

III Capteurs et actuateurs

Tous les systèmes électroniques ont en commun qu'ils fonctionnent selon le principe ETS (Entrée, Traitement, Sortie) du traitement de l'information.



Les **organes d'entrées** sont les capteurs qu'on appelle aussi générateurs de signaux, sondes ou transducteurs de mesure.

Le **traitement** de signaux électriques est réalisé à l'aide d'une centrale de commande qui prend les décisions à l'aide des programmes et amorce les actuateurs.

La **sortie** comprend les actuateurs (actionneurs) qui transforment les instructions de l'appareil de commande pour agir sur le système.

Selon l'utilisation, les capteurs et actuateurs peuvent fonctionner de façon analogique, binaire ou numérique.

1. Capteurs

Les capteurs sont utilisés notamment dans les trois domaines suivants :

- Sécurité (p.ex. système ESP, système ABS et airbag)
- Groupe motopropulseur (p.ex. sonde lambda, capteur d'arbre à cames et capteurs de cliquetis)
- Confort (p.ex. capteur de pluie, capteur pour le système de conditionnement d'air et récepteur de télécommande de portes)

Les capteurs permettent de transformer des variables non-électriques en variables électriques. Selon leur mode de fonctionnement, on distingue les capteurs actifs et les capteurs passifs. La définition de ces deux qualificatifs n'est pas clairement définie et fait l'objet de discussion entre experts

- Les capteurs actifs sont des capteurs alimentés par une tension, qui contiennent des éléments d'amplification ou qui génèrent un signal. Le signal sort, par l'électronique intégrée dans le capteurs, sous forme de tension digitale.
- Les capteurs passifs sont des capteurs qui ne contiennent que des éléments passifs (bobine, résistance, condensateur). Le plus souvent les signaux sortent sous forme de tension analogique.

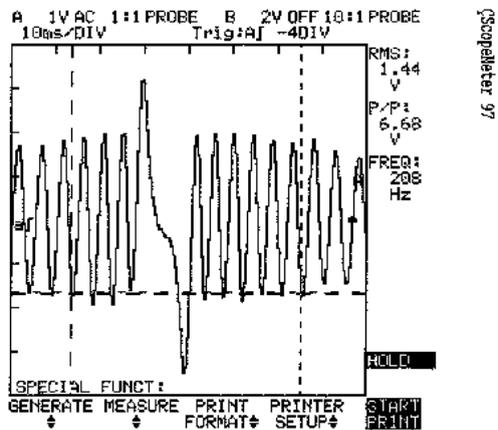
Les capteurs de l'ABS peuvent donc être « passifs » ou « actifs ». Des capteurs non alimentés par une tension permanente (bobine « passive ») sont appelés passifs. Les capteurs dont les éléments électroniques « actifs » sont en permanence reliés à l'alimentation électrique, par exemple les capteurs à effet hall, sont appelés actifs.

L'électronique de la voiture peut seulement fonctionner si les capteurs -les organes des sens des appareils de commande- transforment les variables physiques comme p.ex. les températures, les vitesses de rotation, les angles, les pressions etc. en signaux électriques et si les capteurs transmettent ces signaux à l'appareil de commande. Etant donné que les capteurs sont exposés souvent aux conditions extrêmes selon leur lieu d'utilisation dans la voiture, le succès de l'électronique du moteur dépend de leur fonctionnement fiable.

Dans ce qui suit quelques capteurs importants pour la commande et le réglage du moteur sont décrits.

1.1. Capteur inductif

Pour la saisie de mouvements (vitesses de rotation, rotations de vilebrequin, etc.) et de positions (position de vilebrequin) on utilise par exemple des capteurs qui fonctionnent selon le principe d'induction (dénommés aussi capteurs inductifs). Le principe physique concernant la production d'une tension inductive repose sur la variation avec le temps du champ magnétique. Par exemple, le capteur de régime balaye les dents de la couronne du volant moteur et fournit une impulsion de sortie par dent.

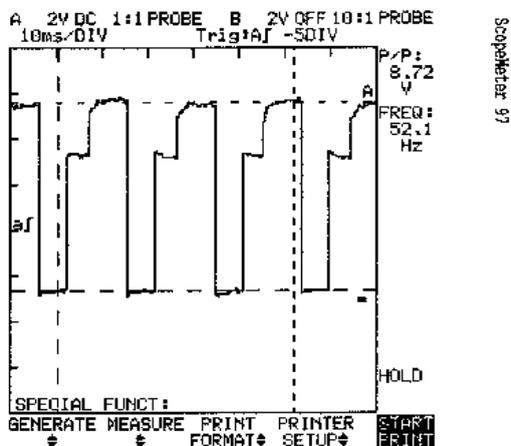


L'image ci-dessus représente l'allure du signal d'un capteur de position de vilebrequin à la vitesse de rotation du démarreur.

1.2. Capteur à effet Hall

Il est également possible de déterminer des vitesses de rotation (capteur de vitesse de rotation, capteur de vitesse du véhicule) et des positions (point d'allumage) à l'aide d'un capteur à effet Hall. Dans la sonde à effet Hall, une tension U_H (tension de Hall) proportionnelle à la densité de champ magnétique B est créée. Un écran rotatif permet de modifier le champ magnétique en phase avec la vitesse de rotation de l'allumeur et il est ainsi possible de créer un signal de tension variant avec le champ magnétique B .

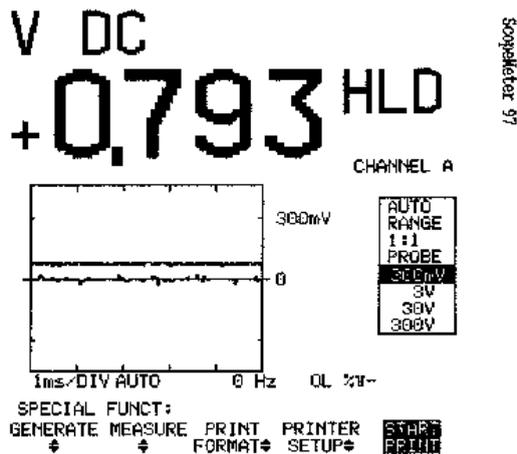
La tension U_H mesurée sur le générateur Hall est de quelques millivolts et doit être amplifiée à l'aide d'un circuit intégré Hall et transformée en signal de tension rectangulaire (signal binaire).



L'image ci-dessus représente l'allure du signal d'un capteur à effet Hall dans le distributeur d'allumage au ralenti.

1.3. Capteur de température

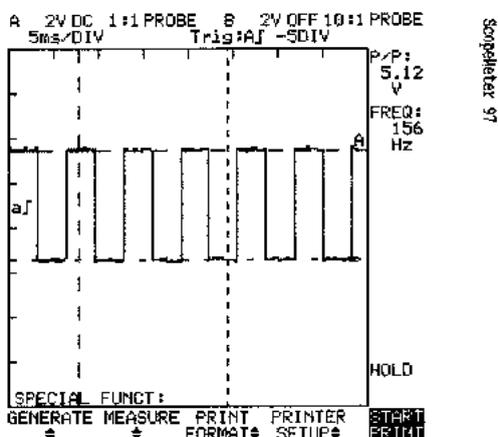
Les mesures de température du moteur et de l'air aspiré fournissent à l'appareil de commande électronique des données importantes relatives aux phases de charge du moteur. Les capteurs de température mesurent électroniquement la température à partir des modifications de résistances au moyen de résistances NTC ou de résistances PTC. La plupart du temps des résistances NTC sont utilisées. L'abréviation NTC signifie **C**oefficient de **T**empérature **N**égatif: en cas d'une augmentation de température la valeur de la résistance diminue. L'abréviation PTC signifie **C**oefficient de **T**empérature **P**ositif: 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.



L'image ci-dessus représente le signal de tension d'un capteur de température de liquide de refroidissement pour une température de 80°C.

1.4. Capteur de pression

Pour la mesure des pressions absolues ou bien relatives on utilise des capteurs piézoélectriques. Ces derniers créent une tension électrique lorsqu'ils sont soumis à une pression. Dans le domaine du moteur ces capteurs piézoélectriques sont utilisés comme capteurs de cliquetis et comme capteurs de pression dans le collecteur d'admission p. ex. dans des installations d'injection, et signalent l'état de charge du moteur à l'appareil de commande.

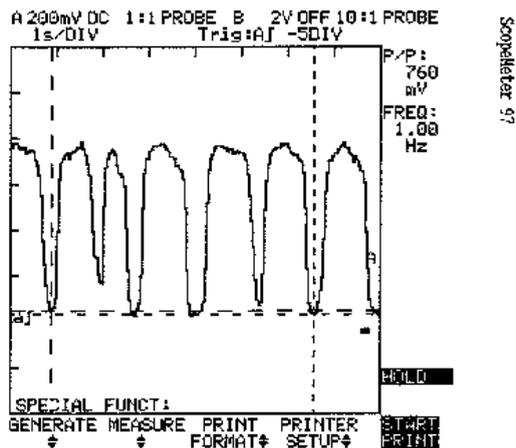


L'image ci-dessus représente le signal d'un capteur de dépression, dont la fréquence se modifie selon la pression du collecteur d'admission.

1.5. Sonde d'oxygène (sonde lambda)

Pour qu'on puisse respecter le plus exactement possible une valeur lambda de $\lambda = 1,00$ pour le traitement des gaz toxiques dans le catalyseur, le système d'échappement est pourvu d'une sonde lambda. Le capteur se compose d'une pièce creuse spéciale qui est fermée d'un côté et dont la partie intérieure est connectée avec l'air extérieur, tandis que la paroi extérieure est en contact avec les gaz d'échappement chauds.

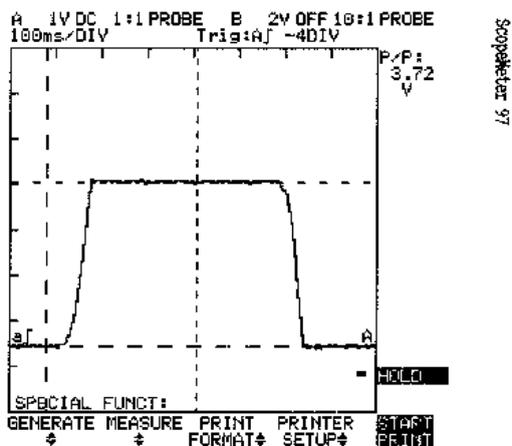
S'il y a de l'oxygène dans les gaz d'échappement, la sonde réagit en créant un signal de tension U_λ . La tension varie suivant la richesse du mélange. La tension est transmise à l'appareil de commande et à partir de là le mélange air/carburant est mis à $\lambda = 1,00$ par l'intermédiaire du circuit de réglage λ .



L'image ci-dessus représente le signal d'une sonde lambda au régime de ralenti.

1.6. Potentiomètre

Pour la détermination de la position du papillon des gaz, de la pédale de l'accélérateur etc. on utilise des capteurs potentiométriques, c'est-à-dire des capteurs qui modifient leur résistance effective. Pour la position du papillon des gaz, le balai d'un potentiomètre est actionné de façon proportionnelle à la position du papillon des gaz de sorte qu'une chute de tension correspondante se produit et est transmise à l'appareil de commande.

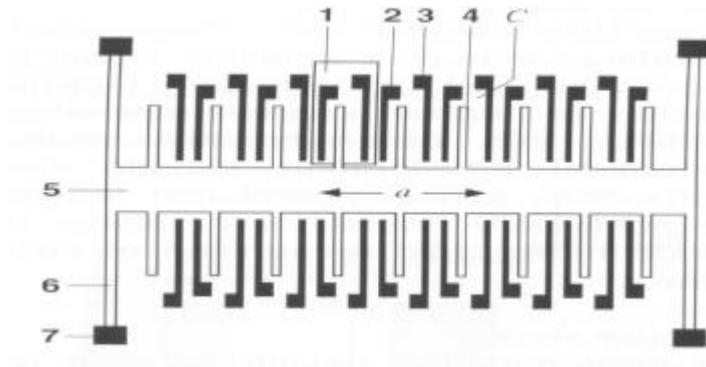


L'image ci-dessus représente le signal d'un capteur de papillon des gaz lors d'une accélération suivie d'une décélération.

1.7. Capteurs capacitifs

Actuellement, le secteur automobile fait de plus en plus usage de capteurs capacitifs (mesure du niveau d'huile, suspension pilotée, capteur d'accélération). A cet effet, on utilise par exemple la modification de la capacité des deux condensateurs avec une électrode centrale.

La position de l'électrode centrale change sous l'influence d'une force. A ce moment, elle s'éloigne d'une électrode et se rapproche de l'autre. La capacité diminue ou augmente en conséquence. En calculant la différence, on obtient la mesure de l'accélération. Un tel condensateur différentiel est composé d'un matériau à base de silicium et peut donc être produit en grandes quantités et à bas prix.

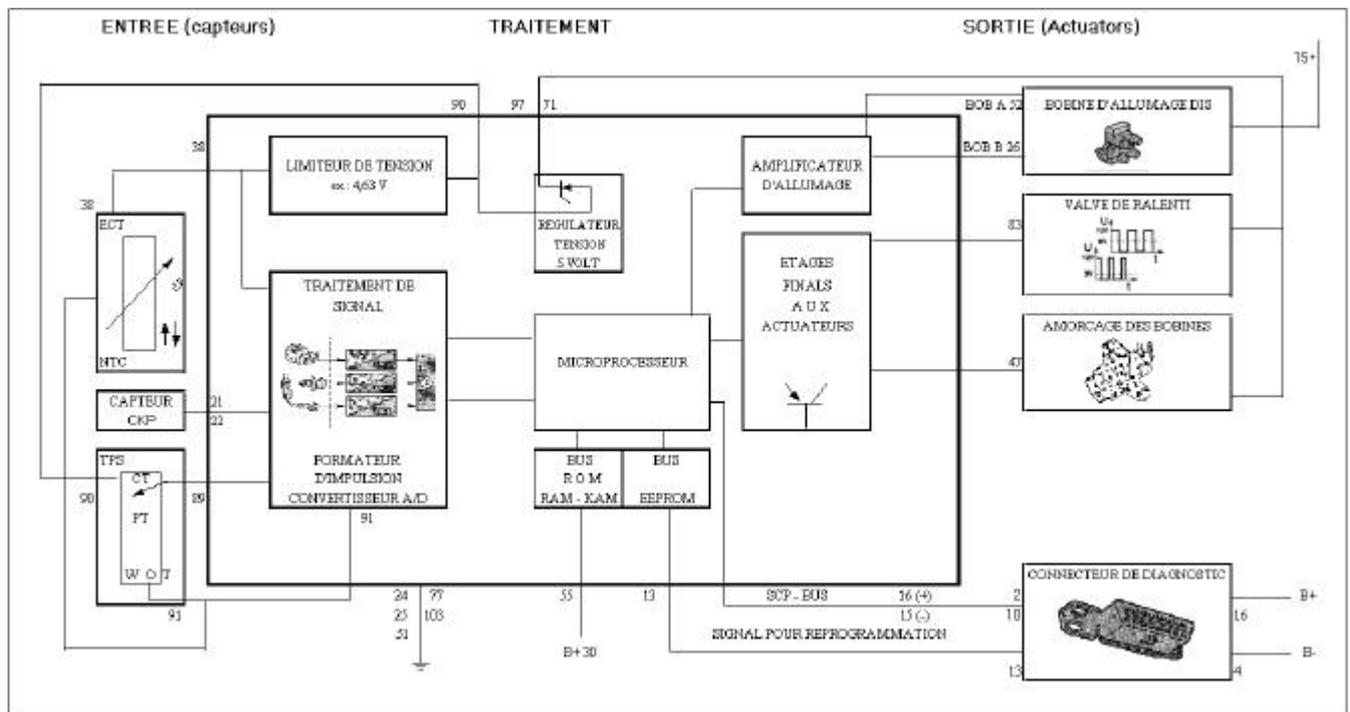


1 = Élément de condensateur; 2 + 3 = Electrodes fixes;
4 = Electrode mobile; 5 = Masse mobile; 6 = Barrette à ressort;
7 = Ancrage; C = Entrefer (diélectrique); a = Sens de l'accélération



2. Appareil de commande électronique

Etant donné que le microprocesseur dans l'appareil de commande connaît seulement les états «ACTIVÉ» et «NON ACTIVÉ» ou «1» et «0» (système binaire), les circuits d'entrée doivent d'abord transformer les signaux analogiques envoyés par les capteurs, correspondant par exemple à la vitesse de rotation, la température, la position angulaire etc., en cette forme binaire.



Appareil de commande de réglage du moteur EEC V de Ford

2.1. Convertisseur analogique/numérique (A/N)

2.1 Les convertisseurs analogiques/ numériques transforment des signaux de tension en signaux numériques. Voici quelques exemples des signaux d'entrée:

- Sonde de température
- Débitmètre d'air
- Potentiomètre de papillon des gaz

2.2. Conformateur d'impulsions (CI)

Les conformateurs d'impulsions transforment des signaux d'entrées variant périodiquement en signaux rectangulaires.

Voici quelques exemples de signaux d'entrée qui sont traités par un conformateur d'impulsions:

- Capteur de vitesse
- Sonde lambda

2.3. Régulateur de tension

Pour éviter les problèmes liés à une fluctuation de la tension de la batterie, l'appareil de commande alimente certains capteurs avec une tension stabilisée de 5 volts (tension de référence). En outre, le retour de masse à l'appareil de commande est souvent indépendante de la masse du véhicule à cause des sources des parasites existant sur celle-ci.

2.4. Microprocesseur (Unité centrale)

Le microprocesseur (CPU = Central Processing Unit = Unité centrale) reçoit des instructions de la mémoire de programme (mémoire ROM) et exécute ces instructions. Les tâches de l'unité centrale sont les suivantes:

- Lire les valeurs fournies par les capteurs dans la mémoire vive (RAM).
- Identifier les états de fonctionnement en relation avec ces valeurs
- Reprendre de la mémoire de programme (ROM) les valeurs de la cartographie pour ces états de fonctionnement
- Relier les valeurs mesurées et les valeurs de la cartographie en respectant les règles de calcul déposées dans la mémoire de programme.
- Calculer des signaux d'actionneurs à partir des valeurs intermédiaires et des valeurs mesurées.
- Transmettre les signaux d'actionneurs aux modules d'entrées et de sorties (I/O = In/Out)

Les signaux qui sont transmis par l'unité centrale (CPU) sont trop faibles pour activer les actionneurs. Pour cette raison les signaux sont amplifiés dans les étages de sortie.

Voilà quelques exemples des actionneurs qui sont amorcés par des étages de puissance finals:

- Injecteurs
- Actuateur de ralenti
- Bobine d'allumage
- Pompe à carburant

Au cours des dernières années on a réussi à construire des appareils de commande de plus en plus petits, plus résistants et plus puissants grâce au développement des techniques nouvelles.

3. Actuateurs (Actionneurs)

Les systèmes du véhicules sont commandés, commutés et réglés par des actuateurs dénommés de façon imagée les «muscles de la microélectronique». Ces derniers transforment les instructions électriques-numériques ou analogiques de l'appareil de commande en énergie mécanique (force x déplacement).

La transformation de l'énergie est réalisée par moteur, de façon pneumatique, hydraulique, magnétique ou optique.

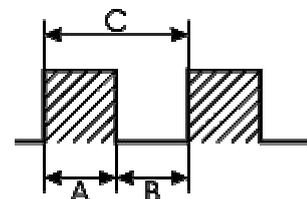
Pour le positionnement on utilise de préférence des moteurs à courant continu et des moteurs pas à pas commandés de façon électronique.

Dans la plupart des cas les actionneurs sont des électro-aimants qui sont continuellement alimentés du côté positif (12 volts). L'appareil de commande intervient du côté de la masse et connecte le fil de commande de l'actuateur avec la masse.

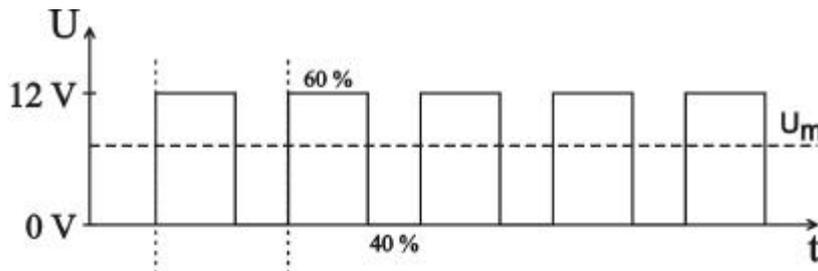
Etant donné que les ordinateurs peuvent seulement fonctionner en mode binaire (ON/OFF), les actuateurs dont la commande doit être progressive sont successivement connectés et déconnectés plusieurs fois par seconde, ce qui permet par exemple une ouverture partielle d'une vanne de ralenti. Grâce à une modification de la durée de mise en circuit, dénommée aussi largeur d'impulsion, il est possible de faire varier l'ouverture de la vanne. Cette méthode de commande s'appelle modulation de largeur d'impulsions.

La modulation de largeur d'impulsion (duty-cycle) représente une méthode simple pour permettre à l'ordinateur de moduler une commande. En effet, la tension moyenne varie en fonction de la largeur de l'impulsion haute (durée de mise en circuit).

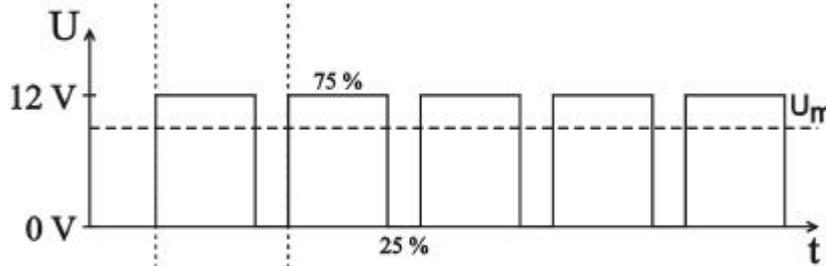
- a = Impulsion en largeur supérieure
- b = Impulsion en largeur inférieure
- c = Période



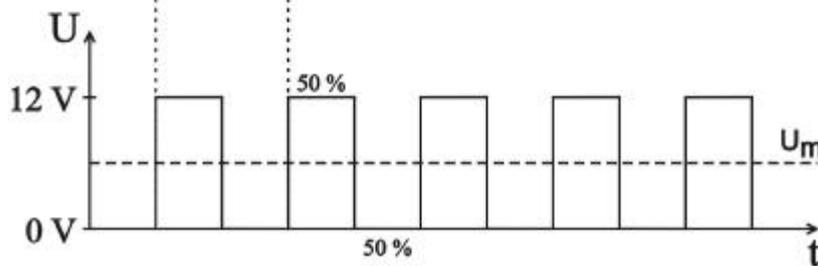
Les figures suivantes représentent un signal électrique ayant toujours la même fréquence mais dont la tension est connectée et déconnectée.



Ici l'impulsion haute s'élève à 60% et l'impulsion basse à 40%. Le pourcentage de la durée de fonctionnement correspond à un taux d'impulsion de 60%. Par conséquent, la tension moyenne s'élève à 60% de 12 V, soit 7,2 V.



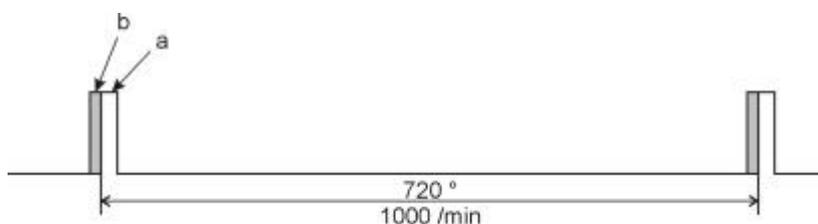
Ici l'impulsion haute s'élève à 75% et l'impulsion basse à 25%. Le pourcentage de la durée de fonctionnement correspond à un taux d'impulsion de 75%. Par conséquent, la tension moyenne s'élève à 75% de 12 V, soit 9 V.



Ici l'impulsion haute s'élève à 50% et l'impulsion basse à 50%. Le pourcentage de la durée de fonctionnement correspond à un taux d'impulsions de 50%. Par conséquent, la tension moyenne s'élève à 50% de 12 V, soit 6 V.

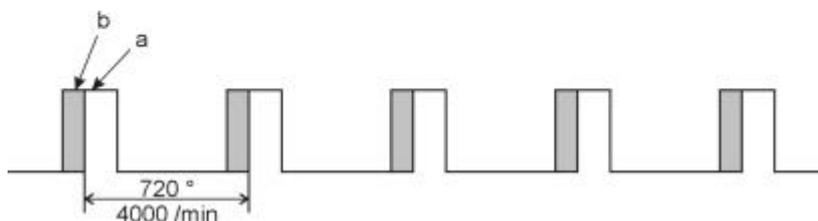
Dans le cas d'un injecteur, la durée d'injection et donc la quantité d'injection est modifiée, toutefois l'injecteur sera entièrement ouvert ou fermé et non pas comme décrit ci-dessus tenu dans une certaine position avec une tension moyenne. De plus la fréquence varie aussi à cause des vitesses de rotation différentes.

Vitesse de rotation basse



- a = Réglage de base dépendant de la charge
- b = Impulsion d'injection prolongée

Vitesse de rotation élevée



Le temps d'injection est augmenté grâce à une prolongation du signal d'injection.

4. Diagnostic, mesures correctives des défauts, notes d'atelier

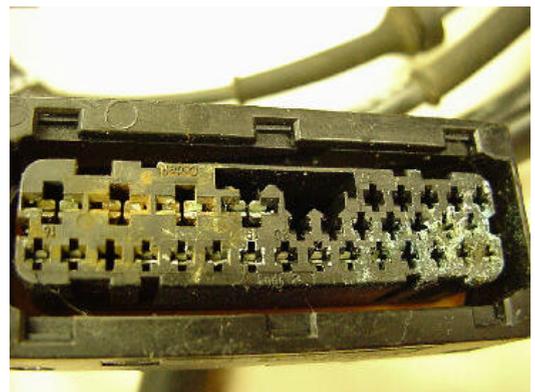
4.1. Procédure du dépistage des erreurs

- Tout d'abord il faut contrôler l'actionneur correspondant. En cas de signal de commande défectueux il faut contrôler le signal de sortie directement au niveau de l'appareil de commande.
- Si le signal de sortie est correct, il faut contrôler le câblage de l'actionneur.
- Si le signal de sortie est incorrect, il faut contrôler ensuite les signaux d'entrée correspondants.
- Si le signal d'entrée est incorrect, il faut contrôler le signal au niveau du capteur lui-même.
- Si le signal du capteur est correct, il faut effectuer un contrôle de continuité et d'isolation (court-circuit) des conducteurs qui sont connectés avec l'appareil de commande.
- Si le capteur ne donne pas un signal correct, le capteur lui-même est la cause de l'erreur ou le capteur est influencé par d'autres composants qui ne fonctionnent pas correctement.
- Cependant il est aussi important de contrôler l'alimentation en courant et la masse de l'appareil de commande, ainsi que l'alimentation des capteurs et actionneurs, car une valeur de tension incorrecte peut altérer les signaux d'entrée et de sortie.
- Si les points mentionnés ci-dessus ne mènent pas à un résultat, il est évident que la périphérie est exempte de défauts et l'erreur devrait consister dans l'appareil de commande. Toutefois il faut faire attention car les erreurs les plus fréquentes se produisent à cause des mauvais contacts dans les connecteurs.

Lors d'un test chez VW on a examiné les défaillances des systèmes électronique dans le domaine automobile. Les composants électronique comme transistors, circuits intégrés, modules etc. présentes le moins de pannes.

Ils ne représentent que 10% des pannes. Les capteurs et actionneurs sont les suivants dans la statistiques. Ils représentent 15 % des pannes.

Les plus grands problèmes sont posés par les raccordements tels que les connecteurs, broches etc. ils présentent 60 % des pannes.



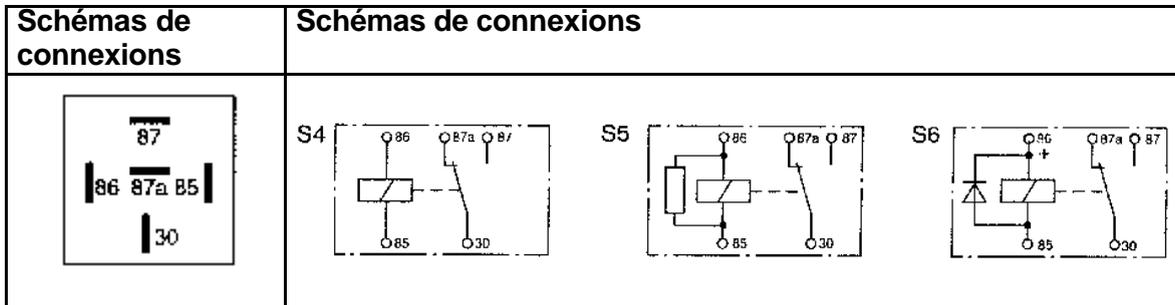
4.2. Manutention des systèmes électroniques

- Si le contact est mis, il ne faut pas séparer des connecteurs ou enlever les fiches des modules. Cela est aussi valable pour la fixation et la connexion des fiches car il est possible que des pointes de tension se produisent qui peuvent mener à la destruction des composants.
- Effectuer des mesures de résistance aux capteurs et actionneurs seulement si la fiche est enlevée, car il est possible qu'on endommage les circuits de sortie de l'appareil de commande.
- Il faudrait préférer une mesure de la chute de tension du composant correspondant à la mesure de résistance. La mesure est plus précise et peut être faite même si la fiche est connectée. De cette manière il est plus facile de constater les mauvais contacts.
- Certains connecteurs utilisés dans les véhicules peuvent avoir un revêtement en or. Ces fiches ne doivent pas être connectées avec des fiches étamées parce qu'une pénétration d'humidité peut causer une corrosion rapide et ainsi un endommagement des contacts. Il en résultera des résistances de contact trop élevées.

5. Notas concernant le travail pratique

5.1. Contrôles de composants de différents relais

5.1.1. Relais – Mini ISO



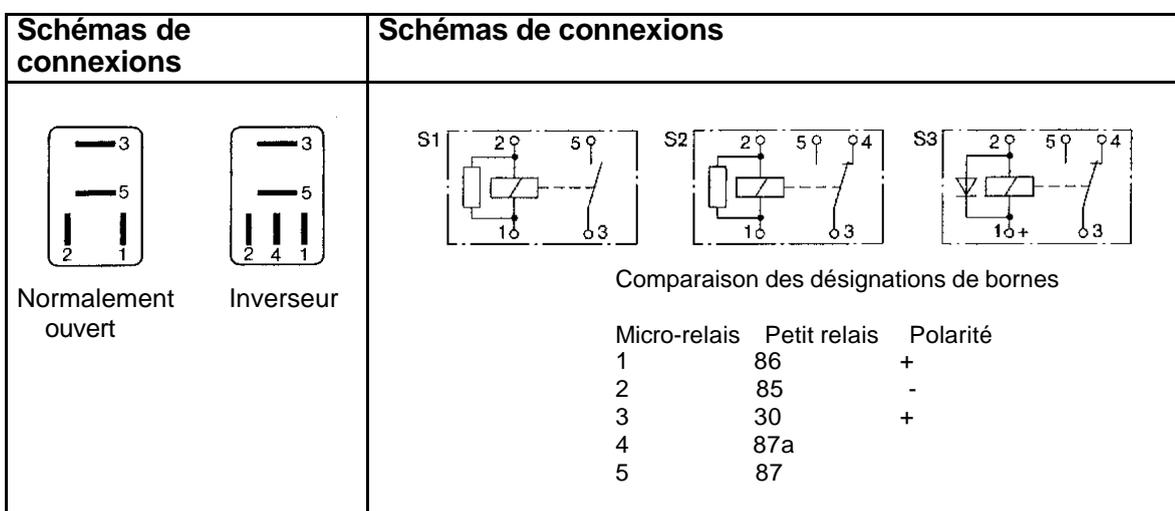
Contrôle de composant (aucune tension n'est appliquée)

A contrôler	Connecter l'ohmmètre avec les connexions suivantes	Le relais marche bien, si
Bobine	85 et 86	50 – 100 ohms
Contact	30 et 87a	Circuit fermé
	30 et 87	Circuit ouvert
Bobine - Contact	86 et 30	Circuit ouvert
	86 et 87a	Circuit ouvert
	86 et 87	Circuit ouvert

Contrôle de composant (la tension est appliquée)

Déconnectez l'ohmmètre ; connectez la broche 30 et 85 avec une source de tension continue de 12 V et la broche 86 avec la masse. Mesurez la tension entre la broche 87 et la broche 86. Si la tension s'élève à 12 V, continuez le contrôle. Si la tension n'a pas la valeur indiquée, remplacez le relais. Séparez la broche 85 de la source de tension et mesurez la tension entre la broche 87a et la broche 86. Si la tension s'élève à 12 V, le relais marche bien. Si la tension n'a pas cette valeur, remplacez le relais.

5.1.2. Relais – Micro ISO



Contrôle de composant (aucune tension n'est appliquée)

A contrôler	Connecter l'ohmmètre avec les connexions suivantes	Le relais marche bien, si
Bobine	1 et 2	50 – 100 ohms
Contact	3 et 4	Circuit fermé
	3 et 5	Circuit ouvert
Bobine - Contact	1 et 3	Circuit ouvert
	1 et 4	Circuit ouvert
	1 et 5	Circuit ouvert

Contrôle de composant (la tension est appliquée)

Déconnectez l'ohmmètre ; connectez la broche 2 et 3 avec une source de tension continue de 12 V et la broche 1 avec la masse. Mesurez la tension entre la broche 5 et la broche 1. Si la tension s'élève à 12 V, continuez le contrôle. Si la tension n'a pas la valeur indiquée, remplacez le relais. Séparez la broche 2 de la source de tension et mesurez la tension entre la broche 4 et la broche 1. Si la tension s'élève à 12 V, le relais marche bien. Si la tension n'a pas cette valeur, remplacez le relais.

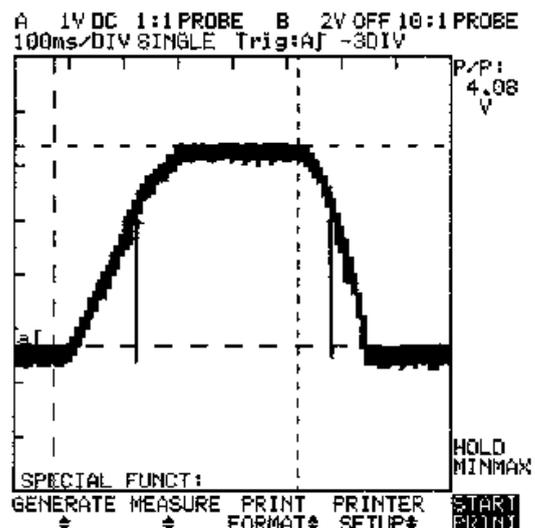
5.2. Mesure des capteurs et actuateurs

- Il convient de contrôler les signaux des capteurs là où ils sont utilisés, à savoir au niveau l'appareil de commande. Si on reçoit le signal correct, il est sûr que non seulement le capteur mais aussi le câblage avec l'appareil de commande fonctionne sans défaillances.
- D'habitude on prélève les signaux à l'aide d'une boîte à douille, dont le câble en Y est connecté entre l'appareil de commande et la fiche de l'appareil de commande. Si on ne dispose pas d'une boîte de contrôle (Break-Out Box), la mesure est effectuée directement au niveau du capteur ou on cherche un accès à l'arrière de la fiche.

5.2.1. Contrôler le potentiomètre de papillon des gaz à l'aide de l'oscilloscope

Actionner l'accélérateur une fois jusqu'à la butée (contact mis) et puis relâcher (la sonde rouge est connectée au signal du capteur et la sonde noire à la masse du capteur). Il devrait en résulter une courbe comme représentée dans l'image ci-contre.

Si la courbe comporte des crêtes de parasites ou si des chutes dirigées vers le bas apparaissent comme dans l'image ci-contre, le potentiomètre de papillon des gaz est défectueux.

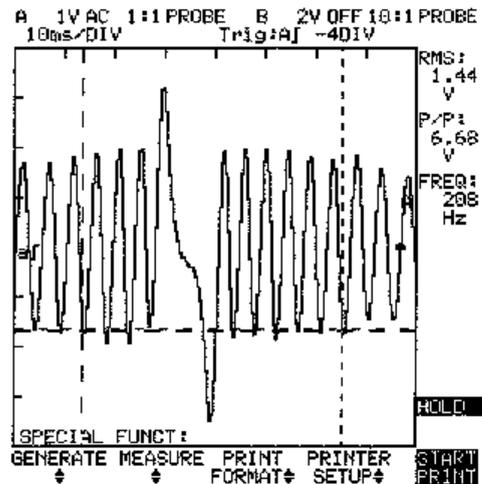


Scopelinter 97

5.2.2. Contrôler le capteur de position et de vitesse de rotation du moteur à l'aide de l'oscilloscope

Connecter les deux sondes de mesure avec le capteur. La mesure est effectuée à la vitesse du démarreur. Il en résulte un oscillogramme comme représenté dans la figure ci-contre.

La pointe de tension et l'intervalle plus large se produisent à cause de la dent manquante sur le pignon de vilebrequin. La forme du signal devrait être uniforme.



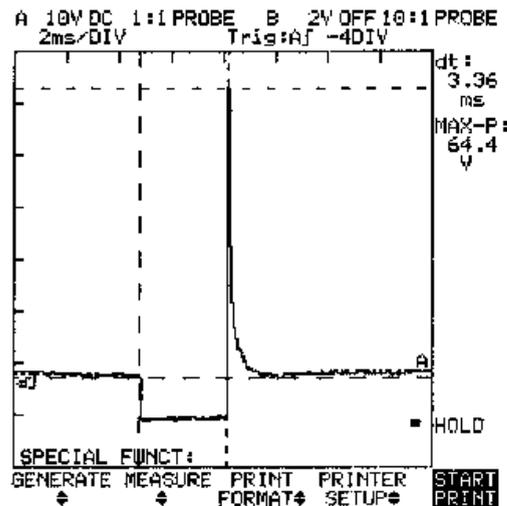
Scopelinter 97

5.2.3. Contrôler le signal d'injection à l'aide de l'oscilloscope

La pointe de tension est caractéristique du contrôle de l'injecteur. Le contrôle est effectué en connectant la sonde de mesure rouge avec le fil de commande de l'injecteur (commande par la masse). La sonde de mesure noire est connectée avec la masse.

En cas de moteur chaud et au ralenti, la courbe est à peu près comme présenté dans la figure ci-contre.

Si lors de cette situation de fonctionnement le temps d'injection est clairement trop long (>4,5 ms par exemple), le mélange air/carburant peut être trop riche. Un contrôle du signal de la sonde lambda et peut-être de la commande du moteur est nécessaire.



Scopelinter 97

