engagé.

Cette information est utilisée dans le but d'améliorer le comportement du véhicule.

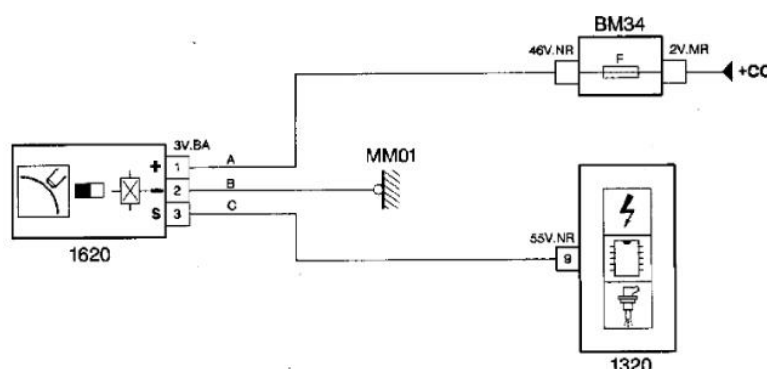


Le capteur vitesse véhicule peut être de type effet hall, il est alimenté en 12 volts.

Ce capteur comporte 3 voies : une voie pour l'alimentation en 12 volts, une voie mise à la masse, une voie délivrant le signal de sortie.

Le capteur de vitesse véhicule à effet hall ne comporte pas de boîtier interface ; le signal délivré par celui ci est directement exploitable par le calculateur contrôle moteur, car il délivre un signal carré.

Il existe deux types de capteur vitesse véhicule à effet hall, l'un avec un câble de compteur, l'autre sans.



Les systèmes embarqués en automobile 2

L'information du capteur vitesse est nécessaire pour la régulation de ralenti (véhicule roulant moteur au ralenti), il sert aussi pour les stratégies des calculateurs en fonction des différents rapports de boîte de vitesses.

L'ÉLECTROVANNE PURGE CANISTER

L'électrovanne purge canister est située entre le canister et le boîtier papillon.

Cette électrovanne est alimentée en 12 volts, elle est pilotée par le calculateur contrôle moteur, L'électrovanne permet le recyclage des vapeurs de carburant contenues dans le réservoir canister, et ce, en fonction des conditions d'utilisation moteur.

Exemple :

*pleine charge : la purge est effectuée

*en décélération : la purge n'est pas effectuée (elle évite ainsi un effet de DASCH POT trop important) C'est une électrovanne dite normalement fermée, ce qui signifie qu'elle est fermée lorsqu'elle n'est pas alimentée.

Ce type d'électrovanne permet de respecter la norme d'environnement SHED (Sealed Housing for Evaporation Detremination) Etanchéité de contrôle d'évaporation.

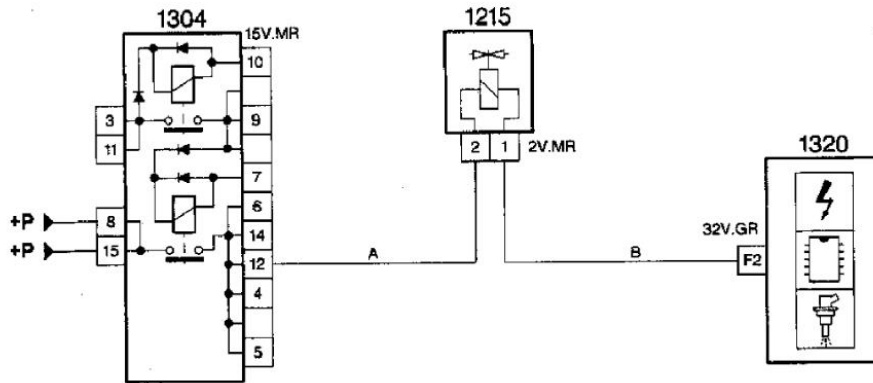
Cette norme vise à limiter le taux d'émission des vapeurs de carburant dans l'atmosphère, véhicule à l'arrêt.

Le recyclage des vapeurs de carburant, contenues dans le canister, s'effectue en aval du papillon.

La commande de l'électrovanne est de type RCO (rapport cyclique d'ouverture).

La résistance de l'électrovanne est de 25 et 30 ohms pour celle qui est de couleur marron et de 40 à 50 ohms pour celle de couleur noire.

Les électrovannes de couleur noire sont ouvertes au repos (1^{ères} utilisées), celles de couleur marron sont fermées au repos, elles équipent les systèmes d'injection depuis la norme L3 [4].



LE CANISTER

Le réservoir canister est un récipient de stockage rempli de charbon actif.

Le canister est placé entre le réservoir et

L'électrovanne de purge canister.

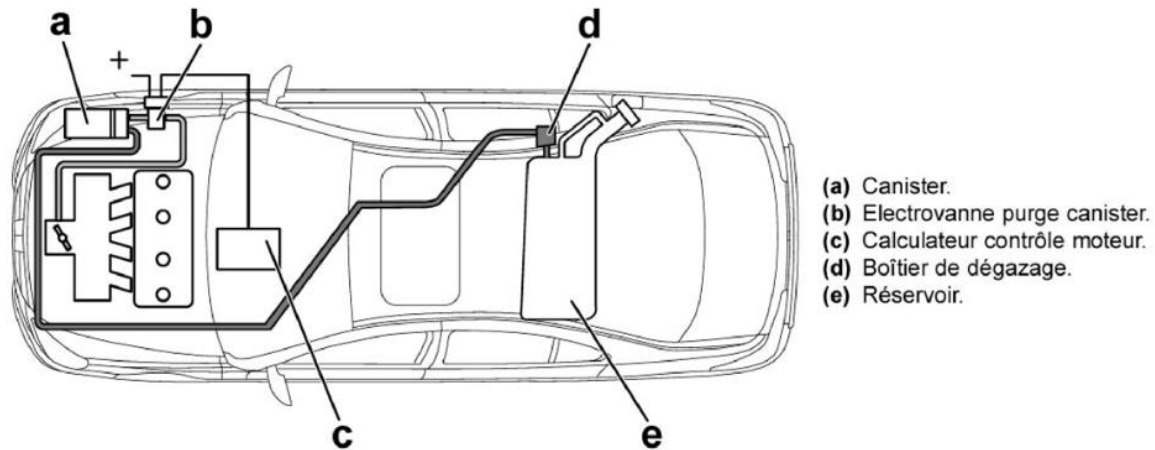
Les vapeurs de carburant régnant dans le réservoir sont absorbées par le charbon actif.

Cette absorption a pour but d'éviter :

- montées en pression du réservoir
- dispersions des vapeurs dans l'atmosphère (grâce à son recyclage par le moteur)

Le charbon actif capture les vapeurs d'essence lorsque le canister est saturé (petits trajets répétés) de l'essence peut s'écouler par la mise à l'air libre. Par exemple, pour un parcours urbain de 10 km par jour, le canister est saturé au bout d'un mois, il faut cinq heures de conduite sur route pour le vider.





LE CAPTEUR DE PRESSION ABSOLUE

Le capteur de pression absolue mesure en permanence la pression régnant dans la tubulure d'admission.

Ce capteur de pression est de type piézo- résistif (résistance variant avec la pression).

Il est alimenté en 5 volts par le calculateur contrôle moteur, ce capteur délivre en retour une tension proportionnelle à la pression mesurée.

Cette information transmise au calculateur permet les actions suivantes :

- Adapter le débit injecté aux différents états de charge du moteur et aux différences de pression atmosphériques.
- Faire varier l'avance à l'allumage.

Une correction altimétrique est également apportée pour le calcul du temps d'injection.

En effet, la masse absorbée par le moteur varie en fonction des éléments suivants :

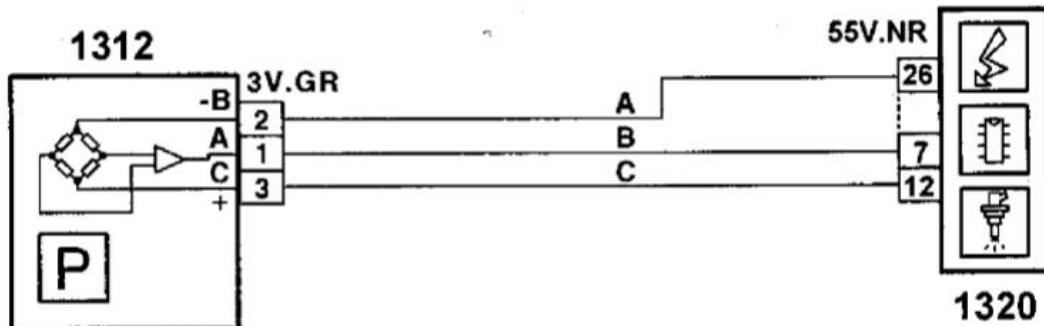
- La pression atmosphérique (donc l'altitude), la température de l'air, le régime moteur.

Des mesures sont effectuées :

- A la mise du contact, à très forte charge et bas régime (montée d'un col donc changement d'altitude et de pression atmosphérique).

Ce capteur comporte 3 ou 4 voies (1 voie pour l'alimentation en 5 volts par le calculateur, 1 voie pour

L'alimentation en masse, 1 voie pour le signal de sortie), la 4^{ème} voie délivre l'information de la température d'air pour les capteurs qui en sont équipés



SONDE LAMBDA

Le rapport idéal du mélange air/essence est de 14,7 grammes d'air pour 1 gramme d'essence. Il est dit "stoechiométrique". Il assure la parfaite combustion du carburant.

Un excès d'air ou un manque de carburant — carburation pauvre — augmentera la quantité d'oxygène résiduel après combustion. Il y a trop d'air pour brûler le carburant ou pas assez de carburant pour être brûlé par le comburant.

Un manque d'air ou un excès de carburant — carburation riche — réduira la quantité d'oxygène résiduel après combustion. Il n'y a pas assez d'air pour brûler le carburant ou il y a trop de carburant compte tenu de la quantité de comburant disponible.

Inutile de dire que ce procédé nécessite un dispositif de contrôle électronique associé.



Il faut bien comprendre la subtilité du rapport air/essence. Un mélange pauvre n'est pas forcément une absence d'essence, mais peut être aussi un excès d'air. Et inversement, un mélange riche n'est pas forcément un excès d'essence mais peut être un manque d'air. Dans la plupart des cas, les ingénieurs ont fait au plus simple : modification de la quantité d'essence.

La sonde Lambda va en permanence mesurer l'oxygène résiduel contenu dans les gaz d'échappement. Elle est donc toujours placée avant les silencieux et le plus proche possible des soupapes d'échappement de façon à analyser le mieux possible la teneur en oxygène de ces gaz. Pour commencer, nous dirons que cette sonde fonctionne en "tout ou rien". Pas assez d'oxygène résiduel : il faut appauvrir.

Trop d'oxygène résiduel : il faut enrichir.

Le dispositif électronique associé (Engine Control Unit = ECU) ne va jouer **que** sur la quantité d'essence envoyée dans les cylindres.

Si la sonde Lambda lui dit «trop pauvre», l'ECU va gaver le moteur en modifiant la durée d'injection d'essence. Si la sonde lui dit «trop riche», la durée d'injection sera réduite.

À noter que la sonde Lambda vient interagir avec le dispositif "alpha-N" de nos injectées. En effet, l'ECU reçoit un signal en provenance du TPS (Throttle Potentiometer Sensor) lui indiquant l'angle d'ouverture du papillon d'admission (c'est la partie "alpha" du dispositif). En fonction du régime moteur (la partie "N" du dispositif), l'ECU gave plus ou moins le moteur en essence. Par exemple, si le papillon est grand ouvert et que le régime moteur est bas (démarrage en trombe avec poignée dans le coin) l'ECU va "enrichir" le mélange air-essence. Dans le cas contraire, c'est à dire papillon quasi fermé et régime moteur élevé (décélération) l'ECU peut aller jusqu'à couper l'injection de carburant.

On verra que dans ces 2 cas au moins, la sonde Lambda n'a plus de rôle....

Donc, répétons-le, la sonde Lambda "teste" la quantité d'oxygène contenu dans les gaz d'échappement. Comment fait-elle ?

La sonde Lambda doit envoyer un signal électrique à l'ECU. Pas moyen de faire autrement dans un dispositif électronique.

Nous l'avons vu, son signal est simple : "trop pauvre" ou "trop riche". Bref, tout ou rien.

Bibliographie

- [1] Raoul Herzog. Cours « Capteurs ». Haute école d'indénierie et de gestion du Canton de Vaude
- [2] François GUILLOTIN. LES CAPTEURS. INSA Rouan
- [3] <http://www.zawm.be/auto-diagnostic>.
- [4] <https://docplayer.fr/17050942-La-sonde-de-temperature-d-air.html>